

CIRCULAR TÉCNICA

237

Pelotas, RS  
Setembro/2023

# Desenvolvimento de linhagens de arroz irrigado resistentes à bicheira-da-raiz (*Oryzophagus oryzae*) por meio de seleção recorrente

José Francisco da Silva Martins  
Paulo Hideo Nakano Rangel  
Paulo Ricardo Reis Fagundes  
Ariano Martins Magalhães Junior  
Fernando Felisberto da Silva  
Juliano de Bastos Pazini

OBJETIVOS DE  
DESENVOLVIMENTO  
SUSTENTÁVEL

## Desenvolvimento de linhagens de arroz irrigado resistentes à bicheira-da-raiz (*Oryzophagus oryzae*) por meio de seleção recorrente<sup>1</sup>

A espécie *Oryzophagus oryzae* (Lima) (Coleoptera: Curculionidae) é um inseto com potencial para causar prejuízos econômicos à orizicultura irrigada por inundação na região Sul do Brasil (Lima, 1936; Martins et al., 2020), onde, sucessivamente, é produzido cerca de 80% do arroz nacional (Conab, 2019). Na entressafra, na fase adulta esse inseto, conhecido por gorgulho-aquático, que mede aproximadamente 3 mm de comprimento (Figura 1A), hiberna em substratos vegetais, no entorno e interior de áreas de cultivo de arroz, compondo popula es autóctones. Infesta os novos arrozais no início da inunda o, alimentando-se, principalmente, de folhas de plântulas da gramínea (Figura 1B), geralmente, sem causar danos econ micos, ovipositando no aerênquima de partes submersas das bainhas-foliares (Moreira, 2002). Os principais danos são causados pelas larvas, que atingem cerca de 9 mm de comprimento, conhecidas por bicheira-da-raiz (Figura 1C), que no segundo instar se deslocam das bainhas foliares às raízes de arroz, onde se alimentam, podendo causar danos severos (Figura 1D) e reduzir em cerca de 10% a 20% a produ o de grãos, quando o cultivo é feito em solo seco (basicamente, cultivo mínimo) e solo encharcado (arroz pré-germinado), respectivamente (Martins et al., 2020).

---

<sup>1</sup> José Francisco da Silva Martins, engenheiro-agrônomo, doutor em Entomologia, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS. Paulo Hideo Nakano Rangel, engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Ant nio de Goiás, GO. Paulo Ricardo Reis Fagundes, engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS. Ariano Martins Magalhães Junior, engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS. Fernando Felisberto da Silva, engenheiro-agrônomo, doutor em Entomologia, professor da Universidade Federal do Pampa (Unipampa), São Gabriel, RS. Juliano de Bastos Pazini, engenheiro-agrônomo, doutor em Fitossanidade pela Universidade Federal de Pelotas, RS.

Foto: Luis Antônio Saita de Castro



A



B

Foto: José Francisco da Silva Martins

Foto: Carlos Jorge Rossetto



C



D

Foto: José Francisco da Silva Martins

**Figura 1.** *Oryzophagus oryzae*: inseto adulto (A) e lesões às folhas de arroz (B); larvas (C) e danos às raízes de arroz (D).

Normalmente, as práticas culturais do arroz restringem a infestação larval de *O. oryzae* e seus danos às raízes, podendo evitar ou reduzir perdas de produção (Gomes; Magalhães Junior, 2004). Esse conhecimento, porém, tem sido pouco aproveitado no manejo do inseto, sendo uma das principais causas da aplicação excessiva de inseticidas químicos destinados ao controle (Martins et al., 2017). Por isso, cultivares resistentes ao inseto, ao viabilizarem a redução de perdas de produção e da aplicação dos referidos inseticidas, são estratégias para aumentar a rentabilidade dos arrozais e minimizar riscos de contaminação ambiental por resíduos químicos (Stout et al., 2001; Smith, 2005;

Martins et al., 2017). Estudo pioneiro da resistência de arroz a *O. oryzae* no Brasil revelou menor infestação larval da cultivar Dawn (Him Him, 1980), que, posteriormente, foi relacionada como fonte de resistência ao gorgulho-aquático *Lissorhoptrus oryzophilus* Kuschel (Coleoptera: Curculionidae), nocivo à cultura nos Estados Unidos da América (Smith; Robinson, 1982; Heinrichs et al., 1985). A análise de cultivares comerciais e linhagens elites de programas de melhoramento genético de arroz, quanto à infestação de *O. oryzae*, evidenciou resistência dos tipos antixenose, antibiose e tolerância (Martins; Terres, 1995), conforme descritos por Panda; Khush (1995), também detectados para *L. oryzophilus* (N'Guessan et al., 1994ab).

