



Universidad Nacional de La Plata (U.N.L.P)

Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales

PRESENTACION TRABAJO FINAL

**Respuesta ecofisiológica
de poblaciones de *Sorghum halepense*
ante dosis reducidas de nicosulfurón**

CURSO DE CEREALICULTURA

Entrega del informe 19 de abril de 2010

Director
Horacio A. Acciaresi

Codirector
Hugo Chidichimo

Alumno
Francisco E. Zych

Respuesta ecofisiológica de poblaciones de *Sorghum halepense* ante dosis reducidas de nicosulfurón.

Resumen

Las malezas constituyen una de las principales limitaciones en los sistemas de producción a escala mundial. Prueba de ello es la gran cantidad de herbicidas utilizados actualmente para mantener a las malezas en niveles que permitan la productividad de los cultivos. Los esfuerzos en reducir el uso de herbicidas, tanto por razones económicas como ambientales (Buhler, 1999), han introducido a la práctica el manejo integrado de malezas, como es el uso de dosis reducidas de herbicidas (Buhler *et al.*, 1993; Prostko y Meade, 1993). Además las malezas presentan la capacidad de adaptarse rápidamente a los cambios ambientales y producir diferentes fenotipos. Dicha capacidad se denomina plasticidad fenotípica (Schmalhausen, 1949). Entre las malezas consideradas más perjudiciales del mundo para la agricultura se encuentra *Sorghum halepense* (sorgo de Alepo) (Holm *et al.*, 1977 McWhorter, 1989), tiene importancia en 30 cultivos diferentes y en 53 países (Holm *et al.*, 1977). La interferencia de *Sorghum halepense* con los cultivos se presenta tanto por la competencia por recursos limitantes (agua, luz y nutrientes), como por la incidencia alelopática hacia los cultivos. Son pocas las investigaciones realizadas sobre el uso de dosis reducidas de herbicidas para el control de *Sorghum halepense*, además, pocos trabajos han puesto su interés sobre la respuesta ecofisiológica (tasa fotosintética, conductancia estomática al vapor de agua, tasa transpiratoria y biomasa total) y el comportamiento del rebrote (biomasa aérea) de poblaciones de *Sorghum halepense*, cuando son tratadas con dosis reducidas de herbicidas. Teniendo en cuenta lo establecido, *el objetivo* primario de este estudio es evaluar la respuesta ecofisiológica de siete poblaciones de *Sorghum halepense*, de diferentes localidades argentinas, frente a dosis reducidas de nicosulfurón tratando de determinar si se modifica el rebrote de las mismas luego del tratamiento con nicosulfurón. Las poblaciones de regiones subhúmedas presentarían una mayor capacidad de rebrotar.

Introducción

Las malezas constituyen una de las principales limitaciones en los sistemas de producción a escala mundial. Prueba de ello es la gran cantidad de herbicidas utilizados actualmente para mantener a las malezas en niveles que permitan la productividad de los cultivos. Hacia fines de 2000, las ventas de agroquímicos a nivel nacional alcanzaban los 630 millones de dólares, correspondiendo el 71 % a los herbicidas (CASAFE, 2001), en tanto durante el año 2007 en términos de valor hubo un incremento considerable en el mercado de agroquímicos alcanzando los 1.364,30 millones de dólares y con un 69 % al mercado de herbicidas (CASAFE, 2007). Esto pone en evidencia la alta dependencia de agroquímicos y el riesgo de la producción a través del tiempo de los sistemas agrícolas.

Los esfuerzos en reducir el uso de herbicidas, tanto por razones económicas como ambientales (Buhler, 1999), han introducido a la práctica el manejo integrado de malezas, como es el uso de dosis reducidas de herbicidas (Buhler *et al.*, 1993; Prostko y Meade, 1993). Algunos autores (Jordan *et al.*, 1996; Rosales Robles *et al.*, 1999a; Rosales Robles *et al.*, 2001) han establecido que la reducción en la dosis de herbicidas tanto de nicosulfurón [2-[[[(4,6-dimetoxi-2-pirimidinil) amino] carbonil] amino] sulfonil]-N-N-dimetil-3-piridinecarboxamida] como de cletodim [(E,E)-(±)-2-[1-[[3-cloro-2-propenil) oxi] imino] propil]-5-[2-(etiltio) propil-3-hidroxi-2-ciclohexen-1-ona] promueve un adecuado control de *Sorghum halepense*. Las dosis recomendadas fueron desarrolladas para una gran variedad de malezas, tipos de suelo y condiciones climáticas (Jensen y Streibig, 1994). No obstante, se ha mostrado que las dosis reducidas de herbicidas postemergentes pueden proporcionar un control adecuado de especies de maleza de hoja ancha y gramíneas (DeFelice *et al.*, 1989; Steckel *et al.*, 1990; Klingaman *et al.*, 1992; Prostko y Meade, 1993) si la aplicación se realiza en etapas tempranas del desarrollo de la maleza, debido a que la eficiencia de estos agroquímicos se reduce con el tamaño de la maleza (Stouggard *et al.*, 1997). El tipo de maleza y las condiciones climáticas también deben considerarse en el uso de dosis reducidas de herbicidas (Dieleman y Mortensen, 1997).

Capacidad adaptativa de las malezas

Las malezas presentan la capacidad de adaptarse rápidamente a los cambios ambientales y producir diferentes fenotipos. Dicha capacidad se denomina plasticidad fenotípica (Schmalhausen, 1949). La plasticidad fenotípica (PF), entendida como la habilidad que posee un mismo genotipo para producir diferentes fenotipos en respuesta a diferentes condiciones ambientales, es uno de los medios por los cuales las plantas pueden ajustar su morfología y fisiología permitiéndoles enfrentarse a la heterogeneidad ambiental de su ambiente natural (Pigliucci, 2001; Smekens y Van Tienderen, 2001; Gianoli, 2004a). Estos cambios son un fenómeno ecológico común, particularmente en los ecosistemas que se reciben perturbaciones antrópicas periódicas (Antonovics, 1992; Thompson, 1999; Palumbi, 2001; Neuhauser *et al.*, 2003).

Patterson (1995) determinó que los cambios en la densidad, en el tamaño y en la distribución de biomasa hacia estructuras aéreas o subterráneas demuestra la plasticidad que poseen las malezas en los ajustes de distribución de asimilados. La reducción del índice de área foliar de la planta frente a la menor disponibilidad de agua en el suelo reduce la pérdida de agua por transpiración (Grace, 1997). Asimismo, el cambio en las tasas relativas de intercambio gaseoso a través de la regulación estomática puede maximizar la razón asimilación de CO₂/pérdida de agua (Cowan, 1986). Estas respuestas de la planta a la menor disponibilidad de agua difieren entre poblaciones de una misma especie de acuerdo a su historia ambiental (Gurevitch *et al.*, 1986). Por otra parte, el aumento del área relativa de la hoja y de la asignación de biomasa aérea a bajas intensidades de luz incrementa la captura de fotones al maximizar la superficie fotosintéticamente activa (Crawley, 1997). De modo complementario, el alargamiento de entrenudos y la reducción del número de ramas constituyen un síndrome de respuesta a situaciones de sombra (Hutchings & de Kroon 1994, Gianoli 2001, 2003).

En condiciones de escasez de nutrientes, respuestas funcionales incluyen un aumento de la biomasa relativa de raíces (Sultan & Bazzaz, 1993c) y una reasignación de nitrógeno de tal forma que se privilegie la constancia en la concentración de nitrógeno foliar para mantener la capacidad fotosintética (Chapin, 1980).

Sorghum halepense (sorgo de Alepo) en los sistemas productivos

Entre las malezas consideradas más perjudiciales del mundo para la agricultura se encuentra *Sorghum halepense* (sorgo de Alepo) (Holm *et al.*, 1977 McWhorter, 1989), tiene importancia en 30 cultivos diferentes y en 53 países (Holm *et al.*, 1977). En

Argentina viene provocando problemas en los sistemas agropecuarios extensivos (Leguizamon, 1999), a pesar del extenso y continuo control químico postemergente. En áreas infestadas, *Sorghum halepense* compite severamente con cultivos, tales como maíz (*Zea mays* L.), sorgo granífero (*Sorghum bicolor*), caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), soja (*Glycine max* Merr), algodón (*Gossypium hirsutum* L.), hortalizas, frutales, tabaco, granos y pasturas (Lange *et al.*, 1969; McWhorter, 1971a; Monaghan, 1979; Millhollon, 1978).

