



Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
Centro Regional Entre Ríos
Estación Experimental Agropecuaria Paraná

URGENTE

Alerta, “capín” *Echinochloa crus-galli* con posible resistencia a inhibidores de la acetolactato sintetasa en Entre Ríos y Corrientes

Metzler M.J.¹ y Garcia E.²

¹Grupo Ecofisiología Vegetal y Manejo de Cultivos. INTA EEA Paraná

²Comisión de Ingenieros Agrónomos de San Salvador

Introducción

En los últimos meses se han incrementado en las provincias de Entre Ríos y Corrientes notificaciones de productores y profesionales respecto a las dificultades en el control de *Echinochloa crus galli* var. *crus pavonis*, con herbicidas inhibidores de la acetolactato sintetasa (ALS) (imazapic- imazapir) en lotes con cultivo de arroz y soja.

El cultivo de arroz en Entre Ríos cuenta en la actualidad con una superficie sembrada de 74200 ha, principalmente en los departamentos Villaguay, San Salvador, Federación y La Paz. Las variedades tolerantes a imidazolinonas (IMI) ocupan más del 60% de esa superficie (44520ha) (BCER-SIBER, 2015). En el ciclo agrícola 2013/14 se evidenciaron lotes con problemas para controlar esta maleza, principalmente en las variedades de arroz IMI, mientras que en el ciclo agrícola 2014/15 se observó una seria expansión de esta problemática.

Ante esta situación, la Comisión de Ingenieros Agrónomos de San Salvador realizó un relevamiento en un radio de 50 km alrededor de San Salvador y determinaron que en el 70% de la superficie existe al menos un sector dentro del lote con individuos de *E. crus galli* que ha sobrevivido a más de una aplicación de la mezcla comercial de imazapic-imazapir (Figura 1). Llegando en casos extremos a ocupar un 50% del lote, generando una caída sustancial en el rendimiento del cultivo. Profesionales de la provincia de Corrientes y del departamento La Paz (Entre Ríos) reportaron situaciones similares en sus zonas de influencia.





Figura 1. Área afectada con *Echinochloa crus-galli* en un lote con cultivo de arroz en la zona de San Salvador, Entre Ríos. (Fotos: Ing. Agr. Enrique García e Ing. Agr. Marcelo Metzler).

La situación de esta especie, sospechada como resistente, es de suma importancia en el cultivo de arroz. En casos extremos y teniendo en cuenta la superficie sembrada con variedades resistentes a IMI, se puede ver comprometido el rendimiento de más de 40.000 ha de arroz (Comisión de Ingenieros Agrónomos de San Salvador, comunicación personal). Además, se han observado lotes con cultivo de soja en situaciones similares a la expuesta para arroz (Figura 2). Por tal motivo, y hasta que se determine si esta especie es resistente a estos herbicidas, en los lotes donde se convive con esta problemática se debe dar tratamiento a los mismos como si lo fuera.





Figura 2. Área afectada con *Echinochloa crus-galli* en un lote con cultivo de soja **A:** zona rural de San Salvador, **B:** zona rural General Campos (Fotos: Ing. Agr. Enrique García).

Resistencia a herbicidas en *Echinochloa spp*: descripción, distribución e importancia a nivel mundial

El género *Echinochloa* consta de unas 50 especies, incluyendo subespecies y variedades (Michael, 1983). Las plantas de este género varían mucho y su taxonomía es confusa (Yabuno, 1983). Se han identificado especies anuales con 18, 27 y 54 pares de cromosomas y especies perennes con 18, 27 y 63 pares (Kim, 1994). Las especies anuales *E. crus-galli* y *E. colona*, ambas hexaploides ($2n=6x=54$), son las malezas más importantes asociadas con el arroz en el mundo (Kim, 1994). Además de que su taxonomía también es confusa, hay formas de *E. colona* que varían en el hábito de crecimiento, longitud de la inflorescencia y tamaño de las espiguillas. Esta especie ha sido confundida con *E. crus-galli* var. *praticola* y *E. crus-galli* var. *a ustro - japonensis* (Michael, 1983), lo que refleja la dificultad para establecer límites entre especies del género *Echinochloa* debido a la gran variabilidad, que se asocia con la hibridación y la adaptación al ambiente (Strehl y Vianna, 1977).

