

## Control de *Sphenarium purpurascens* con *Beauveria bassiana* y extractos vegetales en amaranto (*Amaranthus hypocondriacus* L.)\*

### *Sphenarium purpurascens* control with *Beauveria bassiana* and extracts amaranth (*Amaranthus hypocondriacus* L.)

María de los Ángeles Vázquez Jorge<sup>1</sup>, Agustín Aragón García<sup>2§</sup>, Martha Dolores Bibbins Martínez<sup>1</sup>, Dalia Castillo Hernández<sup>1</sup>, Soley Berenice Nava Galicia<sup>1</sup> y Betzabeth Cecilia Pérez Torres<sup>2</sup>

<sup>1</sup>CIBA-Tlaxcala-Instituto Politécnico Nacional, Ex-Hacienda San Juan Molino Carretera Estatal Tecuexcomac-Tepetitla, km 1.5, C. P. 90700 Tlaxcala, México. (vaja750210@hotmail.com; marthadbm1104@yahoo.com.mx; dheliad@hotmail.com; soleilng@yahoo.com.mx). <sup>2</sup>Centro de Agroecología Instituto de Ciencias Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 14 Sur 6301, C.P. 72570 Puebla, Puebla, México. (betzabeth.perez). <sup>§</sup>Autor para correspondencia: agustin.aragon@correo.buap.mx.

#### Resumen

El cultivo de amaranto (*Amaranthus hypocondriacus* L.), se ve afectado por el ataque de insectos plaga; entre las cuales *Sphenarium purpurascens* Charp, es uno de las principales plagas ocasionado pérdidas importantes, además de generar gastos fuertes en su control químico. Por lo anterior, es necesario contar con alternativas económicas de control que sean inocuas al ambiente y la salud humana. El objetivo de esta investigación fue conocer el efecto de *Beauveria bassiana* (Balsamo) en combinación con extractos acuosos de chicalote (*Argemone mexicana* L.), chile (*Capsicum frutescens* L.) e higuierilla (*Ricinus communis* L.) para el control de *S. purpurascens* en amaranto. Al probar en laboratorio el efecto de *B. bassiana* sobre *S. purpurascens* de cinco tratamientos y un testigo (agua) inoculados tópicamente e incubados a temperaturas de  $26 \pm 1$  °C y HR=  $70 \pm 10\%$ , a los ocho días después de la inoculación hubo el 100% de mortalidad en el 2º y 4º estadio ninfal con  $1.0 \times 10^8$  y  $1.0 \times 10^9$  conidios mL<sup>-1</sup>, mientras que en adultos la mortalidad fue de 76 y 81%, respectivamente. En campo se determinó el efecto de extractos de chicalote (*Argemone mexicana*) + higuierilla (*Ricinus communis*) + *B. bassiana*; extractos de higuierilla + chile (*Capsicum frutescens*) + *B. bassiana*; *B. bassiana* (sin extractos) y testigo (agua) sobre el número de chapulines

#### Abstract

The cultivation of amaranth (*Amaranthus hypocondriacus* L.), is affected by the attack of insect pests; among which *Sphenarium purpurascens* Charp, is one of the main pests caused considerable losses and generate heavy spending on its chemical control. Therefore, it is necessary to have economic control alternatives that are harmless to the environment and human health. The objective of this research was to determine the effect of *Beauveria bassiana* (Balsam) in combination with aqueous extracts of chicalote (*Argemone mexicana* L.), pepper (*Capsicum frutescens* L.) and higuierilla (*Ricinus communis* L.) for controlling *S. purpurascens* in amaranth. When testing laboratory the effect of *B. bassiana* on *S. purpurascens* five treatments and a control (water) topically inoculated and incubated at temperatures of  $26 \pm 1$  °C and RH=  $70 \pm 10\%$ , eight days after the inoculation was 100% mortality in the 2<sup>nd</sup> and 4<sup>th</sup> nymphal stage with  $1.0 \times 10^8$  and  $1.0 \times 10^9$  conidia mL<sup>-1</sup>, while adult mortality was 76 and 81%, respectively. Field effect extracts chicalote (*Argemone mexicana*) + (*Ricinus communis*) + *B. bassiana* was determined; extracts of higuierilla + pepper (*Capsicum frutescens*) + *B. bassiana*; *B. bassiana* (no extracts) and control (water) on the number of live grasshoppers grasshoppers per experimental unit,

