

Efecto del volumen y el pH del agua en el control de *Ixophorus unisetus* (J. Presl.) Schltdl. con glifosato*

Effect of volume and pH of water to control *Ixophorus unisetus* (J. Presl) Schltdl. with glyphosate

Valentín A. Esqueda Esquivel^{1§} y Oscar Hugo Tosquy Valle¹

¹Campo Experimental Cotaxtla-INIFAP. Carretera Veracruz-Córdoba, km 34 Municipio de Medellín, Veracruz. [§]Autor para correspondencia: esqueda.valentin@inifap.gob.mx.

Resumen

Se establecieron dos experimentos para determinar el efecto del volumen y pH del agua de dispersión en el control del zacate *Ixophorus unisetus* con varias dosis del herbicida glifosato. Los experimentos se establecieron en Medellín, Veracruz, México, en diseño experimental bloques al azar con cuatro repeticiones y arreglo de tratamientos en parcelas divididas. En ambos experimentos, las parcelas grandes correspondieron a tres dosis de glifosato (267, 356 y 712 g ha⁻¹), mientras que las parcelas chicas en el experimento 1, correspondieron a cuatro volúmenes de aplicación (133, 217, 294 y 370 L ha⁻¹) y en el experimento 2 a cuatro niveles de pH (5, 6, 7 y 8). Se evaluó el control de *I. unisetus* a los 7, 15 y 30 días después de la aplicación (DDA) y se determinó el peso seco de su parte aérea a los 30 DDA. Con la aplicación de glifosato a 712 g ha⁻¹ se obtuvieron los controles más altos de *I. unisetus*. La efectividad de este herbicida fue mayor cuando se aplicó con un volumen de agua de 217 ó 294 L ha⁻¹ o el pH de ésta varió entre 5 y 7. El control de *I. unisetus* se redujo con la dosis de 267 g ha⁻¹, al utilizar un volumen de agua de 370 L ha⁻¹ o cuando el pH del agua fue de 8. El peso seco de *I. unisetus* fue significativamente menor con las dosis de 356 y 712 g ha⁻¹ de glifosato, mientras que el volumen y el pH del agua no influyeron en esta variable.

Palabras clave: *Ixophorus unisetus*, control químico, peso seco.

Abstract

Two experiments were established to determine the effect of volume and pH of spray water in controlling grass *Ixophorus unisetus* with various doses of the herbicide glyphosate. The experiment was located in Medellín, Veracruz, Mexico, in a randomized block design with four replications and arrangement of treatments in a split plot. In both experiments, large plots corresponded to three doses of glyphosate (267, 356 and 712 g ha⁻¹), while the split plots in experiment 1, corresponded to four volumes of application (133, 217, 294 and 370 L ha⁻¹) and on experiment 2 four pH levels (5, 6, 7 and 8). Control of *I. unisetus* at 7, 15 and 30 days after application (DAA) was evaluated and the dry weight of the aerial parts at 30 DAA were determined. The application of glyphosate at 712 g ha⁻¹ had the highest control of *I. unisetus*. The effectiveness of the herbicide was greater when applied with a water volume of 217 or 294 L ha⁻¹ or the pH of this varied between 5 and 7. Control of *I. unisetus* was reduced with a dose of 267 g ha⁻¹, using a water volume of 370 L ha⁻¹ or when pH of water was 8. Dry weight of *I. unisetus* was significantly lower with doses of 356 and 712 g ha⁻¹ of glyphosate, whereas the volume and pH of water had no influence on this variable.

Keywords: *Ixophorus unisetus*, chemical control, dry weight.

* Recibido: junio de 2014
Aceptado: octubre 2014

Introducción

El glifosato [N-(fosfonometil) glicina] es un herbicida del grupo químico de los ácidos fosfónicos que inhibe a la enzima enol-piruvil-shikimato-fosfato sintetasa, lo que resulta en el bloqueo de la síntesis de aminoácidos aromáticos (Alibhai y Stallings, 2001), que conduce eventualmente a la muerte de las plantas. Por ser un herbicida sistémico, no selectivo, y que no deja residuos tóxicos en el suelo (Wibawa *et al.*, 2009), se utiliza extensivamente para el control de malezas anuales y perennes en los sistemas de labranza de conservación, cultivos frutales e industriales, áreas no cultivables, orillas de caminos y vías férreas (Ekboir, 2003; Parreira *et al.*, 2010). Con el desarrollo de cultivos transgénicos resistentes a este herbicida, se ha incrementado su uso en gran medida, pues se utiliza como parte medular del control de malezas (Dill *et al.*, 2008; Green, 2009), por lo que en la actualidad se considera el herbicida que más impacto tiene en la agricultura (Duke y Powless, 2008).

La efectividad del glifosato está influenciada por diversos factores; por ejemplo, numerosos estudios indican que al aplicarlo en volúmenes de agua bajos, se obtienen mejores controles de malezas que cuando el volumen es alto (Jordan 1981; Buhler y Burnside, 1983; Ramsdale *et al.*, 2003; Kogan y Alister, 2008). En un estudio realizado en cámara de crecimiento con cebada, O'Sullivan *et al.* (1981) encontraron que al incrementar los volúmenes de aplicación de 110 a 550 L ha⁻¹, se redujo la efectividad del glifosato a las dosis de 0.14 y 0.28 kg ha⁻¹, en comparación con las dosis de 0.56 y 0.84 kg ha⁻¹. Sin embargo, en el cultivo de caña de azúcar, Rodrigues *et al.* (2011) encontraron que el volumen asperjado no tuvo efecto en el grado de control de *Digitaria insularis* (L.) Fedde por este herbicida.

Por otra parte, el pH del agua en que se mezclan los herbicidas, interfiere con su actividad, solubilidad y facilidad de penetración de la cutícula (Green y Cahill, 2003), encontrándose como regla general, que en agua con pH ácido a ligeramente ácido (4 a 6.5), las moléculas atraviesan las membranas con mayor facilidad, por lo que se incrementa su eficacia (Nalewaja y Matysiak, 1993; Whitford *et al.*, 2009). Sin embargo, para glifosato existen resultados contrastantes, ya que en *D. insularis* y *Chloris polydactyla* (L.) Sw. (Valensuela *et al.* 2010) y *Cynodon nlemfuensis* Vanderyst (Gómez *et al.*, 2006)

Introduction

Glyphosate [N-(phosphonomethyl) glycine] is an herbicide from the chemical group of phosphonic acid that inhibits enzyme enol pyruvyl-shikimate-phosphate synthase, which results in blocking the synthesis of aromatic amino acids (Alibhai and Stallings, 2001), leading to death of plants. As a non-selective herbicide, and that does not leave toxic residues in the soil (Wibawa *et al.*, 2009), it is extensively used to control annual and perennial weeds in conservation tillage systems, fruits and industrial crops, non-arable areas, along roads and railways (Ekboir, 2003; Parreira *et al.*, 2010). With the development of transgenic crops with resistance to this herbicide, its use has been increasing greatly, as it is used for weed control (Dill *et al.*, 2008; Green, 2009), which is currently considered the herbicide with the greatest impact in agriculture (Duke and Powless, 2008).

The effectiveness of glyphosate is influenced by several factors; for example, numerous studies indicate that when applied in low water volumes, there is a good weed control, than having high volumes (Jordan 1981; Buhler and Burnside, 1983; Ramsdale *et al.*, 2003; Alister and Kogan, 2008). In a study conducted in a growth chamber with barley, O'Sullivan *et al.* (1981) found that increasing the volume of application from 110 to 550 L ha⁻¹, the effectiveness of glyphosate at rates of 0.14 and 0.28 kg ha⁻¹ was reduced, in comparison to doses of 0.56 and 0.84 kg ha⁻¹. However, in sugar cane crops, Rodrigues *et al.* (2011) found that the sprayed volume had no effect on the degree of control of *Digitaria insularis* (L.) Fedde by this herbicide.

