HPIS 2017
HEMIPTERAN-PLANT
INTERACTIONS SYMPOSIUM
Madrid, Spain. June 4-8, 2017

Isoclast™ Active: nueva herramienta de Sanidad Vegetal para la gestión de vectores y la transmisión de virus

I. Mezei (DowAgroSciences Hungary, Budapest, Hungary, imezei@dow.com).
L.E. Gomez (DowAgroSciences LLC, Indianapolis, USA).
R. Abad Moyano (DowAgroSciences Iberica, Madrid, España).

Existen más de 2.000 especies de virus fitopatógenos, muchos de los cuales producen enfermedades importantes en un amplio abanico de cultivos alimentarios. La mayoría de los virus responsables de enfermedades en cultivos agrícolas dependen de vectores bióticos para su transmisión y supervivencia. El mayor grupo de vectores transmisores de virus en plantas es el de los insectos que pertenecen al orden de los hemípteros (como la mosca blanca, los áfidos y los cicadélicos o cigarras).
A fin de prevenir o, al menos mitigar, la transmisión de los virus y el daño causado por estos, es fundamental conseguir una inhibición eficaz y rápida de la alimentación del vector. Isoclast™ Active es un insecticida innovador probado en varios ensayos de laboratorio y de campo que controla de forma efectiva vectores de virus, tales como áfidos o moscas blancas, por lo que su uso representa una medida de prevención importante en la transmisión del virus. Muchas plagas que se alimentan de savia desarrollan resistencia a los insecticidas muy rápidamente, por lo que la gestión de virus fitopatógenos sigue siendo difícil en los entornos agrícolas. Isoclast, gracias a su modo de acción diferenciado, es un excelente insecticida de base en los programas integrados de manejo de plagas, cuyo uso contra vectores de virus difíciles de controlar minimiza la transmisión de los mismos.

Palabras clave: pulgones; mosca blanca; sulfoxaflor; eficacia; resistencia; sulfoximinas.

INTRODUCCIÓN

Se conocen actualmente más de 2.000 especies de virus fitopatógenos y muchos de ellos causan enfermedades importantes en diversas plantas cultivadas por el hombre como alimento (Hull, 2014). La mayoría de los virus responsables de enfermedades en los cultivos agrícolas dependen de vectores bióticos para su transmisión y supervivencia. El grupo más grande de vectores transmisores de virus en plantas lo componen insectos pertenecientes a los órdenes de los hemípteros (como, por ejemplo, la mosca blanca, los áfidos y los cicadélicos o cigarras) y de los tisanópteros (trips). La transmisión viral por vectores incluye virus no persistentes, semi-persistentes y persistentes, y el modo y efectividad de la transmisión es diferente dependiendo de los diferentes tipos de virus y sus vectores (Bragard y col., 2013).
El control eficaz y rápido de los vectores es crucial a la hora de prevenir, o al menos mitigar, la transmisión de los virus y el daño causado por estos. Una de las plagas agrícolas que genera mayores problemas a escala mundial es *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera:Aphididae), capaz de causar daños importantes tanto a través de la alimentación directa como mediante la transmisión de más de 100 virus de plantas a muchos cultivos (Blackman y Eastop, 2000). Como resultado del uso intensivo de insecticidas, muchas plagas, como *M. persicae*, han desarrollado resistencia a una gama de productos químicos insecticidas, entre los que se incluyen los neonicotinoides (Bass y col., 2014).
Isoclast™ Active (marca comercial del nombre común ISO del sulfoxaflor), descubierto por Dow AgroSciences (su propietario), es un insecticida innovador capaz de ayudar a los agricultores a controlar plagas de insectos que infestan una variedad de cultivos de gran valor, tales como frutas de árboles, verduras, cítricos, colza o cereales. Isoclast presenta un alto grado de eficacia frente a un amplio abanico de insectos que se alimentan de savia, tales como los áfidos, las moscas blancas y los cocoideos o insectos escama, muchos de los cuales poseen resistencia a los insecticidas existentes en la actualidad (Sparks y col., 2017). Isoclast pertenece a una nueva clase de productos químicos insecticidas,

