

## CONTROL QUÍMICO Y MECÁNICO DE MALEZA EN SOYA DE TEMPORAL\*

### CHEMICAL AND MECHANICAL WEED CONTROL IN RAIN-FED SOYBEAN

Valentín Alberto Esqueda Esquivel<sup>1§</sup> y Oscar Hugo Tosquy Valle<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Programa de Maleza y su Control, y de Agronomía de Cultivos Básicos del Campo Experimental Cotaxtla, INIFAP. Km 34 carretera Veracruz-Córdoba. Apartado Postal 429. 91700 Veracruz, Veracruz, México. <sup>§</sup>Autor para correspondencia: esqueda.valentin@inifap.gob.mx

#### RESUMEN

En el Trópico Mexicano la maleza es uno de los principales problemas para la producción de soya bajo condiciones de temporal. Se realizó un estudio en 2003 en la Región Centro de Veracruz con el objetivo de determinar la efectividad de la aplicación de varios herbicidas y deshierbes mecánicos para el control de maleza y determinar su repercusión en el rendimiento de soya. Se evaluaron 12 tratamientos diseñados con dosis y combinaciones de los herbicidas: clomazone, pendimetalina, bentazón, imazethapyr, fluazifop butil y fomesafén, así como dos tratamientos de deshierbe mecánico y un testigo sin control de maleza. Todos los herbicidas tuvieron control eficiente de *Lagascea mollis* Cav., con excepción de pendimetalina. Los tratamientos con mayor control de *Phyllanthus niruri* L., fueron las dos dosis probadas de imazethapyr y la mezcla de fluazifop butil + fomesafén. *Echinochloa colona* (L.) Link fue controlada por todos los tratamientos de control químico, excepto por el de imazethapyr. *Cyperus rotundus* L. fue controlada con dos deshierbes mecánicos, con los tratamientos de clomazone y pendimetalina aplicados en pre-emergencia y complementados con bentazón a los 21 días después de la emergencia, y en menor grado con imazethapyr. El mayor rendimiento se obtuvo con imazethapyr a 75 g ha<sup>-1</sup>; por el contrario, el rendimiento obtenido con pendimetalina y con un deshierbe mecánico, a los 15 días después de emergencia, fue similar al del testigo sin control.

**Palabras clave:** *Glycine max* (L.) Merr., *Cyperus rotundus* L., *Echinochloa colona* (L.) Link, *Lagascea mollis* Cav., *Phyllanthus niruri* L., herbicidas.

#### ABSTRACT

In the tropics of Mexico weed competition is one of the major problems for rainfed soybean production. In 2003, a trial was established in the central region of Veracruz in order to determine the effectiveness of several herbicides and mechanical weeding on weed control and yield of soybean. Twelve treatments were designed with varied doses and combinations of the herbicides: clomazone, pendimethalin, bentazon, imazethapyr, fluazifop butil and fomesafen, two treatments of mechanical weeding and a weedy check. Except for pendimethalin, all tested herbicides had an efficient control of *Lagascea mollis* Cav. The highest control of *Phyllanthus niruri* L., was obtained with the two rates of imazethapyr tested and the mixture of fluazifop butil + fomesafen. Except for imazethapyr, *Echinochloa colona* (L.) Link was efficiently controlled by all herbicide treatments. *Cyperus rotundus* L. was controlled by two mechanical weedings, the treatments with clomazone and pendimethalin in pre-emergence complemented with bentazon at 21 days after emergence (DAE) and in a lesser degree by imazethapyr. The highest soybean yield was obtained from the treatment with imazethapyr at 75 g ha<sup>-1</sup>;

\* Recibido: Agosto de 2005  
Aceptado: Octubre de 2006

on the contrary, the yields obtained with pendimethalin and with a mechanical weeding at 15 DAE, were similar to that of the weedy check.

**Key words:** *Glycine max* (L.) Merr., *Cyperus rotundus* L., *Echinochloa colona* (L.) Link, *Lagascea mollis* Cav., *Phyllanthus niruri* L., herbicides.

