

HERENCIA DE LA RESISTENCIA AL DAÑO MECANICO CAUSADO POR *Tagosodes orizicolus* (Muir) [Homoptera-Delphacidae] EN ARROZ *Oryza sativa*.

Catherine Pardey R.¹ - Diosdado Baena G.²
Federico Cuevas P.³

COMPENDIO

En Colombia las variedades de arroz desarrolladas se consideran como resistentes a *Tagosodes orizicolus*. Dada la estrechez genética de las fuentes de resistencia, se inició este estudio para identificar los progenitores donantes de resistencia usados con mayor frecuencia en América Latina. Los materiales se caracterizaron como resistentes (Mudgo, Amistad 82, IRAT, 120, IRAT 124 y Makalioka) o susceptibles (Chianan 8, Colombia 1, Bluebonnet 50, IR 8 (ICA), IR (IRRI), Tetep y Cica 8), con base en las pruebas de libre escogencia, no escogencia, sobrevivencia y oviposición. El daño estuvo asociado con la supervivencia, oviposición y eclosión de huevos del insecto. Para la determinación de la herencia se cruzaron los progenitores Makalioka y Mudgo con IR8. En la progenie F₁ del cruzamiento resistente x resistente el 11% de las plantas fueron susceptibles; Mudgo y Makalioka segregaron 23 y 41% de plantas susceptibles.

Palabras clave: Resistencia a insectos, Herencia, Arroz, Daño mecánico, *Tagosodes orizicolus*.

ABSTRACT

In Colombia all rice varieties developed are reported as resistant to *Tagosodes orizicolus*. Given the narrow genetic base of the resistant sources, this study was undertaken to identify the resistant parents or donors more oftenly used in Latin America. The materials were characterized as resistant (Mudgo, Amistad 82, IRAT 120, IRAT 124, Makalioka) or susceptible based on the free chosen test and non chosen test and on the survival and oviposition of the insect (Chianan 8, Colombia 1, Bluebonnet 50, IR 8 (ICA), IR 8 (IRRI), Tetep and Cica 8). The damage was associated with insect survival, oviposition and eggs eclosion. To determine heritability two parents (Makalioka and Mudgo), were crossed with IR 8. F₁ and F₃ populations were also evaluated based on the free chosen test.

Keywords: Insect resistance, Heritability, Rice, Damage, *Tagosodes orizicolus*.

INTRODUCCION

El saltahojas *Tagosodes orizicolus* (Muir), anteriormente clasificado como *Sogatodes orizicola* (Asche y Wilson, 1990), conocido por los agricultores como "sogata", es una de las plagas de mayor importancia económica en el cultivo del arroz en América Latina y el Caribe. El insecto causa dos tipos de daños: uno indirecto por ser el único vector conocido del virus de la Hoja Blanca (VHB), y otro directo al alimentarse y ovipositar sobre la planta (Gálvez y Jennings, 1959). El convenio ICA-CIAT-FEDEARROZ, liberó en 1972

la variedad Cica 4 resistente al insecto y posteriormente otras con mejores niveles de resistencia (e.j. Cica 8) logrando reducir la población de la plaga (Jennings y Pineda, 1983). Cruzando las variedades resistentes (Remadja, Bahagia, Pelita I/I,

BG94- 1, H5, IR8, RD, Mudgo, K8 y Raminad St.3), con la susceptible Bluebonnet 50, Martínez, Weerarathe y Pineda (1978) sugirieron que la resistencia en IR 8 estaba controlada por un par de genes recesivos y en H5 por un par de genes dominantes. Las poblaciones F₁ del cruzamiento entre variedades resistentes

¹ Estudiante de pregrado, Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, A.A. 237 Palmira; ² Profesor Asociado, Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, A.A. 237 Palmira; ³ Científico de enlace INGER - CIAT - Palmira

tes (CP1-C8, J 104, IR1529-430, Naylamp, y IR1544-284-3-5) y la susceptible Bluebelle, mostraron reacción resistente, indicando que la resistencia es dominante. Las generaciones F_2 y F_3 para los cruces de Bluebelle con J 104 y con IR1529-430 segregaron en un solo par de genes. La F_2 de los demás cruzamientos sugiere la presencia de dos genes con acción epistática en condición recesiva (Orellana et al, 1985).

