

Comportamiento de diferentes cultivares de trigo a *Wheat streak mosaic virus* (WSMV) y High Plains virus (HPV) mediante infección artificial con el vector *Aceria tosichella* Keifer, bajo condiciones de campo

DUMÓN, A.D.¹; ARGÜELLO CARO, E.B.¹; ALEMANDRI, V.¹; MATTIO, M.F.¹; DONAIRE, G.²; ALBERIONE, E.²; BAINOTTI, C.T.²; RODRÍGUEZ, S.M.¹; TRUOL, G.¹.

RESUMEN

El trigo (*Triticum aestivum* L.) es el cereal de invierno de mayor importancia económica en la Argentina. Dado que Wheat Streak Mosaic virus (WSMV) y High Plains virus (HPV) constituyen una de las principales limitantes sanitarias del cultivo de trigo, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el comportamiento de diferentes cultivares ante ambas enfermedades en infecciones artificiales, bajo condiciones de campo. El inóculo viral mixto WSMV-HPV y el vector *A. tosichella* se obtuvieron en campo y se multiplicaron en laboratorio. Los eriófidos infectados con ambos virus se utilizaron para realizar las infecciones en campo. Se evaluó la incidencia, el grado de infección y la severidad de síntomas de las infecciones en los diferentes genotipos de trigo. Los cultivares fueron clasificados según la probabilidad de incidencia de cada virus y su interacción, hallándose diferencias significativas sólo en los casos de infecciones con HPV. No se hallaron diferencias significativas en el comportamiento de los cultivares al WSMV. Sólo el 9,2% de los cultivares estudiados presentó infección de ambas virosis. El grado de severidad observado varió entre leve a moderado para las plantas que resultaron infectadas. Los resultados reportados en el presente trabajo constituyen una herramienta potencial para la selección de genotipos con mejor comportamiento en este contexto productivo.

Palabras clave: *Triticum aestivum*, infección viral mixta, *Eriophyidae*, incidencia, severidad.

ABSTRACT

Wheat (Triticum aestivum L.) is the most economically important winter cereal in Argentina. Its production is limited by several factors, including viral diseases. Since Wheat streak mosaic virus (WSMV) and High Plains virus (HPV) are one of the main limitations in wheat production, the aim of this study was to evaluate the behavior of different wheat genotypes in artificial infections with both pathogens under field conditions. HPV-WSMV mixed inoculums and the vector Aceria tosichella were obtained from field sampling and multiplied in wheat

¹IPAVE, CIAP –INTA. Camino 60 Cuadras, km 5 ½ (X5020ICA), Córdoba, Argentina. Correo electrónico: gtruol@ciap.inta.gov.ar.

²EEA. INTA Marcos Juárez. Ruta Provincial n° 12 km 2 (2580), Marcos Juárez, Argentina.

under laboratory conditions. These HPV-WSMV infected eriophyid were used to perform artificial infections in the field. Incidence and symptoms severity levels were evaluated in different wheat cultivars. Genotypes were classified by the probability of incidence of both viruses showing significant differences only in infections with HPV. No significant differences were found in the susceptibility of cultivars to WSMV. Mixed infections were observed only in 9.2 % of wheat genotypes analyzed. Mild to moderate symptoms were shown by infected plants. These results are a potential tool for the selection of best performing genotypes in this productive context.

Keywords: *Triticum aestivum*, mixed viral infection, Eriophyidae, incidence, severity.

INTRODUCCIÓN

El trigo (*Triticum aestivum* L.) es el cereal de invierno de mayor importancia económica en Argentina, tanto por la superficie sembrada (3,6 millones de ha) como por el volumen de producción anual (11 millones de toneladas) (PRECOPINTA, 2011). Las áreas más productivas se encuentran en el sur de la provincia de Buenos Aires y en el norte de la región pampeana húmeda (MAGYP, 2011).

El virus del mosaico estriado del trigo o *Wheat streak mosaic virus* (WSMV), (Familia *Potyviridae*, género *Tritimovirus*) es causante de una de las enfermedades más comunes que afecta la producción de trigo a nivel mundial (Mahmood *et al.*, 1998; Bockus *et al.*, 2001; Sánchez-Sánchez *et al.*, 2001; Ellis *et al.*, 2003; Graybosch *et al.*, 2009). Los síntomas que evidencian las plantas afectadas por el WSMV son estrías cloróticas que pueden formar un mosaico, amarillamiento de las hojas, raquitismo y esterilidad (Brakke, 1971; Murray *et al.*, 2005). En la Argentina, fue registrado por primera vez en el año 2002, en la provincia de Córdoba, expandiéndose rápidamente a diferentes subregiones de la región triguera (Truol *et al.*, 2004). En el año 2007, se produjo una severa epifitía regional en el sureste de la provincia de Buenos Aires, región de Mar y Sierras (Azul, Balcarce, Necochea, Tandil, Tres Arroyos), con incidencia de hasta el 100% y lotes con pérdidas totales (Sagadin y Truol, 2009).

El virus del mosaico estriado puede transmitirse por la intervención de un vector, o bien mecánicamente o por semilla, aunque esta última suele transmitirse en niveles muy bajos (Hill *et al.*, 1974; Jones *et al.*, 2005; Sagadin y Truol, 2009). Su único vector es *Aceria tosichella* Keifer (Acarina: *Eriophyidae*), conocido como "ácaro del enrollamiento del trigo" (wheat curl mite, WCM), por el característico síntoma que provoca en las hojas de trigo (Murray *et al.*, 1998; Malik *et al.*, 2003). Aunque suele hallarse sobre sorgo y maíz, WCM prefiere alimentarse de plantas cuyas hojas se enrollen fácilmente. Ésta es una de las razones por la cual es más frecuente en cultivos de trigo, avena y otras pasturas, como hospedantes preferenciales (Jeppson *et al.*, 1975).

