

Weed control in husk tomato (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.)

Control de malezas en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.)

Natanael Magaña-Lira; Aureliano Peña-Lomelí*;
Fernando Urzúa-Soria; Rafael Hernández-Antonio

Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco km 38.5, Chapingo,
Texcoco, Estado de México, C. P. 56230, MÉXICO.

*Corresponding author: aplomeli@correo.chapingo.mx

Abstract

Husk tomato (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.) is widely cultivated in Mexico. In general, weed control in this crop is done mechanically and manually, and despite its high cost little research has been conducted on the use of herbicides, although some are reported as selective for the species. Therefore, the aim of this research was to evaluate the effect of three herbicides on yield and weed control in husk tomato. Manual weeding and the herbicides Bensulide (PREFAR 480-E®, 5.76 kg_{i.a.}·ha⁻¹), Halosulfuron-methyl (SEMPRA 75 GD®, 75 g_{i.a.}·ha⁻¹) and Isoxaflutole (PROVENCE 75 WG®, 112.5 g_{i.a.}·ha⁻¹) were assessed. The crop was established in April 2016 by transplant with drip irrigation. A randomized complete block experimental design with 10 replicates was used. The herbicides Bensulide and Isoxaflutole were applied to weeds in pre-emergence, 10 days after transplant (dat), Halosulfuron-methyl was applied in post-emergence, 21 dat, and manual weeding was done at 21 and 44 dat. The highest total yield was obtained with Isoxaflutole (1.13 kg·plant⁻¹, 28.5 t·ha⁻¹), which was statistically the same as manual weeding and significantly better than Bensulide and Halosulfuron-methyl. Both Isoxaflutole and Bensulide were selective to husk tomato. Isoxaflutole did not control coco-grass (*Cyperus rotundus* L.) or oat (*Avena sativa* L.), but it did partially control chayotillo (*Sicyos deppei* G. Don). Halosulfuron-methyl was not selective, but it controlled coco-grass, so its application should be directed to the weed.

Keywords: biological effectiveness, herbicides, tomatillo.

Resumen

El tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.) es cultivado ampliamente en México. En general, el control de maleza en este cultivo se realiza en forma mecánica y manual, y a pesar de su alto costo se ha desarrollado poca investigación sobre el uso de herbicidas, aunque algunos se reportan como selectivos para la especie. Por ello, el objetivo fue evaluar el efecto de tres herbicidas sobre el rendimiento y el control de malezas en tomate de cáscara. Se evaluaron el deshierbe manual y los herbicidas Bensulide (PREFAR 480-E®, 5.76 kg_{i.a.}·ha⁻¹), Halosulfurón metil (SEMPRA 75 GD®, 75 g_{i.a.}·ha⁻¹) e Isoxaflutole (PROVENCE 75 WG®, 112.5 g_{i.a.}·ha⁻¹). El cultivo se estableció en abril de 2016 por trasplante con riego por goteo. El diseño experimental fue bloques completos al azar con 10 repeticiones. Los herbicidas Bensulide e Isoxaflutole se aplicaron a la maleza en pre-emergencia, 10 días después del trasplante (ddt), el Halosulfurón metil se aplicó en post-emergencia, 21 ddt, y el deshierbe manual se hizo a los 21 y 44 ddt. El mayor rendimiento total se obtuvo con Isoxaflutole (1.13 kg·planta⁻¹, 28.5 t·ha⁻¹), que fue estadísticamente igual que el deshierbe manual y significativamente mejor que Bensulide y Halosulfurón metil. Tanto Isoxaflutole como Bensulide fueron selectivos al tomate de cáscara. Isoxaflutole no controló coquillo (*Cyperus rotundus* L.) ni avena (*Avena sativa* L.), pero sí controló parcialmente chayotillo (*Sicyos deppei* G. Don). Por su parte, Halosulfurón metil no fue selectivo, pero controló coquillo, por lo que su aplicación debe ser dirigida a la maleza.

Palabras clave: efectividad biológica, herbicidas, tomatillo.



Introduction

The genus *Physalis* belongs to the family Solanaceae and includes 100 known species of annual and perennial plants, of which three are grown as vegetables: *Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm., *Physalis peruviana* L. and *Physalis pruinosa* L. (Abak, Guller, Sari, & Paksoy, 1994; Legge, 1974; Santiaguillo-Hernández, Cedillo-Portugal, & Cuevas-Sánchez, 2010).

The husk tomato (*P. ixocarpa*), also called green tomato or tomatillo, is native to Mexico and was domesticated by the Mesoamerican peoples. It is currently distributed throughout Mexico, although the greatest genetic diversity is concentrated in the western center of the country (Santiaguillo-Hernández et al., 2010). It grows both in the wild and in traditional polyculture production systems, so it is still possible to find it as a weed, either encouraged or tolerated (Santiaguillo-Hernández et al., 2012). Despite the widespread use of herbicides in market agriculture, wild husk tomatoes often grow amid crops such as corn (*Zea mays* L.) and sorghum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench), especially in central western Mexico, where their collection is common and of high value for farmers (Peña-Lomelí, & Márquez-Sánchez, 1990; Santiaguillo-Hernández et al., 2012).

Husk tomatoes are widely grown in Mexico for food use and are produced in almost the entire country. It is grown in both irrigated and rainfed systems in the autumn-winter and spring-summer cycles. The state with the largest harvested area and production volume is Jalisco, followed by Nayarit, Sinaloa, State of Mexico, Puebla and Michoacán. In 2015, this crop ranked seventh in area planted with vegetables, with a national average yield of 14.682 t·ha⁻¹ (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2015), which is considered low in relation to the crop's productive potential, estimated at 40 t·ha⁻¹ (Peña-Lomelí, Santiaguillo-Hernández, & Magaña-Lira, 2007; Peña-Lomelí, Ponce-Valerio, Sánchez-del Castillo, & Magaña-Lira, 2014).