Su importancia como maleza se origina a partir de ciertas características, ya que una planta de esta especie en una estación de crecimiento puede producir 80.000 semillas (Anderson, 1996), 62,5 m de rizomas y 8.000 gramos de peso (Mc Whorter, 1961). La dispersión de las semillas puede producirse a través de distintos agentes, como es el agua de irrigación (en los sistemas bajo riego) y también por escorrentía superficial en campos con pendiente en los sistemas de producción de secano. Los herbívoros que consumen esta maleza eliminan las semillas a través de las heces, con diferente nivel de dormición, sin pérdida de viabilidad (Ghersa *et al.*, 1983).

La interferencia de *Sorghum halepense* con los cultivos se presenta tanto por la competencia por recursos limitantes (agua, luz y nutrientes), como por la incidencia alelopática hacia los cultivos. Dentro de los efectos competitivos, se ha determinado que 32 pl.m⁻² provenientes de rizomas en 10 m de hilera de cultivo pueden reducir el rendimiento de maíz en un 66 % (Ghosheh *et al.*, 1996a). Otros autores determinaron pérdidas de rendimiento de hasta 70-90% en cultivos de soja y hasta 90-95% en maíz (Ghersa *et al.*, 1990). Estas pérdidas de rendimiento alcanzarían hasta el 69% en cultivos de girasol (Leguizamon *et al.*, 1982). En maíz y algodón puede reducir el rendimiento hasta en 70 % (Bridges y Chandler, 1987; Ghosheh *et al.*, 1996a).

La acción alelopática se da a través de aleloquímicos tales como la p-benzoquinonas, glucósidos cianogenéticos, taninos y ácidos fenólicos que inhiben la germinación de muchas especies (Acciaresi & Asenjo, 2003). Se ha establecido que *Sorghum halepense* además de competir por recursos con los cultivos de verano como maíz, soja, sorgo granífero y algodón, entre otros (Rosales Robles *et al.* 1999b), ejerce una importante acción alelopática sobre los mismos (Lolas & Coble, 1982). Se han llevado a cabo distintos trabajos con *Sorghum halepense*, tratando de determinar los efectos inhibitorios y su persistencia a lo largo del tiempo, así como los aleloquímicos involucrados y su modo de acción (Einhellig & Souza, 1992; Nimbal *et al.*, 1996). Así,

Czarnota *et al.*, (2001) encontraron una inhibición del crecimiento aéreo de *Portulaca oleracea* L. y *Amaranthus retroflexus* L. sembradas sobre un suelo impregnado con una solución de 10-80 ppm de la p-hidroquinona sorgoleona extraída de *Sorghum halepense*. Otros estudios han determinado que los extractos de hojas o rizomas, o bien en los suelos con alta densidad de rizomas, inhiben la germinación y el desarrollo de plántulas de muchas especies cultivadas como avena, trébol, vicia, soja y trigo (Abdub Wahab & Rice, 1967; Friedman & Horowitz, 1970).

Control químico de Sorghum halepense

La aparición en el mercado de graminicidas selectivos en maíz pertenecientes al grupo de las sulfonilureas, fundamentalmente para el control de gramíneas perennes ha generado una alternativa más para el manejo de esta maleza (Moreno, *et al.*, 1988; Rossi *et al.*, 1994). Estos herbicidas son absorbidos principalmente por el follaje y en forma secundaria por las raíces. El mecanismo de acción de los herbicidas pertenecientes a la familia de las sulfonilureas consta de la inhibición de la enzima acetolactasa sintetasa y el consecuente bloqueo de la síntesis de aminoácidos, lo que provoca el cese del crecimiento. La muerte de plantas tratadas con nicosulfurón requiere de tres a cuatro semanas desde la aplicación (Ahrens, 1994).

La introducción de herbicidas post emergentes, como nicosulfurón (sulfonilureas) y cletodim (ciclohexadiona) altamente efectivos y selectivos ha hecho factible el control de *Sorghum halepense* proveniente de semilla y rizoma en maíz y algodón respectivamente (Bridges, 1989; Obrigawitch *et al.*, 1990; Camacho *et al.*, 1991; Jordan *et al.*, 1996). Se conoce que tanto nicosulfurón como cletodim a 50 % de la dosis de marbete, pueden controlar adecuadamente al *Sorghum halepense* de rizoma, si se aplican en etapas tempranas del desarrollo (Obrigawitch *et al.*, 1990; Jordan *et al.*, 1996). Esta tecnología es una alternativa concreta para el manejo integrado de malezas, además de minimizar los efectos negativos de los herbicidas en el ambiente y preservar su efectividad en el tiempo (Buhler, 1999).

Diferentes trabajos han establecido la efectividad del control químico sobre *Sorghum halepense*, sin embargo, el espectro de malezas, las condiciones ambientales, la población de malezas y el modo de acción de los herbicidas pueden condicionar la efectividad del control químico (Doyle *et al.*, 2001). Lo anterior cobra relevancia si se tiene en cuenta la variabilidad hallada para esta especie en la dormición de semillas

(Taylorson & Mc Whorter, 1969), en la producción de macollos (Wedderspoon & Burt, 1974), en la respuesta fotoperiódica (Burt & Wedderspoon, 1971), en la morfología foliar (Mc Whorter, 1971a), y en la susceptibilidad a herbicidas (Mc Whorter, 1971b). Los herbicidas, aunque pueden controlar la parte aérea, con frecuencia no llegan a traslocarse de modo efectivo hasta los rizomas, por lo que es habitual se produzcan rebrotes (Mc Whorter, 1972).

De acuerdo a lo descrito hasta aquí es necesario e importante el conocimiento sobre la ecofisiología de *Sorghum halepense*. Así, Mc Whorter & Jordan (1976) y Stuart *et al.* (1985), determinaron que la producción de rizomas en un ambiente bajo cultivo es muy variable y entre otros factores, influyen la densidad de la maleza, además los rizomas constituyen un mecanismo de propagación muy eficaz y constituyen uno de los procesos claves de la persistencia de esta maleza en una gran variedad de agroecosistemas.

Una de las maneras de reducir la propagación de la especie en el suelo es mediante el control mecánico. Mc Whorter (1989) considera que el control mecánico es más efectivo cuando la gramínea posee alrededor de 36 cm. de altura, lo que ayuda a prevenir la formación de rizomas o semillas. Otro método de control efectivo de *Sorghum halepense* es mediante el pastoreo por un período de varias temporadas para reducir la infestación (Hauser & Arle, 1958; Mc Whorter, 1981). La exposición de rizomas a condiciones adversas durante los barbechos ha sido una de las tácticas de control mecánico más utilizadas, especialmente antes de la aparición de herbicidas selectivos (Lombardo *et al.*, 1984). Los rizomas pueden tolerar una deshidratación de 5 a 25 % de su biomasa aérea original sin que se vea afectada la brotación (McWhorther, 1972).

Son pocas las investigaciones realizadas sobre el uso de dosis reducidas de herbicidas para el control de *Sorghum halepense*, además, pocos trabajos han puesto su interés sobre la respuesta ecofisiológica (tasa fotosintética, conductancia estomática al vapor de agua, tasa transpiratoria y biomasa total) y el comportamiento del rebrote (biomasa aérea) de poblaciones de *Sorghum halepense*, cuando son tratadas con dosis reducidas de herbicidas. Es posible esperar una variabilidad de respuesta disímil entre poblaciones, lo que podría condicionar el diseño e implementación de programas de manejo de malezas en diferentes sistemas agrícolas.

De acuerdo a lo anterior *las hipótesis* del presente trabajo plantean que:

- Las diferentes poblaciones de *Sorghum halepense* provenientes de siete localidades de nuestro país poseen una tasa fotosintética, conductancia estomática, tasa transpiratoria y biomasa total disímiles cuando se utilizan dosis reducidas de nicosulfurón.
- El comportamiento a través del intercambio gaseoso de las poblaciones de *Sorghum halepense*, frente al uso de dosis reducidas de nicosulfurón modifica el rebrote de dichas poblaciones.

Teniendo en cuenta lo establecido, *el objetivo* primario de este estudio es evaluar la respuesta ecofisiológica de siete poblaciones de *Sorghum halepense*, de diferentes localidades argentinas, frente a dosis reducidas de nicosulfurón tratando de determinar si se modifica el rebrote de las mismas luego del tratamiento con nicosulfurón.

Los objetivos secundarios de este estudio son evaluar:

- *Intercambio gaseoso*: a través de la determinación de la tasa fotosintética la conductancia estomática y la tasa transpiratoria.
- *Biomasa total*: determinando la biomasa aérea, longitud total de los rizomas, número de nudos por rizoma y número de semillas.

Materiales y Métodos

Se utilizaron rizomas de *Sorghum halepense* provenientes de infestaciones espontáneas de campos de maíz de siete localidades argentinas (tabla 1). Los rizomas de todas las localidades se almacenaron a 4°C en el otoño e invierno en fragmentos de 5 a 8 g aproximadamente y con dos yemas cada uno, los cuales fueron plantados en la primavera siguiente luego de su recolección, en contenedores de 50 dm³, logrando de esta manera suficiente crecimiento y cantidad de material para llevar cabo los estudios.