Además, WCM tiene la capacidad de transmitir otro agente patógeno, el High Plains virus (HPV), que fue identi-

ficado en el año 1993 en cultivos de maíz y trigo de las planicies altas de Estados Unidos (Jensen *et al.*, 1996). La única manera que tiene este virus para dispersarse a nuevos hospedantes es gracias a la participación obligada de su vector, *A. tosichella* (Skare, 2003). La incidencia de este virus sobre los cultivos de trigo varía regionalmente en aquel país, ya que se han observado diferencias a niveles poblacionales, lo que sugiere la existencia de linajes de ácaros con diferente capacidad vectora (Seifers *et al.*, 2002).

En la Argentina, el HPV fue detectado, en el 2006, en la localidad de Corral de Bustos, provincia de Córdoba (Truol y Sagadin, 2008a). En el país también es común encontrar ambas virosis en infecciones mixtas, tal como fuera reportado en Estados Unidos (Seifers *et al.*, 2002) debido a que esta especie puede transmitir simultáneamente ambos virus, HPV y WSMV (Seifers *et al.*, 1997). La presencia conjunta de WSMV y HPV en Argentina, fue evidenciada en poblaciones de ácaros provenientes de la Región de Mar y Sierras (Azul, Balcarce, Colinas de las Galias, Necochea) (Truol y Sagadin, 2008b), a través de estudios de transmisión. Aunque en condiciones de campo es muy difícil distinguir los síntomas causados por cada una de estas virosis (Mahmood *et al.*, 1998), en infecciones mixtas los síntomas son más acentuados (Skare *et al.*, 2006), con mosaicos, estriados, amarillamiento y necrosis severos, disminución en el número de las espiguillas y espigas y una súbita muerte de las plantas, especialmente cuando es afectado en estados fenológicos tempranos (Alemandri *et al.*, 2011). Este hecho, sumado a una similar epidemiología de ambas enfermedades por la mutua asociación con el WCM (Mahmood *et al.*, 1998) manifiesta la importancia de este vector en la dispersión de ambas virosis en cultivos de trigo.

En relación al manejo del WSMV, existen dos grandes estrategias generales. Una de ellas es controlar químicamente el ácaro vector, lo cual no es recomendado por su alta toxicidad para el ambiente, y la segunda es mejorar la habilidad del hospedante para tolerar o resistir la infección del virus *per se* (Fahim *et al.*, 2012). Se dispone a nivel mundial de un número limitado de cultivares de trigo resistentes al WSMV, entre ellos Mace (Graybosch *et al.*, 2009), con los que los productores pueden mitigar las pérdidas económicas consecuentes al ataque del mosaico estriado.

A modo de ejemplo, en los EEUU, donde este virus es la enfermedad más dañina de trigos de invierno, se utiliza Mace ya que es el único cultivar que lleva el gen de resistencia *Wsm1* (Mutti *et al.*, 2011). Al presente, el Programa de mejoramiento de trigo del INTA está desarrollando un nuevo germoplasma que podrá ser utilizado por los productores argentinos y que incluye diferentes líneas parentales como donantes de genes de resistencia. Entre ellas, se pueden mencionar líneas con resistencia genética al virus, KS93WGRC27 (Gill *et al.*, 1995) y CO960293-2 (Haley *et al.*, 2002), que poseen los genes *Wsm1* y *Wsm2*, respectivamente, y líneas con resistencia al ataque del vector, con el gen *Cmc3*, translocación 1A/1R de *Secale cereale* L., como BIOINTA 2004, ProINTA Puntal y ProINTA Super (Bainotti *et al.*, 2009a y b).

Considerando que WSMV y HPV constituyen una de las principales limitantes sanitarias del cultivo de trigo, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el comportamiento de cultivares de trigo frente a ambas enfermedades en infecciones artificiales bajo condiciones de campo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Fuente de inóculo y multiplicación masiva de la población de ácaros

Para la obtención de los aislamientos del inóculo mixto de WSMV-HPV y de la población del vector, *A. tosichella*, se realizaron muestreos en lotes de trigo de la localidad de Manfredi, provincia de Córdoba. Dichos aislamientos (denominados en adelante Aisl. M), se multiplicaron en trigo cv. Acienda (conocido también como Baguette 21), de alta susceptibilidad bajo condiciones ambientales controladas (24 ± 2 °C, 50% de humedad relativa y un fotoperiodo de 16 h luz). Para ello, se colocaron hojas acartuchadas (síntoma del ácaro) e infectadas con ambos virus, sobre plántulas de trigo susceptibles durante tres días. Entre cuatro y siete días después de dicha inoculación, se observaron las plantas para detectar síntomas de mosaico estriado y del ácaro. La presencia de ambos virus se comprobó mediante la prueba de DAS-ELISA con antisueros específicos (Agdia Inc., USA). La existencia del ácaro se confirmó bajo lupa estereoscópica.

La población de ácaros infectada con el inóculo mixto, necesaria para la transmisión de los virus, fue multiplicada de manera masiva sobre 5 bandejas plásticas de 40 cm de ancho x 60 cm de largo con trigo cv. Acienda, bajo condiciones controladas (24 ± 2 °C, 50 % de humedad relativa y un fotoperiodo de 16 h luz). A los 15 días post-infección, momento de mayor concentración viral y densidad poblacional del ácaro (Truol, *com. pers.*), las plantas fueron cosechadas para ser analizadas mediante DAS-ELISA con la finalidad de corroborar la infección mixta y bajo lupa para observar la presencia del vector.

