

PERÍODO CRÍTICO DE COMPETENCIA DEL POLOCOTE (*Helianthus annuus* L.) EN SORGO PARA GRANO

CRITICAL PERIOD OF COMPETITION OF WILD SUNFLOWER (*Helianthus annuus* L.) IN GRAIN SORGHUM

Enrique Rosales-Robles, Ricardo Sánchez-de la Cruz y Jaime R. Salinas-García

Campo Experimental Río Bravo. INIFAP. Apartado Postal 172. Río Bravo, Tamaulipas, 88900.
(rosales.enrique@inifap.gob.mx)

RESUMEN

El polocote (*Helianthus annuus* L.), es la mala hierba más común y que más problemas origina en el sorgo para grano (*Sorghum bicolor* L. Moench) en el norte de Tamaulipas. El polocote es una maleza invernal en esta región y sus más altas poblaciones coinciden con la emergencia y primeras etapas de desarrollo del sorgo, que es afectado severamente por esta maleza altamente competitiva. En esta investigación se condujeron experimentos de campo en los años 2001 a 2003 para determinar el período crítico de competencia del polocote con el sorgo. De acuerdo con los modelos de regresión no-lineal ajustados, la competencia de polocote por cuatro semanas causó reducciones del rendimiento de sorgo de 20, 60 y 26% en 2001, 2002 y 2003. Los daños en 2002 fueron mayores debido a la escasa precipitación ocurrida en las primeras etapas de desarrollo del sorgo. Se determinó que el período crítico de competencia del polocote en sorgo, para evitar pérdidas mayores a 5% del rendimiento, es de 6.5 semanas después de la emergencia del cultivo.

Palabras clave: *Sorghum bicolor* L. Moench, periodo crítico de competencia.

INTRODUCCIÓN

El sorgo para grano (*Sorghum bicolor* L. Moench) es el principal cultivo en el norte de Tamaulipas, donde la superficie cultivada en el ciclo otoño-invierno (O-I) 2002-2003 fue de 770 mil ha con una producción de 2.2 millones de toneladas (SAGARPA, 2003). La presencia de malas hierbas es uno de los principales problemas en la producción de sorgo en esta región, estimándose que los daños causados por la maleza ascienden a 20%, debido a la competencia por luz, agua y nutrientes, que ocasiona reducciones en el rendimiento y en la calidad del grano cosechado (Rosales-Robles y Sánchez, 2003).

El polocote o girasol silvestre (*Helianthus annuus* L.), una planta anual nativa de América, es la especie de

ABSTRACT

Wild sunflower (*Helianthus annuus* L.) is the most common and troublesome weed in grain sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) in northern Tamaulipas. It is a winter weed in this region, in which its highest populations coincide with the emergence and first growth stages of sorghum, which is severely affected by this highly competitive weed. In this research, field experiments were conducted from 2001 to 2003 to determine the critical period of competition of wild sunflower with sorghum. According to the fitted non-linear regression models, wild sunflower competition for four weeks caused a 20, 60, and 26% sorghum yield reduction in 2001, 2002, and 2003. Damages in 2002 were greater because of scarce precipitation in the first growth stages of sorghum. The critical period of competition of wild sunflower to avoid yield losses greater than 5%, comprised 6.5 weeks after crop emergence.

Key words: *Sorghum bicolor* L. Moench, critical period of competition.

INTRODUCTION

Grain sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) is the main crop in northern Tamaulipas, where the cultivated area in the fall-winter season (F-W) 2002-2003 was 770 thousand ha, with a production of 2.2 million tons (SAGARPA, 2003). Presence of weeds is one of the main problems in sorghum production in this region, damages caused by weed being estimated up to 20%, due to the competition for light, water, and nutrients, which causes reductions in yield and quality of the harvested grain (Rosales-Robles and Sánchez, 2003).