Tabla 1: localidades de donde provienen los diferentes orígenes de *Sorghum halepense*

Localidad	Provincia	Coordenadas	Tipo de clima	Precipitación mm año ⁻¹	T° media °C
Santa Rosa (SR)	La Pampa	36°37' S 64°17' W	Sub-húmedo	638	15,0
General Pico (Pi)	La Pampa	35°40' S 63°44' W	Sub-húmedo	723	16,1
Río Cuarto (R.IV)	Córdoba	33°08' S 64°21' W	Sub-húmedo	815	16,7
Laboulaye (Lb)	Córdoba	34°07' S 63°23' W	Sub-húmedo	837	16,2
Rojas (Rj)	Buenos Aires	34°12' S 60°44' W	Húmedo	990	16,4
Paraná (Pr)	Entre Ríos	31°44' S 60°32' W	Húmedo	1016	18,0
La Plata (LP)	Buenos Aires	34°55' S 57°57' W	Húmedo	1023	16,3

Se llevaron a cabo dos experimentos al aire libre y en contenedores, en la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (UNLP, La Plata). Las poblaciones de *Sorghum halepense* para los ensayos fueron obtenidas a partir de la germinación de rizomas plantados en contenedores de 30 dm³. Estos se llenaron con una mezcla de tierra negra y vermiculita (1:1). Las yemas fueron plantadas y luego raleadas a dos por recipiente, cuatro días antes de emerger. Las plántulas se fertilizaron con el equivalente de 100 kg.ha⁻¹ con fertilizante comercial (urea).

Las siete poblaciones *Sorghum halepense* se regaron frecuentemente con un cálculo aproximado de agua durante el ciclo de crecimiento de la maleza para simular el régimen de caída de lluvias de cada localidad. Se planteó un experimento factorial, con un diseño en bloques completamente aleatorizados con cinco repeticiones. Al estado de tercera hoja expandida se pulverizó con diferentes dosis de nicosulfurón ([2-[[[(4,6-dimetoxi-2-pirimidinil) amino] carbonil] amino] sulfonil]-N-N-dimetil-3-piridinecarboxamida]), 0X; 0,125X; 0,25X; 0,50X; 0,75X; 1,0X; 1,5X; respecto de la dosis utilizada en el tratamiento 1,0X (35g ha⁻¹ a.i.).

Los factores evaluados fueron dosis de herbicidas y poblaciones de *Sorghum halepense*.

Las mediciones que se evaluaron durante los estudios fueron:

- *Intercambio gaseoso*: a través de la medición de la tasa fotosintética (A) la conductancia estomática al vapor de agua (g) y la tasa transpiratoria (T) a fin de establecer el momento en que *Sorghum halepense* está fisiológicamente no competitivo.
- *Tasa fotosintética* ($\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$): las determinaciones fueron realizadas empleando un sistema portátil de análisis infrarrojo de gases (IRGA, LI-6200, Licor, NE, EEUU). Las hojas se encerraron en una cámara de 1L de volumen. Las mediciones se realizaron a temperatura e irradiancia ambiental. Las mediciones se tomaron en un período que abarcó entre las 10:00 hasta las 13:00 hs aproximadamente, en la última hoja expandida. Dado que las determinaciones se realizaron en días soleados no se suministró radiación fotosintéticamente activa adicional. Se realizó una medición por planta en cada repetición de cada uno de los tratamientos.
- *Conductancia estomática al vapor de agua* (g) y *la tasa transpiratoria* (T , $\text{mmolH}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$): ambas mediciones se realizaron en la cara inferior de la última hoja expandida, expuestas a la radiación solar directa. Las mediciones se llevaron a cabo por medio de un porómetro (LI-1600, Li-Cor, NE, EEUU) en el mismo horario que las determinaciones de la tasa fotosintética. Para ambas variables se evaluó una planta en cada repetición para cada uno de los tratamientos estudiados.
- *Biomasa aérea* (g pl^{-1}): las plantas de *Sorghum halepense* se cosecharon cuatro semanas después del tratamiento (SDT) y se registró la biomasa aérea. Los cálculos se basaron en la disminución del peso de la biomasa aérea comparados con el testigo. Después de un período de crecimiento de 16 semanas (20 SDT), en orden para evaluar rebrote potencial de *Sorghum halepense* desde la aplicación del herbicida, se determinó la biomasa aérea ($\text{g}\cdot\text{pl}^{-1}$), longitud total de los rizomas (cm.), número de nudos por rizoma y número de semillas ($\text{n}^\circ\cdot\text{pl}^{-1}$).

Las primeras mediciones se llevaron a cabo en los primeros 15 días después del tratamiento con nicosulfurón. Para cada medición, los valores de fotosíntesis y conductancia estomática se expresaron como porcentaje con respecto al testigo. Fue utilizada una interpolación lineal para obtener el período necesario para la reducción del 50% en la fotosíntesis y la conductancia estomática, para cada dosis de herbicida y población respecto al testigo (Ferrel *et al.*, 2003). Los cálculos porcentuales (%) de control de *Sorghum halepense* se basaron en la disminución de la biomasa aérea

comparados con el testigo. Se utilizaron técnicas de análisis de regresión no lineal (Chism *et al.*, 1992) para ajustar y comparar las curvas de biomasa aérea de las diferentes poblaciones. Se utilizó el coeficiente de determinación (R^2) para evaluar la bondad de ajuste de las ecuaciones individuales no lineales de acuerdo a la metodología propuesta por Carey *et al.*, (1997). Para establecer diferencias significativas entre las líneas de regresión se utilizó el modelo general no lineal a fin de generar curvas de biomasa para todas las poblaciones. Las comparaciones entre coeficientes de regresión se realizaron por medio de la metodología propuesta por Chism *et. al.* (1992). Para la realización de estos análisis se empleó el paquete estadístico Stagraphic plus (5.1).

Resultados y Discusión

La comparación de los coeficientes de regresión reveló diferentes respuestas en las poblaciones ante dosis reducidas de nicosulfurón (Figura 1). La menor biomasa aérea, asintota (a1); la diferencia entre el mayor y menor peso, asintota (a2); y la menor dosis asociada con el peso, asintota (a3), de las poblaciones Santa Rosa, General Pico y Río Cuarto resultaron diferentes a los obtenidos en las poblaciones húmedas (Tabla 2 y Figura 1). La población Laboulaye mostró un coeficiente de regresión diferente de los otros dos grupos. En todos los casos se observó un adecuado ajuste en las poblaciones con R^2 que van desde 0,85 a 0,96 (Tabla 2).

- Intercambio gaseoso:

El tiempo para alcanzar una reducción del 50% en la tasa de fotosíntesis y conductancia estomática en las poblaciones Santa Rosa, General Pico y Río Cuarto fue mayor ($p < 0,05$) que las poblaciones La Plata, Paraná y Rojas. En cuanto a la población Laboulaye, esta mostró una tendencia intermedia entre ambos grupos (Figuras 2a y 2b). Hubo un incremento en el tiempo para alcanzar una reducción del 50% de ambas variables (tasa de fotosíntesis y conductancia estomática), a medida que las dosis de nicosulfurón fueron menores. Al mismo tiempo se encontró una importante interacción entre dosis de herbicidas x población, para las variables analizadas (Figura 2). El intercambio gaseoso en la hoja mostró considerables diferencias entre las poblaciones evaluadas. Las poblaciones de zonas húmedas registraron un mayor intercambio gaseoso que las provenientes de zonas subhúmedas.