Moreover, pH of water in which herbicides are mixed, interfere with their activity, solubility and ease of penetration of the cuticle (Green and Cahill, 2003), finding as general rule, that in water with acid to slightly acid pH (4 to 6.5), the molecules pass through the membrane more easily, therefore its effectiveness increases (Nalewaja and Matysiak 1993; Whitford *et al.*, 2009). However, there are contrasting results for glyphosate, as in *D. insularis* and *Chloris polydactyla* (L.) Sw. (Valensuela *et al.*, 2010) and *Cynodon nlemfuensis* Vanderyst (Gomez *et al.*, 2006) found no effect of pH in the effectiveness of the herbicide when the same dose was used, whereas *Panicum repens* L., Shilling and Haller (1989) indicated that using water with calcium ions, reduce pH from 8 to 6, decreasing antagonistic effects

no se encontró efecto del pH de la solución aplicada en la efectividad de este herbicida cuando se utilizó una misma dosis, mientras que con *Panicum repens* L., Shilling y Haller (1989), indicaron que al utilizar agua con iones de calcio, la reducción del pH de 8 a 6, disminuyó los efectos antagónicos de este elemento con el glifosato e incrementó su actividad, y Leiva (2010) indicó que con una solución de pH de 8, el control de *Sorghum halepense* (L.) Pers. con glifosato a 1.5 L ha⁻¹ fue de 20%, mientras que al reducirlo a pH de 5, el control se incrementó a 90%.

Asimismo, García y Sánchez (2005) determinaron que el control de *Brachiaria extensa* Chase fue significativamente mayor al aplicar este herbicida a 3 L ha⁻¹ en soluciones con pH de 4, 5 y 6, que en aquellas con pH de 7, 8 o 9. Sin embargo, esta respuesta no se encontró en *Echinochloa colona* (L.) Link, ni en *Euphorbia heterophylla* L.

Algunos estudios indican que una dosis determinada de glifosato puede ser eficiente para controlar una especie de maleza, pero no para otras (De Souza y Victoria, 2004; Puricelli y Faccini, 2009), por lo que para tener bases sólidas en la implementación de un programa confiable de control de malezas en los diferentes sistemas agrícolas, es necesario realizar estudios sobre los factores que afectan el comportamiento del glifosato en malezas específicas de importancia regional o nacional.

El zacate pitillo [*Ixophorus unisetus* (J. Presl.) Schltldl.] es una especie de la familia Poaceae, de ciclo de vida anual o perenne de vida corta (Kellogg *et al.*, 2004). Es nativo del centro y sureste de México, en donde se ha documentado su presencia en los estados de Chiapas, Colima, Guanajuato, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Puebla, Quintana Roo y Veracruz (Villaseñor y Espinosa, 1998). Se presenta en los cultivos de maíz, frijol, soya, arroz, caña, cítricos, estropajo, frutales, hortalizas, mango, melón, papaya, plátano y sorgo (Cano y López, 1996; Esqueda *et al.*, 1997; Villaseñor y Espinosa, 1998), y es la especie más importante en las plantaciones de agave tequilero (Salamanca y Medina, 2007).

Considerando los diversos factores de aplicación que afectan la efectividad del glifosato, y la importancia de *I. unisetus* como maleza en los sistemas agrícolas del país, se establecieron dos experimentos con el objetivo de determinar el efecto que tienen el volumen y el pH del agua, utilizados para el control de esta especie con diferentes dosis de glifosato.

of this element with glyphosate and increases its activity, and Leiva (2010) indicated that in a solution with pH 8, the control of *Sorghum halepense* (L.) Pers. with glyphosate at 1.5 L ha⁻¹ was 20%, while reducing it to a pH of 5, control increased to 90%.

Also, García and Sánchez (2005) found that control of *Brachiaria extensa* Chase was significantly higher when applying this herbicide at 3 L ha⁻¹ in solutions with pH 4, 5 and 6, than those with pH 7, 8 or 9. However, this response was not found in *Echinochloa colona* (L.) Link and nor on *Euphorbia heterophylla* L.

Some studies indicate that a given dose of glyphosate can be effective to control a weed species, but not others (De Souza and Victoria, 2004; Puricelli and Faccini, 2009), so to have a solid foundation in the implementation of a reliable weed control program in different farming systems, is necessary to develop studies on the factors that affect the behavior of glyphosate in specific weeds of regional or national importance.

Mexican grass [*Ixophorus unisetus* (J. Presl.) Schltldl] is a species of Poaceae family; it can be annual or perennial (Kellogg *et al.*, 2004). It is native to central and southern Mexico, its presence has been documented in Chiapas, Colima, Guanajuato, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Puebla, Quintana Roo and Veracruz (Villaseñor and Espinosa, 1998). Is present in crops of maize, beans, soy, rice, sugar cane, citrus, fruits, vegetables, mango, melon, papaya, banana and sorghum (Cano and López, 1996; Esqueda *et al.*, 1997; Villaseñor and Espinosa, 1998), and is the most important specie in agave plantations (Salamanca and Medina, 2007).

Considering various factors of application that affect the effectiveness of glyphosate, and the importance of *I. unisetus* as weed in agricultural systems of the country, two experiments were established in order to determine the effect that volume and pH of water have to control this species with different dosages of glyphosate.

Materials and methods

Two experiments under rainfed conditions were established on the experimental field of Cotaxtla (CECOT) from the National Institute of Forestry, Agriculture and Livestock

Materiales y métodos

Se establecieron dos experimentos bajo condiciones de temporal en terrenos del Campo Experimental Cotaxtla (CECOT) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), localizado en el municipio de Medellín, Veracruz, México, a 18° 56' 13.06" de latitud norte, 96° 11' 44.90" de longitud oeste, a una altitud de 18 msnm. Se seleccionó un lote con infestación natural de *I. unisetus* equivalente a una población de 5 270 000 plantas ha⁻¹.

Cada experimento se estableció en diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones y arreglo de tratamientos en parcelas divididas. En ambos experimentos, las dimensiones de cada parcela chica fueron de 5 m de largo * 2 m de ancho (10 m²), mientras que cada parcela grande midió 5 m de largo * 8 m de ancho (40 m²). Las parcelas grandes correspondieron a tres dosis de glifosato (267, 356 y 712 g ha⁻¹), mientras que las parcelas chicas en el experimento 1, correspondieron a cuatro volúmenes de agua asperjada (133, 217, 294 y 370 L ha⁻¹) y en el experimento 2, a cuatro niveles de pH del agua de aspersión (5, 6, 7 y 8).

En el experimento 1 se utilizó agua con pH de 7.43, proveniente de un pozo ubicado en el CECOT; a su vez, en el experimento 2, al agua se le adicionó la cantidad necesaria de un producto comercial formulado con al menos 32% de acidificantes y reguladores de pH orgánicos, y 38% de polialcoholes y glicoles, con acción dispersante, penetrante y antiespumante (PLM, 2011), hasta obtener los valores de pH de 5, 6 y 7; por su parte, el pH de 8, se obtuvo añadiendo hidróxido de sodio. Las calibraciones del pH del agua se realizaron en el Laboratorio de Suelos, Agua y Planta del CECOT, con un potenciómetro de mesa equipado con un electrodo combinado marca Corning modelo 220.