The cultivation of husk tomatoes can be established both by direct sowing and by transplanting and, in general, weed control is carried out mechanically and manually, combining mechanized farming with weeding by hand or hoeing. In both irrigated and rainfed systems, it is common for two or three weeding to be carried out, which implies a cost of 30 or more days' wages per hectare, representing up to 25 % of the crop's production costs. Timely weed control is essential to obtain a good yield, and is critical when the crop is established by direct sowing, as the tomato emerges at the same time as the weed. In this context, it is necessary to keep the crop free of weeds in the critical period of competition, 40 days after transplant (dat) or 60 days after direct sowing (Roque, Pedro, & Peña-Lomelí, 1995).

Introducción

El género *Physalis* pertenece a la familia Solanaceae e incluye 100 especies conocidas entre plantas anuales y perennes, de las cuales tres se cultivan como hortalizas: *Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm., *Physalis peruviana* L. y *Physalis pruinosa* L. (Abak, Guller, Sari, & Paksoy, 1994; Legge, 1974; Santiaguillo-Hernández, Cedillo-Portugal, & Cuevas-Sánchez, 2010).

El tomate de cáscara (*P. ixocarpa*), también llamado tomate verde o tomatillo, es originario de México y fue domesticado por los pueblos mesoamericanos. Actualmente se encuentra distribuido en todo el país, aunque la mayor diversidad genética se concentra en el centro occidente (Santiaguillo-Hernández et al., 2010). Crece tanto en forma silvestre como en sistemas tradicionales de producción en policultivos, por lo que aún es posible encontrarlo como arvense, ya sea fomentado o tolerado (Santiaguillo-Hernández et al., 2012). A pesar del uso generalizado de herbicidas en la agricultura de mercado, es frecuente que el tomate de cáscara silvestre crezca en cultivos como maíz (*Zea mays* L.) y sorgo (*Sorghum bicolor* [L.] Moench), sobre todo en el centro occidente de México, donde su recolección es común y de alto valor para los campesinos (Peña-Lomelí, & Márquez-Sánchez, 1990; Santiaguillo-Hernández et al., 2012).

El tomate de cáscara es cultivado ampliamente en México para uso alimenticio y se produce en casi todo el país. Se cultiva tanto en riego como en temporal en los ciclos otoño-invierno y primavera-verano. El estado con mayor superficie cosechada y volumen de producción es Jalisco, seguido por Nayarit, Sinaloa, Estado de México, Puebla y Michoacán. En 2015, este cultivo ocupó el séptimo lugar en superficie sembrada con hortalizas, con un rendimiento promedio nacional de 14.682 t·ha⁻¹ (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2015), el cual se considera bajo con relación al potencial productivo del cultivo, que se estima en 40 t·ha⁻¹ (Peña-Lomelí, Santiaguillo-Hernández, & Magaña-Lira, 2007; Peña-Lomelí, Ponce-Valerio, Sánchez-del Castillo, & Magaña-Lira, 2014).

El cultivo de tomate de cáscara se puede establecer tanto por siembra directa como por trasplante y, en general, el control de malezas se realiza en forma mecánica y manual, combinando cultivos mecanizados con deshierbes a mano o con azadón. Tanto en riego como en temporal es común que se realicen dos o tres deshierbes, lo que implica un costo de 30, o más, jornales por hectárea, que representa hasta 25 % de los costos de producción del cultivo. El control oportuno de malezas es fundamental para obtener un buen rendimiento, y es crítico cuando el cultivo se establece por siembra directa, pues el tomate emerge a la par que la maleza. En este contexto, es necesario mantener

Despite the horticultural importance of the crop and the high cost of weed control, little research has been done on the use of herbicides, although some are reported as selective for the species. Roque et al. (1995) evaluated eight herbicides in husk tomato crops, both in direct sowing and in transplant, and observed that the herbicides Trifluralin ($1.5 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$), Napropamide ($5 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$) and Bensulide ($10 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$) are selective and show good weed control, with a yield statistically equal to the always clean control.

Urzúa, Medina, de la Rosa, and Fernández (2009) point out that the herbicides Bensulide and Isoxaflutole are selective for husk tomato and show good control of broadleaf weeds and grasses, both in pre-emergence from direct sowing and in post-transplant. In addition, they mention that the herbicide Halosulfuron-methyl (in doses from 7.5 to $112.5 \text{ g}_{\text{a.a.}}\cdot\text{ha}^{-1}$) is phytotoxic to husk tomato in pre-emergence, and is slightly toxic in post-emergence and post-transplant, so they recommend its use in targeted applications and for the control of weeds such as yellow nutsedge (*Cyperus esculentus* L.) and other broadleaf species.

Pérez-Moreno, Castañeda-Cabrera, Ramos-Tapia, and Tafoya-Razo (2014) evaluated nine herbicides for weed control in pre-emergence of husk tomato established by direct sowing and with irrigation. They found that the herbicide that caused the least damage to the crop was Bensulide (3.2 %), with 85 % control of broadleaf and narrowleaf weeds in pre-emergence. They also reported that the herbicide Rimsulfuron had the best weed control (98 %), but was slightly toxic (7.5 %). In relation to the herbicide Isoxaflutole, they indicate that it is slightly toxic (12.5 %) in pre-emergence of the direct sowing crop and exhibited regular weed control (75 %).

Few previously reported studies include data on crop yield with different herbicides. Therefore, the objective of this study was to evaluate the effect of three herbicides (Bensulide, Halosulfuron-methyl and Isoxaflutole) on yield and weed control in husk tomato, under the hypothesis that it is possible to find a herbicide that allows designing a weed control strategy for the crop.

Materials and methods

Location of the experiment and crop management

The experiment was established in Chapingo Autonomous University's Experimental Agricultural Field ($19^{\circ} 29' 20.4'' \text{ NL}$ and $98^{\circ} 52' 26.7'' \text{ WL}$, at 2,250 masl.). Planting was carried out on March 12, 2016 in 200-cavity polystyrene trays with Cosmo Peat® as

al cultivo libre de malezas en el periodo crítico de competencia, 40 días después del trasplante (ddt) o 60 días después de la siembra directa (Roque, Pedro, & Peña-Lomelí, 1995).