Las especies de *Echinochloa* tienen una notoria capacidad de adaptación a las diferentes condiciones de crecimiento asociadas con el cultivo de arroz. Estas adaptaciones o patrones fenológicos le permiten optimizar la sobrevivencia dentro del período más favorable, induciendo la formación de razas o individuos que se asemejen al cultivo (Barret, 1983). Esta facultad de imitar el cultivo, conocida como mimetismo, dificulta la identificación de la maleza, así como su control sin causar daño al cultivo. Las plántulas de *Echinochloa* se asemejan mucho a las del arroz. En Japón, Yabuno (1983) documentó una forma de *E. crus-galli* var. *crus-galli* muy similar a las plantas de arroz. En California se encontró que *E. crus-galli* var. *oryzicola* (= *Echinochloa phyllopogon*, (Michael, 1983) reemplazó a *E. crus-galli* var. *crus-galli* debido a un cambio en el régimen de inundación. Esta preferencia por un hábitat específico es típica de las especies miméticas (Barret, 1983). Otra manera de imitar el arroz es responder en forma similar a los herbicidas de empleo regular en el cultivo, por lo tanto, la resistencia a propanil podría considerarse como un caso muy especializado de mimetismo fisiológico.

Distribución

Echinochloa es el género de malezas más importante asociado al arroz debido a su adaptabilidad al ecosistema del cultivo. *E. colona* y *E. crus-galli* son las especies más importantes. La primera predomina en las regiones tropicales y subtropicales, mientras que la segunda es cosmopolita y problemática en el arroz de zonas templadas y tropicales y se considera la principal maleza del cultivo (Kim, 1994).

Hábitat

Echinochloa spp. es capaz de germinar durante el ciclo de cultivo (Holm *et al.*, 1977) y puede crecer en campos cultivados, praderas, márgenes de canales, acequias y charcos; prefiere las áreas expuestas y rara vez se encuentra en sitios sombreados (Ramakrishnan, 1960). *Echinochloa* spp. crece rápidamente durante el ciclo de cultivo o cuando las condiciones de humedad son adecuadas y muere durante la estación seca (Holm *et al.*, 1977).

Crecimiento, desarrollo y reproducción

Echinochloa spp. dispone de un mecanismo fotosintético C4 (Strehl y Vianna, 1977) que es más eficiente que el del arroz, por lo que presenta un crecimiento más acelerado que el del cultivo. En estudios comparativos de cuatro especies de *Echinochloa*, Krishnamurthy *et al.* (1989) encontraron altas tasas de crecimiento e interceptación lumínica con respecto a dos cultivares de arroz. Además, las especies de *Echinochloa* presentaron un bajo punto de compensación de CO₂ y una alta resistencia estomática, lo que les permitió competir más efectivamente con el arroz, que es C3. Las especies de *Echinochloa* tienen la capacidad de producir una gran cantidad de semilla. Norris (1996) encontró que una planta de *E. crus-galli* puede producir hasta 20264 semillas, las que germinan inmediatamente después de los primeros aguaceros. Por su parte Azmi *et al.* (1995) registraron una producción de hasta 48000 semillas en plantas de esta especie bajo condiciones controladas. La floración y la fructificación comienzan unos 45 días después de la emergencia y se extienden hasta que las plantas completan su maduración. Después de este período inician la senescencia con el desprendimiento de las semillas (Ramakrishnan, 1960) (Figura 3).



Figura 3. Inflorescencia de *Echinochloa crus-galli*. (Foto: Ing. Agr. Marcelo Metzler).

La mayoría de las especies del género *Echinochloa* se autopolinizan. Algunas razas de *Echinochloa pyramidalis* y *Echinochloa obtusiflora* son parcialmente incompatibles. Los híbridos entre *E. colona* y *E. crus-galli* son estériles (Yabuno, 1983). Por lo general, la semilla madura y se desprende antes de la cosecha del cultivo. Las semillas de *E. colona* se dispersan a través de la maquinaria agrícola, los roedores, aves, animales mayores y también mediante los canales de irrigación en el campo (Holm *et al.*, 1977). Las semillas de *Echinochloa* spp. tienen un período de latencia relativamente corto, de aproximadamente dos meses (Norris, 1996; Holm *et al.*, 1977). La persistencia en el suelo también es limitada. Chaves *et al.* (1997) encontraron que después de 10 meses, el 70% de las semillas había desaparecido del suelo

debido a la germinación o por mortalidad, mientras que las restantes permanecían en estado de latencia.

Modo de acción de los herbicidas utilizados en el control de especies de *Echinochloa* en arroz y sus mecanismos de resistencia

Si bien se han reportado numerosas especies del género *Echinochloa* con resistencia a propanil, un herbicida que inhibe la actividad del Fotosistema II en el cloroplasto y a quinclorac, herbicida hormonal registrado para el control de gramíneas (Poáceas) en arroz, a continuación se describen las características y los mecanismos de resistencia de las malezas a los herbicidas de dos modos de acción, como son los inhibidores de la enzima acetolactato sintetasa (ALS) e inhibidores de la acetil coenzima-A carboxilasa. En el mediano plazo saldrán al mercado variedades de arroz con tolerancia a sulfonilúreas y graminicidas postemergentes (fop's).