Los tratamientos se aplicaron con un aspersor motorizado de mochila, equipado con un aguilón de dos boquillas de abanico plano, separadas a 50 cm. En el experimento de volúmenes de agua, se utilizaron las puntas de abanico plano Tee jet 8001, 8002, 8003 y 8004, con las cuales se obtuvieron los gastos indicados anteriormente; a su vez, en el experimento para determinar el efecto del pH del agua, se utilizaron puntas de abanico plano (Tee jet 8003), que proporcionaron un gasto equivalente a 241 L ha⁻¹. La anchura de aplicación fue de 1.6 m, por lo que en ambos lados de cada unidad experimental se tuvieron franjas de 0.2 m con plantas de *I. unisetus* sin aplicar, que se utilizaron como

(INIFAP), located in the town of Medellín, Veracruz, Mexico, at 18° 56' 13.06" north latitude, 96° 11' 44.90" west longitude, at an altitude of 18 masl. A piece of land with natural infestation of *I. unisetus* equivalent to a population of 5.27 million plants ha⁻¹ was selected.

Each experiment was established in a randomized block design with four replications and arrangement of treatments in a split plot. In both experiments, the dimensions of each subplots were 5 m long * 2 m wide (10 m²), while each large plot measured 5 m long * 8 m wide (40 m²). Large plots corresponded to three doses of glyphosate (267 356 and 712 g ha⁻¹), while split plots in experiment 1, corresponded to four volumes of sprayed water (133 217, 294 and 370 L ha⁻¹) and in experiment 2, four pH levels of sprayed water (5, 6, 7 and 8).

Experiment 1 used water with pH 7.43, from a well located in CECOT; in turn, in experiment 2, to water was added the required amount of a commercial product formulated with at least 32% of acidifying and organic pH regulators, and 38% of polyols and glycols, with dispersant action, penetrating and antifoam (PLM, 2011), until pH values of 5, 6 and 7; meanwhile, the pH 8 was obtained by adding sodium hydroxide. Calibrations for water pH were made at the Laboratory of Soil, Water and Plant from CECOT with a pH meter Corning 220 equipped with a combined electrode.

Treatments were applied with a knapsack motor sprayer, equipped with a gable of two flat nozzles, spaced at 50 cm. In the experiment of volumes of water, flat fan Tee jet 8001, 8002, 8003 and 8004 were used, with which were obtained the listed consumption mentioned before; in turn, in the experiment to determine the effect of pH of water flat fan tips (Tee jet 8003) were used, which provided a consumption equivalent to 241 L ha⁻¹. The application width was 1.6 m, so on both sides of each experimental unit stripes of 0.2 m with plants of *I. unisetus* without applying were obtained, which were used as reference (absolute control) in the process of visual evaluation (Esqueda-Esquivel and Rosales-Robles, 2013). At the time of application, the height of *I. unisetus* was between 22.15 and 32.5 cm, with an average of 28.85 cm.

Control evaluations of *I. unisetus* were performed at 7, 15 and 30 days after application (DAA), visually comparing plants of this species in the treated area of

referencia (testigo absoluto) en el proceso de evaluación visual (Esqueda-Esquivel y Rosales-Robles, 2013). Al momento de la aplicación, la altura de *I. unisetus* fue de entre 22.15 y 32.5 cm, con un promedio de 28.85 cm.

Las evaluaciones de control de *I. unisetus* se realizaron a los 7, 15 y 30 días después de la aplicación (DDA), comparando visualmente las plantas de esta especie del área tratada de cada unidad experimental, con las plantas de las áreas sin tratar situadas en ambos lados de la misma, y se otorgó un valor de acuerdo a la escala porcentual (0-100%), en donde 0, significó que las plantas no fueron afectadas, y 100, que fueron completamente eliminadas (Alemán, 2004).

A los 30 DDA, en cada una de las parcelas chicas de los dos experimentos, se utilizó al azar un cuadro de 0.5 m * 0.5 m y se cortó la parte aérea de las plantas de *I. unisetus* localizadas en su interior. Las plantas cortadas se guardaron en bolsas de papel, y se colocaron por cuatro días en un horno de secado, a una temperatura de 60 °C, para obtener el peso de la biomasa seca.

Se realizaron análisis de varianza del control de *I. unisetus* en las diferentes fechas de evaluación, y del peso seco de la biomasa aérea. Para homogenizar las varianzas, en los dos experimentos, los datos de control de *I. unisetus* se transformaron a su valor de arco seno√%, de acuerdo a lo que recomiendan Gomez y Gomez (1984). Los análisis se efectuaron con los datos transformados, utilizando el paquete estadístico de diseños experimentales versión 2.5 de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), y como prueba de separación de medias se utilizó Tukey ($p \leq 0.05$) (Olivares, 1994). Aún cuando los análisis de varianza y las pruebas de separación de medias se efectuaron con datos transformados, por motivos de claridad, los porcentajes de control se presentan con los datos originales.

Resultados y discusión

Experimento 1: dosis de glifosato y volumen de agua aplicado

En los análisis de varianza se detectaron efectos significativos ($p \leq 0.05$) en el control de *I. unisetus* en las tres épocas de evaluación, con las diferentes dosis de glifosato y volúmenes de agua asperjados.

each experimental unit, with plants from untreated areas located on both sides thereof, and given a value according to the percentage scale (0-100%), where 0 meant that the plants were not affected, and 100 that were completely eliminated (Alemán, 2004).

At 30 DAA, in each of the subplots of the two experiments, was used a random square of 0.5 m * 0.5 m and the aerial part of *I. unisetus* located inside were cut. Cut plants were stored in paper bags, and placed for four days in a drying oven at a temperature of 60 °C, to obtain dry weight biomass.

Analysis of variance for control of *I. unisetus* was performed for different dates of evaluation and for aerial dry weight biomass. To homogenize variances, in both experiments, control data of *I. unisetus* are transformed to its arc sin √% value, according to what is recommended by Gómez and Gómez (1984). Analyses were performed with transformed data, using experimental designs of statistical package 2.5 versión from the Autonomous University of Nuevo León (UANL) and as mean separation test Tukey ($p \leq 0.05$) (Olivares, 1994). Although the analysis of variance and mean separation tests were performed with transformed data, to clarify, control rates are presented with the original data.

Results and discussion

Experiment 1: glyphosate dosages and volume of applied water

In analyzes of variance significant effects ($p \leq 0.05$) were detected in control of *I. unisetus* in three times of assessment with different doses of glyphosate and volumes of sprayed water.

At 7 DAA, the highest control of *I. unisetus* was obtained by applying glyphosate at 712 g ha⁻¹, being statistically superior to the control obtained with 356 g ha⁻¹, which in turn outperformed significantly the control that provided dose of 267 g ha⁻¹. In the second evaluation (15 DAA), the dose of 712 g ha⁻¹ was close to total control of *I. unisetus* and was statistically superior to the other two doses. The application of 356 g ha⁻¹ showed control near to 92%, being significantly higher than dose of 267 g ha⁻¹, whose control

A los 7 DDA, el control más alto de *I. unisetus* se obtuvo al aplicar glifosato a 712 g ha⁻¹, siendo estadísticamente superior al control obtenido con 356 g ha⁻¹, que a su vez superó significativamente el control que proporcionó la dosis de 267 g ha⁻¹. En la segunda evaluación (15 DDA), la dosis de 712 g ha⁻¹ mostró un control casi total de *I. unisetus* y fue superior estadísticamente a las otras dos dosis. La aplicación de 356 g ha⁻¹ mostró un control cercano a 92%, superando significativamente a la dosis de 267 g ha⁻¹, cuyo control fue menor a 80%. A los 30 DDA, el control se redujo con cualquiera de las dosis aplicadas. Aún así, con la dosis mayor de glifosato se obtuvo un control cercano a 87%, mientras que con las dosis de 356 y 267 g ha⁻¹, los controles fueron menores a 70 y 50%, respectivamente. El peso de biomasa aérea seca de esta especie también varió significativamente ($p \leq 0.05$) en las diferentes dosis de glifosato. Con las dosis de 712 y 356 g ha⁻¹ se observó una disminución de 57.6 y 41.7%, respectivamente, en el peso seco de *I. unisetus* en relación al peso seco obtenido con la aplicación de 267 g ha⁻¹ (Cuadro 1).

was less than 80%. At 30 DAA, control was reduced with either dose. Still, with the highest dose of glyphosate control was close to 87%, while doses of 356 and 267 g ha⁻¹, controls were below 70 and 50%, respectively. Aerial dry weight biomass of this specie varied significantly ($p \leq 0.05$) in the different doses of glyphosate. At doses of 712 and 356 g ha⁻¹, a decrease of 57.6 and 41.7% was observed, respectively, on dry weight of *I. unisetus* in relation to dry weight obtained with the application of 267 g ha⁻¹ (Table 1).

