



Desempenho de cultivares de soja resistentes e suscetíveis à ferrugem asiática

Performance of resistant and susceptible soybean cultivars to asian rust

Vanessa Santin Guerra*, Giovani Benin (orientador) *,
Maiara Cecilia Panho*, Rogê Afonso Tolentino Fernandes*, Caroline Patrícia Menegazzi*,
Felipe Chade de Quadra*

RESUMO

A ferrugem asiática da soja, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* é a doença de maior importância econômica da cultura. Dentre as técnicas de manejo, o uso de cultivares resistentes vem se tornando cada vez mais importante. A partir da resistência genética é possível reduzir os danos causados pelo patógeno diminuindo perdas de produtividade. Neste sentido, o objetivo do presente trabalho foi analisar a relação entre resistência e produtividade de cinco cultivares resistentes (BRS 511, BRS 531, BRS 539, TMG 7058 e TMG 7062) e seis cultivares suscetíveis (95R51, 95Y72, BMX Raio IPRO, BMX Zeus IPRO, NK 6201 e NS 6700). O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco, por meio de blocos ao acaso, com três repetições. Foram analisadas a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), rendimento de grãos (RG) e peso de mil sementes (PMS). A menor AACPD foi obtida nas cultivares BRS531 (*Rpp1-b*) e BRS539 (*Rpp1-b + Rpp4*). Já o maior rendimento de grãos foi observado na cultivar BRS 511, portadora do gene *Rpp5*. Já o PMS, não diferiu estatisticamente. Conclui-se que, em ausência de aplicação de fungicidas, as cultivares portadoras de genes de resistência apresentam melhor produtividade, além de contribuírem para a sustentabilidade do cultivo.

Palavras-chave: *Glycine max* (L.) Merrill, *Phakopsora pachyrhizi*, resistência genética, produtividade.

ABSTRACT

The Asian soybean rust, caused by the fungus *Phakopsora pachyrhizi* is this crop most economically important disease. Among the management techniques, the use of resistant cultivars is becoming increasingly important. From the resistance, reduce the damage caused by the pathogen, reducing yield losses. That way, the objective the aim of this study was to analyze the relationship between resistance and yield from five resistant cultivars (BRS 511, BRS 531, BRS 539, TMG 7058 and TMG 7062) and six susceptible cultivars (95R51, 95Y72, BMX Raio IPRO, BMX Zeus IPRO, NK 6201 and NS 6700). The experiment was carried out in the experimental area of the Federal Technological University - Paraná – Campus Pato Branco, using randomized blocks with three replications. It was analyzed the Area Under the Disease Progress Curve (AUDPC), grain yield (GY) and weight from one thousand seeds (TKW). The lowest AUDPC was obtained in cultivars BRS531 (*Rpp1-b*) and BRS539 (*Rpp1-b + Rpp4*). Already the highest grain yield was observed from the cultivar BRS 511, carrier of the *Rpp5* gene. Already the TKW did not differ statistically, however. It is concluded that, in the absence of fungicide application, cultivars carrying resistance genes have better productivity, in addition to contributing to the sustainability of the crop.

Keywords: *Glycine max* (L.) Merrill, *Phakopsora pachyrhizi*, genetic resistance, yield.

* Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) - Campus Pato Branco, Pato Branco, Paraná, Brasil;
vanessa.santin.guerra@gmail.com



1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma das culturas de maior importância econômica mundial, entretanto a cultura dificilmente consegue atingir seu potencial máximo de produção. Dentre os fatores que limitam a produtividade, as doenças são as de maior relevância. A ferrugem asiática da soja (FAS), causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi*, é um dos principais problemas fitossanitários da cultura. A doença surgiu no Japão em 1902, porém foi relatada no Brasil apenas em 2001, e desde então vem sendo monitorada devido a seus elevados danos (MARTINS *et al.*, 2007).

Vários métodos de manejo podem ser utilizados para controlar a FAS, desde técnicas culturais e químicas, até biológicas. Uma das maneiras mais econômicas e eficientes para reduzir os danos provocados pela FAS é através de cultivares resistentes. A resistência genética é definida como a habilidade da planta impedir o crescimento e o desenvolvimento do patógeno, e pode ser governada por um/poucos ou por vários genes (PARLEVLIET, 1997). A resistência vertical é controlada por um ou poucos genes, e atua na redução do inóculo inicial do patógeno, porém, é facilmente superada (ROCHA, 2016). Já a resistência horizontal, por apresentar maior número de genes envolvidos, requer várias e sucessivas mutações do patógeno para superá-la (CAMARGO, 2018).

