

Efectos de la aplicación de quizalofop sobre la arquitectura y anatomía foliar de *Eleusine indica*

Malpassi, R.

RESUMEN

Los herbicidas ariloxifenoxipropanoatos son usados comúnmente para controlar gramíneas, como *Eleusine indica* "Pie de gallina", en cultivos de maní del sur de Córdoba, Argentina. Pueden afectar distintos caracteres de la planta a controlar, como el desarrollo de sus ejes y la morfología interna de sus órganos. El objetivo de este trabajo fue estudiar la acción del herbicida quizalofop p tefuril sobre la arquitectura y anatomía foliar de *Eleusine indica*. El estudio se llevó a cabo en la Universidad Nacional de Río Cuarto (Córdoba, Argentina). Luego de aplicarse el herbicida en dosis letal (72 g i.a. ha⁻¹) y subletal (17 g i.a. ha⁻¹), las plantas fueron clasificadas en tres categorías: con 3, 1-2 y sin macollos. Se tomaron tres ejemplares al azar de cada una, los que fueron observados para determinar la arquitectura y procesados para la obtención de preparados histológicos. *E. indica* muere luego de 26 días de aplicada la dosis letal cuando presenta hasta dos macollos. Las más grandes sobreviven por la activación de sus yemas basales. La dosis subletal provoca cambios reversibles en todas las categorías de plantas de esta maleza. A nivel anatómico, se observan daños severos en cloroplastos.

Palabras clave

Eleusine indica, quizalofop, arquitectura vegetal, cloroplastos.

Malpassi, R, 2005. Quizalofop effects on *Eleusine indica* architecture and leaf anatomy. Agriscientia XXII (2): 55-62

SUMMARY

Aryloxyphenoxypropanoate herbicides are commonly used to control grasses, such as *E. indica* in peanut crops cultivated in the south of the province of Córdoba, Argentina. They can affect different plant characters, like axis development and internal organ anatomy. The objective was to study the effect of quizalofop p tefuril on architecture and leaf anatomy of *Eleusine indica*. The experiment was carried out in the laboratory and experimental field of the National University of Río Cuarto (Córdoba, Argentina). After applying a quizalofop p tefuril lethal dose (72 g i.a. ha⁻¹) and a sublethal dose (17 g i.a. ha⁻¹), the plants were classified into three categories: with 3, 1-2, and no tillers. Three randomly sampled individuals

Fecha de recepción: 19/03/05; Fecha de aceptación: 28/11/05

from each category were observed to determine their architecture and processed to obtain histological slides. *E. indica* plants with less than two tillers die after 26 days post-application of the lethal dose, whereas older ones survive because of basal bud activation. The sublethal dose provokes reversible changes on all the categories of this weed. At the anatomic level, severe damages in chloroplasts are observed.

Key words

Eleusine indica, quizalofop, plant architecture, chloroplasts.

Malpassi, R. *Morfología Vegetal, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto, Agencia Postal N° 9, (5800) Río Cuarto, Córdoba, Argentina. (rmalpassi@ayv.unrc.edu.ar)*

INTRODUCCIÓN

Eleusine indica (L.) Gaertner "Pie de gallina" (Poaceae) es una maleza común en cultivos de maní del sur de la provincia de Córdoba, Argentina. Crece y se desarrolla en forma rápida en regiones tropicales y subtropicales. Prefiere suelos más bien arcillosos y se adapta a climas muy diversos. Las hojas poseen vainas abiertas y glabras, lígulas breves y láminas foliares planas o plegadas. Presenta espigas unilaterales con espiguillas plurifloras (Burkart, 1969; Clayton & Renvoize, 1986; Nicora y Rugolo de Agrasar, 1987). Es reconocida la interferencia que ejerce sobre el maní (*Arachis hypogaea*-Fabaceae), debido a que la producción subterránea de éste se entremezcla con las raíces de la maleza, lo que constituye un grave problema en el momento del arrancado. Se han informado pérdidas del 43 al 86% por la presencia de hasta 20 plantas de *E. indica* por metro lineal de hilera (Rainero y Rodríguez, 1993, 1994; Rodríguez y Rainero, 1995).

Los ariloxifenoxipropanoatos (APP) son herbicidas post-emergentes, sistémicos, usados comúnmente para controlar esta maleza. Son conocidos por inhibir la síntesis *de novo* de ácidos grasos catalizada por la acetil CoA carboxilasa (ACCase) y biosíntesis subsiguiente de ácidos grasos en plastidios. Esta situación puede reducir la síntesis de glicerolípidos a largo plazo, afectando la génesis y mantenimiento de las membranas celulares (Cobb, 1992; Devine & Shimabukuro, 1994).