Regarding the effect of volume of sprayed water at 7 DAA higher controls of *I. unisetus* was noted, when used from 133 to 294 L ha⁻¹, although with the last volume, had a control statistically similar to that obtained with 370 L ha⁻¹, which had least control. Moreover, at 15 DAA, was observed that the best control of *I. unisetus* was obtained when used 217 L ha⁻¹, being statistically similar to that obtained with 294 L ha⁻¹ and higher than the other two

Cuadro 1. Efecto de la dosis de glifosato y del volumen de agua aplicada en el control y peso seco de *I. unisetus* en diferentes fechas de evaluación.

Table 1. Effect of glyphosate dosages and volume of applied water in control and dry weight of *I. unisetus* at different times of evaluation.

Factor	Épocas de evaluación			Peso seco (g en 0.25 m ²)
	7 DDA	15 DDA	30 DDA	30 DDA
Dosis de glifosato (g ha ⁻¹)		Control (%)		
267	73.4 c	77.5 c	47.5 c	26.78 a
356	90.9 b	91.9 b	68.4 b	15.61 b
712	97.7 a	99.4 a	86.7 a	11.35 b
Volumen de agua (L ha ⁻¹)				
133	88.9 a	88.8 bc	69.8 ab	50.63 a
217	90.6 a	92.6 a	70.4 a	41.67 a
294	87.3 ab	91.6 ab	66.7 ab	45.91 a
370	82.5 b	85.4 c	63.3 b	48.3 a

Las letras a la derecha de los valores representan la prueba de Tukey ($p \geq 0.05$). Valores con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí. Los análisis de varianza y las pruebas de separación de medias de los datos de control se efectuaron con datos transformados, pero por motivos de claridad, los porcentajes de control se presentan con los datos originales.

Con respecto al efecto del volumen de agua asperjada, a los 7 DDA se observó el mayor control de *I. unisetus*, cuando se utilizaron desde 133 hasta 294 L ha⁻¹, aunque con este último volumen, se tuvo un control estadísticamente semejante al obtenido con 370 L ha⁻¹, con el cual se tuvo el menor control. Por otra parte, a los 15 DDA, se observó que el mejor control de *I. unisetus* se obtuvo cuando se utilizaron 217 L ha⁻¹, resultando estadísticamente similar al obtenido con 294 L ha⁻¹ y superior al de los otros dos volúmenes de agua asperjados; con la aplicación de 133 L ha⁻¹ el control

volumes of sprayed water; with the application of 133 L ha⁻¹ control was similar to that obtained when applied 370 L ha⁻¹. Finally, at 30 DAA there was a similar control of *I. unisetus* by using water volumes of 217, 133 or 294 L ha⁻¹, while spraying with 370 L ha⁻¹ had lower control of this species, although this was statistically similar to the control obtained with 133 and 294 L ha⁻¹. It is noted that the volume of applied water had no significant effect on dry weight of *I. unisetus* (Table 1).

fue semejante al obtenido cuando se aplicaron 370 L ha⁻¹. Finalmente, a los 30 DDA hubo un control semejante de *I. unisetus* al utilizar volúmenes de agua de 217, 133 ó 294 L ha⁻¹, mientras que con la aspersión de 370 L ha⁻¹ se obtuvo el menor control de esta especie, aunque éste fue estadísticamente semejante al control obtenido con 133 y 294 L ha⁻¹. Cabe indicar, que el volumen de agua aplicado no tuvo efecto significativo en el peso seco de *I. unisetus* (Cuadro 1).

A los 7 DDA se tuvo una interacción altamente significativa entre la dosis de aplicación de glifosato con el volumen de agua utilizado; específicamente, se observó que cuando se aplicó el glifosato a la dosis de 267 g ha⁻¹, se obtuvo un mayor control de *I. unisetus*, al utilizar volúmenes de agua de 217 y 133 L ha⁻¹, y el control disminuyó al aumentar el volumen de agua aplicado, aunque con el volumen más bajo, el control fue semejante a cuando se utilizaron 294 L ha⁻¹. Por otra parte, con las dosis de glifosato de 356 y 712 g ha⁻¹, no hubo diferencia en control de esta maleza al aplicar el herbicida en cualquiera de los volúmenes de agua evaluados (Cuadro 2).

At 7 DAA there was a highly significant interaction between application dosages of glyphosate with the volume of water used; specifically, it was noted that when glyphosate was applied at dose of 267 g ha⁻¹ greater control of *I. unisetus* was obtained; when using volumes of water of 219 and 133 L ha⁻¹ control decreased when increasing volume of water applied, but with the lowest volume, control was similar, when used 294 L ha⁻¹. Moreover, with glyphosate doses of 356 and 712 g ha⁻¹, there was no difference in weed control when applying the herbicide at any of the tested volumes of water (Table 2).

At 15 DAA, it was observed that when applying glyphosate at 267 g ha⁻¹, the best control of *I. unisetus* were obtained when the volumes of water used were 217 or 294 L ha⁻¹, and that by using 133 and 370 L ha⁻¹, control was significantly reduced, although using 294 L ha⁻¹ was similar to using 133 L ha⁻¹. Moreover, doses of glyphosate at 356 and 712 g ha⁻¹, controls were similar, regardless of the volume of water used (Table 2). At 30 DAA, it was noted that doses of

Cuadro 2. Efecto de la interacción entre dosis de glifosato y volumen de agua aplicada en el control de *I. unisetus*, en diferentes épocas de evaluación.

Table 2. Effect of the interaction between glyphosate dosages and volume of water applied in control of *I. unisetus* at different times of evaluation.

Volumen de agua (L ha ⁻¹)	7 DDA			15 DDA			30 DDA		
	267 (g ha ⁻¹)	356 (g ha ⁻¹)	712 (g ha ⁻¹)	267 (g ha ⁻¹)	356 (g ha ⁻¹)	712 (g ha ⁻¹)	267 (g ha ⁻¹)	356 (g ha ⁻¹)	712 (g ha ⁻¹)
	Control (%)								
133	78 ab	91.3 a	97.5 a	76.3 b	91.8 a	98.5 a	50 a	68.8 a	81.3 a
217	82.8 a	91 a	98 a	84.3 a	93.5 a	100 a	52.5 a	70 a	88.8 a
294	73 b	91.3 a	97.8 a	82 ab	93.3 a	99.5 a	50 a	71.3 a	88 a
370	60 c	90 a	97.5 a	67.5 c	89.3 a	99.5 a	37.5 b	63.8 a	88.8 a

Las letras a la derecha de los valores representan la prueba de Tukey ($p \geq 0.05$). Valores con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí. Los análisis de varianza y las pruebas de separación de medias se efectuaron con datos transformados, pero por motivos de claridad, los porcentajes de control se presentan con los datos originales.

