

Avaliação de linhagens de amendoim com resistência ao nematoide das galhas para tolerância a viroses no estado de São Paulo

Submetido - 24 jul. 2022

Aprovado - 11 set. 2022

Publicado – 10 nov. 2022



<http://dx.doi.org/10.52755/sas.v3i2.193>

João Francisco dos Santos

Dr., Pesquisador Visitante, Instituto Agrônomo de Campinas. E-mail: joaofsantos@iac.sp.gov.br.

Marcos Doniseti Michelotto

Dr., Pesquisador Científico – Apta, Polo Centro Norte, Pindorama, SP. E-mail: marcos.michelotto@sp.gov.br.

Márcio de Carvalho Moretzsohn

Pesquisador da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília – DF. E-mail: marcio.moretzsohn@embrapa.br.

Adriana Regina Custódio

Pesquisadora Visitante da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília – DF. E-mail: custodiosjs@gmail.com.

Andrea Rocha Almeida de Moraes

Pesquisadora Científica do IAC, Campinas – SP. E-mail: andrea@iac.sp.gov.br.

Marcos César Gonçalves

Pesquisador Instituto Biológico: Sao Paulo, SP. E-mail: marcos.goncalves@sp.gov.br.

Soraya Cristina de Macedo Leal-Bertioli

Scientist of The University of Georgia, Athens – USA. E-mail: sbertioli@uga.edu.

David J. Bertioli

Scientist of The University of Georgia, Athens – USA. E-mail: bertioli@uga.edu.

Ignácio José de Godoy

Pesquisador Científico do Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas – SP. E-mail: ijgodoy@iac.sp.gov.br.

RESUMO

O estado de São Paulo é o maior produtor de amendoim do país, sendo responsável por mais de 90% da produção nacional. Este trabalho teve como objetivo avaliar o potencial agrônomo e possível tolerância a vírus em linhagens desenvolvidas por seleção assistida por marcadores moleculares para resistência ao nematoide das galhas. Sessenta e duas linhagens assim selecionadas foram avaliadas em Ribeirão Preto quanto à produtividade, peso de 200 grãos e rendimento de grãos, em blocos aumentados de Federer, tendo 'IAC OL3' e 'IAC 503' como tratamentos regulares. Realizaram-se também ensaios para avaliação do potencial de resistência à virose, nas 62 linhagens nos municípios de Bastos/SP e Santa Adélia/SP, localidades onde o vírus tem infectado lavouras de amendoim de forma crescente nos últimos anos. Em Bastos, as parcelas foram constituídas por 3 linhas de 10 m de comprimento. Em Santa Adélia, as linhagens foram avaliadas em blocos casualizados com três repetições, em parcelas com uma linha de 20 m. Concluiu-se que as linhagens resistentes ao nematoide possuem diversidade para tolerância à virose e potencial agrônomo para produção e qualidade de grãos.

Palavras-chave: *Arachis hypogaea* L.; Melhoramento; Seleção assistida; Marcadores.

Este é um trabalho de acesso aberto e distribuído sob os Termos da Creative Commons Attribution Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International.



Evaluation of peanut lines with root-Knot nematode resistance for virus tolerance in the state of São Paulo

ABSTRACT

The state of São Paulo is the largest peanut producer in the country, accounting for more than 90% of national production. This work aimed to evaluate the agronomic potential and the response to viruses of breeding lines developed by assisted selection for resistance to the root-knot nematode. Sixty-two lines were evaluated for yield, 200-kernel weight and pod yield, in Federer's augmented blocks with the cultivars IAC OL 3 and IAC 503 as regular treatments. These genotypes were also planted in the municipalities of Bastos/SP and Santa Adélia/SP, at locations where virus occurrence has increased in peanut crops along recent years, causing significant damages. In Bastos, the plots consisted of 3 lines of 10 m in length. In Santa Adélia, the lines were evaluated in randomized blocks with three replications, in plots with a single row of 20 m. It was concluded that the nematode resistant selected lines have diversity for virus tolerance and agronomic potential for yield and kernel quality.