Ensayo de campo

El experimento se condujo con tres repeticiones usando parcelas tipo Hill-plots, en la Estación Experimental del

INTA Marcos Juárez. El ensayo fue sembrado el 30 de Junio de 2010 e inoculado antes del macollaje, aproximadamente 30 días después de la siembra. Se evaluaron 76 cultivares de trigo detallados en la tabla 1. Para la inoculación en campo, se consideró una presión de inóculo de 10 eriófidos infectados con WSMV-HPV (aisl. M) por planta. Para ello, se sujetaron con pinzas cinco plántulas de trigo (en estado 13 de la escala de Zadoks *et al.* 1974), con síntomas de virus y con hojas acartuchadas, a cada planta sana durante tres días, tiempo necesario para que los ácaros la infecten. En total se inocularon 228 plantas correspondientes a las tres repeticiones de los 76 cultivares.

Evaluación de incidencia, severidad y grado de infección

Para determinar la incidencia de HPV, de WSMV y de HPV-WSMV en cada cultivar, se recolectó la hoja bandera de cada planta inoculada (en estadio 39 a 41 de la escala Zadoks) y se analizaron por DAS-ELISA con sueros específicos para ambos virus. Las lecturas de absorbancia se realizaron a 405 nm (A_{405}) utilizando un espectrofotómetro (Kayto RT-2100 C). Se consideraron como enfermas las plantas que superaban el límite de corte, resultante de la media de absorbancia de los testigos sanos más tres veces el desvío estándar.

Para evaluar la severidad de síntomas causados por WSMV en cada cultivar se utilizó la metodología de Langham (2009), que propone una escala de seis clases de acuerdo a:

Clasificación	Descripción de síntomas
0	Sin síntomas visibles.
1	Síntomas muy leves; pequeñas zonas con mosaicos aislados; sin retraso del crecimiento.
2	Síntomas leves; áreas pequeñas con mosaico de color verde claro o amarillo; estrías menores a una pulgada de largo; atrofia leve.
3	Síntomas moderados; áreas con mosaico predominantemente amarillo; coalescencia de las áreas aisladas de estrías que se extienden al largo de la longitud de la hoja; retraso del crecimiento moderado.
4	Síntomas severos; mosaico severo amarillo que cubre la mayor parte de la hoja; algunas áreas pequeñas con necrosis; atrofia severa.
5	Síntomas muy severos; amarillamiento extremo; necrosis; retraso del crecimiento muy grave; algunas plantas presentan hojas muertas o muerte de la planta entera.

Análisis estadístico

Para el análisis de la incidencia de cada virus se utilizó un modelo lineal generalizado (tipo ANOVA) entre los distintos cultivares. Para este análisis se consideró como variable dependiente la presencia/ausencia del virus (1 ó 0, respectivamente) con la finalidad de estimar la probabilidad de que cada cultivar presentara la enfermedad. Para tal fin se asumió una distribución binomial de la variable y función de enlace logit.

Los valores de absorbancia (indicador del grado infección) entre cultivares se compararon mediante ANOVA. En este caso, se consideró como variable dependiente el valor de absorbancia del virus, asumiendo una distribución gama de la variable y función de enlace log.

La comparación de la incidencia y los valores medios de absorbancia de los cultivares evaluados se realizó mediante intervalos de confianza. En ambos casos el nivel de significación utilizado fue del 5%.

Se empleó el programa SAS (Statistical Analysis System) para los análisis de los datos.

RESULTADOS

Los análisis serológicos realizados con reactivos específicos para cada virus, evidenciaron la presencia de ambas

virosis en las hojas de trigo muestreadas en Manfredi. Con los ácaros recolectados a partir de dichas hojas, infectados con ambos virus, se obtuvo una elevada densidad poblacional mantenida artificialmente en laboratorio, con la que se multiplicó y mantuvo el inóculo mixto de HPV y WSMV en plantas de trigo.

Los cultivares evaluados en ensayos de campo, e inoculados artificialmente, en la localidad de Marcos Juárez, presentaron diferentes probabilidades de ser infectados por HPV (tabla 1). El análisis permitió separar a los mismos en cinco grupos significativamente diferentes ($X^2= 112,46$; $p=0,0041$).

Al evaluar la incidencia del WSMV en los distintos cultivares de trigo inoculados artificialmente, el análisis estadístico no evidenció diferencias significativas ($X^2= 46,699$; $p= 0,997$) (tabla 2).

En relación a la incidencia de ambos virus, sólo siete cultivares de los 76 evaluados (9,2%) presentaron infecciones mixtas con WSMV-HPV, como así también lo observado para Klein Nutria, Buck 75 Aniversario, ACA 901, Klein Yará, ACA 303, BIOINTA 2005 y AGP Fast.