A pesar de la importancia hortícola del cultivo y del costo elevado del control de malezas, se ha desarrollado poca investigación sobre el uso de herbicidas, no obstante que algunos se reportan como selectivos para la especie. Roque et al. (1995) evaluaron ocho herbicidas en cultivos de tomate de cáscara, tanto en siembra directa como en trasplante, y observaron que los herbicidas Trifluralina ($1.5 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$), Napropamida ($5 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$) y Bensulide ($10 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$) son selectivos y presentan un buen control de malezas, con rendimiento estadísticamente igual al testigo siempre limpio.

Urzúa, Medina, de la Rosa, y Fernández (2009) señalan que los herbicidas Bensulide e Isoxaflutole son selectivos para tomate de cáscara y presentan un buen control de malezas de hoja ancha y pastos, tanto en preemergencia de siembra directa como en post-trasplante. Además, mencionan que el herbicida Halosulfurón metil (en dosis de 7.5 a $112.5 \text{ g}_{\text{a.a.}}\cdot\text{ha}^{-1}$) es fitotóxico para tomate de cáscara en preemergencia, y es levemente tóxico en post-emergencia y post-trasplante, por lo que recomiendan su uso en aplicaciones dirigidas y para el control de malezas como coquillo (*Cyperus esculentus* L.) y otras de hoja ancha.

Por su parte, Pérez-Moreno, Castañeda-Cabrera, Ramos-Tapia, y Tafoya-Razo (2014) evaluaron nueve herbicidas para el control de malezas en pre-emergencia de tomate de cáscara establecido por siembra directa y con riego. Encontraron que el herbicida que ocasionó el menor daño al cultivo fue Bensulide (3.2 %), con un 85 % de control de malezas de hoja ancha y angosta en pre-emergencia. También reportaron que el herbicida Rimsulfurón presentó el mejor control de malezas (98 %), pero fue ligeramente tóxico (7.5 %). En relación con el herbicida Isoxaflutole, señalan que es ligeramente tóxico (12.5 %) en pre-emergencia del cultivo de siembra directa y presentó un control regular de maleza (75 %).

Pocos estudios reportados previamente incluyen datos sobre el rendimiento del cultivo con los diferentes herbicidas. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de tres herbicidas (Bensulide, Halosulfurón metil e Isoxaflutole) sobre el rendimiento y el control de malezas en tomate de cáscara, esto bajo la hipótesis de que es posible encontrar un herbicida que permita diseñar una estrategia de control de malezas en el cultivo.

substrate. After emergence, seedlings were watered every other day, for three weeks, with 50 % Steiner nutrient solution (Steiner, 1984), then the waterings were daily with 100 % Steiner nutrient solution.

The crop was established in open field conditions by transplanting on April 16, 2016 under a fertigation system in 1.2 m wide furrows. A 16 mm diameter hose with 1.5 L·h⁻¹ self-compensating drippers and 33 cm dripper spacing was placed in each furrow. Bottom fertilization was applied with the commercial products urea, diammonium phosphate and potassium chloride (100-100-50, respectively). During crop development, 50 kg of urea per hectare were applied each week in irrigation. Nutrition was supplemented with applications of Bayfolan Forte® liquid foliar fertilizer, and pests were controlled with Methomyl.

Evaluated treatments

Manual weeding and the herbicides Bensulide (PREFAR 480-E®, 5.76 kg_{i.a.}·ha⁻¹), Halosulfuron-methyl (SEMPRA 75 GD®, 75 g_{i.a.}·ha⁻¹) and Isoxaflutole (PROVENCE 75 WG®, 112.5 g_{i.a.}·ha⁻¹) were evaluated. Bensulide and Isoxaflutole were applied 10 dat, Halosulfuron-methyl was applied in post-emergence of the weed (21 dat) and manual weeding (always clean control) was done at 21 and 44 dat. The herbicides were applied dissolved in water at a dose of 400 L·ha⁻¹ using a manual sprayer (model 425, Swissmex®) with a hollow cone nozzle. In order to identify the weed species present at the site, an additional never-weeded control was also left in place.

Experimental design and unit

The experimental design was randomized complete blocks with 10 replicates per evaluated treatment. The experimental unit consisted of a 1.2 m wide furrow with 22 plants spaced 33 cm apart.

Evaluated variables

Yield was quantified from two fruit cuts, the first at 70 dat and the second two weeks after the first. In both cuts, the fruit yield per experimental unit and the weight of a 10-fruit sample were recorded. At the end, the values obtained in both cuts were added to determine the total yield and the average weight of 10 fruits was calculated with the corresponding data obtained in each cut.

The phytotoxicity of each herbicide on the crop was observed, along with the type of weeds that each controlled or not. For this purpose, the species present in the never-weeded control were identified and the number of individuals of each species was counted in the different experimental units where the treatments were applied. With the data obtained,

Materiales y métodos

Ubicación del experimento y manejo del cultivo

El experimento se estableció en el Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo (19° 29' 20.4" de latitud Norte y 98° 52' 26.7" longitud Oeste, a 2,250 msnm). La siembra se realizó el 12 de marzo de 2016 en charolas de poliestireno de 200 cavidades con Cosmo Peat® como sustrato. Después de la emergencia, las plántulas se regaron cada tercer día, por tres semanas, con solución nutritiva de Steiner al 50 % (Steiner, 1984), posteriormente los riegos fueron diarios con solución nutritiva de Steiner al 100 %.

El cultivo se estableció en campo abierto por trasplante el 16 abril de 2016 bajo un sistema de fertirriego en surcos de 1.2 m de ancho. En cada surco se colocó una manguera de 16 mm de diámetro con goteros autocompenzantes de 1.5 L·h⁻¹ y espacio entre goteros de 33 cm. Se aplicó una fertilización de fondo con los productos comerciales urea, fosfato diamónico y cloruro de potasio (100-100-50, respectivamente). Durante el desarrollo del cultivo se aplicaron 50 kg de urea por hectárea cada semana en el riego. La nutrición se complementó con aplicaciones del fertilizante foliar líquido Bayfolan Forte®, y las plagas se controlaron con Metomilo.