\* Recibido: agosto de 2015  
Aceptado: enero de 2016

vivos chapulines por unidad experimental, porcentaje de defoliación y rendimiento de grano. El tratamiento de extractos de higuera + chile + *B. bassiana* presentó el menor número de chapulines (18.88%), menor porcentaje de daño al follaje (11.77) y la mayor producción de grano 2001.48 kg ha<sup>-1</sup>.

**Palabras claves:** *Amaranthus hypocondriacus* L., *Argemones mexicana*, *Beauveria bassiana*, *Ricinus communis*, *Sphenarium purpurascens*.

## Introducción

El amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.) es un pseudo cereal del grupo de las dicotiledóneas, con metabolismo C4, capaz de desarrollarse en condiciones semiáridas (Teutonico y Knorr, 1985; Kauffman y Weber, 1990). El grano de amaranto es una fuente de escualeno y ácidos grasos como palmítico, oleico y linoleico (He *et al.*, 2002); proteínas y aminoácidos esenciales, tales como lisina, metionina y triptófano; es también una fuente potencial de flavonoides. Por lo anterior, a nivel mundial el cultivo de amaranto es una alternativa para la seguridad alimentaria reduciendo el hambre y la desnutrición (Barba de la Rosa *et al.*, 2009).

En 2010 el estado de Puebla fue el mayor productor de amaranto con el 64.3%, seguido por Estado de México (12.7%), Morelos (7.8%), Guanajuato (5.8%), Tlaxcala (4.9%), Distrito Federal (4.3%) y Querétaro con 0.1% (SIAP, 2010). En el mismo año la cosecha de amaranto a nivel nacional fue 3 870 toneladas, donde Puebla aportó 2 488.5 toneladas; siendo el Municipio de Tochimilco el principal productor con 1 418 toneladas (SAGARPA, 2012). Los chapulines de la familia Pyrgomorphidae, es la plaga de mayor importancia en diferentes partes de México, realizando daños en el follaje en diversos cultivos. Desde el inicio de la agricultura el chapulín han sido una de las plagas más importantes en la agricultura mundial (Weiland *et al.*, 2002), causando diferentes e importantes daños al follaje de cereales, hortalizas y frutales (Lockwood *et al.*, 2002).

En los últimos 50 años en Canadá y Estados Unidos de América se ha estimado que el chapulín causa pérdidas en cultivos anuales de 6 millones de dólares; existiendo pérdidas superiores de hasta 200 millones de dólares (Sultan and Fielding 2003). En México *Sphenarium purpurascens* Charp, provoca cuantiosas pérdidas en cultivos de frijol, maíz y pastizales, en los estados cuya altitud es superior a

defoliation percentage and grain yield. Treatment of extracts from higuera + chile + *B. bassiana* had the lowest number of grasshoppers (18.88%), lower percentage of damage to the foliage (11.77) and the highest grain yield 2 001.48 kg ha<sup>-1</sup>.

**Keywords:** *Amaranthus hypocondriacus* L., *Argemones mexicana*, *Beauveria bassiana*, *Ricinus communis*, *Sphenarium purpurascens*.

## Introduction

The amaranth (*Amaranthus hypochondriacus* L.) is a group pseudocereal dicots with C4 metabolism, able to grow in semi-arid conditions (Teutonico and Knorr, 1985; Kauffman and Weber, 1990). Amaranth grain is a source of squalene and fatty acids such as palmitic, oleic and linoleic (He *et al.*, 2002); protein and essential amino acids such as lysine, methionine and tryptophan; it is also a potential source of flavonoids. Therefore, global amaranth cultivation is an alternative to food security by reducing hunger and malnutrition (Barba de la Rosa *et al.*, 2009).

