

ISSN 2469-164X · Vol. 11. N° 42, Abril 2023 | Pergamino, Bs. As., Argentina

RTA

REVISTA DE
TECNOLOGÍA
AGROPECUARIA

TEC
NO
LO
GÍ
A
GRO
PE
CUA
RIA



INTA Ediciones

STAFF

Director:

Dr. (MSci) Ing. Agr. Horacio Acciaresi

Comité Editor:

Dra (MSci) Ing. Agr. Silvina B. Restovich
Dra (MSci) Ing. Agr. Raquel A. Defacio
Dra (MSci) Ing. Agr. Silvina M. Cabrini
Méd. Vet. Virginia Fain Binda
Dr. (MSci) Ing. Agr. Alfredo G. Cirilo
Ing. Agr. (MSci) Javier Elisei
Ing. Agr. (MSci) José A. Llovet
Dr. (MSci) Ing. Agr. Juan Mattera

Diseño y Edición:

Lic. DG. Georgina Giannon

Colaboradora de Edición:

Lic. (Mg.) María del Carmen Sanches

Director Int. EEA Pergamino:

Horacio Acciaresi

Director del Centro Regional Buenos Aires Norte:

Ing. Agr. Hernán Trebino

DATOS EDITORIALES

Vol. 11. N° 42

Abril 2023.

Pergamino, Bs. As., Argentina

ISSN Digital 2469-164X

Estación Experimental Agropecuaria

INTA Pergamino - Buenos Aires

Av. Frondizi (Ruta Prov. 32) km. 4,5

2700 - Pergamino

Tel.: 02477 439000

<http://inta.gob.ar/pergamino>

eeapergamino.rta@inta.gob.ar



Secretaría de Agricultura,
Cadería y Pesca



Esta publicación es propiedad del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. RP 32, km. 4,5. Pergamino. Buenos Aires, Argentina.

SUMARIO

5

Distribución de los rastrojos de cosecha en un cultivo de trigo

Rubén Roskopf y Javier Elisei.

10

Efectos temporales del escarificado de suelo sobre algunas propiedades físicas

Javier Elisei.

15

Evaluación de fungicidas para el control de enfermedades en trigo bajo condiciones de estrés hídrico

Fernando Jecke, Fernando Mousegne, María Paolilli y Paula Rasente.

20

Efecto del pastoreo de cultivos de cobertura sobre la producción de forraje y de carne en sistemas agrícolas

Juan Mattera, Ezequiel Pacente, Omar Scheneiter, Silvina Restovich, Jonatan Camarasa y Lucas Garro.

26

Estudio de la interacción entre cultivar, densidad y fertilización nitrogenada en maíz. I Fecha de siembra temprana

Gustavo N. Ferraris, Eduardo Mancuso y Juan Cuirolo.

33

Estudio de la interacción entre cultivar, densidad y fertilización nitrogenada en maíz. II Fecha de siembra tardía

Gustavo N. Ferraris, Eduardo Mancuso y Juan Cuirolo.

40

Variabilidad de la susceptibilidad a glifosato: El caso del Capín (*Echinochloa Colona*) en lotes de la EEA INTA Pergamino

Gabriel Picapietra y Horacio Acciaresi.

46

Producción y eficiencia de uso de los recursos en dos secuencias de cultivos forrajeros

Omar Scheneiter, Juan Mattera, Andrés Llovet y Ezequiel Pacente

53

Los cultivos de cobertura y la dinámica poblacional de Rama negra

María V. Buratovich y Horacio A. Acciaresi.

60

Tesis de Maestría Impacto de los cultivos de cobertura sobre propiedades edáficas en secuencias soja-soja en hapludoles del oeste de la región pampeana

Sergio Rillo.

62

Tesis Doctoral Plasticidad fenotípica y bases genéticas de la producción y partición de biomasa en el cultivo de maíz

Luciana Ayelen Galizia

64

45° Congreso Argentino de Producción Animal Breve descripción del evento y participación de INTA Pergamino

Juan Mattera, Agustina Lavarello Herbin, Ezequiel Pacente, Mariela Acuña y Omar Scheneiter.

67

53° Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Agraria. Perspectiva del Sector Agroalimentario en la Región y en el Mundo

69

Nota Enfoques La Ecofisiología en INTA como experiencia de construcción compartida

Alfredo Cirilo.