Keywords: *Arachis hypogaea L.; Improvement; Assisted selection; Markers.*

Evaluación de cepas de maní con resistencia al nematodo biliar para la tolerancia a virus en el estado de São Paulo, Brasil

RESUMEN

El estado de São Paulo es el mayor productor de maní del país, siendo responsable por más del 90% de la producción nacional. Este trabajo tuvo como objetivo evaluar el potencial agronómico y la posible tolerancia a virus de líneas desarrolladas por selección asistida por marcadores moleculares para resistencia al nematodo de las agallas. Las líneas fueron evaluadas para rendimiento, peso de 200 granos y rendimiento de grano, en bloques aumentados de Federer con 'IAC OL 3' e 'IAC 503' como tratamientos regulares. En ensayos de resistencia del virus, las 62 líneas fueron evaluadas en Bastos/SP y Santa Adélia/SP, localidades donde el virus ha infectado los cultivos de maní de forma creciente en los últimos años. En Bastos, las parcelas constaban de 3 filas de 10 m de largo. En Santa Adélia, las líneas fueron evaluadas en bloques al azar con tres repeticiones y en parcelas con fila de 20 m. Se concluyó que las líneas resistentes a nematodos tienen diversidad para tolerancia a virus y potencial agronómico para la producción y calidad de granos.

Palabras clave: *Arachis hypogaea L.; Mejoramiento, Selección asistida, Marcadores.*

Introdução

O amendoim é uma das poucas plantas em que os nematoides reduzem diretamente a produção, por ocasionar danos às vagens e às sementes e, indiretamente, por afetar as raízes e enfraquecer a planta (Nakagawa e Rosolem, 2011). As perdas de produção, em condições de campo, devido à infestação por nematoides, ficam entre 20% e 90% (KOKALIS-BURELLE *et al.*, 1997). Segundo Lordello (1984), o amendoim é altamente suscetível a *Meloidogyne arenaria*.

No Brasil não existem relatos de problemas com relação a nematoides; desse modo, o país não dispõe ainda de cultivares resistentes para serem recomendadas aos agricultores. A sua ocorrência não é de todo impossível, haja vista que há relatos de ocorrência em países vizinhos, que fazem intercâmbio de sementes com o Brasil. Neste caso, o desenvolvimento de cultivares brasileiras resistentes ao nematoide é uma ação estratégica que tem como objetivo assegurar a competitividade da cadeia do amendoim (Godoy et al, 2005).

O vírus, a exemplo do nematoide, até pouco tempo também não era um problema para a cultura do amendoim no estado de São Paulo. No entanto, nos últimos anos, o GRSV (*Groundnut ring spot virus*) está cada vez mais presente nas lavouras de amendoim do estado. As perdas em produtividade devido ao vírus são estimadas entre 38% e 64%, dependendo do estande de plantas no campo (Michelotto *et al.*, 2019).

Cultivares brasileiras foram testadas para resistência a viroses nos Estados Unidos, no início do surgimento de sintomas da virose em cultivos de amendoim no estado de São Paulo. De acordo com os resultados dos ensaios, o Instituto Agrônômico (IAC) dispõe de cultivares apenas com moderada tolerância ao vírus.

O melhoramento visando obter cultivares com resistência múltipla ao nematoide e ao vírus é de importância estratégica para a cultura do amendoim no Brasil. Com este objetivo, realizaram-se cruzamentos com fontes conhecidas de resistência ao nematoide, destacando-se 62 linhagens resistentes. O objetivo deste trabalho foi avaliar essas linhagens quanto às qualidades agronômicas e à sua resistência potencial ao vírus.

Material e métodos

Recentemente, 62 linhagens foram obtidas de cruzamentos envolvendo duas fontes de resistência ao nematoide, apresentando a característica alto oleico, com cultivares e linhagens também alto oleicas, destacadas do programa de melhoramento do IAC. As duas linhagens resistentes ao nematoide foram obtidas do programa de melhoramento do

USDA, de Tifton, Georgia, EUA (Dr. Corley Holbrook). Este material é tido como também resistente ao vírus TSWV.