A los 15 DDA, se observó que al aplicar glifosato a 267 g ha⁻¹, los mejores controles de *I. unisetus* se obtuvieron cuando se utilizaron volúmenes de agua de 217 ó 294 L ha⁻¹, y que al utilizar 133 y 370 L ha⁻¹, el control se redujo significativamente, aunque emplear 294 L ha⁻¹ fue semejante a utilizar 133 L ha⁻¹. Por otra parte, con las dosis de glifosato de 356 y 712 g ha⁻¹, los controles fueron semejantes, sin importar el volumen de agua utilizado (Cuadro 2). A los 30 DDA, se observó que con la dosis de glifosato de 267 g ha⁻¹ se obtuvieron mejores controles de *I. unisetus* al utilizar volúmenes de agua menores a 370 L ha⁻¹. A su vez, cuando el glifosato se aplicó a 356 ó 712 g ha⁻¹, el volumen de agua aplicado no influyó en el porcentaje de control (Cuadro 2).

glyphosate at 267 g ha⁻¹ had higher controls of *I. unisetus* by using lower volumes of water than 370 L ha⁻¹. In turn, when glyphosate was applied at 356 or 712 g ha⁻¹, the volume of applied water did not influence in the percentage of control (Table 2).

According to the results of this trial, dose was the factor that greater effect exerted on the control of *I. unisetus* by glyphosate, as when it is increased, the control of this weed increased significantly and remained high for longer time, which was reflected in a lower dry weight biomass. This situation has also been found in other species of dicotyledonous and annual monocotyledonous

De acuerdo con los resultados de este ensayo, la dosis fue el factor que más efecto ejerció en el control de *I. unisetus* por el glifosato, ya que cuando ésta se incrementó, el control de esta maleza aumentó significativamente y se mantuvo alto por más tiempo, lo que se reflejó en un menor peso de biomasa seca. Esta situación también se ha encontrado en otras especies de malezas dicotiledóneas y monocotiledóneas anuales y perennes (De Souza y Victoria, 2004; Singh y Singh, 2004; Sharma y Shing, 2007; Puricelli y Faccini, 2009). Aunque en estos experimentos el glifosato se aplicó en una sola etapa de desarrollo, existe información de que la efectividad de una determinada dosis varía de acuerdo al desarrollo de las plantas, siendo generalmente más eficiente en plantas pequeñas; por ejemplo, en plantas de *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. Ahmadi *et al.* (1980) encontraron mayor efecto del glifosato en plantas de 5 y 10 cm de altura, que en las de 15 y 20 cm. Asimismo, Schuster *et al.* (2007) determinaron que las plantas de *Chenopodium album* L. fueron más afectadas por el glifosato cuando su altura era de 2.5 cm, que cuando medían 7.5 ó 15 cm.

Con relación al volumen de agua utilizado para aplicar el glifosato, en todas las épocas de evaluación, consistentemente se observó que los controles más bajos de *I. unisetus* se obtuvieron cuando se utilizaron 370 L de agua ha⁻¹, aunque no necesariamente con el volumen de 133 L ha⁻¹ se obtuvieron los controles más altos de esta especie. Lo anterior indica que es mejor utilizar 217 ó 294 L de agua ha⁻¹, siendo preferible 217 L ha⁻¹, ya que de acuerdo con Rodrigues *et al.* (2011), con este volumen se incrementa la autonomía y capacidad del equipo aspersor y se reduce el riesgo de pérdida por escorrentía. Estos resultados coinciden con lo encontrado por Stahlman y Phillips (1979), quienes indicaron que con la aplicación de glifosato a 0.56 kg ha⁻¹ se obtuvieron controles de sorgo significativamente mayores con un volumen de agua de 187 L ha⁻¹, que cuando el volumen fue de 374 L ha⁻¹. Por otra parte, Kogan y Zúñiga (2001) determinaron que la eficiencia del glifosato (0.54 kg ha⁻¹) para el control de avena decreció al aplicarse en un volumen de 450 L ha⁻¹, que cuando se aplicó en volúmenes de 150 y 300 L ha⁻¹.

La mayor eficiencia del glifosato cuando se aplica en volúmenes bajos, se debe a que se incrementa la concentración del herbicida en la solución asperjada (Ramsdale *et al.*, 2003), recomendándose usar volúmenes de aspersión que sean proporcionales a la dosis del herbicida, para de esta manera mantener una concentración constante de éste (Banks y Schroeder, 2002).

and perennial weeds (De Souza and Victoria, 2004; Singh and Singh, 2004; Sharma and Shing, 2007; Puricelli and Faccini, 2009). Although glyphosate was applied in one stage of development in these experiments, there is information that effectiveness of a given dose varies according to the development of plants, and is generally efficient in small plants; for example, in plants of *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. Ahmadi *et al.* (1980) found a greater effect of glyphosate in plants 5 and 10 cm high, than in 15 and 20 cm. Also, Schuster *et al.* (2007) determined that plants of *Chenopodium album* L. were most affected by glyphosate when their height was 2.5 cm, than when measuring 7.5 or 15 cm.

Regarding the volume of water used to apply glyphosate in all evaluation times, consistently observed that the lowest controls of *I. unisetus* were obtained when used 370 L of water ha⁻¹, although not necessarily with the volume of 133 L ha⁻¹, were higher controls of this species. This indicates that it is better to use 217 or 294 L of water ha⁻¹, preferably 217 L ha⁻¹, because according to Rodrigues *et al.* (2011), with this volume the autonomy and capacity of knapsack sprayer increases and reduces loss risks by runoff. These results agree with those found by Stahlman and Phillips (1979) who indicated that the application of glyphosate at 0.56 kg ha⁻¹ had significantly higher controls of sorghum with a water volume of 187 L ha⁻¹, when volume was 374 L ha⁻¹. Moreover, Kogan and Zuniga (2001) found that the efficiency of glyphosate (0.54 kg ha⁻¹) to control oats decreased by applying it in a volume of 450 L ha⁻¹, when applied in volumes of 150 and 300 L ha⁻¹.

Greater efficiency of glyphosate when applied at low volumes, is due to concentration of the herbicide in sprayed solution is increased (Ramsdale *et al.*, 2003), is recommended to use proportional spraying volumes to the dose of herbicide, thus maintaining a constant concentration of this (Banks and Schroeder, 2002).

Experiment 2: glyphosate dosages and pH of water application

According to the results of analysis of variance of control data of *I. unisetus*, there were significant differences in doses of glyphosate application as well as pH levels in all evaluation dates. At 7 DAA, greater control of this species was obtained with dose of 712 g ha⁻¹, which was statistically superior to that obtained with doses of 267 and 356 g ha⁻¹,

Experimento 2: dosis de glifosato y pH del agua de aplicación

De acuerdo a los resultados de los análisis de varianza de los datos de control de *I. unisetus*, hubo diferencias significativas en las dosis de aplicación de glifosato, así como en los niveles de pH en todas las fechas de evaluación. A los 7 DDA, el mayor control de esta especie se obtuvo con la dosis de glifosato de 712 g ha⁻¹, el cual fue estadísticamente superior al obtenido con las dosis de 267 y 356 g ha⁻¹, mientras que con la dosis de 267 g ha⁻¹ se obtuvo el menor control. A los 15 DDA, se tuvieron los controles más altos de *I. unisetus* por el efecto del glifosato, observándose un control casi absoluto de esta maleza con la dosis de 712 g ha⁻¹, siendo estadísticamente superior al control obtenido con la dosis de 356 g ha⁻¹. A su vez, el control que se tuvo con la dosis de 267 g ha⁻¹, fue significativamente inferior al de 356 y 267 g ha⁻¹. Finalmente, a los 30 DDA, el control de esta especie con 712 y 356 g ha⁻¹ fue significativamente superior que con la aplicación de 267 g ha⁻¹. El peso seco de *I. unisetus* en las parcelas aplicadas con la dosis de 267 g ha⁻¹ fue significativamente superior al que se obtuvo con 356 y 712 g ha⁻¹, que tuvieron valores estadísticamente semejantes (Cuadro 3).

whereas the dose of 267 g ha⁻¹ had lower control. At 15 DAA, were the highest controls of *I. unisetus* by effect of glyphosate, almost having absolute control of this weed with dose of 712 g ha⁻¹, being statistically superior to the control obtained with dose of 356 g ha⁻¹. In turn, the control obtained with the dose of 267 g ha⁻¹ was significantly lower than that of 356 and 267 g ha⁻¹. Finally, at 30 DAA, control of this species with 712 and 356 g ha⁻¹ was significantly higher than with the application of 267 g ha⁻¹. Dry weight of *I. unisetus* in plots applied with dose of 267 g ha⁻¹ was significantly higher than that obtained with 356 and 712 g ha⁻¹, which had statistically similar, values (Table 3).