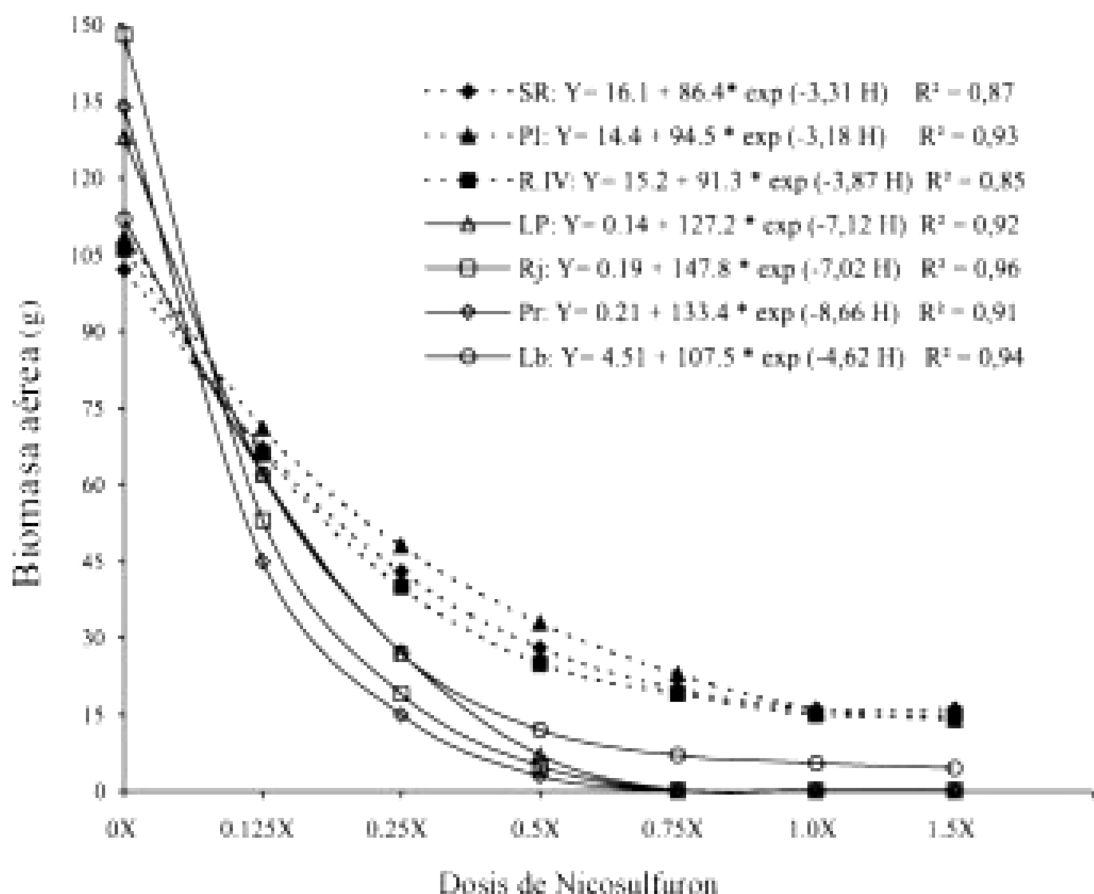


Figura 1. Efecto de las dosis reducidas de nicosulfurón en biomasa aérea (g), de siete poblaciones de sorgo de Alepo de Santa Rosa (SR), General Pico (Pi), Río Cuarto (R. IV), La Plata (LP), Rojas (RJ), Paraná (Pr) y Laboulaye (Lb), de acuerdo una ecuación de regresión no lineal: $y = a_1 + a_2 \exp(-a_3 H)$

De acuerdo a los resultados de este estudio, el menor intercambio gaseoso en las hojas de las poblaciones subhúmedas podría favorecer la adaptabilidad a los ambientes subhúmedos y semiáridos, permitiendo al mismo tiempo el mantenimiento del potencial biótico de la población en ambientes menos favorables. Por lo tanto, debido a este intercambio gaseoso restringido en la hoja, las poblaciones de regiones subhúmedas han sido menos susceptibles a nicosulfurón. Esto pudo deberse a la distribución de los fotoasimilados. Este es un factor importante teniendo en cuenta que nicosulfurón es

traslocado simplásticamente (Ahrens, 1994). Carey *et al.* (1997) han informado que la tolerancia de ciertas malezas a nicosulfurón está relacionada con los diferentes niveles de absorción o translocación. Estos autores atribuyen la tolerancia de *Solanum ptycanthum* a nicosulfurón a la baja sensibilidad de la enzima acetolactato sintetasa (ALS), así como a la baja translocación del herbicida. .

La capacidad de la maleza para colonizar diferentes áreas está relacionada con la gran variabilidad en respuesta al crecimiento y el desarrollo de *Sorghum halepense* (Monaghan, 1979). En condiciones naturales, factores abióticos como la luz y el agua varían espacial y temporalmente en los diferentes ambientes, restringiendo el crecimiento y la distribución de las plantas (Schulze *et al.*, 1987; Sultan & Bazzaz, 1993). Hay evidencias que indican que en diversas especies vegetales las variaciones en la disponibilidad de estos recursos, pueden ocasionar cambios morfológicos y alteraciones en la asignación de biomasa (Sivamani *et al.*, 2000; Evans & Poorter, 2001; Valladares *et al.*, 2002).

La aplicación del herbicida a *Sorghum halepense* se realizó entre los estadios de cuatro a seis hojas, relacionando el porcentaje (%) de control con la utilización de diferentes dosis de nicosulfurón (Figura 3). Las poblaciones Santa Rosa, General Pico y Río Cuarto mostraron un control del 35% (en comparación con la biomasa aérea del control sin tratar) con nicosulfurón al 0,125X, mientras que el control de las poblaciones Rojas y Paraná fue de aproximadamente el 65%. Con respecto a la proveniente de Laboulaye, ésta se comportó de manera intermedia respecto de los otros dos grupos (Figura 3). Siempre con dosis de herbicida de 0,5X, aproximadamente el control de las poblaciones Santa Rosa, Río Cuarto y General Pico fue del 73%, mientras que el control de las poblaciones La Plata, Rojas y Paraná fue de aproximadamente 96%. La población Laboulaye con una dosis de nicosulfurón al 0,5X el control fue del 89% (Figura 3). No se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en la reducción de biomasa aérea por encima de 0,5X entre La Plata, Rojas, Paraná y Laboulaye y por encima de 0,75X entre Santa Rosa, General Pico y Río Cuarto. Las plantas de estas tres poblaciones fueron menos sensibles a nicosulfurón que las plantas procedentes de las poblaciones La Plata, Rojas, Paraná y Laboulaye, para todas las dosis de nicosulfurón evaluadas (Figura 3).

Estudios previos han establecido que las dosis reducidas de nicosulfurón controlaron efectivamente a *Sorghum halepense* proveniente de rizoma, cuando es

aplicado en las primeras etapas (Eleftherohorinos & Kotoula-Syka, 1995; Rosales Robles *et al.*, 1999a, 1999b, 2001).

Tabla 2. Coeficientes de regresión no lineal para modelos de repuesta de dosis de nicosulfurón, de siete poblaciones de *Sorghum halepense*

Población	Asíntotas ⁽²⁾			R ²
	a ₁ (g pl ⁻¹)	a ₂ (g pl ⁻¹)	a ₃ (1 X ⁻¹)	
Santa Rosa	16.1a	86.4a	3.31a	0.87
General Pico	14.4a	94.5a	3.18a	0.93
Río Cuarto	15.2a	91.3a	3.87a	0.85
La Plata	0.14b	127.2b	7.12b	0.92
Rojas	0.19b	147.8b	7.02b	0.96
Parana	0.21b	133.4b	8.66b	0.91
Laboulaye	4.51c	107.5c	4.62c	0.94

Valores en la columna seguidos por la misma letra no difieren significativamente de acuerdo con el test LSD de Fisher (0,05). El menor peso fresco, asíntota (a1); la diferencia entre el mayor y menor peso, asíntota (a2); y la menor dosis asociada con el peso, asíntota (a3).

En el presente estudio, la reducción de las dosis de nicosulfurón siempre mostró un adecuado control de *Sorghum halepense*, cuando se aplica en estadio de 4-5 hojas, pero los resultados variaron según la población considerada. Las poblaciones de regiones subhúmedas fueron significativamente menos sensibles a nicosulfurón en la escala de 0,75X a 0,125X. Este efecto puede visualizarse en los valores del coeficiente de regresión de los modelos no lineales, en el tiempo necesario para obtener un 50% de reducción de la tasa de fotosíntesis y conductancia estomática, y en el porcentaje de control de la maleza.

El tiempo para alcanzar una reducción del 50% en la tasa de fotosíntesis y conductancia estomática obtenidos en este experimento, fue mayor que la establecida por Ferrel *et al.* (2003), al aplicarse nicosulfurón con la dosis recomendadas de marbete. Al reducirse las dosis de nicosulfurón, sucesivamente se incrementó el tiempo necesario para reducir la tasa de fotosíntesis y conductancia estomática para las poblaciones de regiones subhúmedas, por lo tanto el período de competencia de estas poblaciones (regiones subhúmedas) es mayor. Este factor podría ser decisivo para los cultivos, teniendo en cuenta que las poblaciones de *Sorghum halepense* en los estadios de 4-5

hojas llega al período libre de malezas de maíz (fases V 4 a V 7) (Ghosheh *et al.*, 1996).