A antixenose, ao dificultar a seleção de plantas de arroz por gorgulhos-aquáticos, como *O. oryzae*, pode restringir a oviposição nas bainhas foliares e, consequentemente, a densidade de larvas neonatas (Stout; Riggio, 2002). A antibiose, ao se expressar após a eclosão larval nas bainhas foliares, pode afetar o metabolismo de larvas neonatas e dos demais instares, reduzindo o vigor do inseto, o índice de danos às raízes, as viabilidades larval, pupal e total, e o potencial reprodutivo de adultos autóctones. No caso de *L. oryzophilus*, foi inferido ainda que efeitos de antibiose às larvas neonatas contidas nas bainhas foliares reduzem a quantidade que atinge as raízes (Smith; Robinson, 1982; Stout et al., 2013). No caso de *O. oryzae*, foi inferido que a antibiose, além de reduzir a viabilidade pupal e total, reduz o peso de adultos autóctones (Lima et al., 2019). A resistência do tipo tolerância a gorgulhos-aquáticos é evidente em cultivares de arroz que mantêm quantidade e qualidade produtiva normal, mesmo quando o sistema radicular é infestado e danificado por larvas, sendo, no caso de *L. oryzophilus* (N'Guessan et al., 1994b) e *O. oryzae* (Martins et al., 2004), ligada à emissão de novas raízes.

Na década de 1990, foi formada a população CNA 11 de seleção recorrente de arroz, visando extrair plantas resistentes ou tolerantes a fatores abióticos e bióticos nocivos, como baixas temperaturas e brusone – *Pyricularia oryzae* (Cavara) –, buscando ainda outros atributos importantes, como um elevado potencial produtivo e maior qualidade de grãos (Rangel; Neves, 1997). Na composição original da CNA 11, porém, não constaram fontes de resistência

a *O. oryzae* como as cultivares BR-IRGA 413 e Dawn, que expressam tolerância e antibiose, respectivamente (Martins; Terres, 1995) e, ainda, a 'BRS Atalanta', que revela antibiose (Martins et al., 2001; Cunha et al., 2006) e tem como ascendente a 'Dawn' (Terres et al., 2004).

Adicionalmente às informações intrínsecas à resistência de arroz a gorgulhos-aquáticos, técnicas de avaliação do dano de adultos e larvas de *L. oryophilus* e *O. oryzae* em plantas da gramínea, como as utilizadas por Botton et al. (1996), Wu e Wilson (1997), Stout et al. (2013) e Vyavhare et al. (2016), embasam a seleção de genótipos resistentes.

Este trabalho, com base na introdução de genes de cultivares de arroz tipificadas como resistentes a *O. oryzae* na população de seleção recorrente CNA 11, objetivou extrair linhagens com elevado grau de resistência ao inseto, contendo ainda outros atributos de interesse para programas de melhoramento genético.

## Material e métodos

O trabalho foi realizado no período compreendido entre 2003 e 2018, na Embrapa Arroz e Feijão (no município de Santo Antônio de Goiás, GO) e Embrapa Clima Temperado (no município de Capão do Leão, RS).

Em 2003, na Embrapa Arroz e Feijão, por meio de cruzamentos da população de seleção recorrente CNA 11 com três fontes de resistência a *O. oryzae* (Martins; Terres, 1995; Martins et al., 2001), foram obtidas as subpopulações CNA 11 x BR-IRGA 413, CNA 11 x BRS Atalanta e CNA 11 x Dawn. Na safra 2003/2004, sementes  $F_2$  das três subpopulações foram multiplicadas na Embrapa Clima Temperado (na Estação Experimental Terras Baixas), utilizando o método-padrão descrito a seguir:

- distribuição de sementes em células de bandejas de isopor (0,05 m x 0,35 m x 0,65 m), preenchidas com solo;
- transplante, aos 15 dias pós-emergência, de todas as mudas de cada cruzamento, na equidistância de 0,35 m, em talhões (5 m x 10 m) de um Planossolo Háplico (*Typic Albaqualf*);

- inundação dos talhões 10 dias após, mantendo uma lâmina d'água de 0,15 m de espessura;
- adoção das demais práticas de manejo das plantas de arroz segundo indicações técnicas (Gomes; Magalhães Junior, 2004), sem avaliar danos causados pelo inseto;
- colheita total da semente  $F_3$ , para novas multiplicações nas safras 2004/2005 e 2005/2006.