conocidos como sulfoximinas. Al igual que otros productos químicos insecticidas (entre los que se incluyen la nicotina, los neonicotinoides, las espinosinas, los productos análogos a la nereistoxina y las butenolidas), Isoclast actúa sobre los receptores nicotínicos de acetilcolina de los insectos (nAChR) (Watson y col., 2011; Sparks y col., 2017). Sin embargo, la interacción de Isoclast con los nAChR en los insectos es distinta a la de los neonicotinoides y otros insecticidas que actúan a través de los nAChR (Watson y col., 2011; Oliveira y col., 2011; Wang y col., 2016). Las propiedades estructurales particulares de Isoclast son responsables de interacciones únicas en el sitio objetivo, de la falta de resistencia cruzada metabólica con otros insecticidas y de propiedades ambientales favorables, tales como la degradación rápida del suelo. El uso de Isoclast fue aprobado por primera vez a nivel mundial en 2011. Actualmente Isoclast se encuentra registrado en 42 países contra una amplia gama de plagas que se alimentan de savia, muchas de las cuales son vectores de virus muy conocidos (Sparks y col., 2017). Basándose en los resultados del amplio uso de Isoclast, no existen evidencias de resistencia práctica de campo a este producto por parte de ninguna especie de insecto.

Materiales y métodos

Se ha llevado a cabo un ensayo de transmisión de virus utilizando el virus del amarilleo del nabo (*Turnip yellows virus* o TuYV) transmitido de manera circulante/persistente por *Myzus persicae* a la planta huésped *Physalis floridana* (Solanales:Solanaceae). El primer paso ha sido la infestación de plantas con el virus circulante (TuYV) 4 semanas antes del inicio del ensayo. Las plantas infectadas se han pulverizado hasta la saturación con los siguientes compuestos y porcentajes: Isoclast a 24 ppm, flonicamida a 60 ppm y espirotetramat a 75 ppm. Veinticuatro horas después de los tratamientos se han expuesto los insectos a las plantas infectadas con el virus durante un período de adquisición de virus de 6 horas. Tras este período se han transferido insectos (10 áfidos/planta de ensayo) a plantas sin virus y sin tratar, y se han dejado durante un período de 72 horas de inoculación. Después de retirar los áfidos, las plantas se han almacenado en cámaras de crecimiento (a 25ºC; fotoperiodo de 14:10 h luz:oscuridad) durante 4 semanas, permitiendo así la propagación del virus y su expresión sintomática en las plantas infectadas. Después del período de incubación, se ha realizado una prueba ELISA en cada planta para determinar la presencia del virus. Se han llevado a cabo entre diez y cuarenta repeticiones por ensayo en cada tratamiento. El porcentaje de transmisión se ha determinado de acuerdo con el número de plantas infectadas por el virus durante los tratamientos, frente a las plantas sin virus.

Se ha llevado a cabo otro ensayo utilizando el virus del enanismo amarillo de la cebada (serotipo BYDV-PAD) transmitido de manera circulante/persistente por *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus) (Hemiptera:Aphididae) y usando cebada de invierno (*Hordeum vulgare*) como planta huésped. En este caso, las plantas de cebada infectadas con el virus se han tratado con los siguientes compuestos y porcentajes: Isoclast a 24, flonicamida a 60, lambda-cialotrina a 5 y flupiradifurona a 75 ppm. Veinticuatro horas después de los tratamientos se han expuesto los insectos a las plantas infectadas con el virus durante un período de adquisición de virus de 4 horas. Tras este período, se han transferido insectos (5 áfidos/planta de ensayo) a plantas sin virus y sin tratar y se han dejado durante un período de inoculación de 72 horas. Después de retirar los áfidos, las plantas se han almacenado en cámaras de crecimiento (25º C; fotoperiodo de 14:10 h luz:oscuridad) durante 4 semanas, permitiendo así la propagación del virus y su expresión sintomática en las plantas infectadas. Después del período de incubación, se ha realizado una prueba ELISA en cada planta para determinar la presencia del virus. Se han realizado veinte repeticiones por ensayo en cada tratamiento y el porcentaje de transmisión se ha determinado basándose en el número de plantas infectadas por el virus, frente a las plantas sin virus en los tratamientos.