O esquema de melhoramento está resumido na figura 1. Utilizou-se o método genealógico de seleção de progênies superiores com o suporte de marcadores moleculares para selecionar as plantas resistentes ao nematoide (CHU et al., 2007; CHU et al., 2016). Na geração F_2 , coletaram-se folíolos jovens de cada uma das plantas para análise com marcadores moleculares no Laboratório de Genética Vegetal, da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Após a genotipagem, selecionaram-se, dentre as plantas homozigotas para os alelos de resistência ao nematoide, as mais prolíficas e as que apresentaram padrão adequado para vagens e grãos. Essas plantas foram selecionadas para novo ciclo de seleção na geração F_3 . Após quatro ciclos de seleção individual para prolificidade, qualidade de vagens e grãos, destacaram-se 62 linhagens em geração F_6 (Figura 1), denominadas 19-1, 19-2, 19-3 ... até 19-62.

Fontes de resistência ao nematoide: Linhagens C1805-3-43-13 e C1805-2-9-15

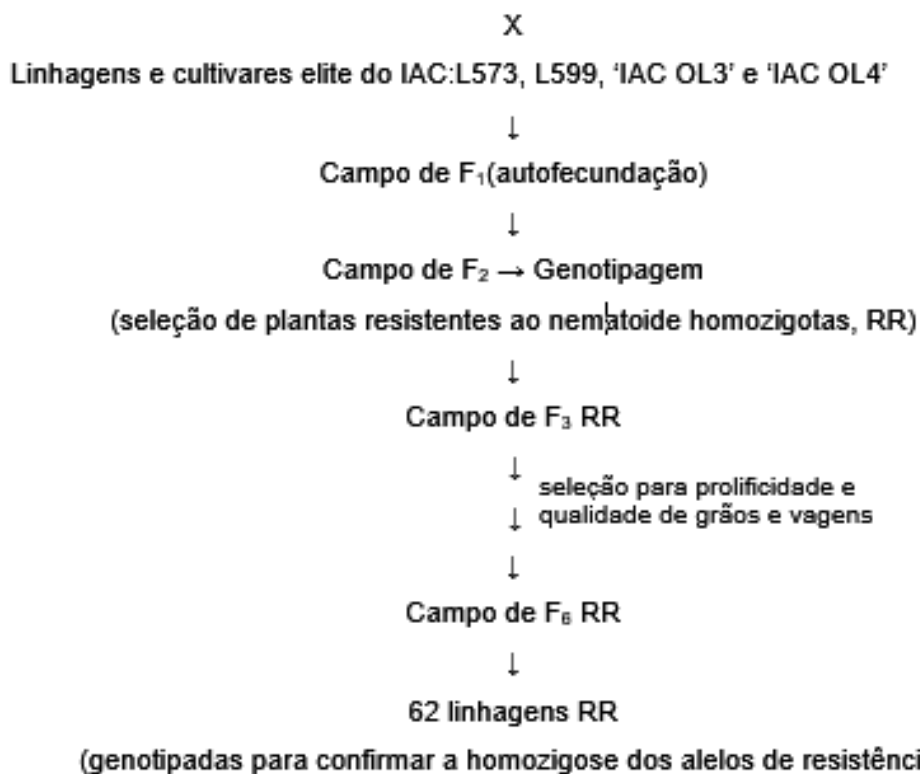


Figura 1. Cruzamentos: Esquema do programa de melhoramento para obtenção de cultivares resistentes ao nematoide.

Na safra agrícola 2020/2021, as 62 linhagens RR foram avaliadas em experimentos de campo, no período das águas, em Ribeirão Preto, SP (latitude 21°13'29,9" S, longitude 48°54'33,0" W e altitude 594 m).

O delineamento adotado foi o de blocos aumentados de Federer, com quatro repetições dos tratamentos comuns ('IAC OL3' e 'IAC OL5'), em parcelas com uma linha de 5 m com 100 sementes por linha. Nesse experimento, avaliou-se pela primeira vez a produtividade de vagens das linhagens em comparação com as cultivares controles. Realizaram-se os tratos culturais conforme o recomendado para a cultura, incluindo o controle de pragas e doenças.