Na Embrapa Clima Temperado, na safra 2006/2007, em plantas  $F_5$  obtidas e cultivadas segundo o método-padrão, foi iniciada a avaliação da resistência a *O. oryzae*. Um total de 4.025 plantas de cada subpopulação foi exposto   livre escolha para adultos de *O. oryzae* (Silva et al., 2003), em talhões de 15 m x 35 m, situados a 31 49'03"S e 52 27'47"W, com histórico de ocorrência do inseto ( rea muito infestada) e com solo plano, o que viabiliza a uniformidade da lâmina d'água de irrigação e, conseqüentemente, da infestação larval (Martins, 1979). O  ndice de infestação larval foi registrado cerca de 30 dias pós-inundação, na época do acme da população (Carbonari et al., 2000), por meio da coleta de 15 amostras-padrão (cilindro de solo, contendo raízes e perfilhos de uma planta de arroz) equidistantes, na diagonal dos talhões. Imediatamente à coleta, as amostras submersas em água foram desintegradas para liberar as larvas das raízes e facilitar a contagem (Martins et al., 2001; Neves et al., 2011). Dez dias após o acme da infestação larval, as plantas foram submetidas a um esforç o de arranquio (*pulling*) de até 35 kg, medido com dinamômetro (Cauduro ) e classificadas conforme o nível de danos às raízes. As sementes das plantas que se destacaram quanto   resistência ao ataque de larvas às raízes foram colhidas individualmente. Posteriormente, na Embrapa Arroz e Feijão, plantas oriundas dessas sementes foram intercruzadas, entre 2007 e 2009.

Plantas  $F_2$ ,  $F_3$  e  $F_4$  de distintos cruzamentos que compunham cada subpopulação de seleção recorrente foram sequencialmente avaliadas quanto   resistência a *O. oryzae*, em outra área muito infestada da Embrapa Clima Temperado (31 48'46"S e 52 27'59"W), nas safras 2010/2011, 2011/2012 e 2012/2013, respectivamente. Cem mudas de cada cruzamento, o dobro do utilizado por Rangel e Neves (1997), foram dispostas em parcelas de 1,2 m x 3,8 m [cinco fileiras (espaçadas 0,35 m) com 20 plantas equidistantes 0,2 m]

distanciadas 1 m na cabeceira e lateral. Cinco dias pós-transplante foi aplicado nitrogênio em cobertura (50 kg/ha) para tornar as plantas mais sensíveis ao ataque do inseto (Bang; Tugwell, 1976). O índice de infestação larval de *O. oryzae* na área do talhão utilizado para a avaliação foi estimado por meio de quatro amostras-padrão de solo e raízes, que corresponderam a 3<sup>a</sup>, 8<sup>a</sup>, 13<sup>a</sup> e 18<sup>a</sup> planta da fileira central de cada parcela, respectivamente.

Ao final da fase vegetativa ( $V_7$ ), conforme descrito por Counce et al. (2000), as plantas de arroz foram visualmente tipificadas quanto ao grau de definhamento inerente ao dano de larvas de *O. oryzae* às raízes. Na colheita foram selecionadas plantas destaque dentre aquelas que não expressavam, na parte aérea, sintomas de dano larval às raízes, e ainda apresentavam características priorizadas em programas de melhoramento genético da Embrapa, como tipo moderno, grão longo fino, e baixa incidência de doenças.

Na safra de 2012/2013, plantas selecionadas por revelarem reação de resistência a *O. oryzae*, com os atributos prioritários para o programa de melhoramento genético, já citados, e maior produção de grãos, foram categorizadas como linhagens. Essas linhagens, nas safras 2013/2014 e 2014/2015 e 2017/2018, nas gerações  $F_5$ ,  $F_6$  e  $F_7$ , respectivamente, foram avaliadas em experimentos delineados em blocos ao acaso, com dez tratamentos (nove linhagens e a cultivar Dawn, padrão de resistência) e quatro repetições, em talhão com histórico de elevada infestação de plantas pelo inseto (31°48'46"S e 52°27'59"W). As parcelas, com 1,2 m x 1,8 m [cinco fileiras (espaçadas 0,3 m) com 10 plantas equidistantes 0,2 m], foram distanciadas 1,2 m na cabeceira e na lateral, dentro e entre os blocos, respectivamente. Em ambas as safras, dois levantamentos da infestação larval foram realizados, sendo o primeiro e o segundo cerca de 30 e 40 dias pós-fixação da lâmina d'água de irrigação, respectivamente, no período do acme populacional. Para tal, em cada parcela foram coletadas quatro amostras-padrão de solo e raízes de plantas, em iguais posições, sendo registrado o número de larvas e perfilhos por amostra. No segundo levantamento, mais quatro amostras-padrão de solo e raízes (plantas) foram coletadas em cada parcela, sendo mantidas intactas, com segmentos de colmos (0,25 m) no topo. Em seguida, as amostras-padrão coletadas em cada parcela foram agrupadas e submersas 0,15 cm em água, em baldes plásticos (0,3 m de diâmetro x 0,5 m de altura), cobertos com tecido telado (tipo *voile*), para captura de adultos que emergissem das raízes,

conforme descrito por Martins et al. (2001). O manuseio da água contida nos baldes, contagem e pesagem periódica de adultos que emergiram foram realizados conforme descrito por Lima et al. (2019).