Tratamientos evaluados

Se evaluaron el deshierbe manual y los herbicidas Bensulide (PREFAR 480-E®, 5.76 kg_{i.a.}·ha⁻¹), Halosulfurón metil (SEMPRA 75 GD®, 75 g_{i.a.}·ha⁻¹) e Isoxaflutole (PROVENCE 75 WG®, 112.5 g_{i.a.}·ha⁻¹). Los herbicidas Bensulide e Isoxaflutole se aplicaron 10 ddt, el Halosulfurón metil se aplicó en post-emergencia de la maleza (21 ddt) y el deshierbe manual (testigo siempre limpio) se hizo a los 21 y 44 ddt. Los herbicidas se aplicaron disueltos en agua a dosis de 400 L·ha⁻¹ con un aspersor manual (modelo 425, Swissmex®) con boquilla de cono hueco. Con el fin de identificar las especies de maleza presentes en el predio, se dejó, adicionalmente, un testigo siempre enmalezado.

Diseño y unidad experimental

El diseño experimental fue bloques completos al azar con 10 repeticiones por cada tratamiento evaluado. La unidad experimental constó de un surco de 1.2 m de ancho con 22 plantas espaciadas a 33 cm.

Variables evaluadas

El rendimiento se cuantificó a partir de dos cortes de fruto, el primero a los 70 ddt y el segundo dos semanas después del primero. En ambos cortes se registró el rendimiento de fruto por unidad experimental y el peso

the weed density was calculated as the number of individuals per square meter.

Statistical analysis

An analysis of variance of the harvest variables was carried out and, subsequently, Tukey's multiple comparison test ($P \leq 0.05$) was performed on the variables that showed a significant effect of the treatments.

The number of individuals of each species, as well as the weed density, was analyzed by the Friedman test (Conover, 1999), with which the three herbicides and the never-weeded control were compared. In each case, multiple comparisons using rank sums were made to identify the best treatment.

Results and discussion

Analysis of variance

Table 1 shows that the treatments had a significant effect ($P \leq 0.05$) on yield per plant in cut one (YC1), yield per plant in cut two (YC2) and total yield per plant (TYP). For the weight of 10 fruits in cut one (W10FC1), weight of 10 fruits in cut two (W10FC2) and average weight of 10 fruits in both cuts combined (AW10FBC) there was no significant effect of the treatments ($P > 0.05$). The coefficients of variation presented values comparable with those obtained in other husk tomato studies, with the exception of YC2 (Peña-Lomelí et al., 2008). This could be due to the fact that in the first cut only completely filled tomatoes were collected (when the fruit fills the calyx or husk), while in the second one the rest of the fruits were cut, which increased the internal variability.

de una muestra de 10 frutos. Al finalizar se sumaron los valores obtenidos en ambos cortes para determinar el rendimiento total y se calculó el peso promedio de 10 frutos con los datos correspondientes obtenidos en cada corte.

Se observó la fitotoxicidad de cada herbicida en el cultivo y el tipo de malezas que controló o no cada uno. Para ello, se identificaron las especies presentes en el testigo siempre enmalezado y se contó el número de individuos de cada especie en las diferentes unidades experimentales donde se aplicaron los tratamientos. Con los datos obtenidos se calculó la densidad de maleza como el número de individuos por metro cuadrado.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza de las variables de cosecha y, posteriormente, se hicieron comparaciones de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) de las variables que presentaron un efecto significativo de los tratamientos.

El número de individuos de cada especie, así como la densidad de maleza, se analizó mediante la prueba de Friedman (Conover, 1999), con la cual se compararon los tres herbicidas y el testigo siempre enmalezado. En cada caso se hicieron comparaciones múltiples de rangos para identificar el mejor tratamiento.

Resultados y discusión

Análisis de varianza

En el Cuadro 1 se observa que hubo efecto significativo ($P \leq 0.05$) de los tratamientos sobre el rendimiento por planta en el corte uno (RC1), rendimiento por

Table 1. Mean squares of the analysis of variance of the six variables evaluated in husk tomato (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.).

Cuadro 1. Cuadrados medios del análisis de varianza de las seis variables evaluadas en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.).

Variation source/ Fuente de variación	DF ¹ / GL ¹	YC1/ RC1	YC2/ RC2	TYP/ RTP	W10FC1/ P10FC1	W10FC2/ P10FC2	AW10FBC/ PP10FAC
Block/ Bloque	9	0.1924**	0.0306*	0.1471**	145297**	93557**	111482**
Treatment/ Tratamiento	3	0.3943**	0.0508*	0.6396**	5707	21178	10849
Error	27	0.0259	0.0118	0.0288	12969	8789	6599
Total	39						
CV		24.86	45.21	19.11	21.67	24.47	17.88

¹GL = degrees of freedom; YC1 = yield per plant in cut one; YC2 = yield per plant in cut two; TYP = total yield per plant; W10FC1 = weight of 10 fruits in cut one; W10FC2 = weight of 10 fruits in cut two; AW10FBC = average weight of 10 fruits in both cuts combined; CV = coefficient of variation. * and ** = significant with $P \leq 0.05$ and $P \leq 0.01$, respectively.

¹GL = grados de libertad; RC1 = rendimiento por planta en el corte uno; RC2 = rendimiento por planta en el corte dos; RTP = rendimiento total por planta; P10FC1 = peso de 10 frutos en el corte uno; P10FC2 = peso de 10 frutos en el corte dos; PP10FAC = peso promedio de 10 frutos de ambos cortes; CV = coeficiente de variación. * y ** = significativo con $P \leq 0.05$ y $P \leq 0.01$, respectivamente.

Comparison of means

Table 2 shows the comparison of means test of the yield variables. For YC1, the clean control (manual weed control) and the herbicide Isoxaflutole, statistically equal to each other, were superior to the herbicides Bensulide and Halosulfuron-methyl ($P \leq 0.05$), with no difference between the latter two. In YC2, the herbicide Isoxaflutole was the best, although it only significantly surpassed Halosulfuron-methyl. This suggests that Isoxaflutole remained effective in controlling weeds longer. The treatment with this same herbicide had the best total yield, which was statistically equal to the control, although of these two treatments only Isoxaflutole significantly outperformed ($P \leq 0.05$) the other herbicides. As can be seen in the same table, no treatment had a significant effect on fruit size (evaluated as W10FC1, W10FC2 and AW10FBC), so the differences in yield can be explained by the fruit set, which should be higher in plants with less competition from weeds.