Las medidas de manejo desarrolladas contra el insecto incluyen el uso de prácticas agronómicas, de agentes biológicos, químicos y siembra de variedades resistentes tanto al VHB como al daño mecánico (CIAT, 1987). El empleo de variedades resistentes se considera una solución económica y eficiente de los problemas causados por el insecto (Rosero et al, 1970;

Jennings y Pineda, 1971). Sin embargo, para reducir el peligro de homogeneidad genética de la resistencia, es necesario establecer el modo de herencia e identificar nuevas fuentes de resistencia; por tal razón, en el trabajo se plantearon los siguientes objetivos:

1. Caracterizar doce (12) posibles donantes de resistencia al daño mecánico de *T. orizicolus*.
2. Determinar el modo de herencia de la resistencia en dos donantes.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

EVALUACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE PROGENITORRES AL DAÑO MECÁNICO DE *T. ORIZICOLUS*.

En el CIAT, entre 1992 y 1994, se compararon 8 posibles fuentes de resistencia (Cuadro 1) con cuatro testigos susceptibles de reacción conocida (IR 8 (ICA), IR 8 (IRRI), Colombia 1, y Bluebonnet 50). Se utilizaron insectos obtenidos de una colonia libre de virus. Las evaluaciones se realizaron en forma masal por surco con la escala desarrollada por el CIAT (Cuadro 2).

Prueba de libre escogencia: Las variedades se sembraron al azar en 12 surcos en bandejas plásticas (0.53 x 0.27 x 0.06 m); a los 10 días se dejaron 10 plantas/surco; cinco días después, las bandejas se introdujeron a una jaula de malla (1.95 x 1.10 x 1.0 m) para infestarlas con 10 insectos/planta, en promedio.

Cuadro 1. Derivación de las posibles fuentes de resistencia al daño mecánico de *T. orizicolus*

POSIBLES FUENTES DE RESISTENCIA	CRUZAMIENTO	VARIETADES A EVALUAR
IRAT 120	Makalioka / Chianan 8	IRAT 120 Makalioka Chianan 8
IRAT 124	Chianan 8 / Makalioka	IRAT 124
Cica 8	Cica 4 / IR 665-23 3 / Tetep	Tetep, Cica 8
Mudgo	Desconocidos	Mudgo
Amistad 82	IR1529 ECIA / VNIIR 3223	Amistad 82

La prueba se realizó tres veces en el tiempo con seis repeticiones; considerando cada bandeja como una repetición. El diseño experimental fue en bloques completos al azar. La prueba contó con una bandeja sin infestar como parámetro de observación. Las evaluaciones se realizaron diariamente en forma masal, por surco a partir del primer día de infestación y por un periodo de 20 días.

Prueba de no escogencia: Las variedades se sembraron al azar en materos (10 cm de diámetro por 10 cm de alto) y se dejaron al raleo dos plantas/matero. A los 15 días cada matero se cubrió con una jaula de muselina para infestar con 10 insectos. La prueba se

Cuadro 2. Escala de evaluación del daño mecánico de *T. orizicolus*

GRADO	DESCRIPCIÓN DEL DAÑO
0	Ausencia de síntomas.
1	Decoloración y daño leve.
3	Coloración anaranjada en la punta y bordes de la hoja.
5	Amarillamiento pronunciado, la mitad de la planta marchita o muerta.
7	Más de la mitad de la planta muerta, enanismo pronunciado.
9	Toda la planta muerta.

realizó una vez en el tiempo, utilizando siete materos por variedad, uno de las cuales era el testigo; el diseño experimental fue de bloques completos al azar. Las evaluaciones se realizaron diariamente a partir del día siguiente a la infestación por un período de 31 días.

