

EFFECTO DE LAS RAZAS PAV, MAV Y RPV DEL VIRUS DEL ENANISMO AMARILLO DE LA CEBADA (BARLEY YELLOW DWARF VIRUS) SOBRE EL RENDIMIENTO Y CRECIMIENTO DE PLANTAS DE CEBADA¹

Effects of PAV, MAV and RPV isolates of barley yellow dwarf virus on yield and growth plant of barley cultivars

Guido Herrera M.²

SUMMARY

A group of 10 winter barley cultivars was tested against PAV, MAV and RPV isolates of barley yellow dwarf virus. Two cultivars were used as control Vixen containing the resistant gene Yd₂ and Igri without the gene. Of the ten advanced lines tested only one had the same pattern of infection against the BYDV-isolates as Vixen. Three of the cultivars showed resistance against RPV infection, but only one cultivar showed resistance to all three isolates. There is evidence that sources of resistance different from Yd₂ gene are present. The advantages of using a range of BYDV isolates in plant breeding programmes seeking resistance for BYDV are emphasized.

Key words: cereals, *Hordeum vulgare* L., virus, BYDV.

INTRODUCCION

El virus del enanismo amarillo de la cebada (VEAC) ha sido considerado como uno de los principales problemas detrimentales del rendimiento de los cereales a nivel mundial (CIMMYT, 1984 y 1987). En Chile, se indica como un factor importante a mejorar en las variedades de trigo (Cortázar, 1984), principalmente por las pérdidas que causa (Herrera y Quiroz, 1988). Aunque en algunos países el balance económico favorece las aplicaciones de insecticidas para el control de los vectores (Plumb, 1987), disminuyendo la infección secundaria, en otros, el medio más eficaz es a través del uso de variedades mejoradas contra dicho factor. En trigo y avena no existe genes mayores en resistencia o tolerantes. Sin embargo, en cebada se ha identificado un gen denominado Yd₂ (Rasmusson y Schaller, 1959), el cual otorga elevado grado de tolerancia a la enfermedad. Inicialmente se pensó que tal gen podía conferir protección a todas las razas del virus, no obstante, recientes investigaciones, han demostrado que tal tolerancia sólo es efectiva para el grupo I o BYDV-MAV, y mucho menos eficiente, para razas pertenecientes al grupo II o BYDV-RPV (Herrera, 1990;

Herrera y Plumb, 1988). Ello sugiere que los programas de mejoramiento, al menos en cebada, deberían incluir pruebas contra razas específicas del virus.

Por tales motivos, el objetivo de la presente investigación, fue estudiar la reacción de un grupo de cultivares de cebadas a la infección con diferentes razas del VEAC y comparar los resultados entre cultivares con y sin el gen tolerante Yd₂.

MATERIALES Y METODOS

Cultivares. En el experimento se usó 10 líneas avanzadas de cebada (*Hordeum vulgare* L.), consideradas por su buen comportamiento a varias razas no identificadas del virus (Rony Habgood, Nickerson RPB Ltda., U.K., comunicación personal). Además, se incluyeron los cultivares Vixen (Yd₂+) como tolerante (Parry y Habgood, 1986) y el cultivar Igri (Yd₂-) como no tolerante.

Virus. Las inoculaciones se realizaron con tres razas inglesas del VEAC, las razas PAV, MAV y RPV. Previamente, ellas habían sido caracterizado en sus propiedades biológicas y serológicas (Herrera, 1990). Aunque, se reconoce que el término PAV, MAV y RPV debería ser utilizado solamente para designar las razas tipo, definidas por Rochow (1969), por conveniencia, dichas aislaciones británicas, serán nombradas con esta denominación, en el resto del texto.

¹Recepción de originales: 8 de marzo de 1990.

El autor agradece el financiamiento del Centro de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) y las facilidades otorgadas por Rothamsted Experimental Station (Harpenden, U.K.), para la realización de esta investigación.

²Estación Experimental La Platina (INIA), Casilla 439, Correo 3, Santiago, Chile.