In the three yield variables (YC1, YC2 and TYP), the results obtained with Isoxaflutole are markedly superior to those obtained with the other two herbicides, and in no case different from those of the clean control. Therefore, Isoxaflutole can be considered as the best active ingredient for weed control in husk tomatoes, as it was just as effective as manual weeding.

Weed identification

Table 3 presents a list of the weed species found in the never-weeded control and the number of individuals

planta en el corte dos (RC2) y rendimiento total por planta (RTP). Para el peso de 10 frutos en el corte uno (P10FC1), peso de 10 frutos en el corte dos (P10FC2) y peso promedio de 10 frutos de ambos cortes (PP10FAC) no hubo efecto significativo de los tratamientos ($P > 0.05$). Los coeficientes de variación presentaron valores comparables con los obtenidos en otras investigaciones de tomate de cáscara, con excepción de RC2 (Peña-Lomelí et al., 2008). Esto pudo deberse a que en el primer corte sólo se colectaron tomates completamente llenos (cuando el fruto llena el cáliz o cáscara), mientras que en el segundo se cortó el resto de los frutos, lo que incrementó la variabilidad interna.

Comparación de medias

El Cuadro 2 presenta la prueba de comparación de medias de las variables de rendimiento. Para RC1, el testigo limpio (control manual de malezas) y el herbicida Isoxaflutole, estadísticamente iguales entre sí, fueron superiores a los herbicidas Bensulide y Halosulfurón metil ($P \leq 0.05$), sin diferencia entre estos dos últimos. En RC2, el herbicida Isoxaflutole fue el mejor, aunque solo superó significativamente a Halosulfurón metil. Esto sugiere que Isoxaflutole mantuvo su efectividad en el control de malezas por más tiempo. El tratamiento con este mismo herbicida presentó el mejor rendimiento total, el cual fue estadísticamente igual al testigo, aunque de estos dos tratamientos solo el Isoxaflutole superó significativamente ($P \leq 0.05$) a los otros herbicidas. Como se puede apreciar en el mismo cuadro, ningún tratamiento tuvo efecto significativo sobre el tamaño de fruto (evaluado como P10FC1, P10FC2 y PP10FAC),

Table 2. Means of treatments of the six variables evaluated in husk tomato (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.).

Cuadro 2. Medias de tratamientos de las seis variables evaluadas en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.).

Treatment / Tratamiento	YC1 ¹ / RC1 ¹	YC2 / RC2	TYP / RTP	W10FC1 / P10FC1	W10FC2 / P10FC2	AW10FBC / PP10FAC
	(g·plant ⁻¹ /g·planta ⁻¹)			(g)		
Clean control / Testigo limpio	0.811 a ^z	0.216 ab	1.027 ab	537.2 a	442.2 a	489.7 a
Bensulide / Bensulide	0.585 b	0.256 ab	0.841 b	536.3 a	386.3 a	461.3 a
Isoxaflutole / Isoxaflutole	0.801 a	0.329 a	1.130 a	538.8 a	373.4 a	456.4 a
Halosulfuron-methyl / Halosulfurón metil	0.394 b	0.160 b	0.554 c	489.7 a	330.6 a	410.2 a
LSD / DMSH	0.197	0.133	0.208	139.4	114.7	99.4

¹YC1 = yield per plant in cut one; YC2 = yield per plant in cut two; TYP = total yield per plant. W10FC1 = weight of 10 fruits in cut one; W10FC2 = weight of 10 fruits in cut two; AW10FBC = average weight of 10 fruits in both cuts combined; LSD = least significant difference. ^zMeans with the same letter within each column do not differ statistically (Tukey, $P \leq 0.05$)./

¹RC1 = rendimiento por planta en el corte uno; RC2 = rendimiento por planta en el corte dos; RTP = rendimiento total por planta. P10FC1 = peso de 10 frutos en el corte uno; P10FC2 = peso de 10 frutos en el corte dos; PP10FAC = peso promedio de 10 frutos de ambos cortes; DMSH = diferencia mínima significativa honesta.

²Medias con la misma letra dentro de cada columna no difieren estadísticamente (Tukey, $P \leq 0.05$).

Table 3. Weeds found in the never-weeded control of husk tomato (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.)**Cuadro 3. Malezas encontradas en el testigo enmalezado de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.)**

Common name / Nombre común	Scientific name / Nombre científico	Number of individuals / Número de individuos
Oat / Avena	<i>Avena sativa</i> L.	9
Coco-grass / Coquillo	<i>Cyperus rotundus</i> L.	660
Chayotillo / Chayotillo	<i>Sicyos deppei</i> G. Don	1
Cheeseweed / Malva	<i>Malva parviflora</i> L.	737
Red-root amaranth / Quelite	<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	977
Buffalobur nightshade / Mala mujer	<i>Solanum rostratum</i> D.	1,143
Common purslane / Verdolaga	<i>Portulaca oleracea</i> L.	1,101

of each species. As can be seen, the most abundant species were buffalobur nightshade, common purslane and red-root amaranth, followed by cheeseweed and coco-grass, while oat and chayotillo were scarce. However, the last one is relevant due to its climbing growth habit, as a single plant can cover a large part of the cultivated area.

Weed control and selectivity

In the results obtained with the Friedman test (Table 4), it can be seen that in the seven weeds found there was an effect of the treatments on the number of individuals per experimental unit ($P < 0.01$). When this is found, it is expected that the greatest number of individuals will be in the weed control and that it will decrease with the application of herbicides. Weed density was also affected by the treatments evaluated. Since a significant effect on this variable was found, the desirable treatment will be the one with the lowest density, as this decreases competition for space, water and nutrients.