Editorial

Estimados Lectores:

La sequía 2022-2023 fue, y aún lo es en algunas zonas, un acontecimiento que superó la escala de lo que se percibe como tal en las regiones húmedas (al momento de salir este número, en los últimos doce meses, llovieron 337 mm, un 66% menos que el promedio histórico 1910-2022). Otro paradigma que se puso en tela de juicio este último año fue la vulnerabilidad de los distintos sistemas de producción, en relación al tipo de suelos a los que se destina la agricultura y la ganadería. Se consideraba que en la pampa húmeda, los sistemas ganaderos son más estables que la agricultura frente a déficits hídricos. Se sabe que una deficiencia hídrica transitoria, pero en un período crítico de un cultivo, tiene un gran impacto sobre el rendimiento mientras que los períodos excesivamente húmedos, acompañados de anegamientos en los sectores deprimidos del relieve, afectaban más a los planteos ganaderos que a los agrícolas. En esta última campaña, la magnitud de la sequía resultó en que la productividad de todos los sistemas extensivos resultase vulnerada.

El impacto se manifestará en el corto plazo en las economías de las empresas agropecuarias y las cadenas de valor y en las economías regionales basadas en producciones agropecuarias extensivas, en la prosperidad de la sociedad en su conjunto. Adicionalmente, están los efectos indirectos más prolongados en el tiempo, como el retraso de inversiones, la menor capacidad para incorporar tecnología en el corto plazo, el endeudamiento a tasas elevadas y la recuperación de capital en el caso de la hacienda, entre otros.

Frente a este hecho consumado, es interesante plantear el rol de distintos actores productivos para revertir la actual situación del sector, si, como pronostican los modelos climáticos, se inicia un periodo de precipitaciones normales o superiores a lo normal. En el corto plazo, el INTA, como desarrollador y difusor de tecnologías puede ofrecer planteos y seleccionar tecnologías apropiadas para distintas situaciones de las empresas. En estos tiempos, dirigidos a mejorar la eficiencia productiva de tecnologías de insumos y de procesos para lograr buenos resultados físicos con una inversión acorde a la deteriorada capacidad económica de las empresas agropecuarias. Esto sería posible porque mucha de la investigación y experimentación realizada consideró el efecto ambiental en el comportamiento de variables productivas y económicas, por ejemplo excesos y deficiencias hídricas.

Para el mediano y largo plazo, la variabilidad y el cambio climático son aspectos con los cuales habrá que convivir. Con respecto al cambio climático, el aumento de la

temperatura media, especialmente en el período invernal, sería uno de los aspectos sobre los cuales existe más consenso. En relación a las precipitaciones, informes de organismos nacionales, indicarían una escasa variación en el total acumulado en la región húmeda, aunque con cambios en el patrón de distribución estacional de las precipitaciones y una mayor frecuencia de eventos extremos.

Estos últimos seguramente serán una parte sustantiva de la investigación y la transferencia de tecnología del INTA. Por lo pronto, la nueva cartera de proyectos, tiene como eje sustantivo el abordaje de los efectos de la variabilidad y el cambio climático en los sistemas agropecuarios. Con la arista tecnológica no alcanza para restaurar en el corto plazo, y amortiguar en el futuro, los efectos climáticos sobre las actividades agropecuarias extensivas: es necesaria la integración de los actores de la ciencia, la producción, la economía y las políticas públicas para abordar los desafíos del sector más competitivo de la economía nacional.

Ing. Agr. (M.Sc.) Jorge Omar Scheneiter

07

Variabilidad de la susceptibilidad a glifosato: El caso de Capín (*Echinochloa colona*) en lotes de la EEA INTA Pergamino

GABRIEL PICAPIETRA^{1,2}
Y HORACIO ACCIARES^{1,3}

¹ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria Pergamino, Pergamino (2700), Argentina.

² Universidad Nacional del Noroeste de la provincia de Buenos Aires (UNNOBA), Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales, Pergamino, Buenos Aires, Argentina.

³ Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC), La Plata, Buenos Aires, Argentina.

A raíz de las sucesivas detecciones de individuos resistentes a herbicidas se han originado numerosas alertas que exceden el área de donde se ha tomado la muestra para su estudio. Para realizar un manejo efectivo de malezas resistentes a herbicidas es necesario conocer las características de dicha especie en un determinado lote.

Introducción

La resistencia de malezas a herbicidas es uno de los principales problemas en la producción de cultivos en la actualidad. Dentro de las malezas, *Echinochloa colona* L. Link es una de las más importantes en Argentina y el mundo debido a que se adapta muy bien a la agricultura continua (Satorre et al., 2020). Además, para esta especie se han seleccionado biotipos resistentes a glifosato cuya detección se encuentra ampliamente distribuida en toda la región central y norte de Argentina (SENASA, 2023), con un crecimiento a un ritmo sostenido. Es sabido que la frecuencia de biotipos resistentes a

herbicidas aumenta de acuerdo con la presión de selección ejercida sobre la población (Jasieniuk *et al.*, 1996) y puede estimarse por la tasa de supervivencia después de la aplicación de herbicidas.