En cuanto a los valores de absorbancia del HPV, el análisis estadístico evidenció diferencias significativas entre cultivares ($X^2= 133,555$; $p<0,0001$) (tabla 3). Los cultivares Klein Capricornio, Klein Gavilán, Klein Zorro, SY 300, Buck Puelche, Cronox, Atlax, Arex, Baguette 31 y BRS Guami-

Cultivares	Probabilidad de incidencia	LI (95%)	LS (95%)
Klein Capricornio, Klein Gavilán, Klein Zorro, SY 300, Buck Puelche, Cronox, Atlax, Arex, Baguette 31 y BRS Guamirim.	0	0	0
BIOINTA 1004, BIOINTA 2004, BIOINTA 3004, BIOINTA 3005, Klein Chajá, Klein Rayo, Klein Tigre, ACA 903 B, SY 200, Buck 55 CL, Baguette 10, Baguette 9, Baguette 17, Baguette 18, BIOINTA 3003.	0,333	0,185	0,474
BIOINTA 1005, Buck Meteoro, LE 2331, Mace, CO960293-2	0,5	0,336	0,663
BIOINTA 1001, BIOINTA 1002, BIOINTA 1006, BIOINTA 3000, Klein Gladiador, Klein Guerrero, Klein Pantera, Klein Yará, Klein Castor, Klein Proteo, ACA 201, ACA 304, ACA 315, ACA 320, SY 100, Buck Malevo, Buck 75 Aniversario, Buck Taita, Themix-L, LE 2330, LE 2333, LE 2341, LE 2357, Baguette 19, Baguette 30, ProINTA Puntal, KS93WGRC27 / Baguette 20 F2.	0,667	0,513	0,806
BIOINTA 2005, Klein Carpincho, Klein León, Klein Nutria, Klein Tauro, ACA 202, ACA 303, ACA 901, ACA 906, ACA 907, JN 8011, AGP Fast, JN 6003, SRM Nogal, Baguette 11, ProINTA Super, KS93WGRC27 / Acienda F2, KS93WGRC27 / Baguette P. 11 F2, KS93WGRC27 / ProINTA Super F2.	1	1	1

Tabla 1. Probabilidad de incidencia de High Plains virus (aislamiento Manfredi) en cultivares de trigo evaluados en la localidad de Marcos Juárez (Córdoba, Argentina) en el año 2010.

LI, LS: Límite Inferior y Superior de la estimación de la incidencia, respectivamente.

Cultivares	Probabilidad de incidencia
BIOINTA 1001, BIOINTA 1002, BIOINTA 1004, BIOINTA 1005, BIOINTA 1006, BIOINTA 2004, BIOINTA 3000, BIOINTA 3003, BIOINTA3004, BIOINTA3005, Klein Capricornio, Klein Carpincho, Klein Gladiador, Klein Guerrero, Klein Castor, Klein Chajá, Klein Gavilán, Klein León, Klein Proteo, Klein Rayo, Klein Tauro, Klein Tigre, ACA 201, ACA 202, ACA 304, ACA 315, ACA 320, ACA 903 B, ACA 906, ACA 907, SY 100, SY 200, SY300, Buck Malevo, JN 8011, Buck Taita, Buck Meteoro, Buck 55 CL, Themix-L, Cronox, Atlax, Arex, LE 2330, LE 2331, LE 2333, JN 6003, LE 2341, LE 2357, SRM Nogal, Baguette 10, Baguette P. 11, Baguette 17, Baguette 18, Baguette 19, Baguette 30, Baguette 31, ProINTA Puntal, ProINTASuper, KS93WGRC27/ Acienda F2, KS93WGRC27 / Baguette Premium 11 F2, KS93WGRC27 / ProINTA Super F2, KS93WGRC27 / Baguette 20 F2, Mace, CO960293-2, BRS Guamirim.	0
BIOINTA2005, Klein Pantera, Klein Yará, Klein Nutria, Klein Zorro, ACA 901, Buck 75 Aniversario, AGP Fast, Baguette 9.	0,33
ACA 303, Buck Puelche.	0,5

Tabla 2. Probabilidad de incidencia de *Wheat streak mosaic virus* (aislamiento Manfredi) en cultivares de trigo evaluados en la localidad de Marcos Juárez (Córdoba, Argentina) en el año 2010.

rim presentaron valor cero de absorbancia, mientras que el cultivar BIOINTA 2005 fue el que presentó el valor medio máximo de absorbancia ($A_{405} = 0,847$).

Del mismo modo, para WSMV se hallaron diferencias significativas entre los valores medios de absorbancia de los distintos cultivares ($X^2 = 149,755$; $p < 0,0001$) (tabla 4). Del total de cultivares analizados, 66 presentaron valor cero de absorbancia (entre ellos, ACA 202, ACA 304, Baguette 19, BIOINTA 2004, Buck Malevo, Buck Taita, CO960293-2, Klein Guerrero, Mace, ProINTA Puntal, ProINTA Super, etc.). Mientras que los cultivares ACA 303, Buck 75 Aniversario, Klein Pantera, BIOINTA 2005 y Klein Zorro demostraron los valores más altos.

Algunos de los cultivares como Klein Capricornio, Klein Gavilán, Arex, SY 300, Cronox, Atlax, Baguette 31 y BRS Guamirim, no fueron afectados por ninguno de los virus. En este último caso se pudo evaluar sólo una réplica y dos para SY 300, por lo que sería necesario aumentar el número de repeticiones para concluir con certeza respecto de estos genotipos. Asimismo, los cultivares ACA 303, BIOINTA 2005 y Buck 75 Aniversario presentaron altos valores de absorbancia para ambos virus.