Inhibidores de la enzima acetolactato sintetasa (HRAC Grupo B, WSSA Grupo 2)

El mecanismo de acción de los herbicidas pertenecientes a cuatro grupos importantes (sulfonilúreas, imidazolinonas, triazolopirimidinas y pirimidinil benzoatos) consiste en inhibir la enzima ALS, conocida también como sintetasa del ácido hidroxiaacético (AHAS). Los herbicidas inhibidores de la ALS son compuestos sistémicos que se acumulan en los puntos de crecimiento de las plantas. La inhibición de la ALS evita la síntesis de los aminoácidos valina, leucina e isoleucina, que son algunos de los componentes de las proteínas. En los cultivos, la selectividad de los inhibidores de la ALS se debe sobre todo a las diferencias entre plantas en la tasa de metabolización del herbicida.

La resistencia en las malezas se debe básicamente a una modificación en el sitio de acción, es decir, a una ALS insensible al inhibidor. En la actualidad hay en el mundo varias sulfonilúreas para el control de malezas en arroz, en el mercado y en desarrollo.

Unas pocas sulfonilúreas también controlan gramíneas, incluyendo varias especies de *Echinochloa* (azimsulfurón, foramsulfurón). Tres pirimidinil benzoatos controlan eficazmente las especies de *Echinochloa* en arroz: bispiribac-sodio, piribenzoxim y piriminobac-metilo. Las imidazolinonas y triazolopirimidinas no son selectivas para el arroz, sin embargo, en los últimos años se han introducido variedades tolerantes (arroz-IMI) para permitir el control selectivo de arroz rojo con imidazolinonas (Hackworth *et al.*, 1998). Varias especies de hoja ancha, especialmente malezas acuáticas y algunas ciperáceas, han evolucionado resistencia a inhibidores de la ALS.

En Brasil se diagnosticó resistencia a dos sulfonilúreas (bensulfurón-metilo y pirazolsulfurón-etilo) en *Sagittaria montevidensis* (Norris, 1996) y en Chile hay resistencia entre especies: *Alisma plantago lanceolata*, *S. montevidensis* y *Scirpus mucronatus* (Hackworth *et al.*, 1998).

Inhibidores de la acetil coenzima-A carboxilasa (HRAC Grupo A, WSSA Grupo 1)

Dos familias de herbicidas, las ariloxifenoxi propionicos (AFP) y las cyclohexanodionas (CHD), inhiben la enzima ACCasa. Esta enzima es muy importante en la biosíntesis de los ácidos grasos en las plantas. Los herbicidas de ambos grupos químicos se aplican en post-emergencia, son absorbidos con facilidad por las raíces y el follaje y se transportan a los meristemas (puntos de crecimiento) de las plantas, donde rápidamente inhiben el crecimiento. Los graminicidas AFP se formulan y aplican como ésteres, los que penetran fácilmente por la cutícula de la planta que los convierte a su forma ácida. El ácido se transporta dentro de la planta y es el que realmente exhibe actividad como herbicida. La mayoría de los cereales tolerantes a estos graminicidas son capaces de metabolizarlos rápidamente y convertirlos en compuestos inactivos. Varios mecanismos contribuyen a la selectividad de los herbicidas AFP en arroz. Por ejemplo, en el caso del cihalofop-butilo, el arroz absorbe y transporta menos herbicida, tiene una tasa de conversión del éster al ácido más lenta y posee una ACCasa menos sensible que *Echinochloa crus-galli* (Kim y Park, 1997; Park *et al.*, 1997). En forma similar, la selectividad del clefoxidim en arroz también se debe a una combinación de factores

que incluyen la rápida degradación del herbicida original en compuestos no fitotóxicos y un transporte limitado hacia el sitio de acción (Finley *et al.*, 1999).

Además del cihalofop-butilo, otros graminicidas sistémicos empleados en arroz son el fenoxaprop-*p*-etilo y clodinafop-propargil (AFP) y el butroxidim y setoxidim (CHD). Existen poblaciones de *E. chinochloa colona* resistentes a los herbicidas AFP y CHD.

Aunque el mecanismo de resistencia no se conoce completamente, se sabe que no está asociado con un metabolismo elevado o una alteración del sitio de acción. En la mayoría de las gramíneas, la resistencia se atribuye a una modificación del sitio de acción (ACCasa), aunque algunas malezas resistentes exhiben un metabolismo acelerado (Hall *et al.*, 1994).

Estrategias preventivas

Hay dos acciones que son fundamentales en las tareas de prevención, una es la correcta **limpieza de la cosechadora** para evitar el transporte de semillas de “capin” a grandes distancia o a lotes vecinos. Una solución alternativa sería dejar los lotes que tienen la presencia de esta maleza para cosechar al final y limpiar la misma luego de la cosecha, de no hacerlo se transfiere en este caso el problema hacia otras zonas. La otra medida clave es el **monitoreo de los lotes** para la detección temprana del *Echinochloa crus-galli*, fundamentalmente en los barbechos químicos o en los barbechos de preemergencia del cultivo.