Nas safras 2013/2014 e 2014/2015 e 2017/2018 foram calculados o número de perfilhos/planta e o número de larvas de *O. oryzae*/perfilho (quociente da divisão do número de larvas/planta pelo número de perfilhos/planta), e a taxa de emergência de adultos (quociente da divisão do número de adultos emergidos pelo número de larvas/amostra-padrão).

Inicialmente, os dados das variáveis registradas nos três anos de experimentação foram submetidos aos testes de normalidade de Shapiro-Wilk e de homocedasticidade de variâncias de Bartlett. Para a análise estatística (conforme o delineamento de tratamentos em blocos ao acaso com quatro repetições) foi utilizado o programa R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2015). Com isso, as variáveis foram submetidas a dois tipos de análise de variância (ANOVA): 1) análise para cada safra (anual); 2) análise conjunta das três safras. Frente à significância do teste F, as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ( $P \leq 0,05$ ).

## Resultados e discussão

O índice médio de infestação larval de *O. oryzae* na área de avaliação das 4025 plantas (geração F<sub>5</sub>) de cada subpopulação de seleção recorrente, na safra 2006/07, foi elevado (Tabela 1), basicamente cinco vezes maior que o índice de 5 larvas/amostra-padrão, a partir do qual podem ocorrer danos econômicos às plantas de arroz (Reunião..., 2018). Essa forte pressão de seleção possibilitou distinguir quatro classes de plantas: a) fortemente fixadas ao solo apesar de situadas isoladamente entre muitas plantas com as raízes severamente danificadas, evidenciando elevado grau de resistência, sendo 13, 22 e 23 das populações CNA 11 x BR-IRGA 413, CNA 11 x Dawn e CNA 11 x BRS Atalanta, respectivamente; b) fortemente fixadas ao solo, porém, agrupadas em partes dos talhões; c) medianamente fixadas ao solo, predominando nas populações; d) facilmente arrancadas, expressando suscetibilidade (Tabela 1).

**Tabela 1.** Classificação de plantas de arroz de três subpopulações de seleção recorrente quanto à resistência ao arranquio do solo, com esforço de até 35 kg (medido por dinamômetro), pós-submetidas à elevada infestação larval de *Oryzophagus oryzae* em condições de campo, na Estação Experimental Terras Baixas, na safra 2006/2007. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2023.

Subpopulações	Plantas de arroz				<i>Oryzophagus oryzae</i>
	Classes				Larvas <sup>5</sup>
	PIR <sup>1</sup>	PRA <sup>2</sup>	PSA <sup>3</sup>	PRI <sup>4</sup>	
CNA 11 x BR-IRGA 413	13	1	1	1	33
CNA 11 x BRS Atalanta	23	1	1	1	29
CNA 11 x Dawn	22	1	1	1	27
Total	58	3	3	3	-

<sup>1</sup>Número de plantas selecionadas isoladamente como resistentes entre inúmeras com as raízes severamente danificadas.

<sup>2</sup>População de plantas resistentes agrupadas.

<sup>3</sup>População de plantas suscetíveis agrupadas.

<sup>4</sup>População de plantas com resistência intermediária agrupadas.

<sup>5</sup>Média (n°) em 15 plantas (amostras-padrão) coletadas equidistantes na diagonal dos talhões.

O elevado grau de resistência a *O. oryzae* revelado pelas 58 plantas selecionadas (Tabela 1) pode ter decorrido de efeitos de antibiose das cultivares Dawn (Martins; Terres, 1995) e BRS Atalanta (Martins et al., 2001; Cunha et al., 2006), e de efeitos de tolerância da 'BR-IRGA 413' (Martins; Terres, 1995), transferidos via os cruzamentos à CNA 11. Também não podem ser descartados efeitos de antixenose, isolados ou integrados a efeitos de outros tipos de resistência que interferem no comportamento e metabolismo de gorgulhos-aquáticos (N'Guessan et al., 1994; Stout; Riggio, 2002; Stout et al., 2013; Mohamad Saad et al., 2018; Lima et al., 2019).