In 2010 the state of Puebla was the largest producer of amaranth with 64.3%, followed by State of Mexico (12.7%), Morelos (7.8%), Guanajuato (5.8%), Tlaxcala (4.9%), Federal District (4.3%) and Queretaro with 0.1% (SIAP, 2010). In the same year the harvest amaranth nationwide was 3 870 tons, which accounted for 2 488.5 tonnes Puebla; Municipality Tochimilco being the largest producer with 1 418 tonnes (SAGARPA, 2012). Grasshoppers of pyrgomorphidae family, is the major pest in different parts of Mexico, doing damage to the foliage in various crops. Since the beginning of agriculture the locusts have been one of the most important in world agriculture pests (Weiland *et al.*, 2002), causing several important damage to the foliage of cereals, vegetables and fruit (Lockwood *et al.*, 2002).

Over the past 50 years in Canada and the United States it has been estimated to cause losses in the grasshopper annual crops 6 million; having higher losses of up to \$200 million (Sultan and Fielding 2003). In Mexico *Sphenarium purpurascens* Charp causes significant losses in crops of beans, corn and pasture, in the United whose altitude is more than 2 000 meters as Chihuahua, Durango, San Luis Potosi, Hidalgo, State of Mexico, Michoacan, Puebla, Tlaxcala and Guanajuato (Garcia and Lozano 2011).

los 2 000 msnm como Chihuahua, Durango, San Luis Potosí, Hidalgo, Estado de México, Michoacán, Puebla, Tlaxcala y Guanajuato (García y Lozano 2011).

Pérez-Torres *et al.* (2011a) señalan que en Tochimilco, el amaranto es atacado por diversos insectos plaga que dañan el follaje y la panoja entre los que destacan *S. purpurascens*, *Epicauta cinerea* (Forster), *Spodoptera exigua* (Hübner), *Pholisora catullus* Fab, *Macrosiphum* sp., y *Lygus lineolaris* (Palisot De Beauvois). *S. purpurascens* empieza a defoliar el cultivo a partir de su emergencia y durante todo el ciclo vegetativo. Por lo que Aragón *et al.* (2011), consideran a esta especie como uno de los principales insectos que dañan el follaje. Ante la amenaza del insecto, los productores de amaranto incrementan las aplicaciones de insecticidas sintéticos y como consecuencia ha adquirido resistencia (Hemingway *et al.*, 2002; Li *et al.*, 2007); además el uso inmoderado de pesticidas ha ocasionado problemas de salud, contaminación de agua, suelo y aire (Aragón y Tapia, 2009).

Estos problemas han obligado a buscar métodos alternativos a los insecticidas sintéticos, para poder controlar esta plaga, por lo que Iannacone y Reyes (2001), recomienda el uso de productos naturales derivados de plantas, ya que no producen un desequilibrio en el ecosistema. El uso de plantas con propiedades insectistáticas es una técnica ancestral usada en diversos países como México y América Central, que datan de tiempo de los aztecas y mayas como ejemplo de esto se encuentra la mezcla de maíz con ají *Capsicum frutescens* Hill, (Solanaceae), y ruda *Ruta graveolens* L., (Rutaceae) o ajo *Allium cepa* L., (Alliaceae) (Silva *et al.*, 2002), pero con la aparición de los insecticidas sintéticos su empleo se discontinuó.

En México desde la década de los 80's se tienen informes de 1 600 especies de plantas que han mostrado actividad contra diferentes insectos plaga, actuando de diversas formas como atrayentes, repelentes, estimulantes o inhibidoras en la ovoposición y la alimentación o simplemente actúan como confusores (Silva *et al.*, 2003), tal es el caso de *Argemone mexicana* L., que se ha utilizado para el combate de las plagas, gracias a que la semilla presenta compuestos tóxicos obteniendo un aceite para controlar la hormiga, barrenillo, conchuela del frijol, gorgojo, palomilla del maíz, plagas del algodón y plagas de la caña de azúcar (De Poll, 1988; Cuevas *et al.*, 1991; Aragón y López, 1994; Lagunes, 1994), *Capsicum frutescens* L., actúa como insecticida y de repelencia o disuasión contra pulgones, ácaros, mosca blanca, broca de café y gorgojo del maíz (Ramírez, 2004; Salvadores *et al.*,