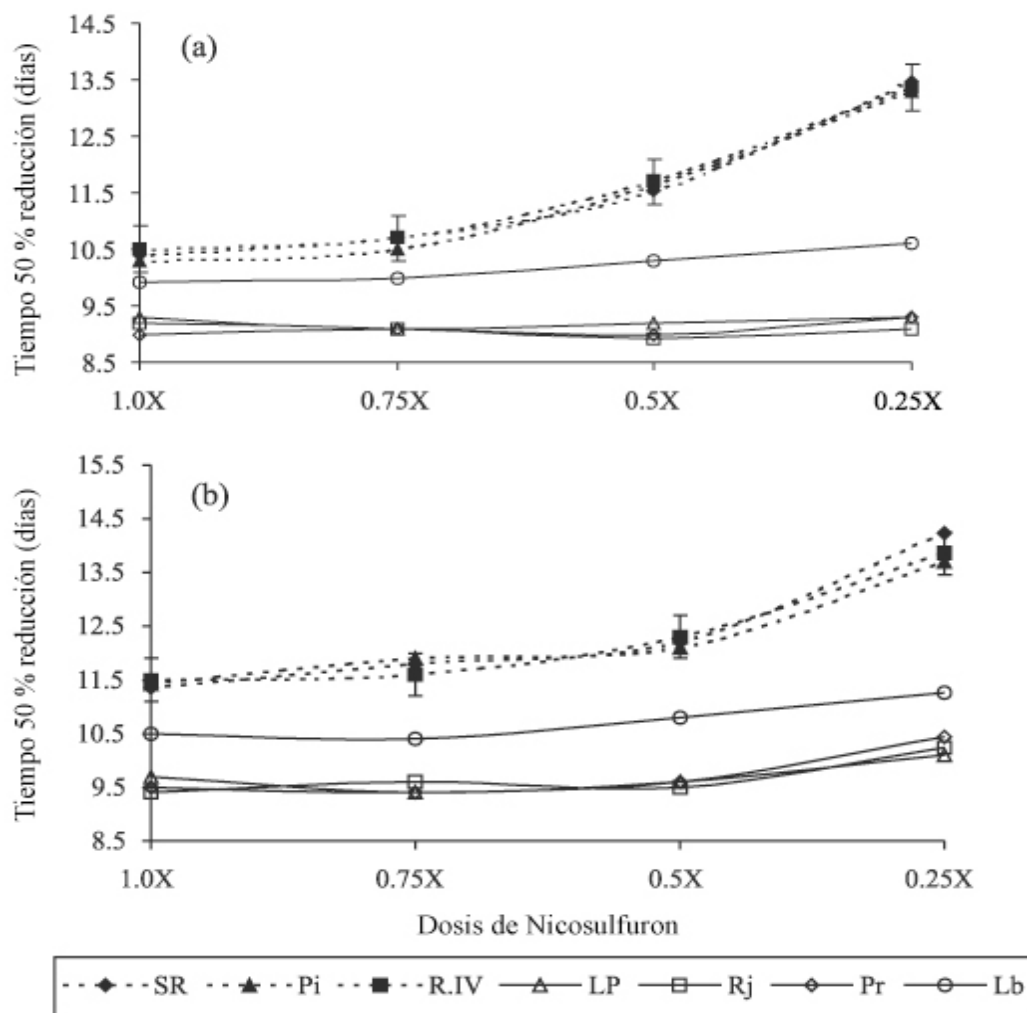


Figura 2. Número de días necesarios para la reducción del 50% en fotosíntesis (a), y conductancia estomática (b), de siete poblaciones de sorgo de Alepo, en Santa Rosa (SR), General Pico (Pi), Río Cuarto (R. IV), La Plata (LP), Rojas (RJ), Paraná (PR), y Laboulaye (Lb). Barras verticales son LSDs ($p < 0,05$).

Luego de un periodo de 16 semanas de crecimiento (20 SDT), se observaron diferencias significativas entre las poblaciones de regiones húmedas y subhúmedas, en la biomasa aérea, en la longitud total del rizoma y en el número de semillas por planta (Figura 4a, b y d). Con respecto al número de rizomas por planta no se encontraron diferencias significativas entre las poblaciones (Figura 4c). La biomasa aérea varió desde 460,1 g hasta 485,7 g para las poblaciones de regiones subhúmedas, mientras que

las poblaciones de regiones húmedas variaron entre 555,3 g a 594 g (Figura 4a). La longitud total de rizoma varió entre 795 cm pl⁻¹ a 897 cm de pl⁻¹ en poblaciones subhúmedas, mientras que en las poblaciones de regiones húmedas varió de 997,3 cm pl⁻¹ a 1007,2 cm pl⁻¹ (Figura 4 b). Las cuatro poblaciones húmedas produjeron mayor cantidad de semillas por planta que las poblaciones subhúmedas (Figura 4 d).

No se observaron diferencias significativas en biomasa aérea y número de semillas, entre las poblaciones con dosis de herbicidas de 1,0X y 0,75X (Figura 4 a y d), pero si se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre poblaciones de regiones húmedas y subhúmedas cuando se sometieron a dosis de herbicidas de 0,5X y 0,25X. La población de Laboulaye mostró una tendencia intermedia entre estos grupos (Figura 4 a y d). Sólo la longitud total de rizomas y el número de nudos por rizoma, por planta, obtenidos con dosis de herbicida de 0,25X, difieren significativamente ($p < 0,05$) entre ambos grupos de poblaciones (Figura 4 b y c).

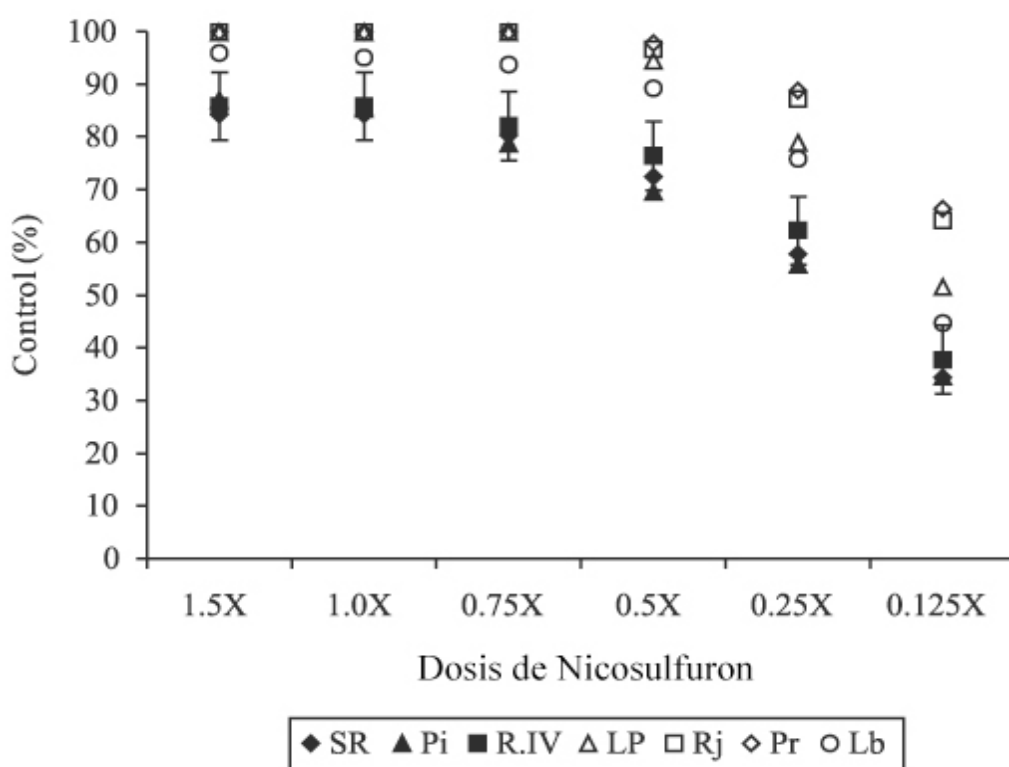


Figura 3. Porcentaje de control de las siete poblaciones de sorgo de Alepo, en Santa Rosa (SR), General Pico (Pi), Río Cuarto (R. IV), La Plata (LP), Rojas (RJ), Paraná (Pr) y Laboulaye (Lb),

en comparación con la biomasa aérea de las plantas testigos. Barras verticales son LSDs ($p < 0,05$).

Este estudio demostró que las tres poblaciones de regiones subhúmedas, con menos sensibilidad a las dosis de nicosulfurón, tuvieron diferencias significativas en biomasa aérea, longitud total de rizoma y el número de nudos por rizomas, en plantas de 16 semanas de edad (20 SDT).