As linhagens foram avaliadas para produtividade de amendoim em casca em (kg ha^{-1}), peso de 200 grãos (em gramas) e rendimento de grãos (% de grãos obtidos após descascamento manual). Além das avaliações agronômicas, aos 30 dias após a semeadura, foram coletados folíolos das linhagens para uma segunda análise com marcadores moleculares, com o objetivo de confirmar a resistência ao nematoide (homozigose dos alelos de resistência).

Em Bastos, SP (21.9226° S, 50.7319° W), na safra 2020/2021, instalou-se um experimento para avaliação da virose. Cada uma das 62 linhagens resistentes ao nematoide e duas cultivares controles foram avaliadas em parcelas de três linhas de 10 m, sendo semeadas 100 sementes por linha, espaçadas a 0,9 metro. Os controles utilizados foram as cultivares comerciais IAC OL3 e IAC 503, conhecidas pela suscetibilidade e moderada resistência ao vírus, respectivamente. Aos 77 dias após a semeadura (DAS), contou-se o número de plantas com sintomas de vírus, moderados e/ou severos, em cada linha.

Um segundo experimento para avaliação de virose foi realizado no município de Santa Adélia, SP (21.2440° S, 48.8046° W), também na safra 2021/2022. As linhagens foram avaliadas em ensaio de campo, em blocos ao acaso com três repetições, em parcelas com uma linha de 20 m, sendo 60 sementes por linha, espaçadas de 0,9 metro. Os controles utilizados foram

'Tifguard', que é uma cultivar altamente resistente a viroses e também as cultivares já amplamente cultivadas no estado de São Paulo IAC 503 e IAC OL3. Aos 97 DAS, foram avaliados o estande e o número de plantas com sintomas moderados e/ou severos por parcela.

Foram realizadas as análises de variâncias do ensaio de F₆ em blocos aumentados e estimadas as médias de produtividade, peso de 200 grãos e rendimento de grãos. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey.

A incidência de virose foi plotada em mapas separados por local. Em Bastos, plotou-se o número de plantas com sintomas de vírus por parcela. Em Santa Adélia, plotou-se a porcentagem média de plantas com sintomas por parcela.

Resultados e discussão

De acordo com a análise de variância apresentada na **Tabela 1**, o teste F foi significativo para as variáveis: produtividade e peso de 200 grãos. Não se observou diferença significativa em rendimento de grãos.

Com base nas médias apresentadas, as linhagens e as testemunhas possuem produtividade média superior a 6.000 kg ha⁻¹ e peso de 200 grãos superior a 138 g. As avaliações tiveram coeficientes de variação experimentais inferiores a 5%.

Na **Figura 2** foram plotadas as médias de produtividade e de peso de 200 grãos das linhagens e das testemunhas. As linhagens foram comparadas com a cultivar IAC OL3.

As diferenças mínimas significativas foram de 1.030 kg e 22 g para produtividade e peso de 200 grãos, respectivamente. Entre as 62 linhagens, 22 foram tão produtivas quanto 'IAC OL3', ou seja, não houve diferença significativa entre as médias dos genótipos.

Tabela 1. Análise de variância de produtividade de grãos em casca, peso de 200 grãos (P200) e rendimento de grãos.

		Produtividade (kg ha ⁻¹)	P200 (g)	Rendimento (%)
FV	GL	QM	QM	QM
Blocos	4	24735905,4	11425,4	2187,6
Trat.(Ajust.)	65	1393535,3**	248,4**	20,3 ns
Resíduo	4	41188,7	15,9	9,3
Total	73			
Média geral		6666,6	150,3	65,5
Médias comuns (testemunhas)		7971,3	138,9	67,0
Médias não-comuns (linhagens)		6254,4	147,4	63,3
Média ponderada de Federer		6362,4	147,3	63,7
CV (%) geral		3,0	2,6	4,6
CV (%) testemunhas comuns		2,5	2,9	4,5
CV (%) genótipos		3,2	2,7	4,8

** - significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ns - não significativo. CV: coeficiente de variação.

As demais linhagens são significativamente menos produtivas do que a cultivar IAC OL3, que apresentou produtividade média de 8.013 kg ha⁻¹. No grupo das 22 linhagens semelhantes a 'IAC OL3', 19-5, 19-25, 19-46 e 19-59 superaram os 8.000 kg ha⁻¹ e as outras 18 apresentaram médias superiores a 7.000 kg ha⁻¹.