Los cultivares infectados con WSMV evidenciaron síntomas cuyo grado de severidad varió desde leve a moderado (dos a tres en la escala de Langham). Durante el desarrollo de este ensayo no fue posible detectar alguna correlación entre el grado de severidad (medido por la escala) y el grado de infección (analizado a través de los valores de absorbancia).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Puesto que la capacidad vectora de WCM varía entre poblaciones de diferentes regiones geográficas (Seifers *et al.*, 2002), haber corroborado que la población de eriódidos provenientes de Manfredi, y criada en condiciones de laboratorio, transmitió ambas virosis a trigo es un hecho de trascendencia. Asimismo, la importancia de haber establecido una metodología eficaz para la cría de *A. tosichella* reside principalmente en que es vector obligado de ciertas virosis como el HPV que necesitan indefectiblemente de su intervención para dispersarse a nuevos hospedantes. Por lo tanto, disponer de un alto número de ácaros posibilita estudiar el comportamiento de cultivares de trigo frente al ataque, tanto del virus como del vector. Contrariamente, en ensayos realizados sólo de manera mecánica, la evaluación de la acción del vector resulta imposible de analizar. A modo de ejemplo, a partir de los resultados aquí expuestos, puede observarse que los cultivares BIOINTA 2004, ProINTA Puntal y ProINTA Super se infectaron con HPV y arrojaron valores de absorbancia intermedia. Este hecho es llamativo debido a que los tres genotipos presentan el gen *Cmc3* que otorga resistencia al ácaro, único medio de transmisión. Al respecto, otros investigadores informaron que existen poblaciones de eriódidos que pueden quebrar dicha resistencia (Malik *et al.*, 2003b).

Con respecto al WSMV, son frecuentes los estudios relacionados al comportamiento de cultivares de trigo, aunque en general son realizados a través de transmisiones mecánicas sin considerar la interacción entre virus, vector y ambiente con los diferentes genotipos (Ito, 2011). En el

Cultivares	Absorbancia media	LI (95%)	LS (95%)	*
Klein Capricornio, Klein Gavilán, Klein Zorro, SY 300, Buck Puelche, Cronox, Atlax, Arex, Baguette 31 y BRS Guamirim	0	0	0	A
Baguette 9	0,033	0	0,103	B
Baguette 18	0,040	0,002	0,117	B
BIOINTA 3004	0,043	0,001	0,129	B
Klein Tigre	0,047	0	0,142	B
ACA 903 B	0,053	0	0,160	B
Baguette 10	0,053	0	0,161	B
Klein Chajá	0,060	0,001	0,177	B
BIOINTA 3003	0,063	0,001	0,188	B
CO960293-2	0,065	0,002	0,192	B
BIOINTA 3005	0,067	0	0,201	B
BIOINTA 1001	0,070	0	0,210	B
Baguette 17	0,070	0,034	0,141	B
Buck 55 CL	0,080	0,002	0,236	B
LE 2330	0,080	0	0,241	B
ACA 315	0,083	0,041	0,168	B
Themix-L	0,083	0,038	0,174	B
KS93WGRC27 / Baguette 20 F2	0,087	0,043	0,174	B
BIOINTA 2004	0,090	0	0,270	B
Klein Rayo	0,093	0,046	0,188	B
SY 100	0,093	0	0,281	B
SY 200	0,093	0	0,283	B
BIOINTA 1004	0,100	0	0,300	B
ACA 201	0,100	0,049	0,202	B
ACA 304	0,103	0,048	0,214	B
Klein Gladiador	0,107	0,052	0,215	B
Klein Castor	0,107	0,045	0,231	B
LE 2357	0,110	0,047	0,236	B
ProINTA Puntal	0,110	0,053	0,224	B
Mace	0,115	0	0,348	B
BIOINTA 1002	0,117	0,056	0,237	B
ProINTA Super	0,117	0,110	0,131	B
Baguette 30	0,120	0,060	0,240	B
Buck Taita	0,123	0,116	0,138	B
JN 6003	0,125	0,053	0,269	B
Klein Yarará	0,127	0,055	0,270	B
ACA 320	0,127	0,045	0,289	B
Baguette 19	0,127	0,057	0,265	B
LE 2341	0,130	0,064	0,262	B
ACA 202	0,133	0,123	0,155	B
LE 2331	0,135	0,001	0,404	B
BIOINTA 1006	0,137	0,057	0,295	B

LE 2333	0,137	0,115	0,180	B
Baguette P. 11	0,137	0,051	0,308	B
Buck Meteoro	0,140	0	0,423	B
KS93WGRC27 / Baguette P. 11 F2	0,140	0,105	0,211	B
ACA 907	0,143	0,143	0,143	B
KS93WGRC27 / Acienda F2	0,145	0,131	0,173	B
Klein Carpincho	0,153	0,132	0,197	B
JN 8011	0,160	0,111	0,259	B
Klein León	0,163	0,129	0,233	B
Klein Tauro	0,167	0,167	0,167	B
KS93WGRC27 / ProINTA Super F2	0,170	0,138	0,234	B
ACA 906	0,190	0,141	0,288	B
SRM Nogal	0,197	0,14	0,310	B
ACA 901	0,207	0,148	0,324	B
BIOINTA 3000	0,217	0,107	0,435	B
Klein Pantera	0,220	0,065	0,530	B
AGP Fast	0,223	0,187	0,297	B
Buck Malevo	0,247	0,064	0,612	B
BIOINTA 1005	0,300	0	0,900	BC
Klein Proteo	0,313	0,142	0,656	C
Buck 75 Aniversario	0,323	0,085	0,800	C
ACA 303	0,380	0,128	0,884	C
Klein Guerrero	0,467	0,048	1,304	C
Klein Nutria	0,480	0,115	1,211	C
BIOINTA 2005	0,847	0,493	1,553	D

Tabla 3. Valores de absorbancia media de High Plains virus (DAS-ELISA) en cultivares de trigo infectados artificialmente en campo en la localidad de Marcos Juárez (Córdoba, Argentina) en el año 2010.

presente estudio pudo observarse que las poblaciones segregantes en las que se incorporó el gen *Wsm1*, que confiere resistencia al virus, no se vieron afectadas por el WSMV, aunque sí mostraron una alta probabilidad de incidencia del HPV. Del mismo modo y en concordancia con las observaciones de Haley *et al.* (2002), Graybosch *et al.* (2009) y Sharp *et al.* (2002), los cultivares Mace y CO960293-2 mostraron excelente respuesta frente al WSMV.