In general, the population of different weed species was reduced with the application of herbicides. For cheeseweed, red-root amaranth, buffalobur nightshade and common purslane, which were the four weeds with the highest number of individuals in the never-weeded control, the best control was obtained with Isoxaflutole; consequently, this efficiency resulted in a lower weed density (Table 4). For its part, the coco-grass population decreased almost by half with the application of both Bensulide and Halosulfuron-methyl. In the case of oat, the treatment with Isoxaflutole yielded the same number of individuals as the never-weeded control, while with Bensulide and Halosulfuron-methyl it doubled, which is contrary to expectations. A similar phenomenon occurred with chayotillo, as the number of individuals of this species was not statistically different between the never-weeded control and the Bensulide treatment,

por lo que las diferencias en rendimiento se pueden explicar por el amarre de fruto, que debió ser superior en las plantas con menor competencia con maleza.

En las tres variables de rendimiento (RC1, RC2 y RTP), los resultados obtenidos con Isoxaflutole son notoriamente superiores a los obtenidos con los otros dos herbicidas, y en ningún caso diferentes a los del testigo limpio. Por lo anterior, se considera que el Isoxaflutole fue el mejor ingrediente activo para el control de malezas en tomate de cáscara, ya que fue igual de efectivo que el deshierbe manual.

Identificación de malezas

En el Cuadro 3 se presenta una lista de las especies de maleza encontradas en el testigo siempre enmalezado y el número de individuos de cada especie. Como se puede observar, las especies más abundantes fueron mala mujer, verdolaga y quelite, seguidas de malva y coquillo, mientras que la avena y el chayotillo fueron escasos. Sin embargo, esta última es relevante debido a su hábito de crecimiento trepador, ya que una sola planta puede llegar a cubrir gran parte de la superficie cultivada.

Control de malezas y selectividad

En los resultados obtenidos con la prueba de Friedman (Cuadro 4), se observa que en las siete malezas encontradas hubo efecto de los tratamientos sobre el número de individuos por unidad experimental ($P < 0.01$). Al encontrar dicho efecto se espera que el mayor número de individuos se encuentre en el testigo enmalezado y que disminuya con la aplicación de herbicidas. La densidad de maleza también se vio afectada por los tratamientos evaluados. Dado que se encontró efecto significativo sobre esta variable, el tratamiento deseable será aquel que presente la menor densidad, ya que esto disminuye la competencia por espacio, agua y nutrientes.

Table 4. Friedman test for the effect of treatments, and multiple comparison of rank sums for the number of individuals of seven weed species and weed density in husk tomato (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.).

Cuadro 4. Prueba de Friedman para el efecto de tratamientos, y comparación múltiple de rangos para el número de individuos de siete especies de maleza y densidad de maleza en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.).

Treatment / Tratamiento	Oat / Avena (<i>Avena sativa</i> L.)		Coco-grass / Coquillo (<i>Cyperus rotundus</i> L.)		Chayotillo (<i>Sicyos deppei</i> G. Don)		Cheeseweed / Malva (<i>Malva parviflora</i> L.)	
	Ind ¹	Ri	Ind	Ri	Ind	Ri	Ind	Ri
Never-weeded control / Testigo enmalezado	9	20.5 b ^z	660	40.0 a	1	16.5 c	737	40.0 a
Bensulide	18	30.0 a	331	18.0 c	2	18.5 c	136	19.0 c
Isoxaflutole	9	19.5 b	413	27.5 b	7	26.0 b	80	12.0 d
Halosulfuron methyl / Halosulfurón metil	16	30.0 a	320	14.5 c	29	39.0 a	284	29.0 b
LSD _F / DMS _F		7.8		5.3		4.8		4.1
Tc		4.7 **		39.3 **		38.1 **		74.3 **
	Red-root amaranth / Quelite (<i>Amaranthus retroflexus</i> L.)		Buffalobur nightshade / Mala mujer (<i>Solanum rostratum</i> D.)		Common purslane / Verdolaga (<i>Portulaca oleracea</i> L.)		Weed density (plants·m ⁻²) / Densidad de maleza (plantas·m ⁻²)	
	Ind	Ri	Ind	Ri	Ind	Ri	Valor / Value	Ri
Never-weeded control / Testigo enmalezado	977	40.0 a	1143	40.0 a	1101	40.0 a	55.1	40.0 a
Bensulide	329	26.0 b	61	22.0 c	103	21.5 c	11.7	22.0 c
Isoxaflutole	115	10.0 c	0	10.0 d	0	10.0 d	7.4	10.0 d
Halosulfuron methyl / Halosulfurón metil	292	24.0 b	363	28.0 b	226	28.5 b	18.2	28.0 b
LSD _F / DMS _F		3.9		3.2		2.5		3.2
Tc		84.8 **		131.6 **		208.3 **		131.6 **

¹Ind = number of individuals; Ri = assigned rank total in the Friedman test; Tc = calculated Friedman test statistic value; LSD_F = least significant difference for Friedman test ranks. ^zRanks with the same letter within each column, for each species, do not differ statistically ($P \leq 0.05$); ** = significant with $P \leq 0.01$.

¹Ind = número de individuos; Ri = total del rango asignado en la prueba de Friedman; Tc = valor calculado del estadístico de prueba de Friedman; DMS_F = diferencia mínima significativa para rangos de la prueba de Friedman. ^zRangos con la misma letra dentro de cada columna, para cada especie, no difieren estadísticamente ($P \leq 0.05$); ** = significativo con $P \leq 0.01$.

but increased slightly with Isoxaflutole and grew drastically with Halosulfuron-methyl.

In the last two species described, the increase in the number of individuals with some treatments is explained by the fact that these herbicides are not effective in controlling those particular species, but they are for others. Therefore, when the competition of the species in question is eliminated, they can be developed more fully. The most drastic case occurred with Halosulfuron-methyl on chayotillo, as it is highly invasive due to its climbing growth habit, and in this case the number of individuals grew to such an extent that the plots were practically covered.