Para soja, sete genes condicionam resistência vertical a *P. pachyrhizi*, foram mapeados até o momento, nomeados de *Rpp1* a *Rpp7*. Estes podem ser utilizados por programas de melhoramento para obtenção de cultivares resistentes a FAS. No Brasil, atualmente algumas empresas tem liberado cultivares com tecnologia de tolerância/resistência a FAS, como as Shield® da Empresa brasileira de pesquisa em agropecuária (BRS, Embrapa), as Inox® da Tropical melhoramento e genética (TMG) e recentemente a TF (tolerância a ferrugem) da empresa Grupo Don Mario (GDM) do Brasil.

Contudo, pouco se sabe sobre a relação entre a resistência genética e produtividade, ou seja, qual é o desempenho em produtividade de genótipos resistentes e suscetíveis em condições de campo na ausência do uso de fungicida? Desta forma, analisar a relação entre resistência e produtividade é essencial para escolha de cultivares que resultem em máxima eficiência produtiva, gerando um retorno econômico maior ao produtor. Assim, o presente trabalho objetivou avaliar o desempenho de cultivares de mercado quanto à produtividade de grãos associada a resistência a FAS.

2 MÉTODO (OU PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS DA PESQUISA)

Cinco cultivares comerciais resistentes, BRS 511 (*Rpp5*), BRS 531(*Rpp1-b*), BRS 539 (*Rpp1-b + Rpp4*) TMG 7058, TMG 7062, e seis cultivares comerciais suscetíveis 95R51, 95Y72, BMX Raio, BMX Zeus NK 6201, NS 6700, as quais não possuem genes de resistência, foram conduzidas em campo na área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), *Campus Pato Branco* (26°13'43"S; 52°40'14"O; 760



m de altitude). A semeadura foi realizada em época não recomendado para o cultivo da soja (01/12/2020), a fim de coincidir com o período de maior incidência de *Phakopsora pachyrhizi*. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com três repetições. Cada unidade experimental foi composta por 2 linhas de 3 metros de comprimento, espaçadas a 0,5 m entre si (3 m²). A densidade de semeadura foi de 14 sementes por metro linear.

Foi realizada a semeadura de bordadura em torno da área, com cultivar comercial suscetível a ferrugem asiática, a fim de proporcionar inóculo na área. Não foram realizadas aplicações de fungicida. A adubação e o controle de pragas foram realizados conforme recomendações técnicas para a cultura da soja.

Foram avaliados os caracteres agrônômicos rendimento de grãos (RG) e peso de mil sementes (PMS). O RG (kg ha⁻¹) foi obtido através da colheita da área útil de cada parcela (3 m²), com correção de umidade para 13%. O PMS (g), foi obtido através da contagem de oito repetições de 100 sementes por parcela e posteriormente estimado para mil.

Para determinação da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), foram realizadas cinco avaliações de severidade com intervalo de sete dias, utilizando escala descrita por Franceschi *et al.* (2020). A partir dos dados de severidade foram calculadas a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) através da Eq. (1) proposta por Shaner & Finney (1977):

$$\left(\frac{y_1+y_2}{2}\right)*(t_2-t_1)+\left(\frac{y_2+y_3}{2}\right)*(t_3-t_2)+\left(\frac{y_3+y_4}{2}\right)*(t_4-t_3)+\left(\frac{y_4+y_5}{2}\right)*(t_5-t_4) \quad (1)$$

onde y₁, y₂, y₃, y₄ e y₅ refere-se a cinco avaliações de severidade da doença realizadas nos tempos t₁, t₂, t₃, t₄ e t₅, respectivamente.

Os dados foram analisados pelo teste de normalidade dos resíduos de Shapiro-Wilk, e teste de homogeneidade das variâncias (Bartlett), atendendo assim os pressupostos da análise de variância (ANOVA). Os dados foram submetidos a ANOVA pelo teste F a 5% de probabilidade de erro. Quando verificado significância, as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott. As análises foram realizadas no software R (R Core Development Team, 2020) utilizando o pacote ExpDes.pt (FERREIRA *et al.*, 2021).

3 RESULTADOS

A análise de variância (ANOVA, Tab. 1), demonstrou diferença significativa para os tratamentos quanto ao rendimento de grãos (RG) e a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD). O peso de mil sementes (PMS) não apresentou diferença estatística entre os cultivares.



Tabela 1 – Resumo da análise de variância para rendimento de grãos (RG), área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e peso de mil sementes (PMS) das cultivares avaliadas. UTFPR, Campus Pato Branco-PR, 2021.