Wild sunflower (*Helianthus annuus* L.), an annual plant native to America, is the most common weed species causing the most problems in sorghum crop in northern Tamaulipas. This weed is a winter species in this region, since its emergence begins in November, with maximum populations in the sowing season and at initial stages of crop development (January-February) in the fall -winter season (Acosta and Agundis, 1976). Wild sunflower is a plant of great size, which may reach a height of 4.5 m,

maleza más común y que más problemas origina al cultivo de sorgo en el norte de Tamaulipas. Esta mala hierba es una especie invernal en esta región, pues su emergencia se inicia en noviembre, con poblaciones máximas en la época de siembra y etapas iniciales de desarrollo del cultivo (enero-febrero) en el ciclo O-I (Acosta y Agundis, 1976). El polocote es una planta de gran porte, que puede alcanzar una altura de 4.5 m, con tallos muy ramificados, un diámetro total de los tallos de la planta hasta de 1 m y produce hasta 500 flores por planta (Irons y Burnside, 1982). Esta especie muestra una gran competitividad debido a su vigor en las primeras etapas de desarrollo, altura y área foliar (Geier *et al.*, 1996).

Recientemente el uso de herbicidas se ha incrementado notablemente en el cultivo de sorgo en el norte de Tamaulipas, debido a las fuertes infestaciones de maleza y al alto costo y escasez de mano de obra para su control manual. Una manera de reducir la alta dependencia de herbicidas para el control de maleza, es aplicar programas de manejo integrado (Swanton y Wiese, 1991). El manejo integrado no implica la eliminación de herbicidas, sino la optimización de su uso para obtener un control eficiente. Un elemento indispensable en el diseño de programas de manejo integrado de maleza es la determinación de su período crítico de competencia, medida muy útil para efectuar oportunamente las acciones para su control (Weaver *et al.*, 1992). El período crítico de competencia se define como el tiempo mínimo que el cultivo debe estar libre de malas hierbas para prevenir pérdidas significativas de rendimiento (Ghosheh *et al.*, 1996). Este período representa el tiempo entre dos componentes: el período máximo de presencia de maleza, es decir, el tiempo que puede permanecer la maleza antes de afectar significativamente el rendimiento del cultivo; y el período mínimo de ausencia de maleza, o sea, el tiempo que el cultivo debe permanecer sin la presencia de malas hierbas para prevenir pérdidas significativas de su rendimiento (Ghosheh *et al.*, 1996). En la literatura especializada, reportes sobre el período crítico de competencia de algunas especies de maleza anual en sorgo, como amargosa (*Parthenium hysterophorus* L.) y quelite (*Amaranthus retroflexus* L.), en general, se ha establecido que el sorgo tolera la competencia durante las primeras dos a tres semanas de su desarrollo sin pérdidas significativas de rendimiento (Knezevic *et al.*, 1997; Tamado *et al.*, 2002). Sin embargo, no se encontraron informes acerca del efecto competitivo del polocote en este cultivo. El objetivo de este trabajo fue definir su período crítico de competencia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos se condujeron en terrenos del Campo Experimental Río Bravo, Tamaulipas, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), de 2001 a 2003.

with abundant ramification; the total diameter of the plant stems up to 1 m produces up to 500 flowers per plant (Irons and Burnside, 1982). This species is highly competitive due to its vigor in the first development phases, height, and foliar area (Geier *et al.*, 1996).

Recently, the use of herbicides in sorghum crop in northern Tamaulipas has increased remarkably, due to heavy weed infestations and to the high cost and shortage of labor for its manual control. One way of reducing the dependency on herbicides for weed control is to apply integrated management programs (Swanton and Wiese, 1991). Integrated management does not mean elimination of herbicides but optimization of their use in order to obtain efficient weed control. One essential element in designing programs of integrated management of weed is the determination of its critical period of competition, a very useful step to carry out the actions for its control at the proper time (Weaver *et al.*, 1992). The critical period of competition is defined as the minimum time the crop must be free from weeds to prevent important yield losses (Ghosheh *et al.*, 1996). This period involves the time between two components: the maximum period of weed presence, that is, the time when weeds can be present before significantly affecting the crop yield; and the minimum period of weed absence, in other words, the time in which the crop must stay without weeds to prevent significant yield loss (Ghosheh *et al.*, 1996). In the specialized literature, reports about the critical period of competition of some species of annual weed in sorghum, such as parthenium ragweed (*Parthenium hysterophorus* L.) and pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) in general, it has been established that sorghum tolerates competition during the first 2-3 weeks of its development without considerable yield losses (Knezevic *et al.*, 1997; Tamado *et al.*, 2002). However, no information was found about the competitive effect of wild sunflower on this crop. The objective of this study was to define its critical period of competition.