Pérez-Torres *et al.* (2011a) show that in Tochimilco, the amaranth is attacked by many insect pests that damage the foliage and panicle among them *S. purpurascens*, *Epicauta cinerea* (Forster), *Spodoptera exigua* (Hübner), *Pholisora catullus* Fab, *Macrosiphum* sp., and *Lygus lineolaris* (Palisot De Beauvois). *S. purpurascens* starts to defoliate the crop from its emergency throughout the growing cycle. As Aragón *et al.* (2011) consider this species as one of the main insects that damage the foliage. Faced with the threat of insect, amaranth producers increased application of synthetic insecticides and as a result has acquired resistance (Hemingway *et al.*, 2002; Li *et al.*, 2007); furthermore, the excessive use of pesticides has caused health problems, water pollution, soil and air (Aragón and Tapia, 2009).

These problems have been forced to seek alternatives to synthetic insecticides to control this pest, so Iannacone and Reyes (2001) recommends the use of natural products derived from plants, they do not produce an imbalance in the ecosystem. The use of plants with properties insectistatic is an ancient technique used in many countries such as Mexico and Central America, dating from the time of the Aztecs and Mayans as an example of this corn mixture with pepper *Capsicum frutescens* Hill, (Solanaceae) and *Ruta graveolens* L., (Rutaceae) or garlic *Allium cepa* L., (Alliaceae) (Silva *et al.*, 2002), but with the advent of synthetic insecticides use was discontinued.

In Mexico since the early 80's there are reports of 1 600 species of plants that have shown activity against different insect pests, acting variously as attractants, repellents, stimulating or inhibiting the oviposition and feeding or just act as confounders (Silva *et al.*, 2003), as in the case of *Argemone mexicana* L., which has been used to combat pests, thanks to the seed has toxic compounds to an oil to control the ant, beetle, Mexican bean beetle weevil, armyworm, cotton pests and pests of sugarcane (De Poll, 1988; Cuevas *et al.*, 1991; Aragón and Lopez, 1994; Lagunes, 1994), *Capsicum frutescens* L., acts as an insecticide and repellency or deterrent against aphids, mites, whiteflies, coffee berry borer and maize weevil (Ramírez, 2004; Salvadores *et al.*, 2007) and *Ricinus communis* L., has insecticidal activity against several species of insect pests, especially against larvae and thrips (Rojas and Chavez, 2007), its toxic activity was tested against leaf-cutting ant (Bigi *et al.*, 2004), and aphid repellent.

Entomopathogenic fungi have been extensively studied for its ability to control crop pests of economic importance. *Beauveria bassiana* (Balsam) infects a wide host range and

2007) y *Ricinus communis* L., presenta actividad insecticida contra varias especies de insectos plaga, especialmente contra larvas y trips (Rojas y Chávez, 2007), su actividad tóxica se ha probado contra la hormiga arriera (Bigi *et al.*, 2004), y su repelente con el pulgón.

Los hongos entomopatógenos han sido ampliamente estudiados por su capacidad para controlar plagas de cultivos de importancia económica. *Beauveria bassiana* (Balsamo) infecta un amplio rango de hospederos y puede ser usado como biopesticida contra diferentes géneros de insectos, es efectivo para el control de *S. purpurascens* al penetrar la cutícula del insecto, por lo que no es necesario que el chapulín ingiera a este organismo (Huerta *et al.*, 2014). El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de *B. bassiana* y extractos vegetales acuosos de chicalote (*Argemone mexicana*), chile (*Capsicum frutescens*) e higuera (*Ricinus communis*) en el control de *Sphenarium purpurascens* en el cultivo de amaranto.