Para mitigar el impacto negativo de la resistencia a herbicidas se han estudiado diversas actividades que, en conjunto, reducirían el problema (Perotti *et al.*, 2020). La consecuencia de la selección de biotipos resistentes a herbicidas tiene un impacto económico significativo, tanto por reducir el rendimiento y el valor comercial o por el aumento en los costos productivos. En este último punto, se ha reportado que el manejo de las malezas resistentes a glifosato, entre ellas *E. colona*, en la región del Noroeste de Buenos Aires, el costo de control puede alcanzar los 168 U\$S/ha.

En casi la totalidad de casos confirmados de malezas resistentes a herbicidas, los estudios se originaron a partir de un individuo o una muestra poblacional que, a fines de ser reportados, se referenciaron con una ciudad, un partido o una provincia en donde fue tomada la muestra (SENASA, 2023). Posiblemente de esta manera, se estaría soslayando la presencia de poblaciones susceptibles presentes aun en esa región, o representando poblaciones heterogéneas con una frecuencia muy baja de individuos resistentes. Aunque el mayor impacto se encontraría en una unidad productiva donde no se evidencian individuos resistentes, pero aun así es recomendado realizar un tratamiento curativo y consiguiendo así una pérdida económica.

El objetivo de este trabajo se centró en analizar comportamiento de diferentes muestras de semillas de *E. colona* del campo de la EEA Pergamino frente a dosis crecientes de glifosato. Así se hipotetizó que entre los lotes muestreados existen diferentes grados de susceptibilidad.

Materiales y Métodos

Recolección de semillas

Las muestras de semillas de *E. colona* se tomaron en 2018 en seis lotes de la EEA Pergamino, de las cuales tres muestras provenían de lotes bajo la rotación trigo/soja-maíz soja (T/S-M-S), dos muestras de lotes con la rotación maíz-soja (M-S) y una muestra de un lote bajo monocultura de soja (Ms) (tabla 1). Cabe destacar que la rotación de cultivos incluye la rotación de herbicidas con diferente mecanismo

de acción, por ejemplo, herbicidas auxínicos y sulfonilureas usados principalmente en trigo, herbicidas inhibidores del fotosistema II e inhibidores de la síntesis de ácidos grasos de cadena muy larga en maíz y los inhibidores de la enzima acetil-coenzima A carboxilasa y glifosato en soja.

Se cosecharon las semillas que se desprendían fácilmente de las panojas, de veinte plantas maduras seleccionadas al azar dentro de cada lote. Las semillas se colocaron en bandejas y luego se limpiaron de impurezas y semillas vanas. Posteriormente, se colocaron en sobres de papel madera y se almacenaron por más de cinco meses para superar su dormición primaria.

Pruebas en laboratorio

Las semillas fueron germinadas en cajas plásticas con sustrato papel humedecido con agua y se colocaron en cámara de crecimiento con fotoperíodo de 12 h y temperatura constante a 26°C. Cuando las plántulas desplegaron la segunda hoja fueron trasplantadas en bandejas multiceldas con sustrato tierra.

Para cada muestra de semillas se obtuvieron 36 plantas, las cuales se dividieron en seis grupos (dosis de glifosato) con seis plantas cada uno (repeticiones). A cada grupo de plantas se les aplicó glifosato (sal de dimetilamina de N-fosfometilglicina 48 g/100 ml) a 0,0, 0,22, 0,43, 0,86, 1,73 y 3,46 kg e.a./ha. Estas dosis corresponden a la secuencia 0x, 1/4x, 1/2x, 1x, 2x y 4x, respectivamente.

Tabla 1. Localización geográfica (latitud, longitud) de los sitios de muestreo de las semillas de *Echinochloa colona*, superficie del establecimiento, sistema de manejo de cultivos en los últimos diez años (monocultura de soja (Sm), rotación de dos años maíz-soja (M-S) y la rotación de tres años trigo/soja-maíz-soja (T/S-M-S)) y resultados del control de la maleza en la última campaña (antecedentes) según control total (CT) o control parcial (CP) con la dosis de marbete.