As linhagens 19-5, 19-25, 19-46 e 19-59 possuem pesos de grãos maiores do que a cultivar IAC OL3. Cruzando-se as informações, entre as linhagens mais produtivas, o peso médio de 200 grãos foi de 168 g na linhagem 19-5, 179 g para 19-25, 157 g para 19-46 e de 177 g para 19-59. As linhagens 19-25 e 19-59 diferiram significativamente de 'IAC OL3', que

apresentou peso de grãos igual a 147 g. Outras linhagens também apresentaram pesos de grãos maiores do que a cultivar controle.

Avaliou-se também o rendimento de grãos, para o qual não foram observadas diferenças significativas entre linhagens e controles. As médias gerais das linhagens e dos controles foram de 63% e 67%, respectivamente. Esses resultados ressaltam o potencial das linhagens, haja vista que, não existindo problemas com nematoide, o seu sucesso como cultivar dependerá de seus demais atributos positivos.

Nas figuras 3 e 4 foram plotados os dados de infestação de vírus em dois experimentos realizados no estado de São Paulo. Em Bastos (Figura 3), 9 das 62 linhagens (14,5%) tiveram maior número de plantas infectadas do que a cultivar controle IAC OL3. Em Santa Adélia, 15 linhagens (24,2%) tiveram maior porcentagem média de infestação do que a cultivar IAC OL3 (Figura 4). Excluindo-se as interseções, observaram-se 22 linhagens com maior infecção pelo vírus do que 'IAC OL3', reconhecidamente suscetível ao vírus. Essas linhagens, provavelmente, perderam os segmentos genômicos com genes de resistência ao vírus no processo de melhoramento, uma vez que não houve seleção com esse objetivo nas gerações anteriores.

Vinte e seis linhagens destacaram-se por apresentarem menores sintomas de virose do que a cultivar altamente resistente ao vírus Tifguard, de origem americana. Devido à limitação de sementes, esta cultivar só foi incluída no ensaio de Santa Adélia. Dentre essas, onze linhagens (19-8, 19-20, 19-21, 19-29, 19-32, 19-40, 19-42, 19-43, 19-44, 19-50 e 19-60) também mostraram menor infecção por vírus do que 'IAC 503', no experimento realizado em Bastos. Essas linhagens serão testadas em novos experimentos, mas apresentam grande potencial para lançamento como cultivares resistentes ao vírus em um futuro próximo.