Fator de Variação	GL	RG	QM	
			AACPD	PMS
Tratamento	10	13333509,00**	3832,99**	790,89ns
Bloco	2	18170,00ns	357,0ns	920,93ns
Resíduo	20	96793,00	8178,00	436,57
CV (%)	-	11,26	20,26	13,74

*, **Significância para teste f a 5% e 1% de probabilidade erro, respectivamente. ns: não significância. QM: quadrado médio, GL: graus de liberdade. CV: coeficiente de variação. Fonte: autoria própria (2020).

A área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), obtida a partir de dados de severidade, é um método usado para descrever a curva de progresso da doença em dados que possam ser melhor analisados (MAFFINI, 2014). Conforme médias de AACPD (Tab. 2), a cultivar resistente BRS531 (*Rpp1-b*) foi a que apresentou menor AACPD (7,47), não diferindo estatisticamente da cultivar BRS539 (*Rpp1-b + Rpp4*; 14,93). As cultivares com maior AACPD foram a BMX Raio IPRO (925,17), 95R51 (918,17) e a 95Y72 (883,17), onde ambas não apresentam genes de resistência a ferrugem. Menores valores são preferíveis, já que se referem ao progresso da doença ao longo tempo (SANTOS, 2007).

Tabela 2 – Teste de agrupamento de médias (Scott-Knott, P<0,05) para rendimento de grãos (RG, kg ha⁻¹), área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e peso de mil sementes (PMS, g) das cultivares avaliadas. UTFPR, Campus Pato Branco-PR, 2021.

Genótipo	AACPD	RG	PMS
95R51	918,17 a*	2695,56 b	136,27 ns
95Y72	883,17 a	2856,67 b	152,67
BMX Raio	925,17 a	2163,33 c	127,83
BMX Zeus	679,00 b	2356,67 c	155,76
BRS511	150,50 e	4334,44 a	164,04
BRS531	7,47 f	3116,67 b	151,40
BRS539	14,93 f	3165,00 b	175,09
NK6201	504,00 c	2333,33 c	157,00
NS6700	361,67 d	2522,22 c	136,23
TMG7058	151,67 e	3008,89 b	180,07
TMG7062	315,00 d	1842,22 c	140,91

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si. ns: não significância. Fonte: Autoria própria (2021).

A ferrugem asiática da soja (FAS) é caracterizada por causar redução de área foliar, afetando componentes de rendimento de grãos e provocando reduções de até 80% na produtividade (GODOY *et al.*, 2016). A cultivar BRS511 (*Rpp5*) apresentou os melhores resultados de rendimento de grãos (RG), com uma produtividade média de 4334,44 kg ha⁻¹. Esta cultivar apresenta o gene *Rpp5* de resistência a ferrugem, que pode ter contribuído em menores danos causados a área foliar, não prejudicando o acúmulo de fotoassimilados e consequentemente, resultando em maior produtividade (GODOY *et al.*, 2016). Os menores rendimentos



médios, foram das cultivares suscetíveis: NS6700 (2522,22 kg ha⁻¹), BMX Zeus IPRO (2356,67 kg ha⁻¹), NK6201 (2333,33 kg ha⁻¹) e BMX Raio IPRO (2163,33kg ha⁻¹). A TMG7062IPRO, apesar de possuir gene de resistência a ferrugem, apresentou o pior desempenho produtivo (1842,22 kg ha⁻¹).

O peso de mil sementes (PMS) é um dos componentes de rendimento de grande importância, além de ser um atributo de qualidade física das sementes (GULARTE, 2019). No presente estudo, não foi observada diferença significativa entre as cultivares (Tab. 2), a maior média foi obtida pela cultivar resistente TMG 7058 IPRO (180,07g), em sequencias as cultivares BRS539 (*Rpp1-b* + *Rpp4*; 175,09g), BRS511 (*Rpp5*; 164,04g), BRS531 (*Rpp1-b*; 151,40g), também resistentes. Menores PMS foram encontrados nas cultivares suscetíveis BMX Raio IPRO (127,83g), NS6700 (136,23g), 95R51 (136,27g). A Ausência de diferença entre os PMS pode estar relacionado a interferência de algum componente de rendimento, tal como abortamento de vagem e/ou queda prematura de folhas das cultivares suscetíveis. Isso ocorre devido a alteração da relação fonte-dreno, favorecendo a redistribuição de fotoassimilados aos drenos (grãos) que aumentam seu tamanho, mas não sua quantidade.