A partir de estos resultados, se refleja la importancia de incluir a *A. tosichella* en los ensayos de evaluación del comportamiento de los cultivares dado que ambas virosis generalmente se transmiten a campo a través de este vector. En este contexto, se esperaba una mayor probabilidad de encontrar infecciones mixtas con WSMV y HPV, con respecto a las infecciones simples, tal como mencionaron Mahmood *et al.* (1998), sin embargo éstas parecen ser las más comunes. De acuerdo con aquellos autores, son necesarios estudios más profundos que permitan entender la transmisión de HPV y su relación con la transmisión con el WSMV.

Finalmente, de la evaluación de cultivares de trigo como la que aquí se expone, puede resumirse que bajo las condiciones de estudio, se encontró comportamiento diferenciado de los cultivares analizados con respecto a la infección con HPV, tanto en probabilidad de incidencia como en los valores de absorbancia obtenidos. Los cultivares Klein Capricornio, Klein Gavilán, Klein Zorro, SY 300, Buck Puelche, Cronox, Atlax, Arex, Baguette 31 y BRS Guamirim son los que mostraron un valor cero de probabilidad de incidencia y de absorbancia media.

Referido a la infección con WSMV, aunque todos los cultivares analizados mostraron la misma probabilidad de presentar la virosis, el diseño experimental empleado permitió detectar diferencias en cuanto a los valores de absorbancia media. En este caso, cultivares como Mace, CO960293-2, BRS Guamirim, KS93WGRC27/Acienda F2, KS93WGRC27/Baguette P. 11 F2, KS93WGRC27/ProINTA Super F2 y KS93WGRC27/Baguette 20 F2 fueron los que mostraron valor medio de absorbancia cero.

Cultivares	Absorbancia media	LI (95%)	LS (95%)	*
BIOINTA 1001, BIOINTA 1002, BIOINTA 1004, BIOINTA 1005, BIOINTA 1006, BIOINTA 2004, BIOINTA 3000, BIOINTA 3004, BIOINTA 3005, Klein Capricornio, Klein Carpincho, Klein Gladiador, Klein Guerrero, Klein Castor, Klein Chajá, Klein Gavilán, Klein León, Klein Proteo, Klein Rayo, Klein Tauro, Klein Tigre, ACA 201, ACA 202, ACA 304, ACA 315, ACA 320, ACA 903 B, ACA 906, ACA 907, SY 100, SY 200, SY 300, Buck Malevo, JN 8011, Buck Taita, Buck Meteoro, Buck 55 CL, Themix-L, Cronox, Atlax, Arex, LE 2330, LE 2331, LE 2333, JN 6003, LE 2341, LE 2357, SRM Nogal, Baguette 10, Baguette P. 11, Baguette 17, Baguette 18, Baguette 19, Baguette 30, Baguette 31, ProINTA Puntal, BIOINTA 3003, ProINTA Super, KS93WGRC27/ Acienda F2, KS93WGRC27/ Baguette P. 11 F2, KS93WGRC27/ ProINTASuper F2, KS93WGRC27/ Baguette 20 F2, Mace, CO960293-2, BRS Guamirim.	0	0	0	A
Klein Nutria	0,207	0,097	0,427	B
Buck Puelche	0,225	0,105	0,465	B
Klein Yarará	0,273	0,143	0,533	B
AGP Fast	0,323	0,173	0,623	B
Baguette 9	0,333	0,193	0,613	B
ACA 901	0,437	0,217	0,877	BC
Klein Zorro	0,700	0,350	1,400	C
BIOINTA 2005	0,763	0,393	1,503	C
Klein Pantera	0,810	0,390	1,650	C
Buck 75 Aniversario	0,950	0,490	1,870	C
ACA 303	1,105	0,555	2,205	C

Tabla 4. Valores de absorbancia media (DAS-ELISA) de *Wheat streak mosaic virus* en cultivares de trigo infectados artificialmente en campo en la localidad de Marcos Juárez (Córdoba, Argentina) en el año 2010.

LI, LS: Límite Inferior y Superior de la estimación de la media de absorbancia, respectivamente. * Letras iguales indican que no se presentan diferencias significativas.

A modo de conclusión, Klein Capricornio, Klein Gavilán, SY 300, Cronox, Atlax, Arex, Baguette 31 y BRS Guamirim son los cultivares que mostraron la menor probabilidad de incidencia y una absorbancia media cero, tanto para HPV como para WSMV. Además, sólo el 9,2% de los estudiados presentó infección mixta (ACA 303, ACA 901, AGP Fast, Buck 75 Aniversario, BIOINTA 2005, Klein Nutria y Klein Yarará).

La presente evaluación de cultivares puede constituir una herramienta potencial para la selección del cultivar a sembrar en planteos productivos comerciales. Asimismo establece una base para futuros programas de mejoramiento de trigo contra HPV y WSMV. El hecho de involucrar al vector en este tipo de estudios permite incluir otros aspectos epidemiológicos asociados a la selección de cultivares en el contexto del patosistema.