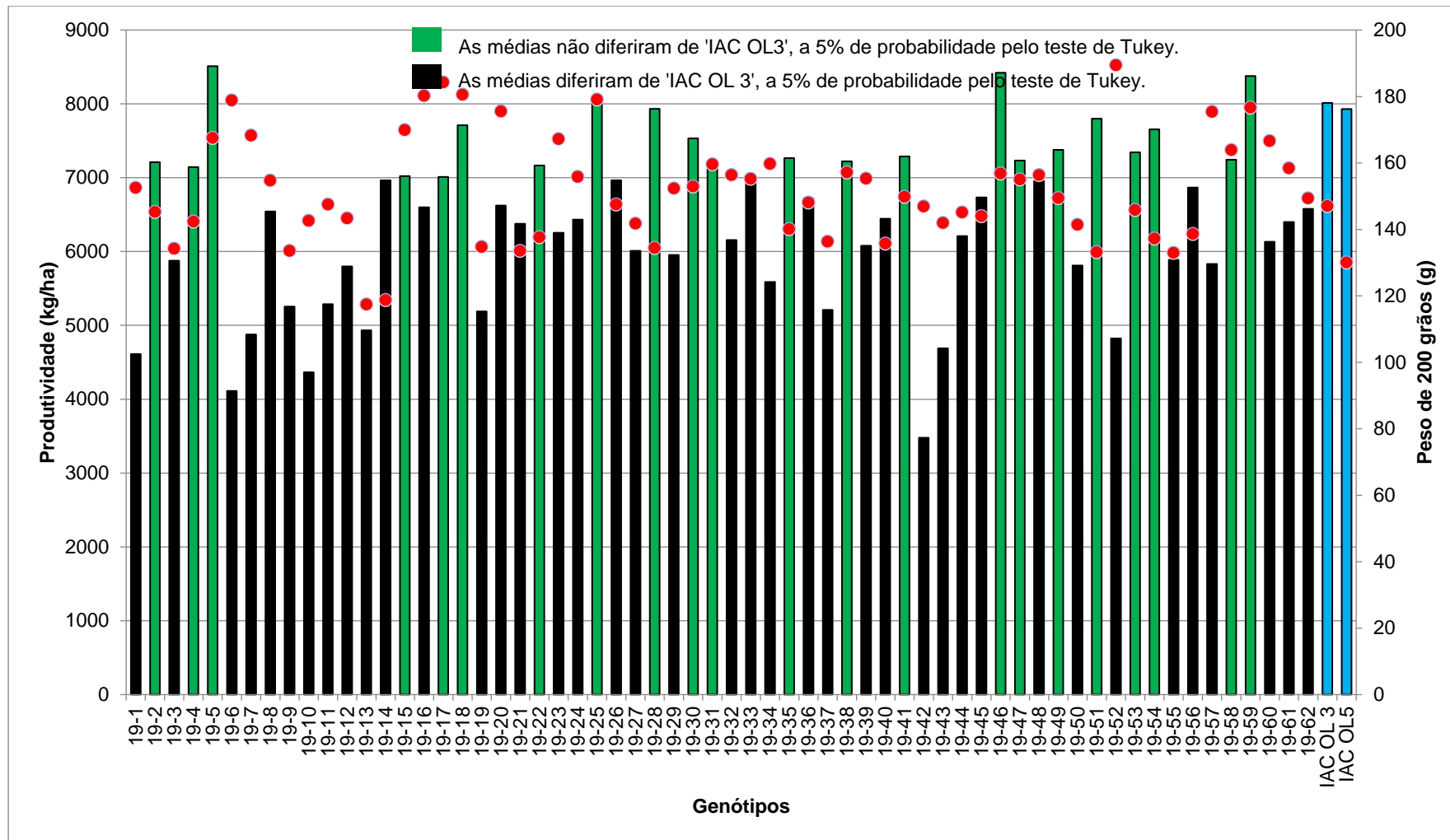


Figura 2. Produtividade (barras verticais) e peso de 200 grãos (círculos vermelhos), em linhagens de amendoim resistentes ao nematoide, avaliadas em Ribeirão Preto, SP.