## Materiales y métodos

Para poder conocer si la cepa de *B. bassiana* es patógena sobre diferentes estadios del *S. purpurascens*, primero fue aislada de los chapulines recolectados en campo en San Lucas Tulcingo, Municipio de Tochimilco, después se realizó la prueba de patogenicidad en ninfas del 2° y 4°, estadio, como en adulto. Se llevaron a cabo tres bioensayos, bajo un diseño en bloques completos al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, la unidad experimental fue un recipiente de plástico de un litro de capacidad donde se colocaron 10 individuos de *S. purpurascens* (de acuerdo al estado de desarrollo de cada del insecto para cada uno de los bioensayos), los cuales se alimentaron con hojas de acelgas cultivadas en invernadero: donde se probaron cuatro concentraciones de inóculo:  $1 \times 10^6$ ,  $1 \times 10^7$ ,  $1 \times 10^8$  y  $1.2 \times 10^9$  esporas  $\text{mL}^{-1}$  y el testigo (agua destilada con dos gotas de Tween 80). Chapulines en estadios ninfales 2 y 4 se inocularon cada uno con 2 mL de la suspensión de esporas, en el dorso pronotal del insecto (Douglas *et al.* (1997).

Las unidades experimentales con insectos adultos fueron asperjadas con 3 mL de la suspensión de esporas correspondientes. La mortalidad se registró cada 24 horas y los insectos muertos se colocaron en cámara húmeda, para verificar que la infección fue producida por *B. bassiana*, a través de microscopía. La mortalidad obtenida fue corregida por medio de la fórmula de Abbot (1925), los datos

can be used as a biopesticide against various kinds of insects, it is effective for the control of *S. purpurascens* to penetrate the insect cuticle, so you do not need to eat the grasshopper this body (Huerta *et al.*, 2014). The aim of this study was to evaluate the effect of *B. bassiana* and aqueous plant extracts chicalote (*Argemone mexicana*), pepper (*Capsicum frutescens*) and higuera (*Ricinus communis*) in controlling *Sphenarium purpurascens* in the cultivation of amaranth.

## Materials and methods

To know whether the strain of *B. bassiana* is pathogenic on different stages of *S. purpurascens*, it was first isolated from the grasshoppers collected in the field in San Lucas Tulcingo, Township Tochimilco after the pathogenicity test was performed on the 2<sup>nd</sup> and nymphs 4, stage, and adult. They conducted three bioassays, under a design in randomized complete block design with five treatments and four replications, the experimental unit was a plastic container of one liter where 10 individuals of *S. purpurascens* were placed (according to the state of developing for each insect bioassays each), which were fed with leaves of greenhouse grown chard: where four concentrations were tested inoculum  $1 \times 10^6$ ,  $1 \times 10^7$ ,  $1 \times 10^8$  and  $1.2 \times 10^9$  spores  $\text{mL}^{-1}$  and the control (distilled water with two drops of Tween 80). Grasshoppers nymphal stages 2 and 4 were each inoculated with 2 mL of the spore suspension in the back of the insect pronotal (Douglas *et al.*, 1997).

The experimental units adult insects were sprayed with 3 mL of the appropriate spore suspension. Mortality was recorded every 24 hours and dead insects were placed in a humid chamber to verify that the infection was caused by *B. bassiana*, through microscopy. Mortality obtained was corrected by Abbott's formula (1925), the data obtained by analysis of variance (ANOVA) and comparison of means by Tukey test ( $\alpha = 0.05$ ) were submitted. Calculations and statistical tests were performed using the software Statgraphics Plus for Windows 4.1. Also the determination of the average lethal time ( $LT_{50}$ ) using the statistical model Probit was obtained (Finney, 1972).