Reducing pH of water in the sprayer had a positive effect on the control of *I. unisetus*, since both at 7 DAA and at 15 DAA, higher control was obtained when water was used with a pH of 5, whose value was statistically similar to that obtained with pH 6 and 7, and higher than that achieved with pH of 8; meanwhile, at 30 DAA, applications with water pH of 5, 6 and 7 had higher controls than that obtained when pH was 8. Note that this factor had no significant effect on dry weight of *I. unisetus* (Table 3).

Cuadro 3. Efecto de la dosis de glifosato y del pH del agua de aplicación en el control y peso seco de *I. unisetus* en diferentes fechas de evaluación.

Table 3. Effect of glyphosate dosages and pH of water application in control and dry weight of *I. unisetus* at different times of evaluation.

Factor	Épocas de evaluación			Peso seco (g en 0.25 m ²)
	7 DDA	15 DDA	30 DDA	30 DDA
Dosis de glifosato (g ha ⁻¹)	Control (%)			
267	78.8 c	86.9 c	78 b	3.91 a
356	90.1 b	97.3 b	89.8 a	2.59 b
712	95.5 a	99.6 a	94.4 a	1.8 b
pH del agua				
5	90.3 a	96 a	89.1 a	3 a
6	89.4 a	96 a	87.8 a	2.77 a
7	87.7 ab	94.3 ab	87.6 a	2.33 a
8	85 b	92.1 b	85.2 b	2.97 a

Las letras a la derecha de los valores representan la prueba de Tukey ($p \geq 0.05$). Valores con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí. Los análisis de varianza y las pruebas de separación de medias de los datos de control se efectuaron con datos transformados, pero por motivos de claridad, los porcentajes de control se presentan con los datos originales.

Reducir el pH del agua en la aspersión tuvo efecto positivo en el control de *I. unisetus*, ya que tanto a los 7 DDA como a los 15 DDA, el mayor control se obtuvo cuando se utilizó agua con un pH de 5, cuyo valor fue estadísticamente semejante al obtenido con pH del agua de 6 y 7, y superior al logrado con pH de 8; por su parte, a los 30 DDA, las aplicaciones con agua de pH 5, 6 y 7 tuvieron controles superiores al obtenido cuando el pH fue de 8. Cabe señalar que este factor tampoco tuvo efecto significativo en el peso seco de *I. unisetus* (Cuadro 3).

There was a highly significant interaction ($p \leq 0.01$) which was reflected in a reduction in the control of *I. unisetus* (between 7 and 11.2%) in the three dates of evaluation, when glyphosate was applied at a dose of 267 g ha⁻¹, and water with a pH of 8; with this dose there was no effect on control when pH of water application was 5, 6 or 7. Moreover, by increasing doses of glyphosate at 356 or 712 g ha⁻¹ in all periods of evaluation, controls of *I. unisetus* were statistically similar, regardless of pH of water application (Table 4).

En las tres fechas de evaluación existió una interacción altamente significativa ($p \leq 0.01$) que se reflejó en una reducción en el control de *I. unisetus* (de entre 7 y 11.2%), cuando el glifosato se aplicó a la dosis de 267 g ha⁻¹, y se utilizó agua con un pH de 8; con esa dosis no hubo efecto en el control cuando el pH del agua de aplicación fue de 5, 6 ó 7. Por otra parte, al incrementar las dosis de glifosato a 356 ó 712 g ha⁻¹, en todas las épocas de evaluación, los controles de *I. unisetus* fueron estadísticamente semejantes sin importar el pH del agua de aplicación (Cuadro 4).

In this experiment, again determined that glyphosate is the most important factor to control *I. unisetus*, and that increasing the dose there is a more efficient control of this weed. This coincides with that reported by other authors for different weed species (Faccini and Puricelli, 2002; Koger *et al.*, 2004; Juan *et al.*, 2006; Pinto *et al.*, 2009).

The results obtained by varying pH show higher control of *I. unisetus* when pH of the sprayed solution was 5, as indicated by Whitford *et al.* (2009), especially at 7 and 15

Cuadro 4. Efecto de la interacción entre dosis de glifosato y el pH del agua de aplicación en el control de *I. unisetus* (%) en diferentes épocas de evaluación.

Table 4. Effect of interaction between glyphosate dosages and pH of water application in the control of *I. unisetus* (%) at different times of evaluation.

pH	7 DDA			15 DDA			30 DDA		
	267 (g ha ⁻¹)	356 (g ha ⁻¹)	712 (g ha ⁻¹)	267 (g ha ⁻¹)	356 (g ha ⁻¹)	712 (g ha ⁻¹)	267 (g ha ⁻¹)	356 (g ha ⁻¹)	712 (g ha ⁻¹)
	Control (%)								
5	82.5 a	91.5 a	97 a	90.8 a	97.8 a	99.5 a	79.5 a	90.5 a	93.5 a
6	82.5 a	90.3 a	95.5 a	90 a	98.3 a	99.8 a	81.3 a	92 a	94 a
7	78.8 a	89 a	95.3 a	87 a	96.3 a	99.8 a	80 a	88 a	94.8 a
8	71.3 b	89.5 a	94.3 a	80 b	96.8 a	99.5 a	71.3 b	88.8 a	95.5 a

Las letras a la derecha de los valores representan la prueba de Tukey ($p \geq 0.05$). Valores con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí. Los análisis de varianza y las pruebas de separación de medias se efectuaron con datos transformados, pero por motivos de claridad, los porcentajes de control se presentan con los datos originales.

En este experimento, nuevamente se determinó que la dosis de glifosato es el factor que más importancia tiene para el control de *I. unisetus*, y que al incrementar la dosis se tiene un control más eficiente de esta maleza. Lo anterior coincide por lo reportado por otros autores para diferentes especies de malezas (Faccini y Puricelli, 2002; Koger *et al.*, 2004; Juan *et al.*, 2006; Pinto *et al.*, 2009).