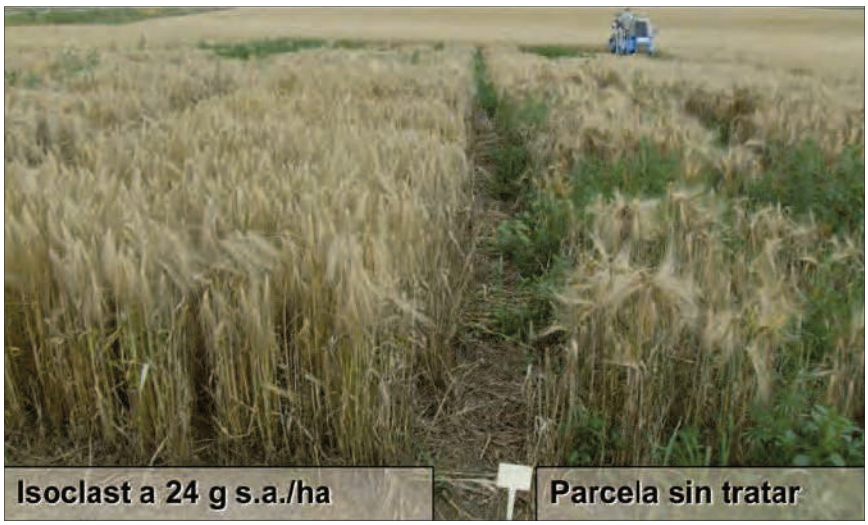


Figura 1. Efecto de Isoclast en el rendimiento en un ensayo de campo sobre la transmisión del virus BYDV en la cebada.

En 2007 se realizó en Hungría un estudio de campo para estudiar el efecto de Isoclast en *Rhopalosiphum padi* (RHOPPA) y en *Sitobion avenae* (MACSAV) como principales vectores del BYDV, así como el posterior desarrollo de la sintomatología del BYDV y el rendimiento de los cultivos. El ensayo tenía un diseño de bloques aleatorizados con 4 elementos de repetición en una parcela de 20 m^2. Los tratamientos se realizaron mediante aplicaciones con un pulverizador de mochila de aire comprimido calibrado capaz de proporcionar un volumen de pulverización de 280 l/ha, con boquillas de ventilador plano (TeeJet 11006). Se aplicó Isoclast a una dosis de 24 g de s.a./ha y se comparó su eficacia con la de los productos comerciales existentes, entre los que se incluían imidacloprid (50 g s.a./ha), flonicamida (70 g s.a./ha) y acetamiprid (25 g s.a./ha). Se realizó una aplicación durante la fase temprana de ahijamiento del cultivo (BBCH 13-22) de cebada de invierno contra pequeñas colonias de áfidos distribuidas uniformemente a través de las parcelas.

Se llevaron a cabo las valoraciones contando el número de áfidos vivos por planta a los 21 días de la aplicación. Se calculó posteriormente la eficacia o el porcentaje (%) del control de cada tratamiento utilizando la fórmula Henderson-Tilton. Se compararon los medios del tratamiento con la prueba de Tukey ($P < 0,05$). El análisis estadístico se realizó con paquetes

R Lme4 y multcomp, de acuerdo con los datos de cada parcela en particular. Los síntomas de BYDV y la gravedad de los daños se valoraron visualmente el 9 de abril de 2008. Posteriormente, se midió el rendimiento en la época de cosecha (20 de junio de 2008) en cada parcela empleando una cosechadora pequeña de cereales Wintersteiger.

En 2011 se realizó un ensayo adicional en los Estados Unidos utilizando una metodología similar. Se usó *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera:Aphididae) como virus de transmisión del virus de amarilleamiento de las cucurbitáceas (*Cucurbit yellow stunting disorder virus* o CYSDV) en melón de cantalupo. En el ensayo se aplicó Isoclast a un porcentaje de 75 g s.a./ha y se comparó con el espirotetramat (70 g s.a./ha) y el acetamiprid (200 g s.a./ha). Se realizaron tres aplicaciones en junio para proporcionar una protección que abarcara el período más sensible de infección por el virus, cuando las moscas blancas se reproducen rápidamente en las plantas jóvenes del ensayo y la inmigración desde las plantas infectadas con el virus circundante es significativa. La eficacia del tratamiento se calculó a partir de recuentos de mosquitos vivos adultos de dos a cuatro días tras cada aplicación y el número de hojas infectadas por el virus se contó tres semanas después de la aplicación final en hileras de 9.14 m.

Resultados

Los ensayos de transmisión de virus de laboratorio demostraron que Isoclast y la flonicamida son los tratamientos más eficaces, con porcentajes de transmisión de virus inferiores al 10%. En comparación, más de la mitad de las plantas sin tratar resultaron infectadas. No se observaron diferencias significativas en los porcentajes de transmisión entre las plantas expuestas al espirotetramat y las plantas de control sin tratar en el ensayo de TuYV. En el ensayo de BYDV, todos los tratamientos redujeron significativamente la transmisión del virus, frente a las plantas sin tratar (Tabla 1).