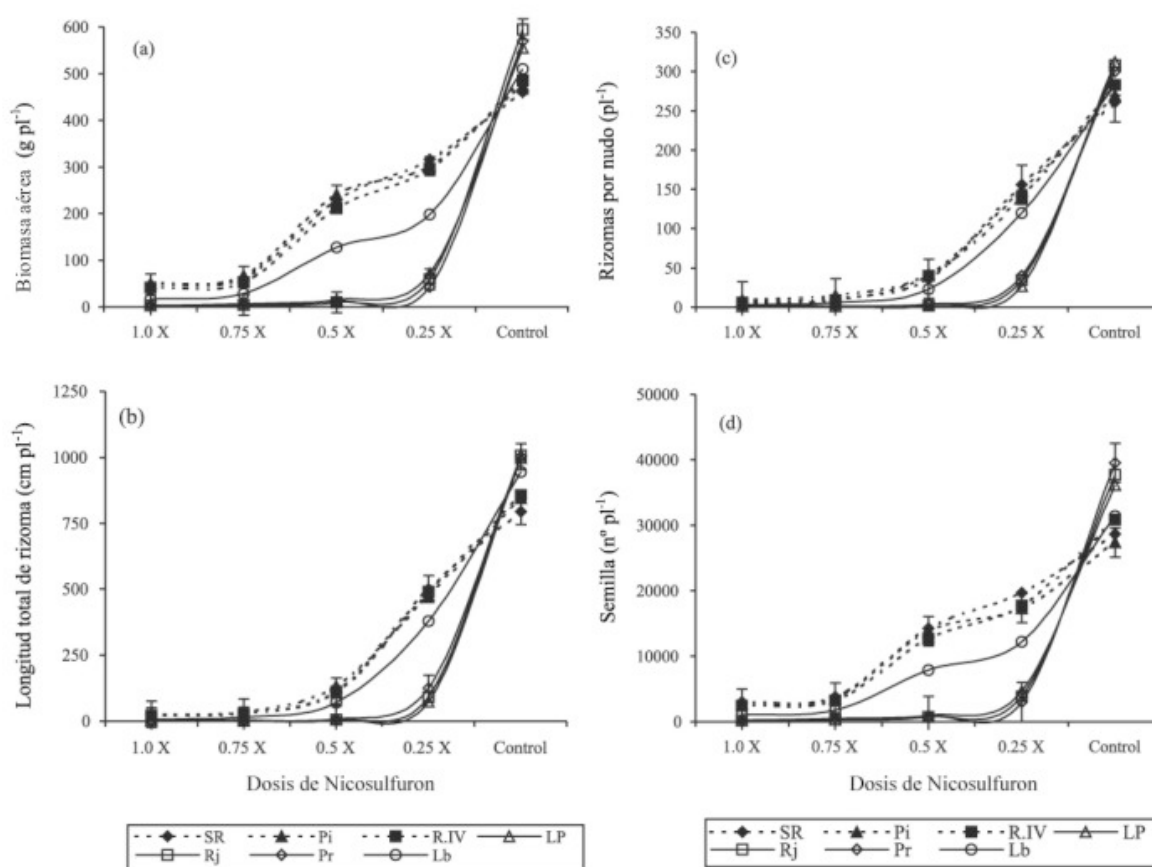


Figura 4. Biomasa aérea (a), Longitud total del rizoma (b), número de rizomas por nudo (c), y el número de semillas (d), de siete poblaciones de sorgo de Alepo, en Santa Rosa (SR), General Pico (Pi), Río Cuarto (R. IV), La Plata (LP), Rojas (RJ), Paraná (Pr) y Laboulaye (Lb), después de un período de crecimiento de 16 semanas (20 SDT). Barras verticales son LSDs ($p < 0,05$).

Estudios anteriores no han mostrado rebrote en *Sorghum halepense*, después de aplicaciones de nicosulfurón en diferentes condiciones experimentales. Johnson *et al.* (2003) no obtuvieron rebrote de *Sorghum halepense* después de tres semanas de tratamiento de acuerdo a la dosis recomendada en el marbete, pero los autores sugirieron que los rebrotes podrían haber ocurrido, si la duración del ensayo hubiese

sido mayor. Eleftherohorinos & Kotoula-Syka (1995) han indicado que no se produjeron rebrotes dentro de las 8 a 12 semanas después del tratamiento, cuando se utilizaron dosis reducidas de nicosulfurón.

En este estudio se obtuvo un importante rebrote, el cual podría explicarse por las diferencias halladas en el intercambio gaseoso foliar, registrado durante el período evaluado. En las poblaciones de regiones subhúmedas se registró un menor intercambio gaseoso, lo que podría resultar en una menor absorción foliar y translocación de nicosulfurón hacia la planta, que las poblaciones de regiones húmedas, lo que produciría un menor control de las poblaciones de regiones subhúmedas e incrementaría su capacidad de germinar y producir nueva biomasa aérea. Por lo tanto, exponiendo poblaciones de regiones subhúmedas de *Sorghum halepense* a dosis reducidas de nicosulfurón, principalmente para dosis de 0,5X y 0,25X, podría dar como resultado un incremento potencial del banco de semillas en el suelo y un aumento de la población de rizomas debido al menor control. El presente estudio demostró que el uso de bajas dosis de nicosulfurón es una estrategia eficaz de manejo para reducir el crecimiento de *Sorghum halepense*, pero que la eficiencia del control esta relacionada con la población. Según los resultados registrados con respecto al rebrote de *Sorghum halepense*, la aplicación de dosis reducidas de nicosulfurón por debajo de la mitad de la dosis de marbete se debería evitar en estos ambientes (subhúmedos). Squire *et al.* (2000) encontraron que tanto número de especies de malezas y el número total de semillas se incrementaron con la utilización de dosis reducidas de herbicida.

Las dos clases de poblaciones analizadas presentan una variación considerable en el intercambio gaseoso, en la susceptibilidad a dosis reducidas de nicosulfurón y al rebrote potencial luego de la aplicación de herbicida. Por otra parte, es necesario un conocimiento adecuado de las poblaciones de *Sorghum halepense*, para el desarrollo de un programa de manejo integrado de malezas en el cual se pretenda utilizar dosis reducidas de nicosulfurón. Los resultados aquí encontrados indican que no sería factible proponer una reducción de dosis de herbicidas desde regiones húmedas a subhúmedas debido al comportamiento de las poblaciones involucradas. Con el fin de minimizar la importancia del rebrote de *Sorghum halepense*, se debería investigar los efectos a largo plazo de esta estrategia de control a los efectos de corroborar los resultados aquí obtenidos.

Conclusiones

Las diferentes poblaciones de *Sorghum halepense* provenientes de siete localidades de nuestro país responden (tasa fotosintética, conductancia estomática, tasa transpiratoria y biomasa total) de manera diferente, cuando se utilizaron dosis reducidas de nicosulfurón. Así, es *aceptada* la hipótesis ya que las poblaciones de *Sorghum halepense* se comportan de manera disímil de acuerdo a lo planteado en la hipótesis inicial.

- Luego de la cuarta semana de tratamiento, cuando fueron aplicadas dosis reducidas de nicosulfurón se determinó una mayor reducción de biomasa aérea de *Sorghum halepense* en las poblaciones húmedas que en las subhúmedas.

-El tiempo necesario para alcanzar una reducción del 50% en la tasa de fotosíntesis y conductancia estomática es mayor en las poblaciones subhúmedas que en las poblaciones húmedas.

-Las poblaciones de regiones subhúmedas, presentaron menos sensibilidad a nicosulfurón, mostrando diferencias significativas en la biomasa aérea, longitud total de rizoma y en el número de rizomas por nudo después de 20 semanas del tratamiento.

La segunda de la hipótesis se acepta de acuerdo a:

1) Las poblaciones de regiones subhúmedas al presentar menor intercambio gaseoso foliar, menor absorción y menor translocación de nicosulfurón hacia la planta, que las poblaciones de regiones húmedas, presentaría una mayor capacidad de rebrotar.

Bibliografía

ABDUL-WAHAB, A.S AND E.L.RICE. 1967. Plant inhibition by johnsongrass and its possible significance in old-field succession. Bulletin of the Torrey Botanical Club. 94, 486-497.