Inoculaciones. Las razas PAV y RPV fueron transmitidas por la especie *Ropalosiphum padi* y la raza MAV por *Sitobion avenae*. Afidos provenientes de colonias libres de virus se alimentaron durante un período de dos días en plantas infectadas con cada una de las respectivas razas. Las inoculaciones fueron realizadas confinando cinco individuos virulíferos por planta, las cuales durante el período de inoculación fueron cubiertas con cilindros de nitrocelulosa (18 x 4 cm de diámetro) con techo del tul. Como testigo se utilizaron plantas tratadas, iguales a las inoculadas, sobre las cuales se confinaron áfidos libres de virus. Todos los cultivares tenían un estado de crecimiento equivalente a 2 (Feekes) al momento de la inoculación. Finalizado el período de inoculación los insectos se eliminaron con aplicaciones de insecticida (Pirimor, 2%) y las plantas fueron dejadas en condiciones ambientales hasta la cosecha. Las prácticas de manejo normales incluyeron aplicaciones de insecticida (Pirimor 2%) y fungicida (Triadimetón 4 g/100 L), para prevenir ataque de insectos y enfermedades foliares, respectivamente.

Tratamientos. El experimento fue diseñado como bloques completos al azar con ocho repeticiones. Las plantas fueron colocadas en macetas de 50 cm de altura x 50 cm de diámetro. Los tratamientos correspondieron a: I. inoculación con PAV. II. inoculación con MAV. III. inoculación con RPV y IV. testigo no inoculado.

Evaluaciones. En el campo fueron registradas las siguientes variables: a) número de espigas por planta; b) altura de planta, medida desde la base de la planta hasta la punta de la espiga del culmo principal; c) síntomas del virus de acuerdo a la escala (0 resistente, 9 susceptible) de Qualset (1984) al estado de floración. A la cosecha, todas las plantas se cortaron a la altura del cuello, se secaron a estufa a 80°C durante una noche, enseguida se pesaron determinándose la fitomasa (peso total de planta) y se cosechó el grano. Posteriormente, se pesó el total de granos por planta ó rendimiento y se pesaron dos muestras de 20 granos cada una para estimar el peso de los mil granos. Este valor fue usado para estimar el número de granos por espigas.

Análisis estadístico. Todos los datos fueron analizados estadísticamente usando un análisis de variancia y la prueba Student Newman-Keuls de separación de medias (Fisher, 1966) y procesados en un programa computacional GENSTAT 5 (Lane, Galwey y Alvey, 1987).

RESULTADOS

Rendimiento. El Cuadro 1 muestra los efectos de las distintas razas sobre el rendimiento de los cultivares. El análisis estadístico mostró una interacción significativa entre cultivares y razas ($F=11,56$, grados libres=308, $P \leq 0,01$), indicando que los principales factores no actuaron independientemente. La reacción de los cultivares testigo, Vixen e Igri, fue similar a las mencionadas por Herrera (1990) y Herrera y Plumb (1987 y 1988), reafirmando con ello, que Vixen (Yd_2+) fue tolerante a las inoculaciones con PAV y MAV, pero tal tolerancia se presentó mucho menor a la raza RPV. Contrastando con esto, el cultivar Igri presentó sensibilidad a todas las razas. Todas las otras líneas fueron afectadas por, a lo menos, una aislación, excepto cv-23, el cual no presentó diferencias significativas con ninguna raza.

CUADRO 1. Efecto de tres razas del VEAC sobre el rendimiento de 12 cultivares de cebada