Field test. This work was done during the season 2011 in the agricultural area of San Lucas Tulcingo, Municipality of Tochimilco, Puebla (length:  $18^\circ 50' 14''$ , latitude:  $98^\circ 35' 42''$  and an altitude of 1950 m), annual rainfall of about 877 mm and four types of climate: semi-warm humid, humid temperate, humid and cold semifreddo (INAFED, 2009).

obtenidos se sometieron al análisis de varianza (ANOVA) y la comparación de medias mediante la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ). Los cálculos y pruebas estadísticas se realizaron utilizando el software Statgraphics plus para Windows 4.1. Así mismo se obtuvo la determinación del Tiempo Letal medio ( $TL_{50}$ ) utilizando el modelo estadístico Probit (Finney, 1972).

Ensayo de campo. Este trabajo se realizó durante el ciclo agrícola 2011, en la zona agrícola de San Lucas Tulcingo, Municipio de Tochimilco, Puebla (longitud: 18° 50' 14", latitud: 98° 35' 42" y una altitud de 1 950 m), precipitación anual aproximada de 877 mm y cuatro tipos de clima: semicálido subhúmedo, templado subhúmedo, semifrío subhúmedo y frío (INAFED, 2009). La vegetación corresponde a una zona boscosa de pino y pino-encino asociada a una vegetación arbustiva y arbórea, selva baja caducifolia y pastizal inducido (INEGI, 2010).

El material vegetal utilizado para la elaboración de los extractos se recolectó en el mes de marzo y mayo de 2011, de *A. mexicana* (Papaveraceae) se colectó el follaje y flores; para *R. comunis* (Euphorbiaceae) y *C. frutescens* var. serrano (Solanaceae) se utilizó el fruto. Se dejó secar sobre papel periódico y a la sombra durante 20 días, hasta su total deshidratación. Los tejidos secos se pulverizaron en un molino eléctrico (Nixtamatic), se tamizaron a través de una malla del número 20 (Mont inox) y se conservaron en bolsas de papel en un lugar seco y fresco hasta la realización del experimento.

Para llevar a cabo el estudio se seleccionó una parcela representativa de la zona de estudio, donde se realizó el barbecho, rastreo y surcado con tracción animal. La semilla de *A. hypocondriacus* obtenida de la cosecha del ciclo anterior, se sembró el 24 de junio de 2011, depositando de 6-8 semillas de amaranto en el fondo del surco y se cubrieron con mismo suelo seco de la parcela. La semilla se mezcló 24 horas antes con estiércol seco de caballo (2 kg de semilla por 30 kg de estiércol), y se sembraron juntos. La distancia entre cada punto de siembra fue de 60 cm, y entre surco y surco de 80 cm. Una vez que las plantas tuvieron una altura de 15 cm en promedio, se dejaron tres plantas por mata.

Los tratamientos probados fueron higuierilla + chicalote + *Beauveria bassiana*, higuierilla + chile + *B. bassiana*, *B. bassiana* y el testigo que consistió en aplicar solo agua. En todos los tratamientos con *B. bassiana* se utilizaron  $3.2 \times 10^{10}$  esporas  $mL^{-1}$ . Los tratamientos biológicos (extractos + entomopatógenos) se aplicaron cada semana y se alternaron con la aplicación de una suspensión de jabón de pastilla zote (3, 4, 4

The vegetation corresponds to a wooded area of pine and pine-oak associated with shrubs and trees, deciduous forest and induced pasture (INEGI, 2010).

The plant material used to prepare the extracts were collected in March and May 2011, *A. mexicana* (Papaveraceae) foliage and flowers were collected; *R. comunis* (Euphorbiaceae) and *C. frutescens* var. Serrano (Solanaceae) the fruit used. He was allowed to dry on newspaper and in the shade for 20 days, until complete dehydration. The dry mass was pulverized in an electric mill (Nixtamatic), sieved through a number 20 mesh (Mont stainless steel) and stored in paper bags in a cool dry place until the experiment.

To carry out the study a representative plot of the study area where fallow was performed, tracking and laced with animal traction was selected. *A. hypocondriacus* seed obtained from the harvest of the previous cycle, sowed 24 June 2011, laying 6-8 amaranth seeds in the bottom of the furrow and covered with dry soil of the same plot. The seed mixed 24 hours before dry horse manure (2 kg of seed per 30 kg of manure), and seeded together. The distance between each seed point was 60 cm, and between groove and groove 80 cm. Once the plants had a height of 15 cm on average, three plants were allowed to kill.