Si la planta logra sobrevivir a la acción de estos herbicidas, uno de los caracteres que puede verse modificado es la arquitectura. Ésta se define como el resultado del desarrollo de meristemas, quedando determinada por el conjunto de ejes aéreos y subterráneos que se originan hasta el momento de aparición de estructuras reproductivas (Schmid & Harper, 1985; Orshan, 1986; Barthélémy, 1991; Rua & Weberling, 1995; Guédon *et al.*, 2003). Una vez

que el herbicida llega a ocasionar la muerte de tejidos metabólicamente activos, la planta debe modificar su fisiología y redirigir su crecimiento a través del desarrollo de distintas yemas vegetativas (Berleth & Sachs, 2001; Horvath *et al.*, 2003). Esta respuesta se denomina "reiteración traumática" (Tomlinson, 1982; Stals & Inzé, 2001). La integración de información genética, de desarrollo y de ambiente durante la decisión de producir cada nuevo módulo (rama lateral), permite a la planta lograr un sorprendente nivel de plasticidad en el desarrollo (Leyser, 2003; Prusinkiewicz, 2004).

Otra característica de la planta que se puede alterar por acción de los agroquímicos es la anatomía de sus órganos. Wetzstein *et al.* (2002) observan que la hoja de *Carya illinoensis* presenta un mesofilo con menor cantidad de espacios intercelulares, mayor número de células en empalizada y reducido espacio vacuolar luego de la aplicación del fungicida propiconazole. A pesar de la importancia de las manifestaciones anatómicas de los efectos que los agroquímicos producen en los diversos órganos, usualmente éstas reciben poca atención.

Si bien existe gran cantidad de información sobre la interacción maleza-herbicida, no se conoce la causa por la que *E. indica* sobrevive a la acción del herbicida quizalofop p tefuril en el sur de Córdoba. Por lo tanto, es necesario conocer más profundamente sus características para poder controlarla de forma efectiva. El objetivo de este trabajo fue estudiar la acción del herbicida quizalofop p tefuril sobre la arquitectura y anatomía foliar de *E. indica*.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el laboratorio y en el campo experimental de la Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC), ubicado a los 32° S y 62° O. Para determinar la arquitectura de la planta bajo con-

diciones ideales (laboratorio), se sembraron cinco semillas de *E. indica* en macetas. Estos contenedores eran lo suficientemente grandes como para albergar la planta hasta la madurez y estaban rellenos con sustrato proveniente del campo experimental de la UNRC. La temperatura ambiente se mantuvo a 25 °C y se las regó con agua cada vez que el sustrato se encontraba seco. Una vez que las plantas emergieron, se dejó sólo una por contenedor para evitar respuestas denso-dependientes y así lograr un testigo que exprese la mayor parte de su potencial de ramificación. Tres individuos fueron observados, fotografiados y esquematizados a escala en forma periódica, desde la emergencia hasta la fructificación. En los esquemas se tuvo en cuenta el tamaño de hojas (largo de vaina y lámina), aparición de nuevas hojas y macollos (apenas eran visibles macroscópicamente), grado de ramificación, longitud de entrenudos, floración y fructificación.

En el campo experimental se seleccionó una parcela de 70 x 10 m invadida por *E. indica*, irrigada solamente con precipitaciones naturales. En ella se aplicaron tres tratamientos de herbicida quizalofop p tefuril (comercializado con el nombre de LOGICO de la compañía BAYER, EC 24%) con un equipo pulverizador de parcelas: testigo o T (0 g i.a. ha⁻¹), dosis letal o DL (72 g i.a. ha⁻¹) y dosis subletal o DSL (17 g i.a. ha⁻¹). Con este testigo se pretendió determinar el grado de ramificación que las plantas son capaces de alcanzar bajo condiciones de campo, es decir cuando la temperatura no es óptima y la densidad de plantas es mayor. La parcela fue dividida en seis rectángulos, en tres de los cuales se aplicaron los tratamientos al azar y en los restantes se repitió el experimento. La pulverización fue llevada a cabo el 30/01/2002 (T₀) a las 10 h a.m. En ese momento la temperatura era de 25 °C y el viento provenía del norte con ráfagas de 8,4 km h⁻¹. Al comienzo del experimento se marcaron plantas con 0, 1-2 y 3 macollos en cada rectángulo, para determinar la arquitectura a lo largo de su ciclo de vida. Se realizaron observaciones y mediciones diarias en ellas luego de la aplicación del herbicida. Se esquematizaron a escala los sistemas de ramificación y se caracterizaron según Meusel (1970). Paralelamente, y a diario, se extrajeron tres plantas al azar de cada categoría de número de macollos en cada repetición a partir de la aplicación del herbicida. Se fijaron en FAA (alcohol etílico 70°, ácido acético glacial, formaldehído, agua: 50:5:30:15) durante 24 h, se incluyeron hojas en histowax y se cortaron transversalmente con micrótopo tipo Minot. Los cortes fueron teñidos con Safranina-Fast Green (Strittmatter, 1979). Se observaron y fotografiaron con microscopio

Axiophot Zeiss.