Os intercruzamentos das 58 plantas altamente resistentes a *O. oryzae* em 2006/07 (Tabela 1) originaram 73 progênies (cruzamentos), as quais, avaliadas em três safras consecutivas sob elevada infestação larval, cerca de 3 a 6 vezes superior ao nível de controle do inseto (Reunião..., 2018) possibilitou a seleção final de 46 progênies com relativo grau de resistência (Tabela 2). Nove dessas progênies, mais produtivas, foram categorizadas como linhagens e reavaliadas.

**Tabela 2.** Intercruzamentos de três subpopulações de seleção recorrente de arroz que expressaram elevado grau de resistência a *Oryzophagus oryzae* e seleção sequencial de cruzamentos e progênies, nas safras 2010/2011, 2011/2012 e 2012/2013, na Estação Experimental Terras Baixas. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2023.

Intercruzamentos	Cruzamentos <sup>3</sup>		Número de seleções						
	Subpopulações <sup>1</sup> / Combinações <sup>2</sup>	Nº	Genealogia	2010/2011		2011/2012		2012/2013	
				CRU <sup>4</sup>	PRO <sup>5</sup>	CRU <sup>4</sup>	PRO <sup>5</sup>	CRU <sup>4</sup>	PRO <sup>5</sup>
(BRS Atalanta 1 x CNA 11) / (BR-IRGA 413 1 x CNA 11)	26	CNAX17258 (i) CNAX17283 (f)	18	59	17	54	3	20	
(BR-IRGA 413 1 x CNA 11) / (Dawn 1 x CNA 11)	25	CNAX17284 (i) CNAX17308 (f)	20	50	19	52	3	24	
(Dawn 1 x CNA 11) / (BRS Atalanta 1 x CNA 11)	22	CNAX17309 (i) CNAX17330 (f)	15	28	15	17	2	2	
Total	73	-	53	137	51	123	2	46	

<sup>1</sup>Selecionadas, no campo, na safra 2006/2007 sob elevado índice de infestação ( $\pm$  30 larvas/planta).

<sup>2</sup>Realizadas de 2007 a 2009.

<sup>3</sup>Cruzamentos originados por combinação de subpopulações e respectivos registros, inicial (i) e final (f), da genealogia pelo programa de melhoramento genético de arroz da Embrapa.

<sup>4</sup>Seleção sequencial de cruzamentos

<sup>5</sup>Seleção de progênies (plantas individuais) no campo, sob índice de infestação da ordem de 30, 17 e 18 larvas/planta, nas safras 2010/2011, 2011/2012 e 2012/2013, respectivamente.

Na reavaliação das nove linhagens (2013/14, 2014/15 e 2017/18), o menor número de larvas de *O. oryzae* por planta (infestação larval) ocorreu na “CNAx17269-1” e “CNAx17309-1”, sem diferir do índice registrado na cultivar Dawn (padrão-resistente); como a “CNAx17269-1” e “CNAx17309-1” integraram o segundo grupo de linhagens com maior número de perfilhos, infere-se que a menor infestação larval em ambas (Tabela 3) independeu da biomassa, mas de fatores intrínsecos (físicos e/ou químicos) das plantas que induzem resistência do tipo antibiose (Panda; Khush, 1995). Ademais, o baixo número de adultos (gorgulhos) emergidos das raízes da “CNAx17269-1” e “CNAx17309-1”, ainda que maior ao registrado na “Dawn” (Tabela 3), corrobora que em plantas das duas linhagens há fatores adversos à biologia do inseto; tais fatores reduziram a taxa de emergência e o tamanho (peso) dos gorgulhos que emergem das raízes de arroz, conforme constatado por Lima et al. (2019).

Neste trabalho não houve diferenciação de linhagens quanto à taxa de emergência e peso de adultos de *O. oryzae*, registradas para a análise de uma possível transferência de efeitos de antibiose, conferidos às larvas, à prole (gorgulhos) que se desenvolveu e emergiu das raízes (Tabelas 3). Porém, já foi detectado que, em plantas da Dawn”, resistentes ao inseto e ascendentes da “CNAx17269-1” e “CNAx17309-1”, há maior concentração de substâncias químicas (Pazini et al., 2022) reconhecidas como antagônicas à biologia de insetos fitófagos (Panda; Khush, 1995).

**Tabela 3.** Índice de perfilhamento de plantas de arroz oriundas de cruzamentos de subpopulações de seleção recorrente, categorizadas como linhagens com reação de resistência a *Oryzophagus oryzae* e variáveis biológicas de larvas e adultos do inseto, em experimentos realizados na Estação Experimental Terras Baixas. Análise conjunta: safras 2013/2014, 2014/2015 e 2017/2018. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2023.