TABLE 1. Effect of three BYDV Isolates on yield of 12 barley cultivars

Cultivares	Rendimiento (g/pl.) ¹			
	Razas			No Inoculado
	PAV	MAV	RPV	
Vixen (Yd_2+)	19,7 NS ²	20,4 NS	17,2 **	23,2
Igri (Yd_2-)	1,5 **	14,3 **	13,5 **	20,5
Cv-5	17,2 NS	17,9 NS	10,6 **	20,6
Cv-8	16,7 NS	13,4 **	14,8 **	19,7
Cv-10	20,2 NS	17,2 **	15,5 **	21,0
Cv-11	16,2 NS	12,9 **	10,2 **	17,7
Cv-12	0,8 **	16,6 NS	12,9 **	19,5
Cv-17	0,7 **	21,3 *	20,9 *	25,0
Cv-18	2,9 **	18,4 NS	17,1 NS	17,6
Cv-21	13,5 **	14,8 **	23,4 NS	24,4
Cv-22	23,8 **	15,2 **	19,1 **	31,2
Cv-23	12,3 NS	10,8 NS	11,0 NS	13,2

D.M.S. (gl = 308)³

$P \leq 0,05$ 3,44

$P \leq 0,01$ 4,11

¹ Los valores representan media de ocho repeticiones.

² *, **, estadísticamente significativo al 5 y 1%, respectivamente. NS: no significativo.

³ D.M.S.: Diferencia mínima significativa, para comparaciones dentro de variedades entre tratamiento inoculados y testigos no inoculados.

En el Cuadro 2, se agruparon los cultivares de acuerdo a su reacción a las distintas razas del virus. Igri y los cultivares cv-17 y cv-22 fueron sensibles a todas las razas. Mientras que, en el otro extremo, el cultivar cv-23 presentó tolerancia a todas las razas del virus. Sólo el cultivar cv-5, mostró una reacción similar a la presentada por el cultivar con el gen tolerante (Vixen) en relación a cada una de las razas. Otros tres cultivares (cv-18, cv-21 y cv-23) mostraron tolerancia a la raza RPV y los cultivares cv-18 y cv-21 fueron sensibles a las razas PAV y MAV, pero tolerantes a la raza RPV.

Componentes de rendimiento. El análisis del efecto de las tres razas sobre los componentes de rendimiento (Cuadro 3) indica la existencia de una significativa interacción entre estas razas y los cultivares. Aunque el cultivar tolerante, Vixen, mostró pérdidas de rendimiento sólo cuando fue infectado con la raza RPV (Cuadro 1), las tres razas causaron

CUADRO 2. Agrupación tentativa de los cultivares de acuerdo a su reacción a la infección con diferentes razas del VEAC

TABLE 2. Tentative grouping of cultivars according to their reaction to BYDV isolates

Grupo	Cultivares	Razas		
		PAV	MAV	RPV
I	Cv-22, Igri, Cv-17	S ¹	S	S
II	Cv-8, Cv-10, Cv-11	R	S	S
III	Cv-12	S	R	S
IV	Vixen, Cv-5	R	R	S
V	Cv-18	S	R	R
VI	Cv-21	S	S	R
VII	Cv-23	R	R	R

¹S: Sensibles al virus (pérdidas de rendimiento estadísticamente significativas, $P \leq 0,05$). R: Tolerantes al virus (pérdidas de rendimiento no significativas $P \geq 0,05$).

CUADRO 3. Efectos de tres razas del VEAC sobre los componentes de rendimiento y crecimiento de planta en 12 cultivares de cebada

TABLE 3. Effect of three BYDV isolates on yield and others characteristics of 12 barley cultivars