Uno de los principales problemas para producir soya *Glycine max* (L.) Merr., en las zonas tropicales, es la competencia ocasionada por grandes poblaciones de maleza, las cuales al no ser controladas oportunamente pueden ocasionar reducciones significativas en el rendimiento de grano (Fundora *et al.*, 1991). La duración del período crítico de la competencia de la maleza con el cultivo de soya depende de la densidad de población de la primera, la época en que emerge con relación al desarrollo del cultivo, así como por el número de plantas y arreglo topológico (Esqueda *et al.*, 1997; Eyherabide y Cendoya, 2002; Knezevic *et al.*, 2003).

En los años 1991 y 1992, en la Región Central del estado de Veracruz, se generaron recomendaciones para el control de maleza en soya (Esqueda *et al.*, 1999). Desde entonces, en dicho estado se han comercializado nuevos herbicidas con selectividad a este cultivo, tales como el clomazone, que se aplica en preemergencia y el imazethapyr, cuya aplicación puede ser en pre y postemergencia (Thomson, 1993). Estos herbicidas requieren ser evaluados para el control de especies de maleza bajo las condiciones climatológicas del centro de Veracruz. Los objetivos de la investigación fueron: 1) determinar la efectividad del clomazone y el imazethapyr para el control de maleza en soya; 2) comparar la efectividad de estos herbicidas, respecto a los herbicidas usados tradicionalmente y con los deshierbes mecánicos, y 3) determinar el efecto del control de maleza en el rendimiento de soya.

El experimento se estableció el 3 de julio de 2003 con la siembra de soya bajo condiciones de temporal en el Campo Experimental Cotaxtla, municipio de Medellín de Bravo, Veracruz, México. Se utilizó semilla de la variedad Huasteca 200 a una densidad de 60 kg ha<sup>-1</sup>. Los 12 tratamientos probados (Cuadro 1) se distribuyeron en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La parcela experimental constó de cinco surcos de 5 m de longitud y 0.60 m de separación entre ellos. La parcela útil fueron los tres surcos centrales.

La densidad de población por especie de maleza se determinó en las parcelas del testigo sin control, antes de realizar la aplicación de los tratamientos 7, 8 y 9. La identificación de las especies de maleza se realizó por comparación con ejemplares colectados e identificados por personal del Herbario del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Las evaluaciones de control de maleza se realizaron a los 15, 30 y 45 días después de la aplicación de los tratamientos (DDA). Se utilizó la escala de 0 a 100%, en donde 0 significó que la maleza no fue afectada y 100% que fue completamente destruida. La toxicidad a la soya por la aplicación de los herbicidas se evaluó simultáneamente con el control de maleza. Los síntomas de toxicidad fueron calificados en la escala de 0 a 100%, en donde 0 significó que la soya no fue afectada y 100% que fue completamente destruida. En la etapa de madurez fisiológica se seleccionaron cinco plantas al azar de cada parcela y se cuantificaron las vainas producidas por planta. La cosecha se realizó el 24 y 25 de noviembre. La humedad del grano se ajustó al 14% y se realizaron transformaciones para expresar el rendimiento en kilogramos por hectárea. Se realizaron análisis de varianza, para lo cual se requirió la transformación de los porcentajes de control de las diferentes especies de maleza a su valor de arco seno (Gomez y Gomez, 1984); donde se detectaron diferencias significativas se utilizó la prueba de separación de medias de Tukey (0.05).

La densidad de población promedio del total de las malas hierbas fue de 2 640 000 plantas/ha a los 14 DDE y de 2 530 000 a los 19 DDE. La especie dominante fue hierba ceniza (*Lagascea mollis* Cav.), la cual representó 36.7% en el primer conteo y 32.0% en el segundo. También se observaron poblaciones importantes de collarillo (*Phyllanthus niruri* L.), zacate de agua [*Echinochloa colona* (L.) Link] y coquillo (*Cyperus rotundus* L.).