ID.	Latitud	Longitud	Superficie	Manejo de cultivos	Antecedentes
# 12	33°56'42,70"S	60°34'19,85"O	25,2 ha	T/S-M-S	CT
# 15	33°56'39,61"S	60°34'10,99"O	2,4 ha	M-S	CP
# 16	33°56'35,64"S	60°34'6,79"O	5,7 ha	T/S-M-S	CT
# 18	33°56'29,66"S	60°34'18,78"O	20,6 ha	T/S-M-S	CT
# 21	33°57'28,95"S	60°34'36,62"O	6,9 ha	M-S	CP
# 22	33°56'42,40"S	60°34'6,35"O	1,5 ha	Sm	CP

Veintiún días después de la aplicación (DDA) se evaluó la supervivencia relativa de plántulas (%S) (Ec. 1) y el peso fresco aéreo relativo (%PFA) (Ec. 2).

$$\text{Ec. 1} \quad \%S_j = n_i/N_i$$

donde n es el número de plantas sobrevivientes y N es el número total de plantas evaluadas a la i ésima dosis de glifosato en la j oésima muestra de semillas.

$$\text{Ec. 2} \quad PFA_j = p_i/p_o$$

donde p_i es el peso fresco aéreo de una planta tratada con la i ésima dosis de glifosato y p_o es el peso fresco aéreo de la planta sin tratar para la j oésima muestra de semillas.

Para la obtención de la dosis que reduce a la mitad el crecimiento de la biomasa aérea (GR50) de cada muestra de semillas, los valores de PFA se ajustaron a una función log-logística (Ec. 3).

$$\text{Ec. 3} \quad Y = C + \frac{D-C}{1 + \left(\frac{x}{GR50}\right)^b}$$

donde Y es el PFA estimado, C y D representan las asíntotas mínima y máxima, respectivamente, $GR50$ es el punto de inflexión que coincide con la dosis necesaria de herbicida para reducir el 50% del PFA, b es la pendiente en el punto de inflexión y x es la dosis de glifosato.

Análisis estadístico

Ambos %S y %PFA a la dosis máxima fueron analizados mediante modelos lineales mixtos (MLM) de una sola vía, dado que la fuente de variación estuvo vinculada a la muestra de semillas (ID). Consecuentemente, se ajustó la función log-logística y la obtención de los estimadores por mínimos cuadrados de los parámetros. Todos los procedimientos estadísticos se realizaron en el software Infostat.

Resultados y Discusión

El modelo log-logístico se ajustó a la relación entre el %PFA de *E. colona* y la dosis de glifosato, y el parámetro GR50 fue significativo para las seis muestras analizadas ($p < 0,05$). De las variables medidas a la dosis máxima de glifosato, el %PFA de la muestra #21 fue estadísticamente diferente del resto ($p > 0,05$) mientras que el %S fue significativo para las muestras ($p < 0,05$) (figura 1).

Los valores GR50 de las muestras #12, #16 y #18 fueron estadísticamente similares entre sí (525 g ea ha⁻¹, 589 g ea ha⁻¹ y 575 g ea ha⁻¹, respectivamente) (figura 1). No obstante, la máxima reducción del peso fresco aéreo se observó en plantas tratadas con 2x, 4x y 1x, respectivamente, al mismo tiempo que se observó la mortandad de todas las plantas evaluadas (%S=0). Este resultado pone en manifiesto que la muestra #18 es la única que responde al control sugerido por el marbete.

Las muestras #15, #21 y #22 tienen el potencial de ser consideradas resistentes a glifosato debido a que los valores de GR50 (741 g ea ha⁻¹, 1072 g ea ha⁻¹ y 832 g ea ha⁻¹, respectivamente) fueron significativamente ($p < 0,05$) diferentes del resto. Además, a la dosis máxima evaluada (equivalente a cuatro veces la dosis recomendada de marbete)

se observó una tasa de supervivencia de 25%, 40% y 20%, respectivamente (figura 1).

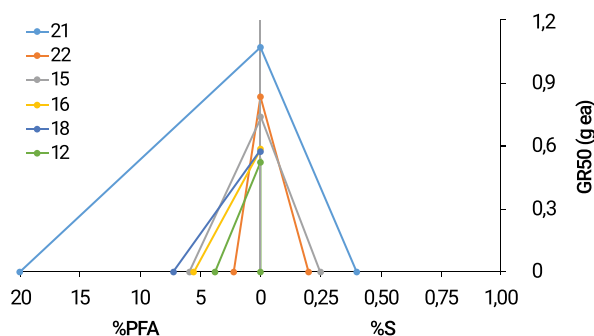


Figura 1. Representación del porcentaje del peso fresco aéreo relativo (%PFA; izquierda) como indicador del tamaño de la planta, dosis para la reducción del 50% de la biomasa aérea (GR50 g e.a./ha; arriba) como indicador de la sensibilidad a glifosato y porcentaje de supervivencia (%S; izquierda) como estimador de la frecuencia de individuos resistentes (estado de evolución de la población) de las seis muestras de semillas de *E. colona* evaluadas.