Tratamientos		Peso mil Granos (g)	Espigas/Planta (n)	Granos/Espigas (n)	Altura de Planta (cm)	Fitomasa (g)	Índice cosecha
Vixen	PAV	51,9	15,2 ¹	24,7	85,3	53,5	0,37
	MAV	53,3	14,0	27,4	89,4	60,5	0,33
	RPV	50,2	16,9	21,8	83,1	51,4	0,34
	No inoculado	53,8	12,8	35,3	89,1	55,7	0,42
Igri	PAV	35,3	4,2	6,3	47,6	12,5	0,13
	MAV	59,1	9,5	25,3	87,5	45,3	0,30
	RPV	60,5	9,6	23,7	49,0	46,8	0,22
	No inoculado	60,2	9,1	44,5	92,1	43,8	0,57
Cv-5	PAV	42,4	7,5	55,1	78,2	34,2	0,49
	MAV	42,2	7,2	63,8	83,5	40,7	0,44
	RPV	39,7	4,8	56,1	70,5	21,8	0,49
	No inoculado	44,3	8,4	56,5	80,9	35,6	0,69
Cv-8	PAV	39,9	8,3	50,2	66,5	41,6	0,46
	MAV	38,2	7,3	50,6	87,5	34,2	0,38
	RPV	40,6	7,4	50,1	83,4	35,9	0,42
	No inoculado	43,1	7,2	69,0	85,0	44,0	0,45
Cv-10	PAV	49,4	11,3	47,9	72,9	48,7	0,48
	MAV	46,9	8,2	46,4	76,5	40,5	0,45
	RPV	43,3	7,5	49,6	80,4	38,5	0,40
	No inoculado	46,5	7,5	47,8	84,0	46,4	0,46
Cv-11	PAV	43,7	8,3	45,0	76,4	36,1	0,45
	MAV	45,2	9,0	32,9	73,9	35,5	0,39
	RPV	44,0	8,2	31,4	72,5	28,2	0,36
	No inoculado	41,0	8,1	41,3	76,6	42,8	0,42
Cv-12	PAV	46,9	7,8	36,8	76,1	30,3	0,39
	MAV	45,4	8,3	43,6	86,3	37,0	0,45
	RPV	40,8	7,0	45,1	79,0	39,4	0,48
	No inoculado	42,9	10,2	46,7	94,4	70,0	0,45

Continuación Cuadro 3. Efecto de tres aislaciones del VEAC.....

Tratamientos		Peso mil Granos (g)	Espigas/ Planta (n)	Granos/ Espigas (n)	Altura de Planta (cm)	Fitomasa (g)	Índice cosecha
Cv-17	PAV	49,9	6,5	53,7	81,4	30,6	0,41
	MAV	45,2	9,1	52,3	78,9	31,5	0,34
	RPV	48,6	7,0	61,2	85,7	42,9	0,48
	inoculado	40,8	9,0	55,6	90,1	51,2	0,48
Cv-18	PAV	29,7	3,7	27,8	26,8	13,4	0,27
	MAV	41,9	7,8	56,9	80,3	39,1	0,47
	RPV	37,2	7,8	61,3	83,4	41,5	0,42
	No inoculado	42,8	7,5	41,5	86,5	39,1	0,33
Cv-21	PAV	43,0	7,9	29,1	48,4	39,6	0,37
	MAV	45,0	8,6	42,4	75,9	35,7	0,41
	RPV	50,3	9,6	48,8	81,4	48,8	0,48
	No inoculado	51,6	10,5	45,2	85,6	47,9	0,50
Cv-22	PAV	48,8	10,3	47,2	48,4	39,6	0,37
	MAV	49,1	7,8	42,1	75,9	35,7	0,41
	RPV	51,2	8,0	47,0	81,4	48,8	0,48
	No inoculado	52,8	14,1	42,9	85,5	47,9	0,50
Cv-23	PAV	44,8	5,7	47,3	86,0	56,1	0,42
	MAV	45,6	5,1	47,5	86,8	35,7	0,64
	RPV	43,1	5,6	53,5	82,2	41,5	0,31
	No inoculado	32,9	7,4	46,7	87,7	42,3	0,26
D.M.S. (gl = 308) ²							
P ≤ 0,05		3,9	2,2	7,4	7,7	10,5	0,01
P ≤ 0,01		4,6	2,6	8,9	9,2	12,6	0,05

¹ Los valores representan la media de ocho repeticiones.

² D.M.S.: Diferencia Mínima Significativa ($P \leq 0,05$), para comparación dentro de variedad entre tratamiento inoculados y controles sin inocular; gl = grados de libertad.

disminuciones en el número de granos por espigas en este mismo cultivar. Sin embargo, parece ser que existió un efecto compensatorio con otros componentes de rendimiento, tales como espigas por planta. Este efecto compensatorio no se vió reflejado en Igrí cuando se infectó con las mismas razas. Aun cuando el cv-5 tenía reacciones similares a las diferentes razas del virus que Vixen, no ocurrió así con los componentes de rendimiento afectados. Mientras en Vixen, la disminución de rendimiento por RPV fue principalmente causada por disminuciones en el número de granos por espigas, el cultivar cv-5, vió afectado por RPV el número de espigas por planta.