En ensayos de campo, el control de los respectivos insectos vectores fue significativo para cada tratamiento insecticida; sin embargo, los valores de eficacia no se relacionaron directamente con la gravedad de los síntomas ni con los resultados de rendimiento. En el ensayo con la cebada, el acetamiprid proporcionó la mayor eficacia contra los áfidos; la diferencia fue considerable en comparación con Isoclast, pero la gravedad de los síntomas y los resultados del rendimiento fueron estadísticamente similares, si bien el rendimiento fue numéricamente mayor en el caso del tratamiento con Isoclast. El imidacloprid y la flonicamida proporcionaron un control similar de áfidos, frente a Isoclast, pero el nivel de síntomas visuales fue significativamente mayor y el rendimiento de estos tratamientos fue menor (Tabla 2). La gravedad de la infección por el virus fue muy apreciable y relevante en lo que respecta a los resultados de rendimiento, como muestra la Figura 1. En el ensayo con el melón, el acetamiprid mostró la mayor eficacia frente a las moscas blancas, pero la diferencia no fue significativa en comparación con Isoclast. Asimismo, el nivel de los síntomas fue similar en ambos tratamientos, significativamente diferente al de las plantas sin tratar. La eficacia inicial del espirotetramat fue baja; alcanzó el nivel de los otros tratamientos después de la segunda aplicación (datos no presentados). El espirotetramat produjo una disminución numérica de la gravedad de los síntomas del virus, pero estadísticamente esta no fue diferente a la de las plantas sin tratar (Tabla 3).

Insecticidas	Concentración de la aplicación	Tasa de transmisión TuYV (%)*	Tasa de transmisión BYDV (%)*
Control		51,67% (31/60) a	60,3% (35/58) a
Isoclast	24 ppm de s.a.	8,33% (5/60) b	1,7% (1/60) c
Lambda-cialotrina	5 ppm de s.a.	-	31,7% (8/60) b
Flonicamid	60 ppm de s.a.	0% (0/60) c	10% (6/60) bc
Flupiridifurona	75 ppm de s.a.	-	16,7% (10/60) b
Espirotetramat	75 ppm de s.a.	58,33% (35/60) a	-

*Los valores a los que siguen diferentes letras mostraron diferencias significativas.

Tabla 1. Tasa de transmisión (%) del virus de amarilleo del nabo por *Myzus persicae* en *Physalis floridana* y tasa de transmisión (%) del virus del enanismo amarillo de la cebada por *Rhopalosiphum padi* en *Hordeum vulgare* en ensayos de adquisición de virus.

Tratamientos	Control (%)*	Daño visual (%)*	Rendimiento (t/ha)*
Control	0 d	92,3 a	1,9 d
Isoclast (24 g/ha)	89,1 bc	28,3 b	5,1 a
Flonicamid	87,6 c	56,8 c	3,3 c
Acetamiprid	96,6 a	32,0 b	4,6 ab
Imidacloprid	90,6 bc	51,3 c	4,3 b

*Los valores a los que siguen diferentes letras mostraron diferencias significativas.

Tabla 2. Eficacia (% control de áfidos) de los insecticidas contra los áfidos del vector de los virus MACSAV y RHOPPA 21 días después de la primera aplicación (DDPA) e infección por BYDV asociada (gravedad de la sintomatología–195 DDPA y rendimiento–255 DDPA) en un ensayo de campo de cebada de invierno.

Tratamientos	Control (%) 4 DDPA*	Control (%) 2 DDTA*	Daño visual (hojas con síntomas de CYSDV/ hileras de 9,14 m) 13 DDTA*
Control	0 b	0 b	64,3 a
Isoclast (75 g/ha)	85,9 a	77,1 a	17,3 b
Espirotetramat (70 g/ha)	65,2 b	74,3 a	35,3 ab
Acetamiprid (100 g/ha)	88,6 a	82,6 a	22,5 b

*Los valores a los que siguen diferentes letras mostraron diferencias significativas.

Tabla 3. Eficacia (% de control) de los insecticidas contra las moscas blancas del vector del virus BEMITA e infección de CYSDV asociada. DDTA= dias después de la tercera aplicación.