Los resultados obtenidos al variar el pH muestran mayores controles de *I. unisetus* cuando el pH de la solución asperjada fue de 5, como lo indicaron Whitford *et al.* (2009), sobre todo a los 7 y 15 DDA. Esto es indicativo de una mayor solubilidad, y por tanto, absorción del herbicida, la cual también fue favorecida por la acción dispersante y penetrante del producto utilizado para reducir el pH. Sin embargo, la diferencia de control entre la solución con pH 5 y la de pH 8 varió entre 3.9 y 5.3% (Cuadro 3), lo que es diferente a lo reportado por García y Sánchez (2005) y Leiva (2010), quienes encontraron diferencias de control de hasta 70% con el pH ácido en relación al alcalino, si bien, en diferentes especies de malezas. Por lo anterior, es muy importante obtener información puntual de los factores que se requieren para obtener el mejor efecto del glifosato en cada especie

DAA. This is indicative of higher solubility, and therefore absorption of the herbicide, which was also favored by the dispersing and penetrating action of the product used to reduce pH. However, the difference of control between the solution of pH 5 and pH 8 varied between 3.9 and 5.3% (Table 3), which is different from that reported by García and Sánchez (2005) and Leiva (2010), who found control differences of up to 70% with acid pH in relation to alkaline, although in different weed species. Therefore, it is very important to obtain precise information about the factors that are required to get the best effect of glyphosate in each species and situation, since adopting recommendations to control other species in different conditions are not always reflected in successful results.

Moreover, the fact that the control of *I. unisetus* obtained with the lowest glyphosate dose is adversely affected when pH of the solution is alkaline, is indicative of the formation of insoluble salt complexes which are not absorbed rapidly through the epidermis or cuticle of plants (Nalewaja and Matysiak, 1991; Thelen *et al.*, 1995). The highest concentration of glyphosate that

y situación, ya que adoptar recomendaciones generadas para controlar otras especies en condiciones diferentes, no siempre se refleja en resultados exitosos.

Por otra parte, el hecho de que el control de *I. unisetus* obtenido con la dosis más baja de glifosato sea afectado negativamente cuando el pH de la solución es alcalino, es un indicativo de la formación de complejos salinos insolubles, que no se absorben rápidamente a través de la cutícula o epidermis de las plantas (Nalewaja y Matysiak, 1991; Thelen *et al.*, 1995).

La mayor concentración de glifosato que se tiene con las dosis más altas, ocasiona que aunque se formen estos complejos, se tenga disponible suficiente cantidad del herbicida para controlar eficientemente a *I. unisetus*. Resultados similares fueron obtenidos por García y Sánchez (2005) con *B. extensa*, ya que al aplicar glifosato a 1 080 g ha⁻¹ se obtuvo mayor control cuando el pH de la solución fue de 4, 5 ó 6, que con 7, 8 ó 9, pero al aumentar la dosis a 1 800 g ha⁻¹, el control no fue tan marcadamente dependiente del pH.

Sin embargo, difieren de los de Valensuela *et al.* (2010), quienes no encontraron diferencia en el control de *D. insularis* y *C. polydactyla* con dosis de glifosato de 1 440 y 2 440 g ha⁻¹, en soluciones de pH de 3, 5, 7, 9 y 11, aunque esto se atribuye a que las dosis estudiadas fueron mucho mayores a las utilizadas comercialmente o evaluadas en esta investigación.

Conclusiones

En general, en las tres fechas de evaluación, los controles más altos de *I. unisetus* se obtuvieron con la aplicación de glifosato a 712 g ha⁻¹.

La aspersión de glifosato con volúmenes de agua de 217 ó 294 L ha⁻¹ proporcionó el mayor control de esta especie, y se observó una tendencia a disminuir su efectividad al utilizar un volumen mayor de agua.

La efectividad en el control de *I. unisetus* fue mayor cuando se utilizó agua con pH de entre 5 y 7 con la dosis de glifosato de 267 g ha⁻¹.

has the highest doses, causes these complexes to form, there is enough amount of the herbicide to control efficiently *I. unisetus*. Similar results were obtained by García and Sánchez (2005) with *B. extensa*, as to apply glyphosate at 1 080 g ha⁻¹, had higher control when pH of the solution was 4, 5 or 6, than with 7, 8 or 9, but increasing the dose to 1 800 g ha⁻¹, control was not pH dependent.

However, it differs from those of Valensuela *et al.* (2010), who found no differences in the control of *D. insularis* and *C. polydactyla* with glyphosate doses of 1 440 and 2 440 g ha⁻¹ in pH solutions of 3, 5, 7, 9 and 11, although this is attributed to the doses under study were much higher than those used commercially or evaluated in this research.

Conclusions

In general, in the three evaluation dates, the highest controls of *I. unisetus* were obtained with the application of glyphosate at 712 g ha⁻¹.

Glyphosate spraying with water volumes of 217 or 294 L ha⁻¹ provided higher control of this species, and was observed a tendency to decrease their effectiveness by using a larger volume of water.

The effectiveness in controlling *I. unisetus* was higher when it was used water with pH between 5 and 7 with a glyphosate dose of 267 g ha⁻¹.

The control of *I. unisetus* was significantly reduced when a glyphosate dose of 267 g ha⁻¹ was applied and a water volume of 370 L ha⁻¹ was used and the pH of water was 8, whereas doses of 356 and 712 g ha⁻¹, had a similar control of this species, regardless of the volume and pH of water used.

The dry weight of *I. unisetus* was significantly reduced with the application of glyphosate from 356 g ha⁻¹, while the volume and pH of the water did not affect this variable with either dose of glyphosate applied.

End of the English version



El control de *I. unisetus* se redujo significativamente cuando se aplicó la dosis de glifosato de 267 g ha⁻¹ y se utilizó un volumen de agua de 370 L ha⁻¹ o el pH del agua fue de 8, mientras que con las dosis de 356 y 712 g ha⁻¹, se tuvo un control similar de esta especie, indistintamente del volumen y pH del agua utilizados.

El peso seco de *I. unisetus* se redujo significativamente con la aplicación de glifosato a partir de 356 g ha⁻¹, en tanto que, el volumen y el pH del agua no afectaron esta variable con cualquiera de las dosis de glifosato aplicadas.

Agradecimientos

Se agradece a la Fundación Produce de Veracruz, A. C., por el financiamiento otorgado para la realización de estos estudios.