Altura de planta. En el Cuadro 3, se muestra el efecto de las distintas razas sobre la altura de planta. Cultivares sensibles a una raza en particular, tuvieron una significativa ($P \leq 0,05$) disminución en altura de planta. Por ejemplo, Igrí y el cv-18, que no fueron tolerantes a PAV, mostraron disminuciones en el tamaño de planta de 48 y 69%, respectivamente. La fitomasa fue afectada por las tres razas en los cv-22 y cv-12; en otros, se observó un efecto compensatorio. El

índice de cosecha fue afectado en todos los cultivares, por a lo menos, una raza, excepto en el cultivar cv-23.

Síntomas. El cultivar Igrí mostró consistentemente síntomas más severos que Vixen cuando fue inoculado con las razas PAV y MAV, pero tales diferencias no existieron cuando se inoculó con la raza RPV (resultados no presentados). En general, los síntomas fueron más severos en cultivares con grandes pérdidas de rendimiento. Enanismo, sólo se observó en aquellos cultivares muy sensibles a la raza PAV, tales como cv-18 y cv-22.

DISCUSION

Investigaciones anteriores han mostrado los altos niveles de tolerancia presentados por los cultivares de cebada que contienen el gen resistente Yd₂ (Qualset, 1984). Sin embargo, muchos de estas pruebas fueron realizadas con razas del VEAC, las cuales eran desconocidas o incompletamente identificadas. El presente trabajo y otros (Herrera, 1990) muestran que,

cultivares conteniendo el gen Yd₂, protegen a las plantas contra infecciones de las razas PAV y MAV, pero que esta protección es mucho menor contra la raza RPV.

Cuando la reacción de las diferentes líneas probadas fueron comparadas con aquellas presentadas por las variedades testigos, se encontraron varios patrones de reacción. Sólo una de las líneas reaccionó con el mismo patrón que la variedad resistente Vixen. Si se asume, como fue comprobado anteriormente (Herrera, 1990; Herrera y Plumb, 1988, 1989), que la protección entregada por el gen resistente Yd₂, no es efectiva contra la infección de la raza RPV, entonces la tolerancia mostrada por algunas líneas contra la infección de esta raza, podría ser causada por otro u otros genes tolerantes. Esta posibilidad ha sido también notada por Comeau y St. Pierre (1982) y Grafton y otros (1982), donde cebadas de 6 hileras se mostraron tolerantes aún careciendo del gen Yd₂. Cabe reiterar que el grupo de 10 cultivares de cebada, fue seleccionado por su buen comportamiento a razas no

completamente identificadas del virus y ellos presentaron un efecto diferente a las distintas razas del virus, sugiriendo que, en cebada, existe otros genes tolerantes de naturaleza diferente al Yd₂.

Es esencial que los programas de mejoramiento para el VEAC, busquen introducir fuentes alternativas y adicionales de tolerancia al gen Yd₂ en cebada. Fuentes diferentes, como las descritas en este trabajo, pueden ser usadas para mejorar el nivel de tolerancia en variedades comerciales. Los programas de mejoramiento han estado basados fundamentalmente en el uso de razas que comúnmente ocurren en condiciones de campo. Futuros programas necesitan basarse en el uso de razas plenamente identificadas. El no llevarlo a cabo, significa la posibilidad de perder genes útiles para razas alternativas del virus. Asimismo, la tolerancia selectiva del gen Yd₂ requerirá un más acabado conocimiento del espectro de razas ocurrientes en áreas determinadas. Cambios en la prevalencia de tales razas, podría cambiar el comportamiento de las variedades comerciales.