La especie *L. mollis* fue controlada eficientemente durante todo el período de evaluación con clomazone, fluazifop butil + fomesafén, imazethapyr a 100 g ha<sup>-1</sup> y las aplicaciones secuenciales de clomazone seguida de bentazón, y pendimetalina seguida de bentazón (Cuadro 2). El imazethapyr a 75 g ha<sup>-1</sup> controló del 95 al 100% de esta especie, mientras que la pendimetalina, aplicada en preemergencia, no tuvo efecto sobre ella, por lo que se puede inferir que el control que se muestra en el tratamiento 6 fue debido exclusivamente a la aplicación complementaria de bentazón. Al respecto, Palmer *et al.* (2000) indicaron que la aplicación de un solo herbicida, generalmente dá como resultado el control marginal o nulo de algunas especies de

**Cuadro 1. Descripción de tratamientos evaluados para el control de maleza en soya. Región Centro de Veracruz, 2003.**

| No. | Tratamiento                 | Dosis (g ha <sup>-1</sup> ) | Época de aplicación    |
|-----|-----------------------------|-----------------------------|------------------------|
| 1   | Clomazone                   | 480                         | Preemergencia          |
| 2   | Clomazone                   | 720                         | Preemergencia          |
| 3   | Clomazone/bentazón          | 480 y 960                   | Preemergencia y 21 DDE |
| 4   | Pendimetalina               | 1188                        | Preemergencia          |
| 5   | Pendimetalina               | 1386                        | Preemergencia          |
| 6   | Pendimetalina/bentazón      | 1188 y 960                  | Preemergencia y 21 DDE |
| 7   | Imazethapyr                 | 75                          | 14 DDE                 |
| 8   | Imazethapyr                 | 100                         | 14 DDE                 |
| 9   | Fluazifop butil + fomesafén | 125 + 250                   | 19 DDE                 |
| 10  | Deshierbe mecánico          | -                           | 15 DDE                 |
| 11  | Deshierbe mecánico          | -                           | 15 y 30 DDE            |
| 12  | Testigo sin control         | -                           | -                      |

DDE= Días después de la emergencia de la soya; La diagonal (/) indica que los herbicidas fueron aplicados en forma secuencial en diferentes épocas; El signo (+) colocado entre dos herbicidas, indica que éstos fueron mezclados para su aplicación simultánea.

maleza. El control de *L. mollis* con un deshierbe mecánico, sólo fue eficiente hasta los 15 días después de realizado, lo que confirma lo señalado por Esqueda *et al.* (1997) en el sentido de que la soya requiere al menos de dos deshierbes mecánicos (Cuadro 2).

Respecto a *P. niruri*, su mayor control final se obtuvo con ambas dosis de imazethapyr, así como con dos deshierbes mecánicos y con la mezcla de fluazifop butil + fomesafén. El clomazone y la pendimetalina tuvieron un control inicial de regular a bueno de esta especie; sin embargo, su efecto se redujo significativamente entre los 15 y 30 DDA, para finalmente desaparecer por completo a los 45 DDA. Cuando el bentazón se aplicó como complemento a clomazone y a pendimetalina, se obtuvo un control final de 83%. El control de *P. niruri* con una sola operación de deshierbe mecánico fue muy eficiente hasta los 15 DDA, pero disminuyó significativamente su acción después de esta época (Cuadro 2).

El clomazone y la mezcla de fluazifop butil + fomesafén controlaron completamente a *E. colona* por todo el período de evaluación. La pendimetalina también ofreció un control eficiente de esta especie. Los menores controles de *E. colona* se tuvieron con imazethapyr y con un solo deshierbe mecánico. Por su parte, cuando se realizaron dos deshierbes mecánicos, el control de esta especie fue significativamente mayor, que cuando sólo se realizó uno (Cuadro 3). *C. rotundus* no fue afectada por ninguno de los herbicidas preemergentes. Sin embargo, cuando se aplicó bentazón como complemento a clomazone y a pendimetalina, se obtuvo un buen control final de esta maleza, el cual fue estadísticamente similar a dos deshierbes mecánicos. El efecto de imazethapyr sobre *C. rotundus* fue similar con ambas dosis y consistió en clorosis, reducción del crecimiento y necrosis, lo que ocasionó la muerte de algunas plantas. La mezcla de fluazifop butil + fomesafén provocó una ligera clorosis y reducción del crecimiento, pero no todas las plantas fueron afectadas (Cuadro 3). Sólo la mezcla de fluazifop butil + fomesafén