Linhagens <sup>1</sup>	Plantas de arroz					<i>Oryzophagus oryzae</i>				
	Perfilhos (n°/planta) <sup>2</sup>		Larvas <sup>2</sup>			Adultos <sup>2</sup>			Taxa de emergência <sup>4</sup>	Peso (mg) <sup>5</sup>
	n°/planta	n°/planta	n°/planta	n°/perfilho	n°/planta <sup>3</sup>	n°/perfilho	Taxa de emergência <sup>4</sup>			
CNAX17268-1	18,3 b	10,3 b	0,52 c	6,4 b	0,62 a	2,21 a				
CNAX17269-1	16,2 b	7,4 c	0,51 c	4,2 c	0,65 a	1,80 a				
CNAX17269-2	20,7 a	11,7 b	0,51 c	7,5 a	0,82 a	1,94 a				
CNAX17269-3	17,2 b	13,2 a	0,88 b	5,4 b	0,47 a	1,80 a				
CNAX17274-1	12,6 c	10,0 b	0,84 b	5,8 b	0,62 a	2,05 a				
CNAX17274-2	13,3 c	14,3 a	1,15 a	7,9 a	0,59 a	2,16 a				
CNAX17274-3	12,5 c	11,7 b	0,89 b	6,8 b	0,73 a	2,22 a				
CNAX17290-1	16,3 b	10,4 b	0,62 c	5,8 b	0,68 a	1,93 a				
CNAX17309-1	16,7 b	6,1 c	0,43 c	3,6 c	0,78 a	1,86 a				
Dawn <sup>6</sup>	9,1 d	5,5 c	0,80 b	1,7 d	0,36 a	1,65 a				
CV (%)	12,1	27,2	27,5	34,2	54,8	21,0				

<sup>1</sup>Genealogia/número de ordem da seleção de plantas por cruzamento.

<sup>2</sup>Médias com letras iguais na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott ( $P \leq 0,05$ ).

<sup>3</sup>Desenvolvidos e emergidos das raízes.

<sup>4</sup>Taxa de emergência/planta (n° de adultos/n° de larvas registrado no primeiro levantamento em cada safra).

<sup>5</sup>Peso individual.

<sup>6</sup>Cultivar padrão de resistência.

## Considerações finais

- As linhagens CNAx17269-1 e CNAx17309-1, ao expressarem resistência do tipo antibiose a *O. oryzae*, evidenciam potencial para restringir a população/dano larval às raízes, em safras vigentes, e a procriação de adultos (gorgulhos autóctones) que hibernam nas áreas orizícolas e infestam futuros arrozais.
- As linhagens CNAx17269-1 e CNAx17309-1 devem ser usadas no melhoramento genético de arroz como base à inserção da resistência do tipo antibiose a *O. oryzae* em futuras cultivares; nesse contexto, é prioritário estabelecer ações de genotipagem para avanço e aplicação orientada de conhecimento sobre causas da resistência de arroz ao inseto.
- Há necessidade de definir o grau de resistência do tipo tolerância das linhagens CNAx17269-1 e CNAx17309-1 ao ataque de larvas de *O. oryzae*.

## Agradecimentos

Ao pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, Orlando Peixoto de Moraes (in memoriam), doutor em Genética e Melhoramento de Plantas, pelo planejamento e execução dos inter cruzamentos das subpopulações de seleção recorrente. Aos funcionários da Embrapa Clima Temperado Elton Rogério Nolasco Fonseca, Claudinei Bonemann Rosso e Jaime Damasceno Mota, pelo apoio irrestrito à execução das atividades experimentais no campo.

## Referências

- BANG, Y. H.; TUGWELL, P. **Adult rice water weevil feeding preferences for rice plants and leaves of different ages**. Arkansas: Agricultural Experimental Station, 1976. 12 p. (Report Series, 231).
- BOTTON, M.; VENDRAMIM, J. D.; MARTINS, J. F. da S.; CARBONARI, J. J. Associação entre densidade populacional de *Oryzophagus oryzae* (Costa Lima) e produção de grãos em cultivares de arroz irrigado. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 25, n. 2, p. 233-237, 1996.

CARBONARI, J. J.; MARTINS, J. F. da S.; VENDRAMIN, J. D.; BOTTON, M. Relação entre flutuação populacional de *Oryzophagus oryzae* (Costa Lima) (Coleoptera: Curculionidae) e período de perfilhamento de cultivares de arroz irrigado. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 29, n. 2, p. 361-366, 2000.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira**: grãos, v.6 - safra 2018/19, n.12 – Décimo segundo levantamento, setembro 2019. Disponível em: [www.conab.gov.br](http://www.conab.gov.br). Acesso: 07 out. 2019.

COUNCE, P. A.; KEISLING, T. C.; MITCHELL, A. J. A uniform, objective, and adaptative system for expressing rice development. **Crop Science**, v. 40, n. 2, p. 436-443, 2000.