MATERIALS AND METHODS

The experiments were conducted at the Campo Experimental Río Bravo, Tamaulipas, of the Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (National Institute of Forestry, Agriculture, and Livestock Research) (INIFAP) from 2001 to 2003. The selected sites presented high natural infestation of wild sunflower, which on average was 20, 37, and 40 plants m^{-2} in 2001, 2002, and 2003. In all the cases, the sorghum hybrid Pioneer 82G63 was utilized, sown on January 26th in 2001, January 31st in 2002, and February 19th in 2003, at a density of 200 000 plant ha^{-1} in rows spaced 0.8 m apart. In the three years, sorghum was sown in humid soil, and auxiliary irrigation was provided at the boot stage. The experimental design was randomized complete blocks with 14 treatments and four replications. The experimental unit had four 8 m-long rows (25.6 m^2),

Los lotes seleccionados presentaban una alta infestación natural de polocote, que en promedio fue de 20, 37 y 40 plantas/m², en 2001, 2002 y 2003. En todos los casos se utilizó el híbrido de sorgo Pioneer 82G63, el cual se sembró el 26 de enero en 2001, el 31 de enero en 2002 y el 19 de febrero en 2003, a una densidad de 200 000 plantas ha⁻¹ en surcos separados a 0.8 m. En los tres años el sorgo se sembró en suelo húmedo y se proporcionó un riego de auxilio, en la etapa de hoja bandera. El diseño experimental fue bloques completos al azar con 14 tratamientos y cuatro repeticiones. La unidad experimental tuvo cuatro surcos de 8 m de longitud (25.6 m²) y la parcela útil (9.6 m²) fueron los dos surcos centrales a los que se eliminó 1.0 m en cada extremo.

Los tratamientos fueron los periodos en que el sorgo permaneció con (enhierbados) o sin (limpios) polocote. En los tratamientos enhierbados se permitió la presencia de la maleza por 0, 2, 4, 6, 8, 10 y 12 semanas después de la emergencia del sorgo. Al final de cada uno de esos periodos, la maleza se eliminó por medio de deshierbes manuales y las parcelas se mantuvieron libres de maleza hasta la cosecha. En los tratamientos limpios se eliminó el polocote mediante deshierbes manuales a las 0, 2, 4, 6, 8, 10 y 12 semanas después de la emergencia del sorgo y se permitió su competencia con el cultivo, después de los periodos establecidos, hasta la cosecha.

El rendimiento de grano se obtuvo de la cosecha manual de las panojas del sorgo de la parcela útil, trillándolas y ajustando la humedad del grano a 14%. Los rendimientos fueron sujetos a análisis de varianza y de regresión para obtener modelos con buen ajuste para predecir el efecto de la competencia del polocote en el rendimiento. El periodo crítico de competencia fue establecido empíricamente cuando el rendimiento de sorgo se redujo 5%, el cual equivale al costo de control químico de maleza en sorgo, por lo que puede considerarse el umbral económico de esta maleza (Rosales-Robles y Sánchez, 2003). El periodo crítico de competencia se obtuvo de la media de los tres años de ambos tipos de tratamientos, ponderada por el inverso de la varianza, para reducir las diferencias entre años (Ghosheh *et al.*, 1996).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La relación entre el rendimiento y los tratamientos limpios fue descrita adecuadamente por el modelo de regresión no-lineal:

$$Y = A / (1 + \exp^{-BX}) \quad (1)$$

donde Y = rendimiento de grano (t ha⁻¹), A = rendimiento de sorgo sin competencia, B = coeficiente de duración de competencia, y X = semanas sin competencia. Los rendimientos de los tratamientos enhierbados tuvieron un buen ajuste con el modelo de regresión no-lineal:

$$Y = A + B (\exp^{-CX}) \quad (2)$$

donde Y = rendimiento de grano (t ha⁻¹), A = asíntota inferior de rendimiento, B = reducción de rendimiento entre el valor máximo y la asíntota inferior, C = coeficiente

and the utilizable plot (9.6 m²) consisted of the two central rows, 1.0 m of which was eliminated at each end.

The treatments were the periods in which sorghum remained with (weed-infested) or without (weed-free) wild sunflower. In the infested ones, the presence of weed for 0, 2, 4, 6, 8, 10 and 12 weeks after the emergence of sorghum was allowed. At the end of each of these periods, the weeds were eliminated manually, and the plots were kept weed-free until harvest. In the weed free treatments, wild sunflower was eliminated through manually at 0, 2, 4, 6, 8, 10, and 12 weeks after sorghum emergence, and its competition with the crop was permitted after the established periods until harvest.