Prueba de supervivencia y oviposición: Se dejó 1 planta/matero; se cubrió a los 15 días con un tubo de acetato transparente y se infestó con una pareja de insectos vírgenes. La prueba se realizó tres veces en el tiempo con cinco materos por variedad, en un diseño experimental de bloques completos al azar; las variables evaluadas fueron sobrevivencia de la hembra y huevos/semana. Cada semana la pareja de insectos se trasladó a otra planta de igual variedad y edad hasta cuando la hembra murió.

MECANISMO DE HERENCIA DE LA RESISTENCIA AL DAÑO MECÁNICO DE *T. ORIZICOLUS*

Se realizaron tres cruzamientos controlados con dos progenitores seleccionados al azar como resistentes y uno susceptible (*Cuadro 3*).

Cuadro 3. Programa de cruzamientos.

Susceptible	x	Resistente
1) IR 8 (IRRI)	x	Mudgo
2) IR 8 (IRRI)	x	Makalioka
Resistente	x	Resistente
3) Makalioka	x	Mudgo

La semilla F₁ se sembró en materos en condiciones de invernadero, la semilla F₃ se sembró en el campo (30 x 30 cm); de cada cruce se cosecharon 150 - 200 plantas, para formar igual número de familias F₃.

La evaluación al daño mecánico se realizó en las poblaciones F₁ y F₃ mediante la prueba de libre escogencia, en el momento en que el testigo susceptible IR 8 mostró un daño igual a 9. Las poblaciones F₁ de los tres cruzamientos con sus progenitores y los testigos absolutos, se sembraron al azar en 9 surcos y se evaluaron 10 plantas/surco.

Las poblaciones F₃ de cada cruzamiento se sembraron en forma individual, se evaluaron 100 familias F₃/ cruzamiento y de cada familia se sembraron 75 plantas. Las variedades se distribuyeron al azar en 17

surcos / bandeja y se evaluaron 25 plantas/surco. Se utilizaron tres jaulas por cruzamiento. En cada bandeja se sembraron los testigos absolutos distribuidos al azar.

RESULTADOS Y DISCUSION

CARACTERIZACIÓN DE PROGENITORES AL DAÑO MECÁNICO DE *T. orizicolus*.

En la prueba de libre escogencia (*Cuadro 4*), las variedades se agruparon en cuatro categorías, según la época de evaluación:

Categoría A: Variedades con daño mecánico cercano a siete (7), al primer día de infestación: Chianan 8, Bluebonnet 50 y Colombia 1.

Categoría B: Variedades con daño mecánico igual ó superior a siete (7), a los 16 días post-infestación: IR 8 (ICA), IR 8 (IRRI), CICA 8. Incluye además las variedades de la categoría A.

Categoría C: Variedades con daño mecánico igual o superior a siete (7) a los 19 días post-infestación: Tetep + variedades en Categoría B.

Cuadro 4. Evaluación de doce materiales de arroz al daño mecánico por *T. orizicolus* según los días de exposición al insecto en la prueba de libre escogencia.

VARIETADES	DÍAS ¹ DE EXPOSICIÓN AL INSECTO		
	1	16	19
Chianan 8	7.0 a	9.0 a	9.0 a
Bluebonnet 50	6.9 a	9.0 a	9.0 a
Colombia 1	5.9 a	9.0 a	9.0 a
IR 8 (CIAT)	2.0 b	6.7 ab	8.0 ab
Cica 8	1.7 bc	6.1 b	7.4 bc
IR 8 (IRRI)	1.4 bc	6.9 ab	8.0 ab
Mudgo	0.5 bcd	2.7 d	3.0 e
Amistad 82	0.2 de	2.4 d	3.3 e
IRAT 120	0.1 de	3.5 cd	4.8 d
IRAT 124	0.1 de	1.9 d	2.2 e
Tetep	0.0 de	5.2 bc	6.4 c
Makalioka	0.0 e	2.0 d	2.3 e

¹ Promedios con la misma letra en la misma columna no son estadísticamente diferentes según la prueba de rango múltiple de Duncan

Categoría D: Variedades con daño mecánico inferior a cinco (5), catalogadas como resistentes a los 19 días después de infestación: Mudgo, Amistad 82, IRAT 120, IRAT 124 y Makalioka.