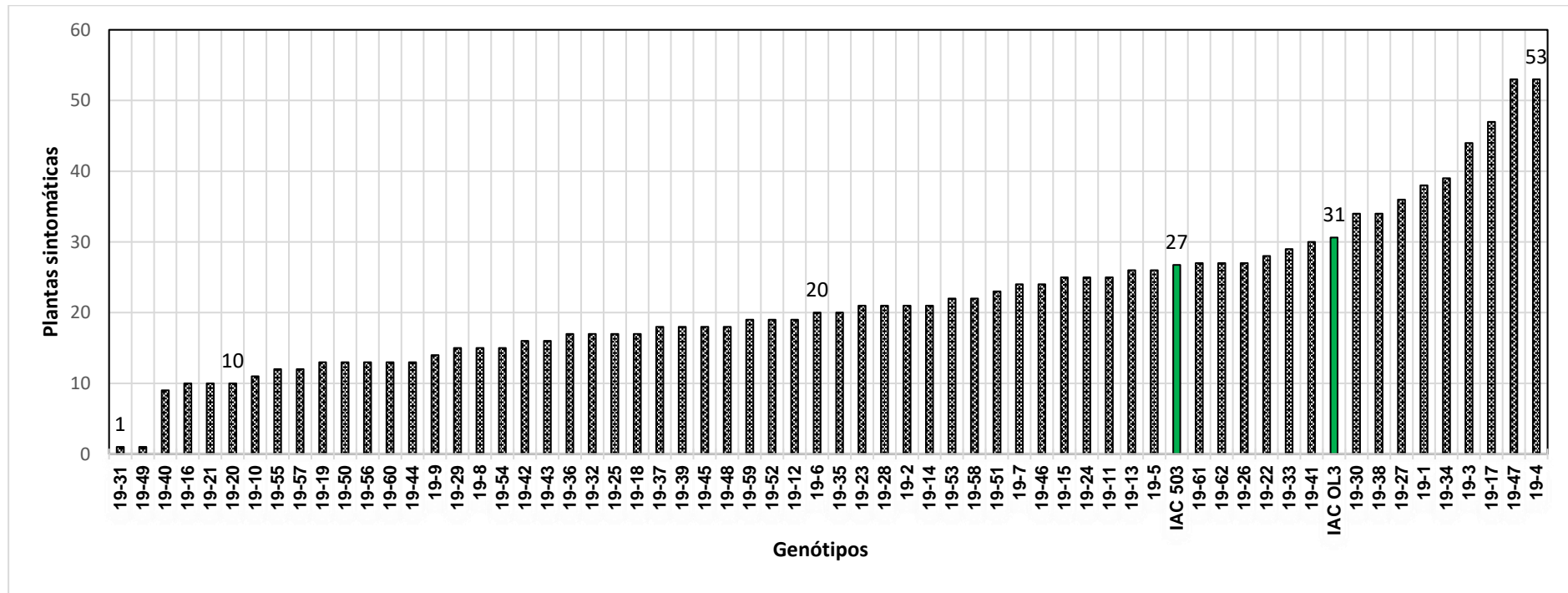


Figura 3. Número de plantas com sintomas de vírus em linhagens e cultivares IAC observado em experimento realizado em Bastos-SP, na safra de 2020/2021.