Grain yield was obtained by hand-harvesting the sorghum head of the utilizable plot threshing and adjusting grain moisture to 14%. Yields were subjected to analyses of variance and regression in order to obtain models with good fit to predict the effect of wild sunflower competition on yield. The critical period of competition was established empirically when sorghum yield was reduced by 5%, which is equivalent to the cost of chemical weed control in sorghum; therefore, it may be considered as the economic threshold of this weed (Rosales-Robles and Sánchez, 2003). The critical period of competition of *Helianthus* was obtained from the average of the three years of both types of treatments, weighed by the inverse of variance, in order to reduce the differences among years (Ghosheh *et al.*, 1996).

RESULTS AND DISCUSSION

The relation between yield and the weed-free treatments was adequately described by the non-linear regression model:

$$Y = A / (1 + \exp^{-BX}) \quad (1)$$

where Y = grain yield (t ha⁻¹), A = sorghum yield without competition, B = coefficient of competition duration, and X = weeks without competition. The yields of weed-infestation treatments had a good fit to the non-linear regression model:

$$Y = A + B (\exp^{-CX}) \quad (2)$$

where Y = grain yield (t ha⁻¹), A = inferior asymptote of yield, B = yield reduction between maximum value and inferior asymptote, C = coefficient of competition duration, and X = weeks of competition.

The combined analysis of variance showed significant differences ($p \leq 0.01$) among years and for the interaction years by treatments (data not shown), therefore the results are presented and discussed for each year. The sorghum yields obtained in the field and those forecasted by non-linear regression models are shown in Figure 1. In 2001 and 2003 yields were higher (with a maximum of 5 to 6 t ha⁻¹) than in 2002 (close to 2.5 t ha⁻¹), due to the scarce precipitation at the beginning of crop growth in this year (Table 1).

de duración de competencia, y X = semanas de competencia.

El análisis de varianza combinado mostró diferencias significativas ($p \leq 0.01$) entre años y en la interacción años por tratamientos (datos no mostrados), por lo que los resultados se presentan y discuten para cada año. Los rendimientos de sorgo obtenidos en campo y los pronosticados por los modelos de regresión no-lineal se presentan en la Figura 1. En 2001 y 2003 los rendimientos fueron mayores (con un máximo de 5 a 6 t ha⁻¹), que en 2002 (cerca de 2.5 t ha⁻¹), debido a la escasa precipitación durante el inicio del desarrollo del cultivo en ese año (Cuadro 1).

2001

El rendimiento de grano se redujo significativamente al aumentar el periodo de competencia del polocote de 2 a 12 semanas después de la emergencia del cultivo, con predicciones de reducción del rendimiento de 6, 20 y 39% cuando se permitió la competencia de la maleza con el sorgo por 2, 4 y 6 semanas, con un máximo de 79% de reducción al permitir la competencia durante 12 semanas (Figura 1). Por el contrario, el rendimiento se incrementó significativamente al aumentar el periodo sin la competencia del polocote, requiriéndose un periodo de 3.5 semanas sin esta maleza, para obtener un rendimiento >95% al obtenido en el tratamiento sin competencia. En este año, el periodo crítico de competencia fue de 1.5 semanas, entre 2 y 3.5 semanas después de la emergencia del sorgo (Cuadro 2). Es probable que las buenas condiciones de desarrollo del sorgo en este año, y la baja población de la maleza (20 plantas m⁻²), hayan propiciado una mayor competitividad del cultivo después de las primeras tres semanas de su emergencia. De acuerdo con Vanderlip (1993), el sorgo se torna más competitivo después de 30 días de su emergencia si las condiciones le permiten un buen crecimiento vegetativo.