En la prueba de no escogencia (Cuadro 5), los cultivares Chianan 8, Bluebonnet 50 y Colombia 1, mostraron daño cercano a 7 a los 15 días de infestación; las variedades Cica 8 e IR 8 alcanzaron el mismo nivel de daño a los 22 días después y la variedad Tetep a los 31 de infestación.

Cuadro 5. Evaluación de doce materiales de arroz al daño mecánico por *T. orizicolus* según los días de exposición al insecto en la prueba de no escogencia.

VARIETADES	DÍAS ¹ DE EXPOSICIÓN AL INSECTO		
	15	22	31
Chianan 8	7.3 a	9.0 a	9.0 a
Bluebonnet 50	6.3 ab	9.0 a	9.0 a
Colombia 1	4.6 b	9.0 a	9.0 a
Cica 8	2.0 c	6.6 abc	7.6 a
IR 8 (IRRI)	2.0 c	5.6 bc	8.3 a
IR 8 (ICA)	1.5 c	7.3 ab	9.0 a
IRAT 120	1.0 c	2.0 de	4.0 cd
Makalioka	0.8 c	1.0 e	1.6 e
IRAT 124	0.6 c	2.3 de	3.0 ed
Mudgo	0.6 c	1.3 e	2.6 ed
Tetep	0.6 c	4.3 dc	7.0 a
Amistad 82	0.5 c	3.0 d	5.3 bc

¹ Promedios seguidos por la misma letra en la misma columna no son estadísticamente diferentes según la prueba de Duncan.

Las variedades IRAT 120, IRAT 124, Makalioka y Mudgo, se comportaron como resistentes con niveles de daño inferior a cinco. El cultivar Amistad 82 con calificación de 5.3 se comportó como resistente intermedio sin exhibir plantas muertas.

En la prueba de libre escogencia los insectos tienen la opción de alimentarse y multiplicarse sobre las variedades que prefieran; mientras que en la prueba de no escogencia el insecto se obliga a alimentarse de un solo cultivar. En la primera prueba la infestación promedio inicial fue de 10 insectos/planta pero éste nivel se puede alterar por un incremento de la pobla-

ción en las variedades susceptibles (aquellos que son preferidos por el insecto) siendo el daño más rápido en esta prueba que en la segunda. Esto se evidencia por el comportamiento similar de las variedades en ambas pruebas.

Los resultados sobre capacidad de oviposición y supervivencia de la hembra del insecto (Cuadro 6), fueron comparables con los obtenidos en las pruebas anteriores. Los cultivares con daño mecánico leve (relativamente resistentes), limitaron de manera significativa el tiempo de supervivencia de las hembras del insecto (2.4 o menos días) con niveles de oviposición moderados a bajos (10-25 posturas/semana). En orden de mayor resistencia, estas variedades fueron: Makalioka > IRAT 124 >, Mudgo > IRAT 120.

Las variedades con daño mecánico acentuado (relativamente susceptibles), permitieron una supervivencia de la hembra mayor o igual a tres (3) semanas y niveles de oviposición semanal superior a 50 huevos. En orden de mayor susceptibilidad, los cultivares que mostraron este comportamiento fueron: Chianan 8 > Colombia 1 > Bluebonnet 50 = Tetep=IR 8 (ICA) = IR8 (IRRI) > Cica 8.-

La variedad Amistad 82, clasificada como moderadamente resistente al daño mecánico, limitó la supervivencia de la hembra a 2.4 semanas, pero permitió

Cuadro 6. Supervivencia y oviposición de *T. orizicolus* en doce variedades de arroz¹.

VARIETADE	SUPERVIVENCIA DE LA HEMBRA (SEMANAS)	NO. HUEVOS POR PLANTA / SEMANA
Chianan 8	4.0 a	98.56 a
Colombia 1	3.6 ab	86.61 a
Bluebonnet 50	3.1 abc	114.70 a
Tetep	3.1 abc	79.76 a
IR 8 (IRRI)	3.1 abc	115.01 a
IR 8 (ICA)	3.1 abc	87.97 a
Cica 8	3.0 abc	53.32 ab
Amistad 82	2.4 bcd	48.93 ab
IRAT 120	2.2 cd	29.06 bc
Mudgo	2.0 cd	28.26 bc
IRAT 124	1.6 d	17.00 cd
Makalioka	1.5 d	9.93 d

¹ Promedios con la misma letra no son estadísticamente diferentes de acuerdo con la prueba de Duncan.