RESUMEN

En un grupo de 10 cultivares de cebada se midió su reacción a la inoculación con diferentes razas del VEAC y se comparó los resultados con la reacción de variedades con el gen resistente Yd₂ (Vixen) y sin el gen (Igr1). De 10 líneas avanzadas, sólo una de ellas tuvo el mismo patrón de reacción que la variedad tolerante Vixen, siendo tolerante a las razas PAV y MAV, pero sensible o no tolerante a la raza RPV. Otras tres líneas presentaron tolerancia a la raza RPV y sólo una mostró

tolerancia las tres razas inoculadas. El experimento mostró evidencia que existen fuentes de tolerancia distintas a las otorgadas por el gen Yd₂ en los germoplasmas probados. Se analizan las ventajas del uso de varias razas del virus en las pruebas de reacción al VEAC en los programas de mejoramiento.

Palabras claves: cereales, *Hordeum vulgare* L., virus, VEAC.

LITERATURA CITADA

- CIMMYT, 1984. Barley yellow dwarf, a proceedings of the workshop. Ed. CIMMYT. México 209 p.
- CIMMYT, 1987. Abstracts, CIMMYT workshop on BYDV. Ed. CIMMYT. Udine. Italia. 98 p.
- COMEAU, A. and ST. PIERRE, C.A. 1982. Trials on the resistance of cereals to barley yellow dwarf virus. Agricultural Canada Station and Department of Phytologie. University of Laval. Quebec, Canada. Report N° 4. 43 p.
- CORTAZAR, S., RENE. 1984. Mejoramiento genético del trigo para la zona centro norte de Chile. Agricultura Técnica (Chile) (4):339-346.
- FISHER, R.A. 1966. The desing of experiments. 8th Ed. Hafner. New York. 203 p.
- GRAFTON, K.L., PHOEHLMAN, J.M., SECHLER, D.T, and SEHGAL, O.P. 1982. Effect of barley yellow dwarf virus infection on winter survival and other agronomics traits in barley. Crop Science 22:596-598.
- HERRERA, M.G. 1990. Interactions between host plants and British isolates of Barley yellow dwarf virus. University of London. 234 p. (Tesis para optar al grado de Ph.D.).
- HERRERA, M.G and PLUMB, R.T. 1988. Effects of PAV, MAV and RPV like isolates of barley yellow dwarf virus on spring and winter barley cultivars. In: Abstracts 5th. Conference on Virus Disease of Gramineae in Europe. Budapest. Hungary. 22 p.

- HERRERA, M.G. AND PLUMB, R.T. 1989. The response of winter and spring barleys with and without the Yd₂ gene to 3 British isolates of barley yellow dwarf virus. *Barley yellow dwarf Newsletter* 2: 38-40.
- HERRERA, M.G. y QUIROZ, C.E. 1988. Pérdidas de rendimiento en trigo causadas por el virus del enanismo amarillo de la cebada, en ensayos mantenidos por 10 temporadas, desde 1976 a 1986. *Agricultura Técnica* 48: 75-80.
- LANE, P., GALWEY, N. and ALVEY, N. 1987. *GENSTAT 5. An introduction*. Clarendon Press. Oxford. 163 p.
- PARRY, A.L and HABGOOD, R. 1986. Field assessment of effectiveness of BYDV resistance gene following its transference from spring to winter barleys. *Ann. appl. Biol.* 108: 395-401.
- PLUMB, R.T. 1987. The epidemiology of barley yellow dwarf virus in Europe. Abstracts, CIMMYT workshop on BYDV. CIMMYT. México. 29 p.
- QUALSET, C.C. 1984. Evaluation and breeding methods for barley yellow dwarf resistance. In: *Barley Yellow Dwarf, a proceedings of the workshop*. CIMMYT. México. 209 p.
- RASMUSSEN, D.C. and SCHALLER, C.C. 1959. The inheritance of resistance in barley yellow dwarf virus. *Agronomy Journal* 51: 271-276.
- ROCHOW, W.F. 1969. Biological properties of four BYDV isolates. *Phytophology* 59:1.580-1.589.