2002

En este año los resultados reflejaron un mayor efecto de la competencia del polocote en el rendimiento de sorgo, probablemente por una mayor competencia por humedad del suelo a causa de la escasa precipitación ocurrida (Cuadro 1) y de las altas poblaciones de polocote (37 plantas m⁻²). La presencia de polocote por sólo cuatro semanas redujo en 60% el rendimiento de sorgo, con un máximo de 93% al permitir la competencia por 12 semanas (Figura 1). Se requirieron siete semanas sin polocote para obtener al menos 95% del rendimiento del tratamiento sin competencia de maleza (Cuadro 2). Tamado *et al.* (2002) encontraron que es necesario

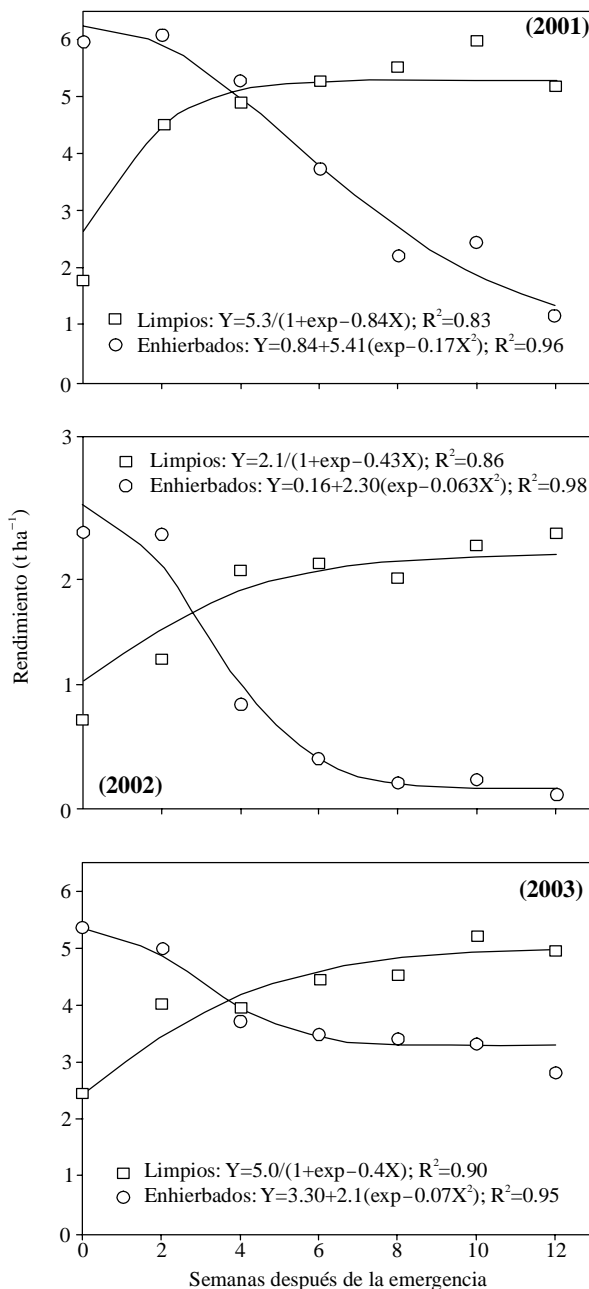


Figura 1. Rendimiento de grano de sorgo observado (símbolos) y estimado (líneas) en diferentes periodos enhierbados y limpios de polocote *Helianthus annuus* L., durante tres años, en Río Bravo, Tamaulipas.

Figure 1. Sorghum grain yield observed (symbols) and estimated (lines) in different weedy and clean periods of wild sunflower *Helianthus annuus* L. during three years, in Río Bravo, Tamaulipas.

2001

Grain yield diminished significantly when the period of wild sunflower competition increased from 2 to 12 weeks after crop emergence, with yield reduction

Cuadro 1. Precipitación mensual (mm) durante los meses de enero a mayo en el Campo Experimental Río Bravo-INIFAP y su promedio histórico.**Table 1. Monthly precipitation (mm) during the months from January to May, at the Campo Experimental Río Bravo-INIFAP, and its historical mean.**

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Total
2001	12	36	9	28	12	97
2002	3	8	3	20	25	59
2003	17	29	46	10	10	112
Promedio [†]	38	42	23	45	86	234

[†] Precipitación mensual promedio de 1970 a 2003 ♦ Monthly mean precipitation from 1970 to 2003.

mantener al sorgo sin la presencia de maleza por ocho semanas después de su emergencia. Los periodos críticos de competencia largos son indicativos de una fuerte competencia por parte de la maleza y poca competitividad del cultivo (Weaver *et al.*, 1992). Las condiciones climáticas en este año fueron adversas para el desarrollo del sorgo y se reflejaron en un rendimiento bajo, lo que propició un mayor daño del polocote.