**Cuadro 2. Porcentaje de control de *Lagascea mollis* Cav. y *Phyllanthus niruri* L. a los 15, 30 y 45 días después de la aplicación de los tratamientos.**

| Tratamiento                             | Días después de la aplicación de los tratamientos |       |       |                              |        |       |
|---|---|-------|-------|------------------------------|--------|-------|
|   | 15  | 30    | 45    | 15                           | 30     | 45    |
|   | ----- <i>L. mollis</i> -----                      |       |       | ----- <i>P. niruri</i> ----- |        |       |
| Clomazone (480) <sup>†</sup>            | 100 a <sup>‡</sup>                                | 99 a  | 100 a | 69 b                         | 33 e   | 0 d   |
| Clomazone (720)                         | 100 a   | 100 a | 100 a | 80 b                         | 55 cd  | 0 d   |
| Clomazone/bentazón (480/960)            | 100 a   | 100 a | 100 a | 68 b                         | 71 bc  | 83 b  |
| Pendimetalina (1188)                    | 0 d   | 0 c   | 0 e   | 75 b                         | 48 de  | 0 d   |
| Pendimetalina (1386)                    | 0 d   | 0 c   | 0 e   | 84 b                         | 70 bc  | 0 d   |
| Pendimetalina/bentazón (1188/960)       | 100 a   | 100 a | 100 a | 68 b                         | 79 b   | 83 b  |
| Imazethapyr (75)                        | 96 c  | 100 a | 95 b  | 99 a                         | 100 a  | 97 ab |
| Imazethapyr (100)                       | 99 b  | 100 a | 100 a | 100 a                        | 100 a  | 100 a |
| Fluazifop butil + fomesafén (125 + 250) | 100 a   | 100 a | 99 a  | 99 a                         | 99 a   | 93 ab |
| Deshierbe mecánico 15 DDE               | 98 bc   | 83 b  | 65 d  | 99 a                         | 63 bcd | 55 c  |
| Deshierbe mecánico 15 y 30 DDE          | 97 bc   | 89 b  | 85 c  | 94 a                         | 99 a   | 98 ab |
| Testigo sin control                     | 0 d   | 0 c   | 0 e   | 0 c                          | 0 f    | 0 d   |

<sup>†</sup> Cifras entre paréntesis (g ha<sup>-1</sup>); <sup>‡</sup> Valores con la misma letra dentro de columnas son iguales estadísticamente (Tukey 0.05).

**Cuadro 3. Porcentaje de control de *Echinochloa colona* (L.) Link y *Cyperus rotundus* L. a los 15, 30 y 45 días después de la aplicación de los tratamientos.**