- ACCIARESI, HA & CA ASENJO. 2003. Efecto alelopático de *Sorghum halepense* (L.) sobre el crecimiento de la plántula y la biomasa aérea y radical de *Triticum aestivum* Pers. *Ecología Austral* 13, 49-61.
- ANDERSON WP. 1996. *Weed Sciences: principles and applications*. 3rd ed. Minneapolis, MN: west publishing. 388 p.
- ANTONOVICS, J. 1992. Toward community genetics. In: Fritz, R.S., Simms, E.L. (Eds.), *Plant Resistance to Herbivores and Pathogens: Ecology, Evolution, and Genetics*. University of Chicago Press, Chicago, IL, pp. 426-449.
- AHRENS, W. H. 1994. *Herbicide Handbook*. 7th Edition, Weed Science Society of America. 352 p.
- BEADLE, N. C. & COSTIN, A. B. 1952. Ecological classification and nomenclature. *Proc. Linn. Soc. N. S. W.* 77, 61-82.
- BRIDGES, D. C., AND J. M. CHANDLER. 1987. Influence of johnsongrass (*Sorghum halepense*) density and period of competition on cotton yield. *Weed Sci.* 35, 63-67.
- BRIDGES, D. C. 1989. Adjuvant and pH effects on sethoxydim and clethodim activity on rhizome johnsongrass (*Sorghum halepense*). *Weed Technol.* 3, 615-620.
- BUHLER DD, GUNSOLUS JL, RALSTON DF. 1993. Common cocklebur (*Xanthium strumarium*) control in soybeans (*Glycine max*) with reduced bentazon rates and cultivation. *Weed Science* 41, 447-453.
- BUHLER, D.D. 1999. *Expanding the context of weed management*. New York: Haworth Press, 289p.
- BURT, G.W. AND I. M. WEDDERSPOON. 1971. Growth of Johnsongrass Selections Under Different Temperatures and Dark Periods. *Weed Science*. Vol. 19(4), 419-423.
- BURT, G.W. 1974. Adaptation of johnsongrass. *Weed Science*, 22, 59-63.
- CAMACHO, R. F., L. J. MOSHIER, D. W. MORISHITA, AND D. L. DEVLIN. 1991. Rhizome johnsongrass (*Sorghum halepense*) control in corn (*Zea mays*) with primisulfuron and nicosulfuron. *Weed Technol.* 5, 789-794.
- CAREY, J.B., PENNER, D., & KELLS, J.J. 1997. Physiological basis for nicosulfuron and primisulfuron selectivity in five plant species. *Weed Science*, 45, 22-30.
- CASAFE. 2001. *Guía Fitosanitaria de Productos Fitosanitarios para la República Argentina*.
- CASAFE. 2007. *Mercado argentino de herbicidas*. Cámara Argentina de Fertilizantes y Agroquímicos.
- COWAN IR. 1986. Economics of carbon fixation in higher plants. En: Givnish TJ (ed) *On the economy of plant form and function*. Cambridge University Press, New York.
- CRAWLEY MJ. 1997. Life history and environment. En: Crawley MJ (ed). *Plant Ecology*: 73-131. Blackwell, Oxford.
- CZARNOTA, M; RN PAUL; FC DAYAN; CI NIMBAL & LA WESTON. 2001. Mode of action, localization of production, chemical nature, and activity of sorgoleone: a potent psII inhibitor in *Sorghum* spp. root exudates. *Weed Technol.* 15, 813-825.
- CHAPIN FS. 1980. The mineral nutrition of wild plants. *Annual Review of Ecology & Systematics* 11, 233-260.
- CHISM, W. J., BIRCH, J.B., & BINGHAM S.W. 1992. Nonlinear regressions for analyzing growth stage and quinclorac interactions. *Weed Technology*, 6, 898-903.
- DEFELICE, M. S., W. B. BROWN, R. J. ALDRICH, B. D. SIMS, D. T. JUDY, AND D. R. GUETHLE. 1989. Weed control in soybeans (*Glycine max*) with reduced rates of postemergence herbicides. *Weed Sci.* 37, 365-374.
- DICKERSON CT, SWEET RD. 1971. Common ragweed ecotypes. *Weed Science*, v.19, 64-66.

- DIELEMAN, J. A. AND D. A. MORTENSEN. 1997. Influence of weed biology and ecology on development of reduced dose strategies for integrated weed management systems. In: *Integrated Weed and Soil Management*. J. L. Hayfield, D. D. Bugler, and B. A. Stewart (eds.). Chelsea, MI: Ann Arbor Press Inc. pp. 333-362.
- DOYLE, C.; McROBERTS, N.; KIRKWOOD, R & MARSHALL, G. 2001. Ecological management of crop-weed interactions. In: SHIYOMI, M.; KOIZUMI, H. (Ed.). *Structure and function in agroecosystem design and management*. Boca Ratón: CRC Press, P.61-94.
- EINHELLIG, FA & IF SOUZA. 1992. Phytotoxicity of sorgoleone found in grain sorghum root exudates. *J. Chem. Ecol.* 18, 1-11.
- ELEFTHEROHORINOS, I.G.; KOTOULA-SYKA, S.E. 1995. Influence of herbicide application rate and timings for post-emergence control of *Sorghum halepense* (L.) Pers. in maize. *Weed Research*, v.35, p.99-103.
- EVANS J, POORTER H. 2001. Photosynthetic acclimation of plants to growth irradiance: relative importance of specific leaf and nitrogen partitioning in maximizing carbon gain. *Plant Cell Environ.* 24, 755-767.
- FERRELL, J.A., EARL, H.J. & VENCILL, W.K. 2003. The effect of selected herbicides on CO₂ assimilation, chlorophyll fluorescence, and stomatal conductance in johnsongrass (*Sorghum halepense* L.). *Weed Science*, 51, 28-31.
- FRIEDMAN, T AND M. HOROWITZ. 1970. Phytotoxicity of subterranean residues of three perennial weeds. *Weed Research*. 10, 382-385.
- GHERSA C.M., LEÓN R.J.C. Y SATORRE E.H. 1982. Comportamiento de la población de rizomas de sorgo de alepo en el sistema cultivo de soja. IX Reunión Argentina sobre la Maleza y su control. 11 (1):130 - 141.
- GHERSA, R; J. LEÓN Y E .SATORRE.1983. Dinámica de la población de rizomas de sorgo de Alepo. Importancia de las plantas menores de un año. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 22(1-4) 345-352.
- GHERSA, C.M.; R.J.C. LEON & A. SORIANO. 1985. Efecto del sorgo de Alepo sobre la producción de soja, maíz y de las malezas presentes en estos cultivos. *Rev. Facultad de Agronomía-UBA.* 6, 123-129.
- GHERSA CM, EH SATORRE ML VAN ESSO, A PATARO & R ELIZAGARAY. 1990. The use thermal calendar models to improve to improve the herbicide applications in *Sorghum halepense* (L) Pers. *Weed Res.* 36, 153-160.
- GHOSHEH, H. Z., D. L. HOLSHOUSER, AND J. M. CHANDLER. 1996a. Influence of density on johnsongrass (*Sorghum halepense*) interference in field corn (*Zea mays*). *Weed Sci.* 44: 879-883.
- GHOSHEH, H.Z.; HOLSHOUSER, D.L.; CHANDLER, J.M.1996. The critical periods of johnsongrass (*Sorghum halepense*) control in field corn (*Zea mays*). *Weed Science*, v.44, p.944-947.
- GIANOLI E. 2001. Lack of differential plasticity to shading of internodes and petioles with growth habit in *Convolvulus arvensis* (Convolvulaceae). *International Journal of Plant Sciences* 162, 1247-1252.
- GIANOLI E. 2003. Phenotypic responses of the twining vine *Ipomoea purpurea* (Convolvulaceae) to physical support availability in sun and shade. *Plant Ecology* 165, 21-26.
- GIANOLI E. 2004a. Plasticity of traits and correlations in two populations of *Convolvulus arvensis* (Convolvulaceae) differing in environmental heterogeneity. *Int J Plant Sci.* 165, 825-832.
- GRACE J. 1997. Plant water relations. En: Crawley MJ (ed) *Plant Ecology*. Blackwell, Oxford.