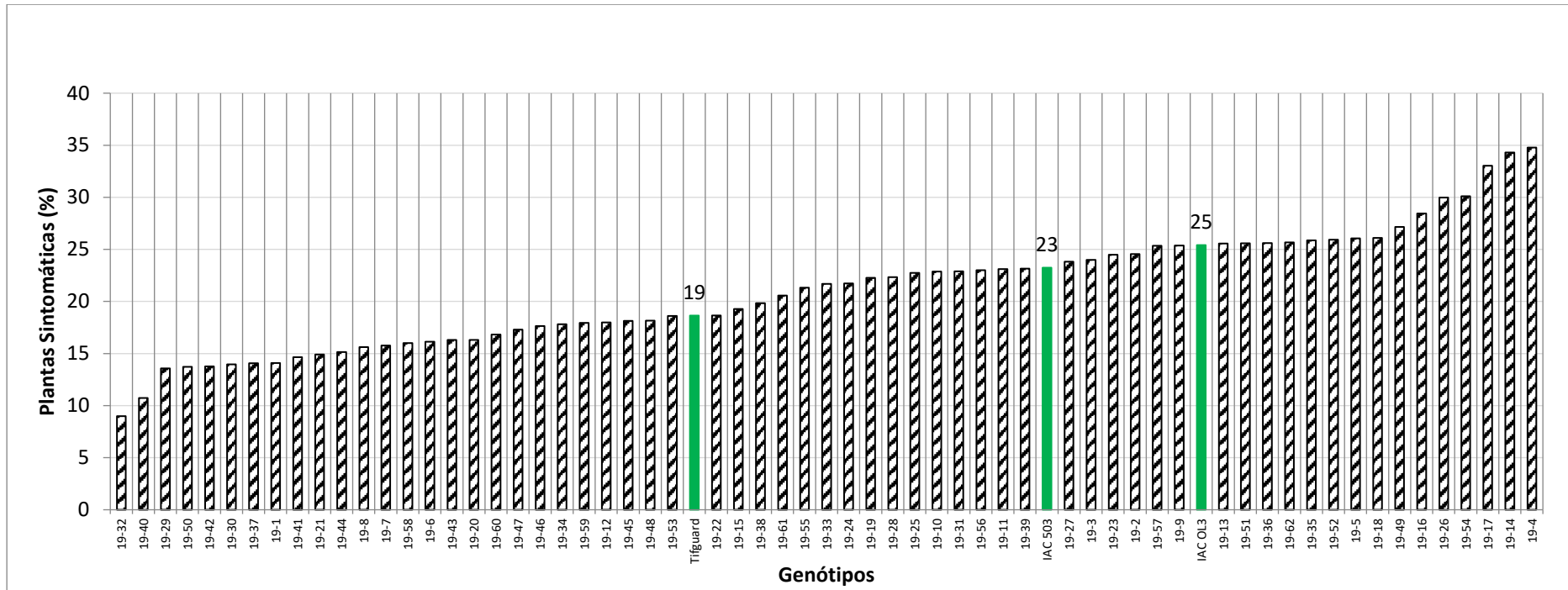


Figura 4. Porcentagem de plantas com sintomas de vírus em linhagens e cultivares IAC observada em experimento realizado em Santa Adélia –SP, na safra 2021/2022.

Conclusões

Foram desenvolvidas 62 linhagens potencialmente resistentes ao nematoide das galhas, produtivas e com boa qualidade de grãos. Entre essas linhagens, 41 apresentaram menor infestação por vírus do que 'IAC OL3', com destaque para 19-20, 19-21, 19-29, 19-40, 19-44, 19-50 e 19-60, que se destacaram nos experimentos e se mostraram mais resistentes do que a cultivar controle 'Tifguard', de origem americana, considerada altamente resistente ao vírus.

Referências

CHU, Y.; HOLBROOK, C.C.; TIMPER, P.; OZIAS-AKINS, P. Development of a PCR-based molecular marker to select for nematode resistance in peanut. **Crop Science**, v.47, p.841–847, 2007.

CHU, Y.; GILL, R.; CLEVINGER, J.; TIMPER, P.; HOLBROOK, C.C.; OZIAS-AKINS, P. Identification of Rare Recombinants Leads to Tightly Linked Markers for Nematode Resistance in Peanut. **Peanut Science**, v.43, p.88–93, 2016.

GODOY, I. J.; MORAES, S. A.; ZANOTTO, M. D.; SANTOS, R. C. Melhoramento do amendoim. In: Borém, A. (ed.) **Melhoramento de espécies cultivadas**, Viçosa, Editora UFV, 2005 (2.a Ed).

KOKALIS-BURELLE, N.; PORTER, D. M.; RODRÍGUES-KÁBANA, R.; SMITH, D.H.; SUBRHAMANYAM, P. (Ed) **Compendium of peanut disease**. 2nd ed. St. Paul: The American Phytopathological Society. APS Press, 1997.

LORDELLO, L.G.E. Nematoides das plantas cultivadas. 8. Ed. São Paulo: Nobel, 1984. 314 p.

MICHELOTTO, M.D.; CARREGA, W.C.; LAMANA, L.E.P.; DE SOUZA, T.M.; GODOY, I.J.; DOS REIS, L.D.N.A.; SALES, A.L.M.; CARVALHO, R.D.C.P. Losses caused by Groundnut ringspot tospovirus in peanut crop in the State of São Paulo. *Semina: Ciências Agrárias*, v.40, n.6, supl. 3, p.3429-3442, 2019. <http://doi.org/10.5433/1679-0359.2019v40n6Supl3p3429>

NAGY, E.D.; CHU, Y.; GUO Y.; KHANAL, S.; TANG, S.; LI, Y.; DONG, W.B.; TIMPER, P.; TAYLOR, C.; OZIAS-AKINS, P.; HOLBROOK, C.C.; BEILINSON, V.; NIELSEN, N.C.; STALKER, H.T.; KNAPP, S.J. Recombination is suppressed in an alien introgression in peanut harboring Rma; a dominant root-knot nematode resistance gene. **Molecular Breeding**, v.26, p.357-370, 2010.

NAKAGAWA, J. ROSOLEM, C. **O amendoim: tecnologia de produção**. Botucatu: FEPAF, 2011.