Considerando que la susceptibilidad de los cultivares es sólo uno de los elementos que contribuyen a la incidencia de estas enfermedades, en futuros estudios podrían incluirse factores como la distribución de malezas alélicas, las prácticas culturales y el movimiento del ácaro a nivel local, con la finalidad de una mejor comprensión de la epidemiología de estas enfermedades.

BIBLIOGRAFÍA

ALEMANDRI, V.; GUTHEIM, F.; RODRÍGUEZ, S.M.; MATTIO, M.F.; DUMÓN, A.; ARGÜELLO CARO, E.; TRUOL, G. 2011. Importancia de la cebada como hospedante alternativo de High plains virus (HPV) en Miramar (Buenos Aires) Memoria Técnica de la Chacra Experimental Miramar Cultivos de Invierno 2010/11 (53), 38-40.

- BAINOTTI, C.; FRASCHINA, J.; SALINES, J.H.; NISI, J.E.; DUBCOVSKY, J.S.; LEWIS, M.; BULLRICH, L.; VANZETTI, L.; CUNIBERTI, M.; CAMPOS, P.; FORMICA, M.B.; MASIERO, B.; ABERIONE, E.; HELGUERA, M. 2009a. Registration of 'BIOINTA 2004' Wheat. *Journal of Plant Registrations* 2 (3), 165-169.
- BAINOTTI, C.; HELGUERA, M.; VANZETTI, L.; BARIFFI, J.H.; FRASCHINA, J.; SALINES, J.; ALBERIONE, E.; GÓMEZ, D.; DONAIRE, G.; FORMICA, B. 2009b. Mejoramiento de trigo para resistencia al virus del mosaico estriado del trigo (WSMV) en Argentina. En: TRUOL, G (Ed.) *Enfermedades virales asociadas al cultivo de trigo en Argentina: reconocimiento, importancia, formas de transmisión y manejo*. INTA, Córdoba, pp. 71-75.
- BOCKUS, W.W.; APPEL, J.A.; BOWDEN, R.L.; FRITZ, A.K.; GILL, B.S.; MARTIN, T.J.; SEARS, R.G.; SEIFERS, D.L.; BROWN-GUEDIRA, G.L.; EVERSMEYER, M.G. 2001. Success stories: breeding for wheat disease resistance in Kansas. *Plant Disease* 85 (5), 453-461.
- BRÄKKE, M.K. 1971. Wheat streak mosaic virus. C.M.I./A.A.B. *Descriptions of Plant Viruses* 48, 1-4.
- ELLIS, M.H.; REBETZKE, G.J.; MAGO, R.; CHU, P. 2003. First report of Wheat streak mosaic virus in Australia. *Australasian Plant Pathology* 32, 551-553.
- FAHIM, M.; LARKIN, P.J.; HABER, S.; SHORTER, S.; LONERGAN, P.F.; ROSEWARNE, G.M. 2012. Effectiveness of three potential sources of resistance in wheat against Wheat streak mosaic virus under field conditions. *Australasian Plant Pathol* 41, 301-309.
- GILL, B.S.; FRIEBE, B.; WILSON, D.L.; MARTIN, T.J.; COX, T.S. 1995. Registration of KS93WGRC27 Wheat streak mosaic virus resistant T4DL4Ai#2S wheat germplasm. *Crop Science* 35, 1236-1237.
- GRAYBOSCH, R.A.; PETERSON, C.J.; BAENZINGER, P.S.; BALTENSPERGER, D.D.; NELSON, L.A.; JIN, Y.; KOLMER, J.; SEABOURN, B.; FRENCH, R.; HEIN, G.; MARTIN, T.J.; BEECHER, B.; SCHWARZACHER, T.; HELSLOP-HARRISON, P. 2009. Registration of Mace hard red winter wheat. *Journal of Plant Research* 3, 51-56.
- HALEY, S.M.; MARTIN, T.J.; QUICK, J.S.; SEIFERS, D.L.; STROMBERGER, J.A.; CLAYSHULTE, S.R.; CLIFFORD, B.L.; PEAIRS, F.B.; RUDOLPH, J.B.; JOHNSON, J.J.; GILL, B.S.; FRIEBE, B. 2002. Registration of CO960293-2 wheat germplasm resistant to Wheat streak mosaic virus and Russian wheat aphid. *Crop Science* 42, 1381-1382.
- HILL, J.H.; MARTINSON, C.A.; RUSSELL, W.A. 1974. Seed transmission of Maize dwarf mosaic and Wheat streak mosaic viruses in maize and responses of inbred lines. *Crop Science* 14, 232-235.
- ITO, D. 2011. Evaluation of susceptibility to Wheat streak mosaic virus among small grains and alternative hosts in the Great Plains. Master of Science. Montana State University. Bozeman, Montana.
- JENSEN, S.G.; LANE, L.C.; SEIFERS, D.L. 1996. A new disease of maize and wheat in the High Plains. *Plant Disease* 80 (12), 1387-1390.
- JEPPSON, L.R.; KEIFER, H.H.; BAKER, E.W. 1975. Mites injurious to economic plants. University of California. Berkeley.
- JONES, R.A.C.; COUTTS, B.A.; MACKIE, A.E.; DWYER, G.I. 2005. Seed transmission of Wheat streak mosaic virus shown unequivocally in wheat. *Plant Disease* 89, 1048-1050.
- LANGHAM, M.A.C. 2009. Evaluation of Winter Wheat for Resistance to Viral Diseases. (<http://www.sdwwheat2.org/files/Evaluation-WheatResistanceViralDiseases.pdf>: verificado en enero de 2012).