Treatments tested were higuierilla + chicalote + *Beauveria bassiana*, higuierilla + chile + *B. bassiana*, *B. bassiana* and the witness who was to apply only water. In all treatments with *B. bassiana*  $3.2 \times 10^{10}$  spores  $mL^{-1}$  were used. Biological treatment (extracts + entomopatógenos) were applied every week and alternated with the application of a suspension dunce soap bar (3, 4, 4 tricoloracarbánilida). The design was randomized complete block design with four treatments and nine repetitions. The experimental unit had an area of 53.7  $m^2$ , featuring eight groove and each group contained groove 14<sup>th</sup> floor, while the useful plot consisted of four rows and each present eight plants (32 central plants), in an area of 15.36  $m^2$ .

For extracts 3%, 30 g of plant material were weighed of each species were macerated and diluted in 1 liter of water; with respect to the combinations of the two plants, each 15 g were used for the same volume of water. The extracts were stirred with a wooden paddle for 20 minutes and allowed to stand for 24 h, then filtered through a fine mesh (tricot), and was transferred to a spray bag of 15 liters, also was incorporated the formulation of *B. bassiana* spores and applications were made. These applications are held every week. Applications of these treatments alternated with applications soap tablet (0.6%). 100 g of soap were weighed and passed through a

tricoloracarbánilida). Se utilizó un diseño en bloques completos al azar con cuatro tratamientos y nueve repeticiones. La unidad experimental tuvo un área de 53.7 m<sup>2</sup>, presentando ocho surco y cada surco consto de 14 planta, mientras que la parcela útil estuvo conformada por cuatro surcos y cada uno presento ocho plantas (32 plantas centrales), en un área de 15.36 m<sup>2</sup>.

Para obtener los extractos al 3%, se pesaron 30 gr del material vegetal de cada especie se maceraron y diluyeron en 1 litro de agua; con respecto a las combinaciones de las dos plantas, se utilizaron 15 gr de cada una por el mismo volumen de agua. Los extractos se agitaron con una pala de madera durante 20 minutos y se dejaron reposar por 24 h, después se filtraron a través de una malla fina (tricot), y se trasvaso en una mochila aspersora de 15 litros de capacidad, además se incorporo la formulación de esporas de *B. bassiana* y se realizaron las aplicaciones. Estas aplicaciones se llevaron a cabo cada semana. Las aplicaciones de estos tratamientos se alternaron con las aplicaciones de jabón de pastilla (0.6%). Se pesaron 100 g de jabón y se pasó por un rayador, se diluyo en 16 litros de agua y se dejo reposar por 24 h, por último filtro con una malla fina para ser trasvasado a una mochila aspersión. En total se realizaron ocho aplicaciones: cuatro de los tratamientos biológicos y cuatro de la suspensión jabonosa.

Para obtener el inoculo del hongo, en volúmenes de 200 g de grano de arroz (sin testa), se hidrataron por dos horas en 160 mil de agua destilada más 131 mg de ampicilina, luego el grano se escurrió durante una hora sobre un bastidor con tela mosquitera de plástico y finalmente se vertió en bolsas de polipapel y se esterilizó a 121 °C, durante 15 min. El arroz esterilizado se inoculó en una campana de flujo laminar con una suspensión de esporas de *B. bassiana* a una concentración de 1.5 x 10<sup>9</sup> esporas/mL agregando con una pipeta 10 mL de la suspensión a cada bolsa de polipapel, cubriendo todo el grano para obtener una distribución homogénea de la suspensión en el sustrato. Las bolsas inoculadas se incubaron a una temperatura de 27 ± 2 °C, con una humedad relativa y fotoperiodo de 12:12 horas luz-oscuridad por 15 días. Las esporas recuperadas por filtración y tamizado, se colocaron en un desecador durante dos horas, para reducir el contenido de humedad de las esporas. Posteriormente se pesaron 2.5 g de esporas (3.2 x 10<sup>10</sup> esporas/mL) y se disolvieron en 20 mL de aceite de girasol estéril, se mezclaron en un vortex por 10 min y se mantuvieron a 4 °C hasta su aplicación.