| Tratamiento                             | Días después de la aplicación de los tratamientos |       |       |                                |       |      |
|---|---|-------|-------|--------------------------------|-------|------|
|   | 15  | 30    | 45    | 15                             | 30    | 45   |
|   | ----- <i>E. colona</i> -----                      |       |       | ----- <i>C. rotundus</i> ----- |       |      |
| Clomazone (480) <sup>†</sup>            | 100 a <sup>‡</sup>                                | 100 a | 100 a | 0 e                            | 0 f   | 0 d  |
| Clomazone (720)                         | 100 a   | 100 a | 100 a | 0 e                            | 0 f   | 0 d  |
| Clomazone/bentazón (480/960)            | 99 a  | 88 bc | 100 a | 58 c                           | 68 bc | 90 a |
| Pendimetalina (1188)                    | 98 a  | 98 a  | 98 ab | 0 e                            | 0 f   | 0 d  |
| Pendimetalina (1386)                    | 100 a   | 100 a | 99 ab | 0 e                            | 0 f   | 0 d  |
| Pendimetalina/bentazón (1188/960)       | 92 b  | 86 bc | 99 ab | 58 c                           | 48 d  | 90 a |
| Imazethapyr (75)                        | 60 d  | 65 d  | 74 c  | 63 bc                          | 73 bc | 61 b |
| Imazethapyr (100)                       | 80 c  | 78 cd | 79 c  | 73 b                           | 76 b  | 65 b |
| Fluazifop butil + fomesafén (125 + 250) | 100 a   | 100 a | 100 a | 21 d                           | 13 e  | 25 c |
| Deshierbe mecánico 15 DDE               | 81 c  | 70 d  | 68 c  | 71 b                           | 63 c  | 62 b |
| Deshierbe mecánico 15 y 30 DDE          | 99 a  | 91 b  | 97 b  | 99 a                           | 94 a  | 96 a |
| Testigo sin control                     | 0 e   | 0 e   | 0 d   | 0 e                            | 0 f   | 0 d  |

<sup>†</sup> Cifras entre paréntesis (g ha<sup>-1</sup>); <sup>‡</sup> Valores con la misma letra dentro de columnas son iguales estadísticamente (Tukey 0.05).

ocasionó toxicidad a la planta de soya, cuyos síntomas consistieron en clorosis en algunas de las hojas más viejas, con presencia de pequeñas áreas necróticas y una ligera reducción en la altura y el vigor. A los 15 DDA, la toxicidad promedio fue de 28%, la cual se redujo a 10% a los 30 DDA, para desaparecer completamente a los 45 DDA, sin que se afectara el rendimiento. Al respecto, existe reporte (LSU, 2005) de que las condiciones cálidas húmedas son propicias para la toxicidad por fomesafén en soya.

El número de vainas por planta en los dos tratamientos de pendimetalina se redujo significativamente en comparación con los demás tratamientos de control químico y mecánico, y fue estadísticamente similar al testigo sin control (Cuadro 4).

El mayor rendimiento de grano se obtuvo con imazethapyr a 75 g ha<sup>-1</sup> y fue estadísticamente similar al obtenido con ambas dosis de clomazone, clomazone seguido de bentazón, pendimetalina seguida de bentazón, imazethapyr a 100 g ha<sup>-1</sup>, fluazifop butil + fomesafén y con dos deshierbes mecánicos. Se observó un bajo rendimiento de grano con pendimetalina a 1188 y 1386 g ha<sup>-1</sup> y con un deshierbe mecánico, que fue estadísticamente similar al del testigo sin control (Cuadro 4).

Lo anterior es explicable, pues la pendimetalina no controló a la maleza dominante. Por otra parte, se observó que un solo deshierbe mecánico no fue suficiente para controlar la maleza, lo cual redujo el rendimiento de soya, como lo indicaron Esqueda *et al.* (1997).

En general, se encontró diferencia en el espectro de los tratamientos para el control de maleza como se describe a continuación: en preemergencia fue suficiente con aplicar clomazone; mientras que con pendimetalina se necesitó realizar una aplicación posterior de bentazón; el imazethapyr fue eficiente para controlar las especies de hoja ancha, aunque su efectividad en zacates fue regular. También se corroboró que para el método de control mecánico, es mejor realizar dos deshierbes que uno. Los tratamientos herbicidas con diferente modo de acción, permiten hacer rotaciones a fin de reducir el riesgo de aparición de biotipos resistentes, lo cual puede alternarse con deshierbes mecánicos.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se concluye que: 1) el clomazone en dosis de 480 g ha<sup>-1</sup> e imazethapyr con 75 g ha<sup>-1</sup> proporcionaron control eficiente de maleza, excepto para coquillo; además, fueron herbicidas altamente selectivos a la variedad Huasteca 200, 2) la pendimetalina requiere de