Cuadro 7. Evaluación al daño mecánico (en %) de *T. orizicolus* en la generación F₁ y en las familias F₃ de los cruzamientos S x R y R x R.

POBLACIÓN	PORCENTAJE DE PLANTAS SUSCEPTIBLES	
	F ₁	F ₃
IR 8 (susceptible=S)	80	100
Mudgo (Resistente=R)	0	25
Makalioka (Resistente=R)	0	41
IR 8/Mudgo (SxR)	54	10
IR 8/Makalioka (SxR)	0	10
Makalioka/Mudgo (SxS)	11	10

una oviposición equiparable a la de variedades susceptibles (49 posturas/semana). Este resultado sugiere la presencia de un mecanismo de control diferente al de los cultivares resistentes.

MECANISMO DE HERENCIA DE LA RESISTENCIA AL DAÑO MECÁNICO DE *T. ORIZICOLUS*

En la primera evaluación de las poblaciones F₁ y los progenitores, los parentales Mudgo y Makalioka se comportaron como resistentes (0% de plantas susceptibles) e IR 8 como susceptible (80% de plantas susceptibles) (Cuadro 7).

Al comparar las progenies F₁, las cuales en teoría debían comportarse de manera homogénea (por ser todos los individuos de constitución genética hete-rocigota), se registró segregación variable de plantas susceptibles, aún en las progenies del cruce resistente x resistente (Makalioka/Mudgo con 11% de plantas susceptibles). En las progenies del cruzamiento entre susceptible x resistente (IR 8/Mudgo), el 54% de las plantas fueron susceptibles.

Exploradas diferentes alternativas sobre el tipo de acción génica involucrada en la expresión del rasgo de resistencia al daño mecánico de «sogata», se planteó en principio la existen-

cia de un gen simple dominante A presente en estado homocigoto en los parentales Mudgo y Makalioka, como responsable de la resistencia y su respectivo alelo recesivo a presente en estado homocigoto en el cultivar IR 8, como determinante de la susceptibilidad. De acuerdo con los resultados, el grado de expresividad del gen estaría supeditado a la interacción con otros factores genético-ambientales; cuyo efecto se hizo más evidente en las progenies F₃.

En la evaluación de la población F₃, los progenitores resistentes Mudgo y Makalioka, segregaron 23 y 41% de plantas susceptibles respectivamente, en contraste con 0% en la primera prueba y el progenitor IR 8 confirmó su condición de susceptibilidad (Cuadro 7). Este hecho sumado a la manera como segregaron las familias F₃, condujo a postular la hipótesis de que la herencia para la reacción al daño mecánico de «sogata» se debe a la acción de un gen principal dominante A, el cual confiere resistencia y cuya expresividad está condicionada por la interacción de un gen modificador B, el cual interfiere en mayor o menor grado (bb>Bb>BB) la manifestación de la resistencia, dependiendo del cultivar y del tiempo de exposición de la planta al ataque del insecto. En el Cuadro 8 se describe el modelo genético para los parentales IR 8, Mudgo y Makalioka con su fenotipo resultante, y en el

CUADRO 8. Segregación genotípica y fenotípica esperada para la resistencia al daño mecánico de *T. orizicolus* con base en el modelo propuesto.