Los cortes histológicos fueron dibujados con cámara clara y digitalizados con lápiz óptico para medir área transversal, epidermis, tejidos vasculares y tejidos dañados de la hoja con software apropiado. Los resultados obtenidos fueron analizados estadísticamente con el programa Excel (Microsoft Corp.) aplicando ANOVA de una vía ($\alpha = 0,05$), donde se tuvo en cuenta solamente el factor herbicida para determinar el efecto de los distintos tratamientos. Con posterioridad a este análisis, se contrastaron las medias con test de Tukey ($\alpha = 0,05$). Las tres categorías de plantas fueron estudiadas como poblaciones diferentes, por lo que no fueron incluidas en el análisis estadístico como factor adicional, y las extracciones de muestras en distintos momentos con posterioridad a la aplicación tuvieron una finalidad exploratoria, ya que no se conocía el momento preciso en que el herbicida hacía efecto. Este experimento fue repetido durante la temporada 2003-2004, pero los datos sólo fueron tomados cualitativamente para corroborar la progresión de daños observada en el año anterior.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Desarrollo de *E. indica* sin aplicación del herbicida

Bajo condiciones de laboratorio, a los 5-6 días con posterioridad a la siembra, la mayoría de los individuos de *E. indica* emerge de la superficie del suelo. Las siete primeras hojas se desarrollan en aproximadamente 20 días (Fig. 1A-D). A los 25 días, y coincidiendo con la aparición de la séptima hoja, se origina el primer macollo. Éste es intravaginal, por lo que permanece dentro de la hoja en cuya axila se forma. El segundo macollo aparece luego de 35 días de la germinación, en forma alterna y dística con un ángulo de aproximadamente 120° entre ellos (Fig. 1E). El eje primario comienza a inclinarse hacia la superficie del suelo a medida que transcurren los días. El tercer macollo se desarrolla a los 40 días, mientras que a los 47 días ya se originan cinco macollos (Fig. 1F). El ángulo entre ellos se va modificando continuamente con la aparición de nuevos vástagos. Cada uno de éstos se ubica periféricamente, en forma de roseta, dejando lugar en el centro para la producción de nuevos órdenes de ramificación. La región basal del eje primario que origina gran cantidad de macollos primarios constituye la zona de innovación. Luego de 49 días, los macollos I y II desarrollan el segundo orden de ramificación.

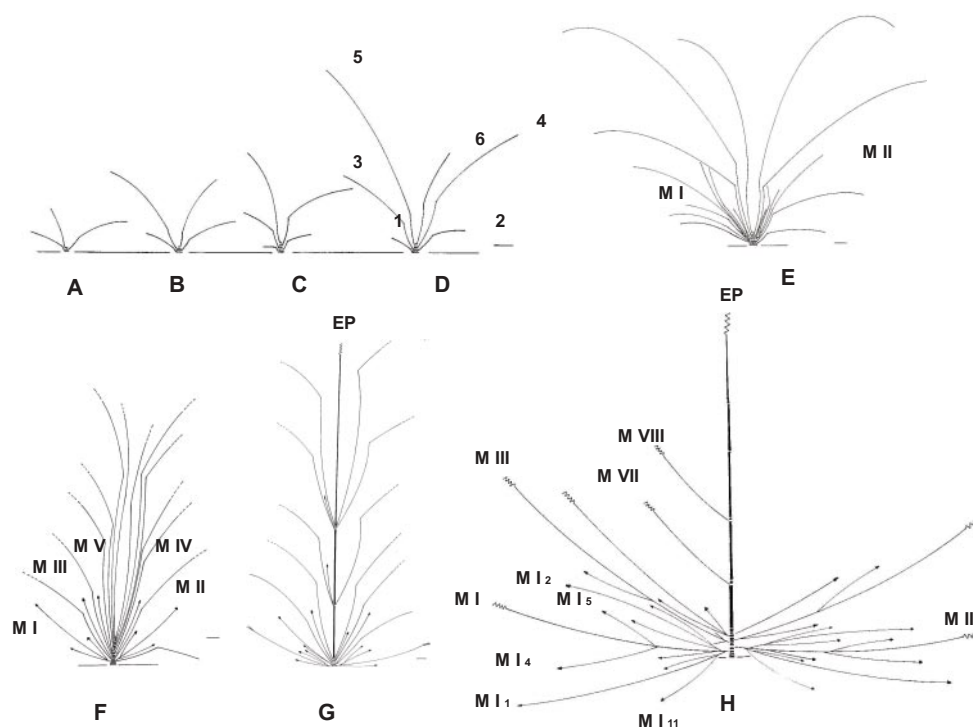


Figura 1. *Eleusine indica* (L.) Gaertner "Pie de gallina". Universidad Nacional de Río Cuarto. Año 2000. A. Esquema de la planta con tres hojas desarrolladas. B. Con cuatro hojas. C. Con cinco hojas. D. Con seis hojas. E. Desarrollo de los dos primeros macollos. F. Desarrollo de cinco macollos, los dos primeros presentan segundo orden de ramificación. G. Alargamiento de entrenudos. H. Planta adulta con tercer orden de ramificación y ejes más desarrollados en etapa de fructificación. 1-6 = hojas N° 1 a la 6, EP = eje primario, M I = macollo N° 1, M II = macollo N° 2, M III = macollo N° 3, M IV = macollo N° 4, M V = macollo N° 5; M VI = macollo N° 6, M VII = macollo N° 7, M VIII = macollo N° 8; M I₁, M I₂, M I₃, M I₄, M I₅ = segundo orden de ramificación de M I; M I₁₁ = tercer orden de M I. Escala 1 cm.