- MAGYP. 2011. (<http://www.minagri.gob.ar/SAGPyA/>: verificado el 5 de Julio de 2012).
- MAHMOOD, T.; HEIN, G.L.; JENSEN, S.G. 1998. Mixed infection of wheat with high plains virus and Wheat streak mosaic virus from wheat curl mites in Nebraska. *Plant Disease* 82, 311-315.
- MALIK, R.; BROWN-GUEDIRA, G.L.; SMITH, C.M.; HARVEY T.L.; GILL, B.S. 2003b. Genetic Mapping of Wheat Curl Mite Resistance Genes Cmc3 and Cmc4 in Common Wheat. *Crop Sci.* 43: 644-650.
- MALIK, R.; SMITH, C.M.; BROWN-GUEDIRA, G.L.; HARVEY, T.L.; GILL, B.S. 2003. Assessment of *Aegilops tauschii* for resistance to biotypes of wheat curl mite (Acarina: Eriophyidae). *Journal of Economical Entomology* 96 (4), 1329-1333.
- MURRAY, G.M.; KNIHINICKI, D.; WRATTEN, K.; EDWARDS, J. 2005. Wheat streak mosaic and the wheat curl mite (http://www.dpi.nsw.gov.au/_data/assets/pdf_file/0017/44027/Wheat_streak_mosaic_and_the_wheat_curl_mite_-_Primefact_99.pdf: verificado en enero de 2012).
- MURRAY, T.D.; PARRY, D.W.; CATTLIN, N.D. 1998. *A Colour Handbook of Diseases of Small Grain Cereal Crops*. Manson. London.
- MUTTI, J.B.S.; GRAYBOSCH, R.A.; FRENCH, R.; GILL, K.S. 2011. Registration of seven winter wheat germplasm lines carrying the Wsm1 gene for Wheat streak mosaic virus resistance. *Journal of Plant Registrations* 5 (3), 1-4.
- PRECOPINTA. 2011. (http://www.inta.gov.ar/manfredi/info/precop/gace_prensa010/cosecha_trigo_2010.htm :verificado el 5 de junio de 2011).
- SAGADIN, M.; TRUOL, G. 2009. Wheat streak mosaic virus (WSMV). En: TRUOL, G (Ed.) *Enfermedades virales asociadas al cultivo de trigo en Argentina: reconocimiento, importancia, formas de transmisión y manejo*. INTA, Córdoba, pp. 31-40.
- SÁNCHEZ-SÁNCHEZ, H.; HENRY, M.; CÁRDENAS-SORIANO, E.; ALVIZO-VILLASANA, H. 2001. Identification of Wheat streak mosaic virus and its vector *Aceria tosichella* Keifer in Mexico. *Plant Disease* 85, 13-17.
- SEIFERS, D.L.; HARVEY, T.L.; MARTIN, T.J.; JENSEN, S.G. 1997. Identification of the Wheat curl mite as the vector of the High Plains virus of corn and wheat. *Plant Disease* 81, 1161-1166.
- SEIFERS, D.L.; HARVEY, T.L.; LOUIE, R.; GORDON, D.T.; MARTIN, T.J. 2002. Differential transmission of isolates of the High Plains virus by different sources of wheat curl mites. *Plant Disease* 86 (2), 138-142.
- SHARP, G.L.; MARTIN, J.M.; LANNING, S.P.; BLAKE, N.K.; BREY, C.W.; SIVAMANI, E.; QU R.; TALBERT, L.E. 2002. Field Evaluation of Transgenic and Classical Sources of Wheat streak mosaic virus Resistance *Crop Science* 42, 105-110.
- SKARE, J.M.; WIJKAMP, I.; REZENDE, J.; MICHELS, G.; RUSH, C.; SCHOLTHOLF, K-B.G.; SCHOLTHOF, H.B. 2003. Colony establishment and maintenance of the eriophyid wheat curl mite *Aceria tosichella* for controlled transmission studies on a new virus-like pathogen. *Journal of Virological Methods* 108, 133-137.
- SKARE, J.M.; WIJKAMP, I.; DENHAM, I.; REZENDE, J.A.M.; KITAJIMA, E.W.; PARK, J-W.; DESVOYES, B.; RUSH, C.M.; MICHELS, G.; SCHOLTHOF, K-B.G.; SCHOLTHOF, H.B. 2006. A new eriophyid mite-borne membrane-enveloped virus-like complex isolated from plants. *Virology* 347, 343 – 353.
- TRUOL, G.; FRENCH, R.; SAGADIN, M.; ARNEODO, J. 2004. First report of Wheat Streak Mosaic Virus infecting wheat in Argentina. *Australasian Plant Pathology* 33, 137-138.

TRUOL, G.; SAGADIN, M. 2008a. Presencia del Wheat streak mosaic virus (WSMV) y High Plains virus (HPV) en la Provincia de Córdoba. Libro de Resúmenes del 1º Congreso Argentino de Fitopatología. 28, 29 y 30 de Mayo de 2008. Ciudad de Córdoba, Córdoba, Argentina.

TRUOL, G.; SAGADIN, M. 2008b. Determinación de la infectividad de una población de *Aceria tosichella* Keifer proveniente

de la Provincia de Buenos Aires para Wheat streak mosaic virus (WSMV) y High Plains virus (HPV). Libro de Resúmenes del 1º Congreso Argentino de Fitopatología. 28, 29 y 30 de Mayo de 2008. Ciudad de Córdoba, Córdoba, Argentina.

ZADOKS, J.C.; CHANG, T.T.; KONZAK, F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research* 14, 415-421.