CUNHA, U. S. da; CARBONARI, J. J.; VENDRAMIN, J. D.; MARTINS, J. F. da S. Associação entre teor de nitrogênio em cultivares de arroz e ataque de *Oryzophagus oryzae* (Costa Lima, 1936) (Coleoptera: Curculionidae). **Ciência Rural**, v. 36, n. 6, p. 1678-1683, 2006.

GOMES, A. da S.; MAGALHÃES JUNIOR, A. M. (ed.). **Arroz irrigado no sul do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 899p.

HEINRICH, A. E.; MEDRADO, F. G.; RAPUSAS, H. R. **Genetic evaluation for insect resistance in rice**. Los Baños: IRRI, 1985. 356 p.

HIM HIM, P. V. **Teste de resistência à bicheira-da-raiz (*Oryzophagus oryzae*, Costa Lima, 1936) em genótipos de arroz (*Oryza sativa*, L.), para fins de melhoramento**. 1980. 67 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

LIMA, A. M. da C. Dois curculionídeos daninhos no Rio Grande do Sul. **Campo**, v. 7, p. 23-24, 1936.

LIMA, C. B. de; GRÜTZMACHER, A. D.; PAZINI, J. de B.; SILVA, F. F. da; ROSA, A. P. S. A. da; MARTINS, J. F. da S. Development of *Oryzophagus oryzae* (Costa Lima) in rice cultivars. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 49, e53397, 2019. Disponível em [www.agro.ufg.br/pat](http://www.agro.ufg.br/pat).

MARTINS, J. F. da S. Profundidade da água de irrigação e nível de infestação da bicheira-da-raiz em arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 14, n. 2, p. 97-99, 1979.

MARTINS, J. F. da S.; MELO, M.; SILVA, F. F. de; GRÜTZMACHER, A. D.; CUNHA, U. S. da. Novo método para aferição da densidade populacional do gorgulho-aquático em plantas de arroz irrigado. **Agropecuária Clima Temperado**, v. 4, n. 2, p. 363-370, dez. 2001.

MARTINS, J. F. da S.; CARBONARI, J. J.; VENDRAMIM, J. D. Simulação do dano causado por larvas de *Oryzophagus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) a cultivares de arroz irrigado. **Ciência Rural**, v. 34, n. 3, p. 653-659, 2004.

MARTINS, J. F. da S.; MATTOS, M. L. T.; SILVA, F. F. da; BÜTTOW, G. T. Fipronil residual content in the soil for the control of *Oryzophagus oryzae* in subsequent flooded rice crops. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 4, p. 228-235, 2017.

MARTINS, J. F. da S.; PRANDO, H. F.; HICKEL, E. R.; PAZINI, J. de B. Bicheira-da-raiz do arroz. In: SALVADORI, J. R.; ÁVILA, C. J.; SILVA, M. T. B. da. **Pragas de solo no Brasil**. 2. ed. Passo Fundo: Aldeia Norte, 2020. 628 p.