Consideraciones Finales

Características de la respuesta a glifosato

Los resultados obtenidos evidenciaron que existe una variación del %PFA, GR50 y %S en todas las muestras de semillas de *E. colona* obtenidas dentro del campo experimental de la EEA Pergamino. Dentro de esta variación se pudo observar que los valores más bajos de GR50 estimados fueron presentados por las muestras de semillas provenientes de los lotes T/S-M-S, mientras que en las muestras obtenidas de los lotes en rotación M-S, con valores de GR50 superiores y %S > 20% a la dosis máxima evaluada, estos hallazgos permiten acordar parcialmente con los autores que señalan que la rotación de cultivos y su consecuente alternancia de herbicidas ayudan a retrasar o prevenir la evolución de poblaciones de malezas resistentes a herbicidas (Perotti *et al.*, 2020).

Aunque ambos son sistemas de rotación, en el esquema de tres años se incrementa la intensificación de cultivos (al incluir un doble cultivo) y esto puede modificar la estructura de la comunidad (Satorre *et al.*, 2020). Además, se reduce el uso de glifosato y la frecuencia

de biotipos resistentes tiende a reducirse, debido a una menor presión de selección y una posible menor aptitud biológica (Asaduzzaman *et al.*, 2021).

Dado que en las tres muestras potencialmente resistentes los valores de %S fueron inferiores a 40% y de acuerdo a lo planteado por Jasieniuk *et al.* (1996), se estima que el número de individuos portadores de la resistencia es relativamente bajo, por lo que estas poblaciones aún podrían ser controladas y manejadas.

Asociación entre los individuos resistentes y su área de detección

La variación de la respuesta a glifosato en los individuos de *E. colona* entre los diferentes lotes del campo de la EEA INTA Pergamino nos demuestra que no es posible reconocer a un "biotipo EEA Pergamino" o "biotipo Pergamino", puesto que la dinámica de la resistencia a herbicidas excede los límites como el tendido de un alambrado o la transecta de un camino. Esto se relaciona con lo postulado por Asaduzzaman *et al.* (2021) quienes incorporan el uso del



Figura 2. Mapa de calor que indica la dosis de glifosato necesaria para la reducción del 50% del peso fresco aéreo (GR50; g e.a./ha) de las muestras de semillas de *E. colona* en el campo experimental de la EEA INTA Pergamino en los diferentes puntos de muestreo (#).

término “poblaciones heterogéneas” para el estudio de la resistencia a herbicidas en *E. colona*, donde se consideran poblaciones naturales de campo en una mezcla de dos o más biotipos, cada uno con diferente comportamiento frente a glifosato.

Además de resaltar la diferencia del comportamiento de las diferentes muestras poblacionales, se pudo observar que entre lotes distanciados aproximadamente a 500 m se puede encontrar una población heterogénea compuesta de individuos susceptibles (muestra #18) y una población heterogénea potencialmente resistente a glifosato (muestra #22) (figura 2).

Con estos resultados se resalta la importancia de considerar la característica de cada lote en particular, para poder abordar de manera integral el manejo de una población de malezas resistentes. Aunque si bien quedó demostrado que la variabilidad entre lotes es significativa, un mayor desafío será conocer cuál es la variación dentro del mismo, es decir la frecuencia y dispersión de los individuos susceptibles y resistentes.

Bibliografía

Asaduzzaman, M.; Koetz, E.; Wu, H.; Hopwood, M. y Shephard, A. 2021. *Fate and adaptive plasticity of heterogeneous resistant population of Echinochloa colona in response to glyphosate*. Sci. Rep. 11:14858.

Jasieniuk, M.; Brûlé-Babel, A. y Morrison, I. 1996. *The evolution and genetics of herbicide resistance in weeds*. Weed Sci. 44(1):176-193.

Perotti, V. E.; Larran, A. S.; Palmieri, V. E.; Martinatto, A. K. y Permingeat, H. R. 2020. *Herbicide resistant weeds: A call to integrate conventional agricultural practices, molecular biology knowledge and new technologies*. Plant Sci. 290, 110255.

Satorre, E. H.; de la Fuente, E. B.; Mas, M. T.; Suárez, S. A.; Kruk, B. C.; Guglielmini, A. C. y Verdú A. M. C. 2020. *Crop rotation effects on weed communities of soybean (Glycine max L. Merr.) agricultural fields of the Flat Inland Pampa*. CropProt. 130:105068.

SENASA. 2023. *Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria*. Sitio web: <https://www.argentina.gob.ar/senasa>