Consideración Final

Si bien la introducción de variedades tolerantes a herbicidas es y será una excelente herramienta para el control de malezas, no debe ser la única. Esta estrategia debe formar parte de una “gran caja de herramientas” llamada **manejo de malezas**, no deben ser la única herramienta. Lo expuesto en los párrafos anteriores denota lo que ocurre cuando esto último sucede.

Bibliografía

- AZMI M., MASHHOR M., ITOH K. AND H. WATANABE 1995. Life cycle and seed longevity of *Echinochloa crus-galli* complex in direct seed rice in Malaysia. Proceedings 15th AsianPacific Weed Science Conference, Japan, p. 506-511.
- BARRET S.C.H. 1983. Crop Mimicry in Weeds. Economic Botany 37:255-282.
- BCER 2015. BOLSA CEREALES DE ENTRE RÍOS. Proyecto SIBER WWW.BOLSACER.ORG.AR. [Verificación: marzo de 2015].
- CHAVES L., VALVERDE B.E. e I. GARITA 1997. Efecto del tiempo y la profundidad de entierro en el suelo sobre la persistencia de la semilla de *Echinochloa colona*. Manejo Integrado de Plagas 45:18-24.
- FINLEY C., LANDES M., SIEVERNICH B., MISSLITZ U. AND U. SCHÖFL 1999. BAS 625 H – A new postemergence herbicide for the control of grass weeds in rice. Proceedings Brighton Crop Protection Conference - Weeds 1:65-70.
- HACKWORTH H.M., SAROKIN L.P. AND R.H. WHITE 1998. 1997 field evaluation of imidazolinon tolerant rice. Proceedings Southern Weed Science Society 51:221.
- HALL L.M., HOLTUM J.A.M. AND S.B. POWLES 1994. Mechanisms responsible for cross resistance and multiple resistance. In S.B. Powles and J.A.M. Holtum (eds.). Herbicide Resistance in Plants. Biology and Biochemistry. CRC Press, Boca Raton, Florida. p. 243-261.
- HOLM L.G., PLUCKNETT D.L., PANCHO J.V. AND J.P. HERBERGER 1977. The World's Worst Weeds. Distribution and biology. East-West Center, University Press of Hawaii, Honolulu, Hawaii, p. 32-46.
- KIM K.U. 1994. Ecophysiology of *Echinochloa* species and their management. In S.S. Sastroutomo and B.A. Auld (eds.). Appropriate weed control in southeast Asia..Proceedings of an FAO-CAB International workshop, Kuala Lumpur, Malaysia, 17-18 May 1994. CAB International, Wallingford, UK. p. 18-26.
- KIM K.U. AND J.E. PARK 1997. Selective mechanism of cyhalofop-butyl ester between rice (*Oryza sativa* L.) and *Echinochloa crus-galli*. III. Uptake, translocation, and metabolism of 14C-cyhalofop-butyl ester. Korean Journal of Weed Science 17:185-191.

- KRISHNAMURTHY K., DEVENDRA R., RAMACHANDRA-PRASSAD T. V. AND S. L. MOHAN 1989. Growth pattern of *Echinochloa* species in relation to rice and bioefficacy of 2,4-D and dicamba combinations. Proceedings Brighton Crop Protection Conference-Weeds 2:683-688.
- MICHAEL P.W. 1983. Taxonomy and distribution of *Echinochloa* species with special reference to their occurrence as weeds of rice. Proceeding of the Conference on Weed Control in Rice, 31 August-4 September 1981, Philippines. International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines, p. 291-306.
- NORRIS R. 1996. Morphological and phenological variation in barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) in California. Weed Science 44:804-814.
- PARK J.E., LEE I.Y., PARK T.S., RYU G.H., KIM Y.K. AND K.U. KIM 1997. Selective mechanism IV. Effect on enzyme activity, biosynthesis of fatty acid and protein in rice and *Echinochloa crus-galli*. Korean Journal of Weed Science 17:192-198.
- RAMAKRISHNAN P.S. 1960. Ecology of *Echinochloa colona* Link. Proceedings of the Indian Academy of Sciences 11:73-92.
- STREHL T. AND M. PAVAO VIANNA 1997. *Echinochloa colona* (L.) Link, o capim arroz em nossas lavouras. Lavoura Arrozeira 30:8-11.
- YABUNO T. 1983. Biology of *Echinochloa* species. Proceeding of the Conference on Weed Control in Rice, 31 August-4 September 1981, Philippines. International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines, p. 307-318.