2003

Se observó un menor efecto competitivo del polocote, a pesar de una alta incidencia natural de la maleza (40 plantas m⁻²), ya que ocurrió mayor precipitación durante el desarrollo del sorgo que en los otros dos años (Cuadro 1). La competencia con polocote por dos, cuatro y seis semanas redujo el rendimiento en 9, 26 y 35%, en relación con el tratamiento sin presencia de maleza (Figura 1). En este año se estimó una reducción máxima de rendimiento de sorgo de sólo 38% al permitir la competencia del polocote por 12 semanas. Sin embargo, se requirió eliminar a la maleza en las primeras 7.5 semanas del desarrollo del cultivo para evitar pérdidas significativas de rendimiento (Cuadro 2). Lo anterior se debió a que la emergencia del polocote se extendió por un periodo mayor que en los otros dos años (datos no mostrados).

Se confirma que la competencia del polocote con el sorgo se establece en las primeras etapas de desarrollo del cultivo, ya que en promedio de los tres años de estudio la reducción de 5% del rendimiento se alcanza en tan sólo 1.5 semanas (Cuadro 2). En esta etapa el desarrollo del sorgo es lento y es muy susceptible a la competencia de la maleza (Vanderlip, 1993). En estudios previos se ha demostrado que en condiciones de alta competitividad de maleza se pueden tener reducciones de 20% del rendimiento en las primeras dos semanas de desarrollo del sorgo (Tamado *et al.*, 2002).

Es necesario mantener libre al sorgo de la competencia del polocote en las primeras 6.5 semanas de su

forecasts of 6, 20, and 39%, when weed competition with sorghum was allowed for 2, 4, and 6 weeks, with a maximum reduction of 79% allowing 12 weeks of competition (Figure 1). On the contrary, yield increased considerably when the period without wild sun flower competition extended, requiring a period of 3.5 weeks without this weed to obtain a yield >95% with respect to that achieved in the treatment without competition. In this year, the critical period of competition extended only for 1.5 weeks, between 2 and 3.5 weeks after sorghum emergence (Table 2). The good growth conditions of sorghum in this year and the low weed population (20 plants m⁻²) probably favored the greater crop competitiveness after the first three weeks of its emergence. According to Vanderlip (1993), sorghum becomes more competitive after 30 days of emergence if the conditions allow good vegetative growth.

2002

In this year, the results showed greater impact of wild sunflower competition on sorghum yield, probably due to stronger competition for soil humidity because of the lack of precipitation (Table 1) and the large populations of wild sunflower (37 plants m⁻²). The presence of wild sunflower for only four weeks reduced sorghum yield by 60%, with a maximum of 93%, when permitting competition for 12 weeks (Figure 1). Seven weeks without wild sunflower were needed to obtain at least 95% yield of the treatment without weed competition (Table 2). Tamado *et al.* (2002) found that it is necessary to keep sorghum weed-free for eight weeks after its emergence. The long critical periods of competition are indicative of strong weed competition and little competitiveness of the crop (Weaver *et al.*, 1992). The climatic conditions in this year were adverse to sorghum development, reflected in low yield, which propitiated a greater damage by wild sunflower.

2003

Less competitive effect of wild sun flower was observed in spite of high natural weed incidence (40 plants m⁻²), since there was more precipitation during sorghum growth than in the other two years (Table 1). Competition with wild sunflower for two, four, and six weeks reduced the yield by 9, 26, and 35% with respect to the treatment without weeds (Figure 1). A maximum reduction of sorghum yield of only 38% was estimated, permitting wild sunflower competition for 12 weeks. However, it was necessary to eliminate the weeds in the first 7.5 weeks of crop growth in order to avoid significant yield loss (Table 2). The aforementioned was due to the fact that the emergence of wild sunflower extended for a

desarrollo para evitar reducciones de rendimiento mayores a 5% (Cuadro 2). Las medidas de control de esta maleza deben comprender al menos cinco semanas adicionales a la primera, y media después de la emergencia del sorgo. La combinación del control mecánico con el uso de herbicidas como 2,4-D, atrazina y prosulfuron ha probado ser un método eficiente en el control de esta maleza (Rosales-Robles y Sánchez, 2003).

CONCLUSIONES

El periodo crítico de competencia del polocote en sorgo es de 6.5 semanas después de la emergencia, en Río Bravo, Tamaulipas. Por lo anterior, las medidas de control de esta maleza deben extenderse por este periodo para evitar reducciones del rendimiento de sorgo superiores a 5%.