Literatura citada

- Ahmadi, M. S.; Haderlie, L. C. and Wicks, G. A. 1980. Effect of growth stage and water stress on barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) control and on glyphosate absorption and translocation. *Weed Sci.* 28:277-282.
- Alemán, F. 2004. Manual de investigación agronómica: con énfasis en ciencia de la maleza. Imprimatur Artes Gráficas. Managua, Nicaragua. 248 p.
- Alibhai, M. F. and Stallings, W. C. 2001. Closing down on glyphosate inhibition-with a new structure for drug discovery. *PNAS* 98:2944-2946.
- Banks, P. A. and Schroeder, J. 2002. Carrier volume affects herbicide activity in simulated spray drift studies. *Weed Technol.* 16:833-837.
- Buhler, D. D. and Burnside, O. C. 1983. Effect of spray components on glyphosate toxicity to annual grasses. *Weed Sci.* 31:124-130.
- Cano, O. y López, E. 1996. Control preemergente y postemergente de malezas en frijol, de humedad residual en Veracruz, México. *Agron. Mesoam.* 7(2):42-49.
- De Souza L., A. L. e Victoria, F. R. 2004. Curvas dose-resposta em espécies de plantas daninhas com o uso do herbicida glyphosate. *Bragantia* 63(1):73-79.
- Dill, G. M.; CaJacob, C. A. and Padgett, S. R. 2008. Glyphosate-resistant crops: adoption, use and future considerations. *Pest Manag. Sci.* 64:326-331.
- Duke, S. O. and Powless, S. B. 2008. Glyphosate: a once-in a-century herbicide. *Pest Manag. Sci.* 64:319-325.
- Ekboir, J. M. 2003. Research and technology policies in innovation systems: zero tillage in Brazil. *Res. Pol.* 32:573-586.
- 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-Esquivel, V. A. y Rosales-Robles, E. 2013. Época de aplicación y toxicidad varietal del herbicida amicarbazone en la caña de azúcar, en Veracruz, México. *Planta Daninha* 31:611-621.
- Faccini, D. y Puricelli, E. 2002. Control de *Datura ferox* L. y *Chenopodium album* L. con glifosato aplicado en diferentes momentos y dosis en soja transgénica. *Rev. Inv. Fac. Cie. Agr.* 2(2):33-43.
- García, R. I. y Sánchez, O. M. 2005. Influencia del pH del agua sobre la efectividad de varios herbicidas utilizados en caña de azúcar. *Fitosanidad* 9(3):37-40.
- Gomez, K. A. and Gomez, A. A. 1984. Statistical procedures for agricultural research. 2nd. (Ed.). J. Wiley & Sons. New York. 680 p.
- Gómez, V. J. M.; Pitty, A. y Miselem, J. M. 2006. Efecto del pH del agua en la efectividad de los herbicidas glifosato, fluazifop-p-butyl y bentazon. *Ceiba* 47(1-2):19-23.
- Green, J. M. 2009. Evolution of glyphosate-resistant crop technology. *Weed Sci.* 57:108-117.
- Green, J. M. and Cahill, W. R. 2003. Enhancing the biological activity of nicosulfuron with pH adjuster. *Weed Technol.* 17:338-345.
- Jordan, T. N. 1981. Effects of diluent volumes and surfactant on the phytotoxicity of glyphosate to bermudagrass (*Cynodon dactylon*). *Weed Sci.* 29:79-83.
- Juan, V. F.; Saint-Andre, H. M. y Fernández, R. R. 2006. Control de lecherón (*Euphorbia dentata*) con glifosato. *Planta Daninha* 24:347-352.
- Kellogg, E. A.; Hiser, K. M. and Doust, A. N. 2004. Taxonomy, phylogeny, and inflorescence development of the genus *Ixophorus* (Panicoideae: Poaceae). *Int. J. Plant Sci.* 165:1089-1105.
- Kogan, A. M. y Alister H., C. 2008. Factores que pueden afectar la efectividad del herbicida glifosato. *In: Seminario Internacional Viabilidad del glifosato en sistemas productivos sustentables.* Colonia del Sacramento, Uruguay. 12-25 pp.
- Kogan, M. and Zúñiga, M. 2001. Dew and spray volume effect on glyphosate efficacy. *Weed Technol.* 15:590-593.
- Koger, C. H.; Poston, D. H. and Reddy, K. N. 2004. Effect of glyphosate spray coverage on control of pitted morningglory (*Ipomoea lacunosa*). *Weed Technol.* 18:124-130.
- Leiva, P. D. 2010. Consideraciones generales sobre calidad de agua para pulverización agrícola. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Pergamino "Ing. Agr. Walter Kugler". Buenos Aires, Argentina. 6 p.
- Nalewaja, J. D. and Matysiak, R. 1991. Salt antagonism of glyphosate. *Weed Sci.* 39:622-628.
- Nalewaja, J. D. and Matysiak, R. 1993. Optimizing adjuvants to overcome glyphosate antagonistic salts. *Weed Technol.* 7:337-342.
- Olivares, S. E. 1994. Paquete estadístico de diseños experimentales (programa de cómputo) versión 2.5. Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, N. L., México.
- O'Sullivan, P. A.; O'Donovan, J. T. and Hamman, W. M. 1981. Influence of non-ionic surfactants, ammonium sulphate, water quality and spray volumen on the phytotoxicity of glyphosate. *Can. J. Plant Sci.* 61:391-400.
- Parreira, M. C.; Espanhol, M.; Duarte, D. J. e Correia, N. M. 2010. Manejo químico de *Digitaria insularis* em área de plantio direto. *Rev. Bras. Cie. Agr.* 5:13-17.
- Pinto, de C. S. J.; Damin, V.; Ribeiro, D. A. C.; Miura, Y. G. e Christoffoleti, P. J. 2009. Eficácia e pH de caldas de glifosato após a adição de fertilizantes nitrogenados e utilização de pulverizador pressurizado por CO₂. *Pesq. Agropec. Bras.* 44:569-575.

- PLM. 2011. Dap-plus. In: Domínguez, G. (Ed.). Diccionario de especialidades agroquímicas; fertilizantes, agroquímicos. Edición 21. PLM México, S.A. de C. V. México, D. F. 1194-1195 pp.
- Puricelli, E. y Faccini, D. 2009. Efecto de la dosis de glifosato sobre la biomasa de malezas de barbecho al estado vegetativo y reproductivo. *Planta Daninha* 27:303-307.
- Ramsdale, B. K.; Messersmith, C. G. and Nalewaja, J. D. 2003. Spray volume, formulation, ammonium sulfate, and nozzle effects on glyphosate efficacy. *Weed Technol.* 17:589-598.
- Rodrigues, E. B.; Abi Saab, O. J. G. e Gandolfo, M. A. 2011. Cana-de-açúcar: Avaliação da taxa de aplicação e deposição do herbicida glifosato. *Rev. Bras. Eng. Agr. Amb.* 15:90-95.
- Salamanca, C. M. y Medina, O. S. 2007. Manejo de la maleza en plantaciones de agave tequilero. In: Pérez, D. J. F. y Del Real, L. J. I. (Eds.). Conocimiento y prácticas agronómicas para la producción de *Agave tequilana* Weber en la zona de denominación de origen del tequila. Libro técnico Núm. 4. INIFAP. CIRPAC. Campo Experimental Centro-Altos de Jalisco. Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México. 117-134 pp.
- Schuster, C. L.; Shoup, D. E. and Al-Khatib, K. 2007. Response of common lambsquarters (*Chenopodium album*) to glyphosate as affected by growth stage. *Weed Sci.* 55:147-151.
- Sharma, S. D. and Singh, M. 2007. Effect of timing and rates of application of glyphosate and carfentrazone herbicides and their mixtures on the control of some broadleaf weeds. *Hortsci.* 42:1221-1226.
- Shilling, D. G. and Haller, W. T. 1989. Interactive effects of diluent pH and calcium content on glyphosate activity on *Panicum repens* L. (torpedograss). *Weed Res.* 29:441-448.
- Singh, S. and Singh, M. 2004. Effect of growth stage on trifloxysulfuron and glyphosate efficacy in twelve weed species of citrus groves. *Weed Technol.* 18:1031-1036.
- Stahlman, P. W. and Phillips, W. M. 1979. Effects of water quality and spray volume on glyphosate phytotoxicity. *Weed Sci.* 27:38-41.
- Thelen, K. D.; Jackson, E. P. and Penner, D. 1995. The basis for the hard water antagonism of glyphosate activity. *Weed Sci.* 43:541-548.
- Valensuela, W. T.; Fornarolli, D. A.; Ribeiro, C. A. e Bandeira, S. A. E. 2010. Influência de diferentes valores de pH da água na eficácia do glifosato em espécies perenes. In: XXVII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas. Ribeirão Preto, SP, Brasil. 3610-3614 pp.
- Villaseñor, R. J. L. y Espinosa, G. F. J. 1998. Catálogo de malezas de México. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario. Fondo de Cultura Económica. México, D. F. 449 p.
- Whitford, F.; Penner, D.; Johnson, B.; Bledsoe, L.; Wagoner, N.; Garr, J.; Wise, K.; Obermeyer, J. and Blessing, A. 2009. The impact of water quality on pesticide performance. The little factor that makes a big difference. Purdue University. Cooperative Extension Service PPP-86. West Lafayette, IN, USA. 38 p.
- Wibawa, W.; Mohamad, R. B.; Puteh, A. B.; Omar, D.; Juraimi, A. S. and Abdullah, S. A. 2009. Residual phytotoxicity effects of paraquat, glyphosate and glufosinate-ammonium herbicides in soils from field-treated plots. *Int. J. Agr. Biol.* 11:214-216.