Conclusiones

Los dos ensayos de laboratorio y los dos ensayos de campo sobre diferentes sistemas de plagas de cultivos forman parte de datos disponibles que validan Isoclast como insecticida altamente eficaz para el control de la transmisión de virus. Tal como se presenta en este artículo, y apoyado por datos de cesación de alimentación y EPG aún no publicados, Isoclast es eficaz en el control de la transmisión de virus por áfidos y moscas blancas en diferentes cultivos. Dado que las plagas que se alimentan de savia continúan desarrollando su resistencia ante los insecticidas actuales y la actividad de los virus de plantas sigue siendo importante, se continuarán precisando soluciones efectivas contra los fitopatógenos de cultivos difíciles de manejar. Isoclast es un excelente insecticida de base para el uso contra las plagas de vectores de virus difíciles de controlar y contra la transmisión del virus en programas integrados de manejo de plagas.

BIBLIOGRAFÍA

Bass C, Puinean AM, Zimmer CT, Denholm I, Field LM, Foster SP y col., 2014. The evolution of insecticide resistance in the peach potato aphid, *Myzus persicae. Insect Biochem Mol Biol* 51:41 –51.

Blackman RL y Eastop VF. 2000. Aphids on the World's Crops, an Identification and Information Guide. John Wiley & Sons Ltd, Chichester, UK, 476 pp.

Bragard C, Caciagli P, Lemaire O, Lopez-Moya J, MacFarlane S, Peters D, Susi P, Torrance L. 2013. Status and prospects of plant virus control through interference with vector transmission. *Annu. Rev. Phytopathol.* 51 :177–201.

Hull R, Matthew's PlantVirology. 2014. AcademicPress, USA p.1056.

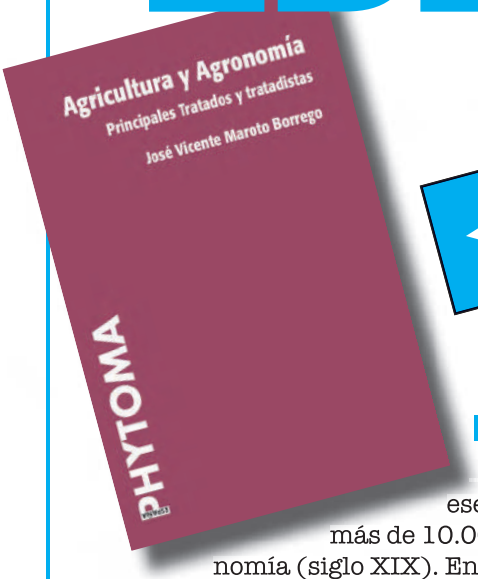
Oliveira EE, Schleicher S, Buchges A, Schmidt J, Kloppenburg P, Salgado VL. 2011. Desensitization of nicotinic acetylcholine receptors in central nervous system of the stick insect (*Carausius morosus*) by imidacloprid and sulfoximine insecticides, *Insect Biochem. Molec. Biol.* 41:872-880.

Sparks TC, Loso MR, Watson GB, Wang NX, Buysse AM, Nugent, BM, Kramer V, Gomez LE. 2017. Sulfoximine Insecticides: Sulfoxaflor, In *Modern Crop Protection Compounds.* Vol. 3, 3rd ed. (P. Jeschke, M. Witschel,, W. Kramer, U. Schrimer, eds.), Wiley-VCH, New York. En imprenta.

Wang N, Watson G.B, Loso m.R, Sparks T.C. 2016. Molecular Modeling of Sulfoxaflor and Neonicotinoid Binding in Insect Nicotinic Acetylcholine Receptors: Impact of the *Myzus* 1 R81T Mutation. *Pest Manag. Sci.* 69:607-619.

Watson GB, Loso MR, Babcock JM, Hasler JM, Letherer TJ, Young CD, Zhu Y, Casida JE, Sparks TC. 2011. Novel nicotinic action of the sulfoximine insecticide sulfoxaflor, *Insect Biochem. Mol. Biol.*, 41:432-439.

NOVEDAD EDITORIAL



Precio 17 €

José Vicente Maroto Borrego
Catedrático de Horticultura y Cultivos Herbáceos
ETSIAMN Universitat Politècnica de València
Departamento de Producción Vegetal

Son numerosos los textos y los tratadistas que han ejercido un papel esencial en la transformación de la Agricultura desde su nacimiento, hace más de 10.000 años, hasta su consolidación como ciencia aplicada, como es la Agronomía (siglo XIX). En la presente obra, que revisa y amplía una serie de artículos publicados en la revista PHYTOMA-España, se citan y comentan buena parte de los Tratados y personajes que a lo largo de los siglos han descrito y procurado fundamentar las distintas labores agrarias; estableciendo así las bases científicas de una actividad que ha condicionado aspectos cruciales de la cultura humana, tal y como hoy la conocemos.