AGRADECIMIENTOS

A la Fundación Produce Tamaulipas, A. C. el apoyo financiero para la realización de esta investigación.

LITERATURA CITADA

- Acosta N. S., y O. Agundis M. 1976. Época de emergencia de las principales malas hierbas de la región norte de Tamaulipas. *Agric. Téc. Méx.* Vol. III. No. 12:437-441.
- Geier, P. W., L. D. Maddux, L. J. Moshier, and P. W. Stahlman. 1996. Common sunflower (*Helianthus annuus*) interference in soybean (*Glycine max*). *Weed Technol.* 10: 317-321.
- Ghosheh, H. Z., D. L. Holshouser, and J. M. Chandler. 1996. The critical period of johnsongrass (*Sorghum halepense*) in field corn (*Zea mays*). *Weed Sci.* 44:944-947.
- Irons, S. M., and O. C. Burnside. 1982. Competitive and allelopathic effects of sunflower (*Helianthus annuus*). *Weed Sci.* 30: 372-377.
- Knezevic, S. Z., M. J. Horak, and R. L. Vanderlip. 1997. Relative time of redroot pig-weed emergence is critical in pigweed-sorghum competition. *Weed Sci.* 45:502-508.
- Rosales-Robles, E., y R. Sánchez C. 2003. Control de maleza de hoja ancha anual en sorgo para grano con dosis reducidas de herbicidas post-emergentes. Memoria del XVI Congreso Latinoamericano de Malezas. Manzanillo, México. p. 436.
- SAGARPA. 2003. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. Datos Básicos del Sorgo. Boletín Semanal. 16 de Septiembre de 2003. 10 p.
- Swanton, C. J., and S. F. Weise. 1991. Integrated weed management: the rationale and approach. *Weed Technol.* 5: 648-656.
- Tamado, T., L. Ohlander, and P. Milberg. 2002. Interference by the weed *Parthenium hysterophorus* L. with grain sorghum: influence of weed density and duration of competition. *Int. J. Pest Manag.* 48: 183-188.
- Vanderlip, R. L. 1993. How a sorghum plant develops. Rev. version. Manhattan, KS. Cooperative Extensión Service, Kansas State University. 20 p.
- Weaver, S. E., M. J. Kropff, and R. M. Groeneveld. 1992. Use of ecophysiological models for crop-weed interference: The critical period of weed interference. *Weed Sci.* 40: 302-307.

Cuadro 2. Periodos máximos enhierbados y limpios de polocote determinados de modelos de regresión para obtener 5% de reducción de rendimiento de sorgo.

Table 2. Maximum weedy and clean periods of wild sunflower determined by regression models to obtain 5% of sorghum yield reduction.

Año	Semanas después de la emergencia	
	Enhierbados	Limpios
2001	2.0	3.5
2002	1.0	7.0
2003	1.5	7.5
Media [†]	1.5	6.5

[†] Media ponderada con el inverso de la varianza ♦ Means fitted with the inverse of variance.

longer period than in the two previous years (data not shown).

It is confirmed that the competition of wild sunflower with sorghum is established in the first phases of crop growth, since on the average of the three years of study, the yield reduction by 5% is reached in only 1.5 weeks (Table 2). At this stage, sorghum development is slow and the plant is very susceptible to weed competition (Vanderlip, 1993). In previous studies it has been proved that under conditions of high weed competitiveness there can be yield reductions by 20% in the first two weeks of sorghum growth (Tamado *et al.*, 2002).

It is necessary to keep sorghum free from wild sunflower competition in the first 6.5 weeks of its development, in order to avoid yield reductions greater than 5% (Table 2). The measures to control this weed must comprise at least five weeks, additional to the first, and half after sorghum emergence. The combination of mechanical control with the use of herbicides, such as 2, 4-D, atrazine, and prosulfuron, has proved to be an efficient method for the control of this weed in sorghum (Rosales-Robles and Sánchez, 2003).

CONCLUSIONS

In Río Bravo, Tamaulipas, the critical period of competition of wild sunflower in sorghum is 6.5 weeks after emergence. Because of the aforesaid, the measures of control of this weed must be extended for this period, in order to avoid yield reductions in sorghum higher than 5%.

—End of the English version—