Tabla 1. Daños microscópicos sufridos por *Eleusine indica* (L.) Gaertner "Pie de gallina" como consecuencia de la aplicación del herbicida quizalofop p tefuril. Universidad Nacional de Río Cuarto. Año 2002.

| Plantas | Días post-aplicación | Dosis letal | Dosis subletal |
|---------------|----------------------|--|--|
| Sin macollos | 1 | Áreas necrosadas en hojas acartuchadas. Detención del crecimiento. | Hojas acartuchadas y amarillas. Detención del crecimiento. |
| | 16 | Parcialmente muertas. | Deshidratadas. No se reanuda el crecimiento. |
| | 26 | Muertas. | Se reanuda el crecimiento. |
| 1-2 macollos | 1 | Hojas acartuchadas y amarillas. Detención del crecimiento. | Hojas acartuchadas y amarillas. Detención del crecimiento. |
| | 16 | Parcialmente muertas. | Deshidratadas. No se reanuda el crecimiento. |
| | 26 | Muertas. | Se reanuda el crecimiento. |
| Tres macollos | 1 | Hojas acartuchadas y amarillas. Detención del crecimiento. | Hojas acartuchadas y amarillas. Detención del crecimiento. |
| | 16 | Áreas necrosadas en hojas. Aún no se reanuda el crecimiento. | Plantas deshidratadas. Aún no se reanuda el crecimiento. |
| | 26 | Se reanuda el crecimiento. | Se reanuda el crecimiento. |

Como se ha observado cierta variabilidad en la cantidad de tiempo que transcurre entre los distintos eventos provocados por las dos dosis de herbicida, la expresión "días postaplicación" corresponde a una media calculada a partir de mediciones realizadas en tres individuos de cada tratamiento y categoría de número de macollos.