Description of the behavior of each herbicide

Provence 75 GD® (Isoxaflutole). This herbicide was applied in post-transplant in a band and directed to the

En general, la población de las diferentes especies de maleza se redujo con la aplicación de herbicidas. Para malva, quelite, mala mujer y verdolaga, que fueron las cuatro malezas con mayor número de individuos en el testigo enmalezado, el mejor control se obtuvo con Isoxaflutole; consecuentemente, esta eficiencia se trasladó a una menor densidad de maleza (Cuadro 4). Por su parte, la población de coquillo disminuyó prácticamente a la mitad con la aplicación tanto de Bensulide como de Halosulfurón metil. En el caso de la avena, el tratamiento con Isoxaflutole arrojó el mismo número de individuos que el testigo enmalezado, mientras que con Bensulide y Halosulfurón metil este se duplicó, lo cual es contrario a lo que se esperaba. Un fenómeno similar ocurrió con chayotillo, ya que el número de individuos de esta especie no fue estadísticamente diferente entre el testigo enmalezado y el tratamiento con Bensulide, pero incrementó ligeramente con Isoxaflutole y creció drásticamente con Halosulfurón metil.

base of the plant. When applied in pre-emergence of the weeds, it showed good control of broadleaf weeds, but did not control oat or coco-grass, and had partial control of chayotillo, which could be due to the escape caused by band application. The use of this herbicide in husk tomato is safe, since it was applied on the row of plants and did not show any damage, which makes it selective for this crop in post-transplant, which coincides with what was reported by Pérez-Moreno et al. (2014). An additional observation is that in the area where the herbicide was prepared and the spray backpack was calibrated, there were grasses, which died after the application, so its effectiveness in the control of grasses is evident.

Prefar 480 E® (Bensulide). Its application was made in a band directed to the base of the plant and in the borders of the row of plants. This herbicide efficiently controlled chayotillo, but did not control oat, and had partial control of broadleaf weeds (cheeseweed, red-root amaranth, buffalobur nightshade and common purslane) and coco-grass. There was no damage to the crop, as also reported by Pérez-Moreno et al. (2014) and Roque et al. (1995).

Sempre 75 GD® (Halosulfuron-methyl). In general, it did not show good weed control and was toxic to the husk tomato when it was applied on the plant. In particular, it had an effect on coco-grass, so it is a valuable product for the control of this weed in the husk tomato, as long as it is applied in a band and directed to the base of the plant, as also suggested by Urzúa et al. (2009).

Strategy for weed control in husk tomato

Husk tomato is a crop sensitive to excess moisture in the soil, a condition in which it is attacked by fungi such as *Fusarium oxysporum*; therefore, it is necessary to make two crops and a hilling in order to promote aeration of the roots, in addition to controlling weeds between plant rows, but not within them. In this context, a strategy for effective weed control in husk tomato established by transplant could consist of the following: make a total application of Isoxaflutole in pre- or post-transplant, carry out three cultivation tasks and after the third one (approximately 40 dat) apply the herbicide in a band to "seal" the soil. It is essential that the soil has sufficient moisture or is irrigated after application to ensure that the herbicide acts efficiently. For rainfed conditions it is recommended to apply the herbicide after a rain. In soils where coco-grass is a major weed, it is recommended to apply Isoxaflutole plus Bensulide or Halosulfuron-methyl in pre-transplant.

It is important to note that Isoxaflutole is not sold in Mexico, but can be imported as Provence 75 GD® from Brazil or as Merlin 75 GD® from Central America, where it is used in sugarcane.

En las últimas dos especies descritas, el incremento en el número de individuos con algunos tratamientos se explica porque dichos herbicidas no son efectivos para controlar esas especies en particular, pero sí lo son para otras. Por lo tanto, cuando se elimina la competencia de las especies en cuestión, estas se pueden desarrollar más plenamente. El caso más drástico se dio con Halosulfurón metil sobre chayotillo, ya que es altamente invasiva debido a su hábito de crecimiento trepador, y en este caso el número de individuos creció a tal grado que las parcelas quedaron prácticamente cubiertas.

Descripción del comportamiento de cada herbicida

Provence 75 GD® (Isoxaflutole). Este herbicida se aplicó en post-trasplante en banda y dirigido a la base de la planta. Al aplicarlo en pre-emergencia de la maleza, presentó un buen control de malezas de hoja ancha, pero no controló avena ni coquillo, y tuvo un control parcial de chayotillo, el cual pudo deberse al escape ocasionado por la aplicación en banda. El uso de este herbicida en tomate de cáscara es seguro, ya que se aplicó sobre la hilera de plantas y no presentaron daño alguno, lo que lo hace selectivo para este cultivo en post-trasplante, lo cual coincide con lo reportado por Pérez-Moreno et al. (2014). Una observación adicional es que en la zona donde se preparó el herbicida y se calibró la mochila aspersora había presencia de gramíneas, mismas que se murieron después de la aplicación, por lo que se advierte su efectividad en el control de gramíneas.

Prefar 480 E® (Bensulide). Su aplicación se realizó en banda dirigida a la base de la planta y en los bordos sobre la hilera de plantas. Este herbicida controló eficientemente el chayotillo, pero no controló avena, y tuvo un control parcial de malezas de hoja ancha (malva, quelite, mala mujer y verdolaga) y de coquillo. No presentó daños al cultivo, como también lo reportan Pérez-Moreno et al. (2014) y Roque et al. (1995).

Sempre 75 GD® (Halosulfurón metil). En general, no presentó un buen control de maleza y fue tóxico para el tomate de cáscara cuando se aplicó sobre la planta. En particular, tuvo efecto sobre coquillo, por lo que es un producto de valor para el control de esta maleza en el tomate de cáscara, siempre y cuando se aplique en banda y dirigido a la base de la planta, como también lo sugieren Urzúa et al. (2009).

Estrategia de control de maleza en tomate de cáscara

El tomate de cáscara es un cultivo sensible al exceso de humedad en el suelo, condición en la que es atacado por hongos como *Fusarium oxysporum*; por ello, es necesario hacer dos cultivos y un aporque con el propósito de favorecer la aireación de las raíces, además de controlar las malezas entre las hileras de plantas del cultivo,

Conclusions

The herbicide with the best chemical control of weeds in husk tomato was Isoxaflutole, since it significantly reduced the population of most of the weeds found and did not affect the yield with respect to the always clean control.