CULTIVAR	GENOTIPO	REACCIÓN FENOTÍPICA DE PLANTAS / FAMILIA
IR 8	aabb	Susceptible
Mudgo	AAbb	Resistente o susceptible
Makalioka	AABB	Resistente o susceptible
F ₁ : IR 8/Mudgo	Aabb	Resistente o susceptible
F ₁ : IR/Makalioka	AABb	Resistente o susceptible
F ₁ : Makalioka/Mudgo	AABb	Resistente o susceptible
F ₂ : IR 8/Mudgo	1AAbb, 2Aabb 1aabb	Resistente o susceptible Susceptible
F ₂ : IR 8/Makalioka	1AABB, 2AABb 1AAbb, 2AaBB, 4AaBb, 2Aabb 1aaBB, 2aaBb, 1aabb	Resistente o Susceptible Susceptible
F ₂ : Makalioka/Mudgo	1AABB, 2AABb, 1AAbb	Resistente o Susceptible

CUADRO 9. Clasificación de las familias F₃ de los cruzamientos por su reacción mecánica de *T. orizicolus*

CLASIFICACIÓN FENOTÍPICA	IR 8 / MUDGO				IR 8 / MAKALIOKA			
	O	P.T.	E	X ²	O	P.T.	E	X ²
Familias fenotípicamente heterogéneas *	80	0.75	75	0.33	79	0.75	75	0.21
Familias uniformemente susceptibles	20	0.25	25	1.00	21	0.25	25	0.64
Total	100	1.00	100	-	100	1.00	100	-
X ² observado	-	-	-	1.33	-	-	-	0.85
X ² tabulado	-	-	-	3.84	-	-	-	3.84

* Familias que presentan una mezcla de plantas resistentes y susceptibles porcentajes definidos.

O : Observado; P.T. : Proporción Teórica; E : Esperado

Cuadro 9 se consigna la prueba de Chi cuadrado utilizada para evaluar la validez del modelo propuesto.

Con respecto al modelo propuesto se aclara que :

1. La caracterización genética de la población F₂, se hace a partir de la información suministrada por las progenies resultantes de su autofecundación (familias F₃); es decir, la segregación genotípica y fenotípica en la F₂, se «lee» en las poblaciones F₃.
2. El gen modificador B, actúa en forma diferencial sobre la expresión del gen principal A dependiendo de las formas alélicas presentes en el locus, así BB⁺ reduce en forma leve la resis-

tencia de un genotipo dando lugar a la presencia de una proporción baja de plantas susceptibles en la familia, Bb⁺⁺ reduce la resistencia de un genotipo a nivel moderado, dando lugar a una proporción intermedia de plantas susceptibles en la familia, bb^{****} afecta en forma significativa la resistencia de un genotipo motivando la presencia de una proporción alta de plantas susceptibles.

3. La etapa siguiente en el proceso de investigación, debe centrarse en la validación del modelo, utilizando siembras repetitivas, previa sincronización de las épocas oportunas de evaluación. Comprobada la validez del modelo, se debe proceder a incorporar la resistencia a variedades comerciales mediante retrocruzamiento y selección.

BIBLIOGRAFIA

- ASCHE, M. Y WILSON M., R. The delphacid genus *Sogatella* related group : A revision with special reference to rice-associated species (Homoptera: Fulgoroidea). Systematic Entomol. 15:1-42. 1990.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Manejo integrado de plagas. En: Informe Anual. Programa Arroz, 1987. p. 214-220.
- GALVEZ, G. E.; y JENNINGS P., H. Transmisión de la hoja blanca del arroz en Colombia. Agricultura Tropical. 15(8): 507-551. 1959.
- JENNINGS, P.R. y PINEDA, A. Control de sogata mediante resistencia varietal. Arroz (Colombia). 20 (209):6-8. 1971.
- JENNINGS, P.R. Estudios de resistencia de la hoja blanca y de su vector. En: IRTP Conferencia para América Latina, 5, 1983. Informe Anual. CIAT, p.106-120.
- MARTINEZ, C.; WEERARATHE, H. y PINEDA, A. Estudios sobre la herencia al daño mecánico de *Sogatodes orizicola*. En: ICA, Informe de Progreso Programa de Arroz, 1977-78. p. 57-58.
- ORELLANA P., P.A. et al. Herencia de la resistencia en arroz *Oriza sativa* al insecto *Sogatodes orizicola*. Ciencia y Técnica en la Agricultura Serie Arroz. 8 (2):91-100. 1985.
- ROSETO, M.J. Resistencia varietal en arroz al *Sogatodes orizicola* M. y a la hoja blanca. Arroz (Colombia). 25 (275): 4-7. 1976.