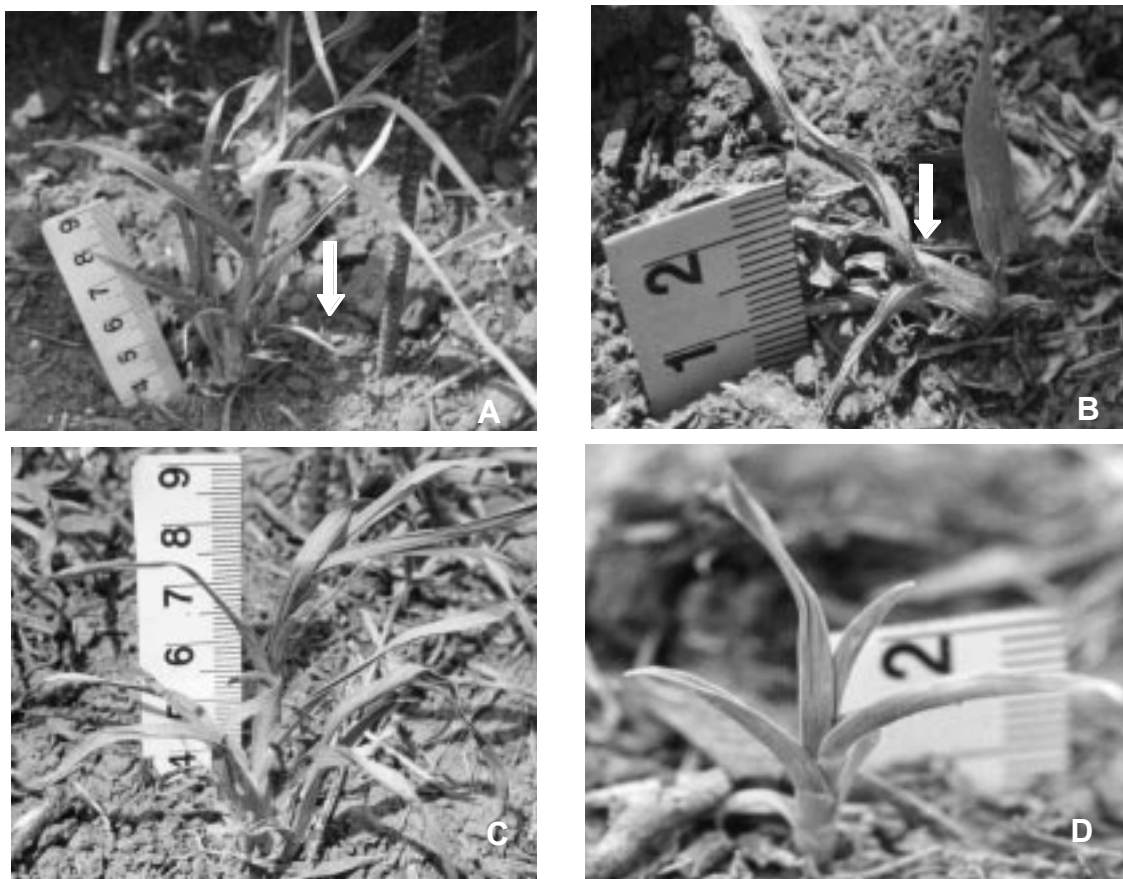


Figura 2. *Eleusine indica* (L.) Gaertner "Pie de gallina". Universidad Nacional de Río Cuarto. Año 2002. A. Dosis letal, planta con tres macollos a los 16 días postaplicación. B. Dosis letal, planta con 1-2 macollos. C. Dosis subletal, planta con tres macollos a los nueve días postaplicación. D. Dosis subletal, planta sin macollos a los nueve días postaplicación. Las flechas indican áreas necrosadas.

A los 61 días de la fase vegetativa, comienzan a alargarse algunos entrenudos distales del eje primario y de macollos primarios más viejos (Fig. 1G). En general, se alarga uno cada dos y, en ciertos casos, se observa una sucesión de nudos y luego un entrenudo desarrollado. Algunas yemas axilares de esta zona originan macollos. En la zona de innova-

ción, el primer y segundo macollos presentan tercer orden de ramificación y el tercer macollo desarrolla el segundo orden de ramificación (Fig. 1H), proceso que se denomina "innovación iterativa" (Tomlinson, 1982; Orshan, 1986; Barthélémy, 1991; Rua & Weberling, 1995). A los 76 días, aproximadamente, comienza la fase reproductiva, en la que el eje primario y prácticamente todos los macollos primarios ubicados en la zona de innovación presentan la inflorescencia desarrollada. Entre los 80 y 90 días comienza la última fase de desarrollo y madurez de los frutos. Hacia fines del verano y una vez que los frutos maduran, la planta senesce y muere.

A pesar que la densidad de plantas en el laboratorio y en el campo no era la misma, se observa que *E. indica* se comporta de manera similar en ambos ambientes, es decir forma matas restringidas a un lugar, presenta alta tasa de macollaje, de floración y de producción de semillas. Todas estas características permiten ubicarla dentro de la categoría "ti-

Tabla 2. Distribución de áreas foliares dañadas (mm²) de *Eleusine indica* (L.) Gaertner "Pie de gallina" luego de siete días con posterioridad a la aplicación de distintas dosis del herbicida quizalofop p tefuril. Universidad Nacional de Río Cuarto. 06/02/2002. Las medias que presentan letras similares dentro de una columna no son significativamente diferentes al 0,05 de nivel de probabilidad, según análisis de Tukey.

| Tratamientos | Categorías de planta | | |
|----------------|----------------------|--------------|--------------|
| | 3 macollos | 1-2 macollos | Sin macollos |
| Testigo | 0,00 a | 0,00 a | 0,00 a |
| Dosis subletal | 11,52 ab | 6,27 ab | 10,68 ab |
| Dosis letal | 22,79 b | 19,34 b | 16,12 b |