Isoxaflutole is a selective herbicide for husk tomato, although it does not control coco-grass (*Cyperus esculentus* L.) or oat (*Avena sativa* L.), and only partially controls chayotillo (*Sicyos deppei* G. Don).

The alternatives for controlling coco-grass in husk tomato are Bensulide and Halosulfuron-methyl, although the latter is not selective to tomato and must be applied in a band.

End of English version

References / Referencias

- Abak, K., Guller, H. Y., Sari, N., & Paksoy, M. (1994). Earliness and yield of *Physalis* (*P. ixocarpa* Brot. and *P. peruviana* L.) in greenhouse, low tunnel and open field. *Acta Horticulturae*, 366, 301-306. doi: 10.17660/ActaHortic.1994.366.37
- Conover, W. J. (1999). *Practical nonparametric statistics*. New York, USA: John Wiley & Sons.
- Legge, A. P. (1974). Notes on the history, cultivation and uses of *Physalis peruviana* L. *Journal of the Royal Horticultural Society*, 99(7), 310-314.
- Peña-Lomelí, A., & Márquez-Sánchez, F. (1990). Mejoramiento genético en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Revista Chapingo*, 71-72, 84-88.
- Peña-Lomelí, A., Molina-Galán, J. D., Sahagún-Castellanos, J., Ortiz-Cereceres, J., Márquez-Sánchez, F., Cervantes-Santana, T., & Santiaguillo-Hernández, J. F. (2008). Parámetros genéticos en la variedad CHF1 Chapingo de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 14(1), 5-11. doi: 10.5154/r.rchsh.2006.11.046
- Peña-Lomelí, A., Ponce-Valerio, J. J., Sánchez-del Castillo, F., & Magaña-Lira, N. (2014). Desempeño agronómico de variedades de tomate de cáscara en invernadero y campo abierto. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 37(4), 381-391. Retrieved from <https://www.revistafitotecniamexicana.org/documentos/37-4/9a.pdf>
- Peña-Lomelí, A., Santiaguillo-Hernández, J. F., & Magaña-Lira, N. (2007). Recursos y mejoramiento genético de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). In: Bautista, N., & Chavarín, C. (Eds.), *Producción de tomate de cáscara* (pp: 31-71). México: Colegio de Postgraduados.
- Pérez-Moreno, L., Castañeda-Cabrera, C., Ramos-Tapia, M., & Tafoya-Razo, J. A. (2014). Control químico preemergente

pero no dentro de las mismas. En este contexto, una estrategia para el control efectivo de malezas en tomate de cáscara establecido por trasplante podría consistir en lo siguiente: hacer una aplicación total de Isoxaflutole en pre o post-trasplante, realizar tres labores de cultivo y después de la tercera labor (aproximadamente 40 ddt) aplicar el herbicida en banda para "sellar" el suelo. Es indispensable que el suelo tenga suficiente humedad o dar un riego después de la aplicación para garantizar que el herbicida actúe eficientemente. Para condiciones de temporal se recomienda aplicar el herbicida después de una lluvia. En suelos donde el coquillo es una maleza importante, se recomienda aplicar Isoxaflutole más Bensulide o Halosulfurón metil en pre-trasplante.

Es importante señalar que el Isoxaflutole no está a la venta en México, pero se puede importar como Provence 75 GD® desde Brasil o como Merlín 75 GD® desde Centroamérica, países donde se usa en caña de azúcar.

Conclusiones

El herbicida con el mejor control químico de malezas en tomate de cáscara fue Isoxaflutole, ya que redujo significativamente la población de la mayoría de las malezas encontradas y no afectó el rendimiento respecto del testigo siempre limpio.

El Isoxaflutole es un herbicida selectivo para el tomate de cáscara, aunque no controla coquillo (*Cyperus esculentus* L.) ni avena (*Avena sativa* L.), y controla parcialmente chayotillo (*Sicyos deppei* G. Don).

Las alternativas para el control de coquillo en tomate de cáscara son Bensulide y Halosulfurón metil, aunque este último no es selectivo al tomate y debe aplicarse forzosamente en banda.

Fin de la versión en español

- de la maleza en tomate de cáscara. *Interciencia*, 39(6), 422-427. Retrieved from <https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2017/11/422-c-P%C3%89Z-MORENO-6.pdf>
- Roque, A., Pedro, R., & Peña-Lomelí, A. (1995). Evaluación de herbicidas en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 1(4), 101-103. doi: 10.5154/r.rchsh.1994.07.048
- Santiaguillo-Hernández, J. F., Cedillo-Portugal, E., & Cuevas-Sánchez, J. A. (2010). *Distribución geográfica del Physalis spp. en México*. México: UACH-Prometeo Editores.
- Santiaguillo-Hernández, J. F., Vargas-Ponce, O., Grimaldo-Juárez, O., Magaña-Lira, N., Caro-Velarde, F., Peña-Lomelí, A., & Sánchez-Martínez, S. (2012). *Diagnóstico*

- del tomate de cáscara*. México: Universidad Autónoma Chapingo. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/283492117_Diagnostico_del_Tomate_de_Cascara
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2015). Retrieved November 9, 2015 from <https://www.gob.mx/siap>
- Steiner, A. A. (1984). The universal nutrient solution. *Proceedings 6th international congress on soils culture* (pp. 633-650). The Netherlands: Wageningen.
- Urzúa, F., Medina, J. L., de la Rosa, E., & Fernández, M. A. (2009). Control químico de malezas en el cultivo de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) en Chapingo, México. *Memoria de resúmenes del XXX congreso de la Asociación Mexicana de Ciencias de la Maleza* (pp. 39). México: Asociación Mexicana de Ciencias de la Maleza Retrieved from <https://sites.google.com/site/xxxcongresoasomecima/memoria-de-resumenes-1?tmpl=%2Fsystem%2Fapp%2Ftemplates%2Fprint%2F&showPrintDialog=1>