- GUREVITCH J, TEERI JA & AM WOOD. 1986. Differentiation among populations of *Sedum wrightii* (Crassulaceae) in response to limited water availability: water relations, CO₂ assimilation, growth, and survivorship. *Oecologia* 70:198-204.
- HAUSER E.W. Y F.H. ARLE 1958. Johnsongrass as a weed. U.S. Department of Agriculture Farmers' Bulletin 1537. 14 pp.
- HOLM, L.G.; PLUCKNETT, D.L.; PANCHO, J.V. & HERBERGER, J.P. 1977. The world's worst weeds, distribution and biology. Honolulu: University of Hawaii Press, 609p.
- HUTCHINGS MJ & H De KROON. 1994. Foraging in plants: the role of morphological plasticity in resource acquisition. *Advances in Ecological Research* 25,159-238.
- JENSEN, J. E. AND J. STREIBIG. 1994. Herbicide dose-response curves and sustainable agriculture. In: Quantitative Methods for Sustainable Agriculture, EU-HARMA Concerted Action Workshop, Edinburgh, UK. May 6-7. pp. 15-33
- JOHNSON, W.G.; LI, J.; WAIT, J.D. 2003. Johnsongrass control, total non-structural carbohydrates in rhizomes, and regrowth after application of herbicides used in herbicide-resistant corn. *Weed Technology*, v.17, p.36-41.
- JORDAN, D.L.; VIDRINE, P.R.; GRIFFIN, J.L & REYNOLDS, D.B. 1996. Influence of adjuvants on efficacy of clethodin. *Weed Technology*, v.10, p.738-743.
- KLINGAMAN, T. E., C. A. KING, AND L. R. OLIVER. 1992. Effect of application rate, weed species, and weed stage of growth on imazethapyr activity. *Weed Sci.* 40, 227-232.
- LANGE A.H., B. FISCHER, D. HAMILTON Y H. AGAMALIAN 1969. El control de la maleza en viñedos presenta un problema muy grande. *La Hacienda* 64: 79.
- LEGUIZAMON E.S.; J.A. ALVAREZ & E. DEL V. GOMEZ.1982. Interferencia del sorgo de Alepo (*Sorghum halepense* (L) Pers) en girasol (*Helianthus annuus* L.). Resúmenes de la X Reunión Argentina de Ecología. Mar del Plata, pp. 18-23.
- LEGUIZAMÓN, E.S. 1999. The refinement of the biological model of *Sorghum halepense* under a soybean crop. In: BRITISH CROP PROTECTION CONFERENCE-WEEDS, Brighton. Proceedings. Brighton: British Crop Protection Council, 1999. P.337-342.
- LOLAS, PC & HD COBLE. 1982. Noncompetitive effects of johnsongrass (*Sorghum halepense*) on soybean (*Glycine max*). *Weed Sci.* 30, 589-593.
- LOMBARDO, A.P; E.S. LEGUIZAMÓN Y J. ALVAREZ. 1984. Efecto de labranzas estivales e invernales en la población de sorgo de Alepo. Actas de la Xa Reunión Argentina sobre la Malezas y su Control. Tucumán, Argentina.
- MARZOCCA A.; O.J.V. MARSICO & O. DEL PUERTO.1979. Manual de malezas. Editorial Hemisferio Sur.
- MC WHORTER, C.G. 1961. Morphology and development of Johnsongrass plants from seeds and rhizomes. *Weeds* 9, 558-562.
- MC WHORTER, C.G. 1971a. Growth and development of johnsongrass populations. *Weed Science*, v.19, 141-147.
- MC WHORTER, C.G. 1971b. Control of johnsongrass populations. *Weed Science*, 19, 229-233.
- MC WHORTER, C.G. 1972. Factors affecting johnsongrass rhizome production and germination. *Weed Science*, v.20, p.41-45.
- MC WHORTER, C.G. & JORDAN, T.N. 1976. Comparative morphologica development of six johnsongrass populations. *Weed Science*, v.24, p.270-275.
- MC WHORTER, C.G. 1981. Johnsongrass as a weed. U.S. Department of Agriculture Farmers' Bulletin 1537. 19 pp.

- MC WHORTER, C.G. 1989. History, biology, and control of Johnsongrass. *Reviews in Weed Science* 4, 85-121.
- MILLHOLLON R.W. 1978. Toxicity of soil incorporated trifluralin to Johnsongrass (*Sorghum halepense*) rhizomes. *Weed Science* 26, 171-174.
- MORENO, R.E.; I.M. PELLIZÓN; B.L. MASSIERO Y D.R. BIANCHI. 1988. Incidencia de sorgo de Alepo (*Sorghum halepense* (L.) Pers. en el rendimiento de soja. *Malezas* 16 (3), 70-73
- MONAGHAN N. 1979. The biology of johnsongrass (*Sorghum halepense*). *Weed Res.* 19, 261-267.
- NEUHAUSER, C., ANDOW, D.A., HEIMPEL, G.E., MAY, G., SHAW, R.G., WAGENIUS, S.. 2003. Community genetics: Expanding the synthesis of ecology and genetics. *Ecology* 84, 545-558.
- NIMBAL CH; JF PEDERSEN; CN YERKES; LA WESTON & SC WELLER. 1996. Phytotoxicity and distribution of sorgoleone in grain sorghum germplasm. *J. Agric. Food Chem.* 44, 1343-1347.
- OBRIGAWITCH, T. T., W. H. KENYON, AND H. KURATLE. 1990. Effect of application timing on rhizome johnsongrass (*Sorghum halepense*) control with DPX-V9360. *Weed Sci.* 38, 45-49.
- PALUMBI, S.R.. 2001. Humans as the world's greatest evolutionary force. *Science* 293, 1786-1790.
- PATTERSON DT. 1995. Effects of environmental stress on weed/crop interactions. *Weed Sci.* 43, 483-490.
- PIGLIUCCI M. 2001. Phenotypic plasticity: beyond nature and nurture. Baltimore: The John Hopkins University Press.
- PROSTKO, E. P., AND J. A. MEADE. 1993. Reduced rates of postemergence herbicides in conventional soybeans (*Glycine max*). *Weed Technol.* 7, 365-369.
- ROSALES ROBLES, E; JM CHANDLER; SA SENSEMAN & EP PROSTKO. 1999a. Integrated johnsongrass (*Sorghum halepense*) management in field corn (*Zea mays*) reduces rates of nicosulfuron and cultivation. *Weed Technol.* 13, 367-373.
- ROSALES ROBLES, E.; CHANDLER, J.M.; SENSEMAN, S.A. & PROSTKO, E.P. 1999b. Influence of growth stage and herbicide rate on postemergence johnsongrass (*Sorghum halepense*) control. *Weed Technology*, v.13, p.525-529.
- ROSALES ROBLES, E.; CHANDLER, J.M. & SENSEMAN, S.A. 2001. Growth stage affects johnsongrass response to nicosulfurón and clethodin. *Agrociencia*, v.35, p.525-533.
- ROSSI, A; J.C. PONSA Y S. CEPEDA. 1994. Manejo integrado de sorgo de Alepo en distintos sistemas de labranzas. INTA Pergamino. *Carpeta de Producción Vegetal. Información* No 122, 6 p.
- SCHMALHAUSEN II. 1949. *Factors of Evolution*. Chicago University Press, Chicago.
- SCHULZE E, RIBICHAUX R, GRACE J, RUNDEL P, EHLERINGER J. 1987. Plant water balance . *BioScience.* 37, 30-37.
- SIVAMANI E, BAHIELD A, WRAITH J, AL-NIEMI T, DYER W, HUA T, QU R. 2000. Improved biomass productivity and water use efficiency under water deficit conditions in transgenic wheat constitutively expressing the barley HVA1 gene. *Plant Sci.* 155,1-9.
- SQUIRE, G.R.; RODGER, S.; WRIGHT, G. 2000. Community-scale seedbank response to less intense rotation and reduced herbicide input at three sites. *Annals of Applied Biology*, v.136, p.47-57.
- SMEKENS M, VAN TIENDEREN M. 2001. Genetic variation and plasticity of *Plantago coronopus* under saline conditions. *Acta Oecol.* 22:187-200.

- STECKEL, G. J., M. S. DEFELICE, AND B. D. SIMS. 1990. Integrating reduced rates of postemergence herbicides and cultivation for broadleaf weed control in soybeans (*Glycine max*). *Weed Sci.* 38:541-545.
- STUART, B.L.; KRIEG, D.R. & ABERNATHY, J.R. 1985. Photosynthesis and stomatal-conductance responses of johnsongrass (*Sorghum halepense*) to water stress. *Weed Science*, v.33, p.635-639.
- STOUGGARD, R. N., B. D. MAXWELL, AND J. D. HARRIS. 1997. Influence of application timing on the efficacy of reduced rate postemergence herbicides for wild oat (*Avena fatua*) control in spring barley (*Hordeum vulgare*). *Weed Technol.* 11, 283-289.
- SULTAN S, BAZZAZ F. 1993. Phenotypic plasticity in *Polygonum persicaria*. Diversity and uniformity in genotypic norms of reaction to light. *Evolution.* 47, 1009-1031.
- TAYLORSON, R.B. & MC WHORTER, C.G. 1969. Seed Dormancy and Germination in Ecotypes of Johnsongrass. *Weed Science* 17(3): 359-361.
- THOMPSON, J.N., NUISMER, S.L., 2000. Coevolution and maladaptation. *Am. Zool.* 40, 1233-1234.
- VALLADARES F, CHICO J, ARANDA I, BALAGUER L, DIZENGREMEL P, MANRIQUE E, DREYER E. 2002 The greater seedling high-light tolerance of *Quercus robur* over *Fagus sylvatica* is linked to greater physiological plasticity, 16,395-403.
- WARWICK, S. I. & BRIGGS, D. 1978. The genecology of lawn weeds I. Population differentiation in *Poa annua* L. in a mosaic environment of bowling green lawns and flower beds. *New Phytologist*, 81, 711-723.
- WEDDERSPOON, I.M. & BURT, G.W. 1974. Growth and development of three johnsongrass populations. *Weed Science*, v.22, 319-322.

Actividades optativas

- Diseño experimental, 6 créditos.
- Inglés técnico I, 6 créditos.
- Computación II, 2 créditos.
- Cultivos industriales regionales, 4 créditos.
- Taller de fertilización, 6 créditos.