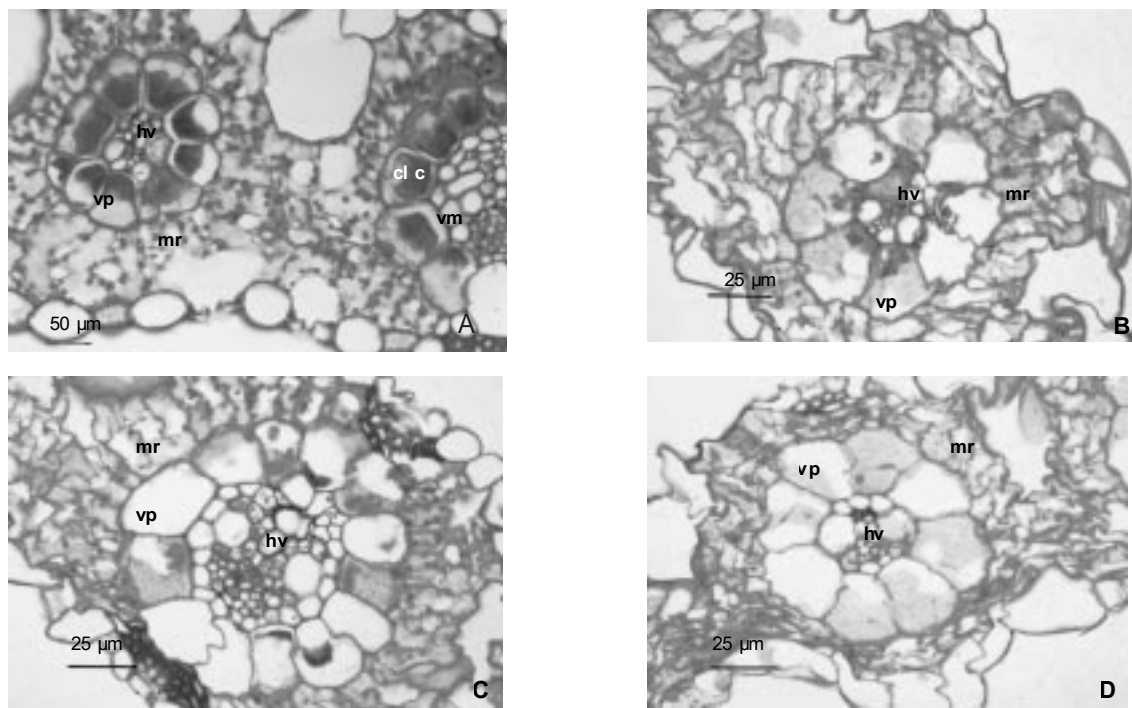


Figura 3. Cortes transversales de hojas de *Eleusine indica* (L.) Gaertner "Pie de gallina", tres macollos. Universidad Nacional de Rio Cuarto. 06/02/2002 (séptimo día postaplicación del herbicida quizalofop p tefuril). A. Testigo. B-D. Dosis letal. B. Desaparición de cloroplastos de la vaina. C. Ausencia prácticamente total de cloroplastos de la vaina y comienzo de desorganización de los cloroplastos del mesofilo. D. Ausencia de cloroplastos, tanto en la vaina como en el mesofilo. vm = vaina mestomática; vp = vaina parenquimática; cl c = cloroplastos centripetos; mr = mesofilo radiado; hv = haz vascular.

po falange" de la clasificación de las Poáceas de Schmid & Harper (1985), destacándose particularmente el gran potencial de ramificación que presenta la zona de innovación del trofotagma. Las únicas diferencias que se observan entre ambos ambientes son el tamaño más reducido de la planta y menor cantidad de tiempo transcurrido entre estadios fenológicos cuando las condiciones no son óptimas.

Efectos macroscópicos de la aplicación de herbicida

Al día siguiente de la aplicación de la dosis letal del herbicida quizalofop se observa una leve tendencia al acartuchamiento y amarillamiento de las hojas. Las plantas sin macollos son las que mayor gravedad de daños exhiben, ya que la menor edad las hace más vulnerables. En las categorías restantes se observa que el área dañada aumenta progresivamente. Los tejidos necrosados van ganando superficie en los días sucesivos y, de a poco, van cubriendo la superficie de la lámina foliar en todas las categorías de plantas observadas.

A los 16 días post-aplicación, los individuos con 1-2 macollos y sin macollos se encuentran parcial-

mente muertos, mientras que los de 3 macollos continúan agravando sus síntomas (Fig. 2). A los 26 días post-aplicación, las plantas con 0 y 1-2 macollos mueren, mientras que las que presentan tres macollos se reponen del efecto causado por el herbicida y continúan el crecimiento a partir de yemas laterales que no han sido dañadas. Al aplicarse el herbicida, el ápice del macollo muere y deja de inhibir a las yemas laterales ubicadas en esta zona (Berleth & Sachs, 2001; Stals & Inzé, 2001; Horvath *et al.*, 2003). Por lo tanto, como la dominancia apical ya no se produce, los meristemas no afectados de la región basal pueden desarrollar el brote y, de esta forma, sobrevivir al quizalofop. Las yemas que no son dañadas por el herbicida se encuentran en la zona de innovación de la planta, específicamente sobre la parte proximal de los macollos I y II, como así también sobre el eje primario. Como es observado en plantas testigo, tanto de laboratorio como de campo, esta zona es la que mayor potencialidad de ramificación exhibe y si el herbicida no es capaz de dañarla, el individuo sobrevive. La integración de la información genética, de desarrollo y de ambiente, genera un alto nivel de plasticidad en la planta que le permite hacer frente a los efectos adversos del

herbicida (Guédon *et al.*, 2003; Leyser, 2003; Prusinkiewicz, 2004).

Por lo tanto, en este trabajo se detecta la importancia de yemas en la zona basal de la planta que no llegan a ser afectadas por el herbicida. La supervivencia de éstas podría deberse a la falta de transporte de herbicida a través del floema (Cobb, 1992; Devine & Shimabukuro, 1994). Como el quizalofop se mueve desde tejidos productores de fotoasimilados hacia aquellos que los requieren (meristemas apicales y hojas jóvenes ubicados en macollos primarios), éstos mueren porque el herbicida llega junto a la corriente floemática. Sin embargo, las yemas ubicadas en la zona proximal de estos vástagos y en el eje primario no son tejidos de fuerte demanda por encontrarse en estado latente y, por lo tanto, no son afectadas por el herbicida. Al no recibir gran cantidad de fotoasimilados, tampoco les llega el herbicida en suficiente concentración por el período crítico de tiempo requerido para lograr que el daño sea irreversible (Devine & Shimabukuro, 1994).