**Cuadro 4. Efecto de los tratamientos en el número de vainas y el rendimiento de grano.**

| Tratamiento                             | Vainas/planta       | Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> ) |
|---|---------------------|------------------------------------|
| Clomazone (480) <sup>†</sup>            | 97.2 a <sup>‡</sup> | 3007.5 ab                          |
| Clomazone (720)                         | 116.6 a             | 3359.5 a                           |
| Clomazone/bentazón (480/960)            | 109.6 a             | 3288.0 a                           |
| Pendimetalina (1188)                    | 66.9 b              | 1585.0 cd                          |
| Pendimetalina (1386)                    | 68.1 b              | 1158.3 d                           |
| Pendimetalina/bentazón (1188/960)       | 108.3 a             | 2751.3 abc                         |
| Imazethapyr (75)                        | 111.8 a             | 3782.0 a                           |
| Imazethapyr (100)                       | 102.3 a             | 3144.5 ab                          |
| Fluazifop butil + fomesafén (125 + 250) | 110.7 a             | 2762.5 ab                          |
| Deshierbe mecánico 15 DDE               | 105.2 a             | 2018.3 bcd                         |
| Deshierbe mecánico 15 y 30 DDE          | 112.1 a             | 2703.5 abc                         |
| Testigo sin control                     | 59.1 b              | 1128.5 d                           |

<sup>†</sup> Cifras entre paréntesis (g ha<sup>-1</sup>); <sup>‡</sup> Valores con la misma letra dentro de columnas son iguales estadísticamente (Tukey 0.05).

una aplicación complementaria de bentazón para lograr el control efectivo de maleza, 3) la mezcla de fluazifop butil + fomesafén tuvo buen control de maleza, pero ocasionó toxicidad temporal a la soya, 4) el deficiente control de la especie dominante por la pendimetalina ocasionó una reducción significativa en el rendimiento de grano en comparación con el resto de los tratamientos químicos y 5) la soya requirió de dos deshierbes mecánicos para alcanzar un rendimiento de grano similar a los mejores tratamientos de herbicidas.

## LITERATURA CITADA

- Esqueda E., V. A.; Durán P., A.; López S., E. y Cano R., O. 1997. Efecto de la competencia y de la época de limpia de la maleza en soya *Glycine max* (L.) Merr. de temporal en el centro de Veracruz. Agric. Téc. Méx. 23(1):27-40.
- Esqueda E., V. A.; López G., V. O. y López S., E. 1999. Control de maleza en soya *Glycine max* (L.) Merr. de temporal con herbicidas. Agric. Téc. Méx. 25(1):41-51.
- Eyherabide, J. J. and Cendoya, M. G. 2002. Critical periods of weed control in soybean for full field and in-furrow interference. Weed Sci. 50:162-166.
- Fundora, Z.; García, J. L.; Uranga, H.; González M., J.; Soto, J. A.; González, L. A. y Álvarez, I. 1991. Efecto de la incidencia de plantas indeseables sobre la producción en soya. Agrotecnia de Cuba 23(3-4):53-60.
- Gomez, K. A. and Gomez, A. A. 1984. Statistical procedures for agricultural research. 2nd ed. J. Wiley & Sons. New York, USA. 680 p.
- Knezevic, S. Z.; Evans, S. P. and Mainz, M. 2003. Row spacing influences the critical timing for weed removal in soybean *Glycine max* (L.) Merr. Weed Tech. 17:666-673.
- Louisiana State University (LSU). 2005. Louisiana suggested weed control guide. Kelly, S.; Sanders, D. E.; Koske, T.; Cannon, J. M.; Boudreaux, J. E.; Owings, A. D. and Strahan, R. (comp.). LSU. AgCenter. Pub. 1565. Baton Rouge, LA, USA. 150 p.
- Palmer, E. W.; Shaw, D. R. and Holloway, J. C. Jr. 2000. Broadleaf weed control in soybean *Glycine max* (L.) Merr. with CGA-277476 and four postemergence herbicides. Weed Tech. 14:617-623.
- Thomson, W. T. 1993. Agricultural chemicals. Book II Herbicides. 1993. Revision. Thomson Publications. Fresno, CA. USA. 310 p.