- MARTINS, J. F. da S.; TERRES, A. L. S. Avaliação de germoplasma de arroz visando resistência à *Oryzophagus oryzae* (Costa Lima). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 24, n. 3, p. 445-453, 1995.
- MOHAMAD SAAD, M.; RAHAMAN, M. M.; STOUT, M. J. Varietal resistance against the rice water weevil in field and greenhouse studies. **Environmental Entomology**, v. 47, n. 2, p. 388-395, 2018. DOI: 10.1093/ee/nux199.
- MOREIRA, G. R. P. Oviposition by the rice infesting weevil, *Oryzophagus oryzae* (Costa Lima, 1936) (Coleoptera: Curculionidae): influence of water depth and host-plant characteristics. **Revista Brasileira de Zootecias**, v. 4, n. 2, p. 237-53, 2002.
- NEVES, M. B. das; MARTINS, J. F. da S.; GRÜTZMACHER, A. D.; LIMA, C. A. B. de; BÜTTOW, G. T. Profundidade da amostragem de solo e de raízes e índice de infestação de *Oryzophagus oryzae* (Costa Lima, 1936) (Coleoptera: Curculionidae) em cultivares de arroz. **Ciência Rural**, v. 41, p. 2039-2044, 2011.
- N'GUESSAN, F. K.; QUISENBERRY, S. S.; CROUGHAN, T. P. Investigation of antixenosis and antibiosis as mechanisms of resistance in rice to the rice water weevil (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Entomological Science**, v. 29, n. 2, p. 259-263, 1994a.
- N'GUESSAN, F. K.; QUISENBERRY, S. S.; THOMPSON, R. A.; LINScombe, S. D. Assessment of Louisiana rice breeding lines for tolerance to the rice water weevil (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 87, n. 2, p. 476-481, 1994b.
- PANDA, N. E.; KHUSH, G. S. **Host plant resistance to insects**. Wallingford: CAB International, 1995.
- PAZINI, J. de B.; GRÜTZMACHER, A. D.; SEIDEL, E. J.; PADILHA, A. C.; SILVA, F. F.; BERNARDI, D.; WAY, M. O.; MARTINS, J. F. da S. Field assessment of *Oryzophagus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) preference and performance on selected rice cultivars. **Journal of Economic Entomology**, v. 115, n. 2, p. 671-681, 2022.
- RANGEL, P. H. N.; NEVES, P. C. F. Selección recorrente aplicada al arroz de riego em Brasil. In: GUIMARÃES, E. P. (ed.). **Selección recorrente en arroz**. Cali: CIAT, 1997. p. 79-97 (Publicación CIAT, n. 267).
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: a language and environment for statistical computing. Version 3.2.0. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2015.
- REUNIÃO TÉCNICA DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 32., 2018, Farroupilha. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Cachoeirinha: Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado, 2018. 205 p.
- SILVA, F. F. da; MARTINS, J. F. da S.; GRÜTZMACHER, A. D.; STORCH, G.; AZEVEDO, R. de; GIOLO, F. P. Avaliação da resistência de arroz a *Oryzophagus oryzae* com e sem chance de escolha da planta hospedeira. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 9, n. 2, p. 135-140, 2003.
- SMITH, C. M. **Plant resistance to arthropods: molecular and conventional approaches**. Dordrecht: Springer, 2005.
- SMITH, C. M.; ROBINSON, J. F. Evaluation of rice cultivars grown in North America for resistance to the rice water weevil. **Environmental Entomology**, v. 11, n. 2, p. 334-336, 1982.

STOUT, M. J.; RICE, W. C.; LINScombe, S. D.; BOLLICH, P. K. Identification of rice cultivars resistant to *Lissorhoptus oryzophilus* (Coleoptera: Curculionidae), and their use in an integrated management program. **Journal of Economic Entomology**, v. 94, n. 4, p. 963-970, 2001.

STOUT, M. J.; RIGGIO, M. R. Variation in susceptibility of rice lines to infestation by the rice water weevil (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Agricultural and Urban Entomology**, v. 19, n. 4, p. 205-216, 2002.

STOUT, M. J.; HAMM, J. C.; ABBE, I.; BERGERON, C. The influence of rice plant age on susceptibility to the rice water weevil, *Lissorhoptus oryzophilus*. **Journal of Applied Entomology**, v. 137, n. 4, p. 241-248, 2013.

TERRES, A. L. S.; FAGUNDES, P. R. R.; MACHADO, M. O.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. de; FRANCO, D. F.; FRANCO, J. C. B.; MARTINS, J. F. da S.; NUNES, C. D. M. Melhoramento genético e cultivares de arroz irrigado. In: GOMES, A. da S.; MAGALHÃES JUNIOR, A. M. (ed.). **Arroz irrigado no sul do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 131-235.

VYAVHARE, S. S.; GEALY, D. R.; WAY, M. O.; TABIEN, R. E.; PEARSON, R. A. Evaluation of host-plant resistance of selected rice genotypes to the rice water weevil (Coleoptera: Curculionidae). **Environmental Entomology**, v. 45, n. 6, p. 1439-1444, 2016.

WU, G. W.; WILSON, L. T. Growth and yield response of rice to rice water weevil injury. **Environmental Entomology**, v. 26, n. 6, p. 1191-1201, 1997.

**Embrapa Clima Temperado**

BR-392, km-78, Caixa Postal 403  
CEP 96010-971, Pelotas, RS  
Fone: (53) 3275-8100  
[www.embrapa.br/clima-temperado](http://www.embrapa.br/clima-temperado)  
[www.embrapa.br/fale-conosco](http://www.embrapa.br/fale-conosco)

1ª edição

Publicação digital: PDF (2023)



MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA E  
PECUÁRIA



UNIÃO E RECONSTRUÇÃO

Comitê Local de Publicações

Presidente

*Luis Antônio Suita de Castro*

Vice-presidente

*Walkyria Bueno Scivittaro*

Secretária-executiva

*Bárbara Chevallier Cosenza*

Membros

*Ana Luiza B. Viegas, Fernando Jackson,  
Marilaine Schaun Pelufé, Sonia Desimon*

Revisão de texto

*Bárbara Chevallier Cosenza*

Normalização bibliográfica

*Marilaine Schaun Pelufé*

Editoração eletrônica

*Nathália Santos Fick*

Foto da capa

*José Martins*

CGPE 018227