La aplicación de la dosis subletal provoca una situación diferente a la dosis letal en las tres categorías de plantas, ya que se observan cambios reversibles en todos los individuos analizados. Al día siguiente de la aplicación del herbicida, las tres categorías de plantas detienen el crecimiento y presentan sus hojas deshidratadas y amarillas (Fig. 2C-D). Así continúan hasta que, luego de aproximadamente 20 días, comienzan a revertir el proceso. A los 26 días se sobreponen completamente del efecto del agroquímico y continúan creciendo. En este caso, el ingrediente activo no se encuentra lo suficientemente concentrado durante el período mínimo de tiempo que se requiere para lograr la irreversibilidad de los procesos (Devine & Shimabukuro, 1994).

En la Tabla 1 se presenta un resumen de las principales modificaciones ocurridas en cada una de las tres categorías de plantas bajo ambas dosis de herbicidas en momentos críticos del proceso.

Efectos del herbicida sobre la anatomía

En el corte transversal de la hoja de individuos testigos de *E. indica* se observan haces vasculares rodeados por una vaina parenquimática, con cloroplastos centripetos de gran tamaño y un mesofilo formado por clorénquima radiado. De esta forma queda determinada la estructura tipo Kranz, lo que evidencia que esta especie sigue la ruta fotosintética C₄ del tipo NAD-me (Edwards *et al.*, 2001) (Fig. 3A).

Cuando se aplica la dosis letal del herbicida, comienzan a aparecer cambios graduales en la ana-

tomía de las hojas. Luego de siete días, aparece una transición de estados en los cloroplastos en hojas de plantas con tres macollos: no afectadas, con cloroplastos de la vaina desorganizados pero los del mesofilo no afectados, con cloroplastos de la vaina más desorganizados y los del mesofilo intactos, sin cloroplastos en la vaina y los del mesofilo con desorganización incipiente y, finalmente, sin cloroplastos en vaina o mesofilo (Fig. 3B-D). Luego que desaparecen todos los cloroplastos, comienzan a aparecer síntomas de marchitez en las células hasta llegar a la necrosis. El efecto del herbicida es más rápido en las otras dos categorías, ya que se observa directamente marchitez o incluso necrosis de todas sus hojas. Estos daños a nivel celular se deben a la inhibición de la ACCasa provocada por el quizalofop, que influye directamente en la biosíntesis de ácidos grasos en plastidios (Devine & Shimabukuro, 1994).

La dosis subletal produce menor gravedad de daños en las hojas de todas las categorías de plantas a lo largo del experimento. Si bien luego del primer día de la aplicación las hojas de individuos con tres macollos se encuentran acartuchadas, anatómicamente no están afectadas. Por otro lado, las de dos y sin macollos presentan vainas con cloroplastos en distintos estados de desorganización, como fue descrito para las hojas de plantas con tres macollos luego de siete días de aplicada la dosis letal. A medida que transcurren los días la situación es similar, aunque aumenta la proporción de hojas necrosadas y con síntomas de marchitez en detrimento de las no afectadas. De todos modos, la proporción de hojas necrosadas en cualquier categoría de plántula nunca llega a ser total. La mayoría de las hojas se encuentran con síntomas de marchitez, aunque este proceso es reversible, ya que luego de 20 días las plantas de las tres categorías de número de macollos se sobreponen al efecto del herbicida y continúan creciendo.

La única variable que presenta diferencias significativas entre tratamientos de herbicidas es la correspondiente a áreas ocupadas por tejidos dañados. Ésta presenta diferencias significativas entre tratamientos a partir del quinto día en las plantas con tres macollos, del tercer día en las con 1-2 macollos, y al día siguiente de la aplicación en las que no poseen macollos, a pesar de que ninguno de estos individuos muere en el transcurso de una semana luego de la aplicación. La Tabla 2 muestra la contrastación de medias de áreas dañadas en plantas bajo los tres tratamientos de herbicida realizada con test de Tukey al séptimo día post-aplicación. Se puede observar que las áreas correspondientes a plantas tratadas con dosis letal son significativamente dife-

rentes a las de plantas testigo. Sin embargo, no se detectaron diferencias entre las testigo y las tratadas con dosis subletal, como así tampoco entre las tratadas con dosis letal y subletal.

Si bien se han observado cambios en la anatomía de estos órganos inducidos por el herbicida, en general, se producen a nivel celular (desorganización y desaparición de los cloroplastos) y no tisular (cambios en la organización y proporciones relativas de los distintos tejidos), como ocurre en algunas especies a las que se les aplica fungicida (Wetzstein *et al.*, 2002). Una vez que la sustancia activa se encuentra dentro de la célula, seguramente está sujeta a otros mecanismos bioquímicos que determinarán si llega a los tejidos susceptibles o si logra llevar a cabo el mecanismo de acción. Por lo tanto, este trabajo debería continuar con estudios fisiológicos y bioquímicos para descartar o corroborar diversas hipótesis que surgen de los resultados obtenidos.