4 CONCLUSÃO

O uso de cultivares resistentes desempenha um papel importante na redução da pressão de seleção, sendo uma ferramenta de manejo no controle de *P. pachyrhizi*. As cultivares resistentes analisadas apresentaram as menores áreas abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), juntamente com maior produtividade. O uso de cultivares resistentes pode proporcionar ao agricultor maior rentabilidade através da redução do número de aplicações de fungicida. Contudo, vale destacar, que nenhuma ferramenta de manejo, seja química, cultural ou genética, deve ser utilizada de forma isolada, afim de evitar que isolados cada vez mais virulentos e agressivos de FAS surjam nas lavouras.

REFERÊNCIAS

- CAMARGO, Luis Eduardo Aranha. Genética da interação patógeno-hospedeiro. In: **Manual de fitopatologia Volume 1: Princípios e conceitos**. 5. ed. Ouro Fino: CERES, 2018. cap. 6, p. 85–92.
- CHILDS, Silas P.; BUCK, James W.; LI, Zenglu. Breeding soybeans with resistance to soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*). **Plant Breeding**, [S.L.], v. 137, n. 3, p. 250-261, 2018. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/pbr.12595>
- DIOGO, Ana. Maria.; SEDIYAMA, Tuneo.; ROCHA, Valterley Soares.; SEDIYAMA, Carlos Siqueyuki. Influência da remoção de folhas, em vários estádios de desenvolvimento, na produção de grãos e em outras características agrônômicas da soja (*Glycine Max* (L) Merrill). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 44, n. 253, p. 272 – 285. 1997.



FERREIRA, Eric Batista; CAVALCANTI, Portya Piscitelli; NOGUEIRA, Denismar Alves. **Package 'ExpDes.pt'**. 2021. doi:10.4236/am.2014.519280.

FRANCESCHI, Vinicius T.; ALVES, Kaique S.; MAZARO, Sergio M.; GODOY, Cláudia V.; DUARTE, Henrique S. S.; PONTE, Emerson M. del. A new standard area diagram set for assessment of severity of soybean rust improves accuracy of estimates and optimizes resource use. **Plant Pathology**, [S.L.], v. 69, n. 3, p. 495-505, 4 fev. 2020. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/ppa.13148>.

GARCÉS, Felipe Rafael Fiallos; FORCELINI, Carlos Alberto. Progresso temporário da ferrugem e redução da área foliar e dos componentes da produtividade da cultura da soja. **Lei Agrônômica**. 2011, 147-157. ISSN: 0120-2812. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169922373006>.

GODOY, Cláudia V.; KOGA, Lucimara J.; CANTERI, Marcelo G.. Diagrammatic scale for assessment of soybean rust severity. **Fitopatologia Brasileira**, [S.L.], v. 31, n. 1, p. 63-68, fev. 2006. FapUNIFESP (SciELO).

GULARTE, Jonas Albandes. **Efeitos das etapas do beneficiamento sobre qualidade física, fisiológica e sanitária de sementes de trevo persa (*Trifolium resupinatum* L. var. *majus* Boiss) cultivar BRS Resteveiro**. 2019. 73 f. Dissertação - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2019.

MARTINS, Juliana Araújo Santos; JULIATTI, Fernando César; SANTOS, Verônica Araújo; POLIZEL, Analy Castilho; JULIATTI, Fernanda Cristina. Período latente e uso da análise de componentes principais para caracterizar a resistência parcial à ferrugem da soja. **Summa Phytopathologica**, [S.L.], v. 33, n. 4, p. 364-371, dez. 2007. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-54052007000400008>.

OLIVOTO, Tiago; LÚCIO, Alessandro Dal'Col. Metan: an r package for multi-environment trial analysis. **Methods In Ecology And Evolution**, [S.L.], v. 11, n. 6, p. 783-789, 17 abr. 2020. Wiley.

PARLEVLIET, J.E. Present concepts in breeding for disease resistance. **Fitopatologia Brasileira**, v.22, p.7-15, 1997.

ROCHA, Gabriela Antonia de Freitas. **Potencial de cruzamentos de soja em gerações iniciais de endogamia para produtividade de grãos e reação à ferrugem**. 2016. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.

SANTOS, Juliana Araújo; JULIATTI, Fernando César; SANTOS, Verônica Araújo; POLIZEL, Analy Castilho; JULIATTI, Fernanda Cristina; HAMAWAKI, Osvaldo Toshiuki. Caracteres epidemiológicos e uso da análise de agrupamento para resistência parcial à ferrugem da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [S.L.], v. 42, n. 3, p. 443-447, mar. 2007. FapUNIFESP (SciELO).

SHANER, G.; FINNEY, R.R. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slowmildewing in knox wheat. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 67, n.8, p. 1052-1056, 1977.