CONCLUSIONES

Quizalofop p tefuril es un herbicida sistémico que en dosis letal controla eficientemente plantas que presentan hasta dos macollos, debido a que induce cambios irreversibles en los cloroplastos que se encuentran en las células de la vaina y del mesófilo de la hoja de *E. indica*. La desorganización de los primeros probablemente sea de suma importancia, debido a que esta especie sigue la vía fotosintética C_4 y es el lugar donde se lleva a cabo la asimilación de CO_2 . Por otro lado, este herbicida no es capaz de controlar plantas con más de dos macollos, o tratadas con dosis subletal, porque la concentración de ingrediente activo no es suficiente para dañar de forma irreversible las yemas basales, que son las que presentan mayor potencial de ramificación.

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Teresa Kraus por la lectura crítica del manuscrito, a la Téc. María Cristina Más por la elaboración de los preparados histológicos y al personal de apoyo del Camdoxex por la preparación y mantenimiento de las parcelas.

BIBLIOGRAFÍA

Barthélémy, D., 1991. Levels of organization and repetition phenomena in seed plants. *Acta Biotheoretica* 39:309-323.

Berleth, T. and T. Sachs, 2001. Plant morphogenesis: long-distance coordination and local patterning. *Current Opinion in Plant Biology* 4:57-62.

Burkart, A., 1969. Flora ilustrada de Entre Ríos (Argentina) Gramíneas, Tomo VI, Parte II. Colección Científica del

INTA, Buenos Aires.

Clayton, W.D. and S.A. Renvoize, 1986. *Genera Graminum. Grasses of the world*. Royal Botanical Garden, Kew.

Cobb, A., 1992. *Herbicides and plant physiology*. Chapman & Hall, London. 176 pp.

Devine, M.D. and R.H. Shimabukuro, 1994. Resistance to acetyl coenzyme A carboxylase inhibiting herbicides, in *Herbicide resistance in plants. Biology and biochemistry*. Powles, S.B. and J.A.M. Holtum. Lewis Publishers, Boca Raton, pp. 141-169.

Edwards, G.E.; Franceschi, V.R.; Ku, M.S.B.; Voznesenskaya, E.V.; Pyankov, V.I.; and C.S. Andreo, 2001. Compartmentation of photosynthesis in cells and tissues of C_4 plants. *J. Exp. Bot.* 52:577-590.

Guédón, Y.; Heuret, P.; and E. Costes, 2003. Comparison methods for branching and axillary flowering sequences. *J. Theor. Biol.* 225:301-325.

Horvath, D.P.; Anderson, J.V.; Chao, W.S.; and M.E. Foley, 2003. Knowing when to grow: signals regulating bud dormancy. *Trends Plant Sci.* 8:534-540.

Leyser, O., 2003. Regulation of shoot branching by auxin. *Trends Plant Sci.* 8:541-545.

Meusel, H., 1970. Wuchsformen mediterran-mitterleuropäischer Angiospermen-Taxa. *Feddes Rep.* 81:41-59.

Nicora, E.G. y Z.E. Rugolo de Agrasar, 1987. Los géneros de gramíneas de América Austral. Hemisferio Sur.

Orshan, G., 1986. Plant form as describing vegetation and expressing adaptation to environment. *Ann. Bot.* 44:7-38.

Prusinkiewicz, P., 2004. Modeling plant growth and development. *Current Opinion Plant Biol.* 7:79-83.

Rainero, H. y N. Rodríguez, 1993. Control de grama carraspera (*Eleusine indica*) con herbicidas postemergentes en maní. 8va Jornada de Maní: p. 24.

Rainero, H. y N. Rodríguez, 1994. Control de *Eleusine indica* en distintos estados de desarrollo con varias dosis de graminicida en maní. 9na Jornada de Maní: p. 10.

Rodríguez, N.E. y H.P. Rainero, 1995. Efecto de una dosis de graminicida sobre diferentes estados de desarrollo de *Eleusine indica* en maní. *Maní: Avances en Investigación* 2:19-23.

Rua, G.H. and F. Weberling, 1995. Growth form and inflorescence structure of *Paspalum* L. (Poaceae, Paniceae): a comparative morphological approach. *Beitr. Biol. Pflanzen* 69:363-431.

Schmid, B. and J.L. Harper, 1985. Clonal growth in grassland perennials. I. Density and pattern dependent competition between plants with different growth forms. *J. Ecol.* 73:793-808.

Stals, H. and D. Inzé, 2001. When plant cells decide to divide. *Trends Plant Sci.* 6:359-364.

Strittmatter, C., 1979. Modificación de una técnica de coloración safranina-fast green. *Bol. Soc. Arg. Bot.* 18:121-122.

Tomlinson, P.B., 1982. Chance and design in the construction of plants, in *Axioms and principles of plant construction*. Sattler, R. Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers, The Hague, pp. 162-183.

Wetzstein, H.Y.; Richardson, E.A.; and Y. He, 2002. Alterations in anatomy and ultrastructure of pecan leaves treated with propiconazole during shoot expansion. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 127:8-12.