Para estimar la eficacia biológica de los tratamientos que se evaluó: número de chapulines por parcela útil: se contabilizó el número de chapulines que se encontraron en cada una de

grater, diluted in 16 liters of water and allowed to stand for 24 h, and finally with a fine mesh filter to be transferred into a backpack spray. four biologics and four soap suspension: a total of eight applications were made.

For the inoculum of the fungus, in volumes of 200 g grain rice (no testa), they were hydrated for two hours in 160 thousand of distilled water plus 131 mg of ampicillin, then the grain was drained for one hour on a frame with plastic fabric and eventually screened poured into poly-bags and sterilized at 121 °C for 15 min. The sterilized rice was inoculated in a laminar flow hood with a spore suspension of *B. bassiana* at a concentration of 1.5 x 10<sup>9</sup> spores/mL by adding by pipette 10 ml of the suspension polipapel each bag, covering the whole grain obtain a homogeneous distribution of the suspension in the substrate. The inoculated bags are incubated at a temperature of 27 ± 2 °C, relative humidity and photoperiod 12:12 hour light-dark for 15 days. Spores recovered by filtration and sieving, was placed in a desiccator for two hours to reduce the moisture content of the spores. Subsequently 2.5 g of spores (3.2 x 10<sup>10</sup> spores/mL) were weighed and dissolved in 20 mL of sterile sunflower oil, mixed on a vortex for 10 min and kept at 4 °C until application.

To estimate the biological effectiveness of the treatments was evaluated: number of grasshoppers per useful plot: the number of grasshoppers that were found in each of the plants useful plot was recorded. Percentage of damage foliage consumed: the three plants that made up the kills as 100% and by direct observation the percentage of damage of plants were considered invalid. Grain yield: once the harvest took place was cleaned and seed weight in a granataria balance, getting the weight in kilograms by useful plot for each treatment and then extrapolated kg ha<sup>-1</sup>. Those data were verified the hypothesis of homogeneous variance by Bartlett test, analysis of variance and multiple comparison of means by Tukey test ( $p \leq 0.05$ ) (Steel and Torrie, 1960) was performed. Calculations and statistical tests were performed using the Statgraphics Centurion XVI software (Statgraphics, 2010).

## Results and discussion

### Laboratory bioassays

At seven days after inoculation (ddi) in second instar nymphs of *S. purpurascens*, 100% mortality was obtained in all concentrations (1.0 x 10<sup>6</sup> to 1.0 x 10<sup>9</sup> spores / mL). In

las plantas de la parcela útil. Porcentaje de daños del follaje consumido: se consideraron las tres plantas que conformaron la mata como el 100% y por observación directa se obtuvo el porcentaje de daño de las plantas. Rendimiento del grano: una vez que se realizó la cosecha se procedió a limpiar la semilla y se pesó en una balanza granataria, obteniendo el peso en kilogramos por parcela útil para cada tratamiento y después se extrapolaron a  $\text{kg ha}^{-1}$ . A los datos obtenidos se les verificó la hipótesis de varianza homogénea mediante la prueba de Bartlett, se realizó el Análisis de Varianza y la comparación múltiple de medias mediante la Prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) (Steel and Torrie, 1960). Los cálculos y pruebas estadísticas se realizaron utilizando el software Statgraphics Centurion XVI (Statgraphics, 2010).

## Resultados y discusión

### Bioensayos en laboratorio

A los siete días de la inoculación (ddi) en ninfas de segundo estadio de *S. purpurascens*, se obtuvo el 100% de mortalidad en todas las concentraciones ( $1.0 \times 10^6$  a  $1.0 \times 10^9$  esporas/mL). En el cuarto estadio ninfal ddi se obtuvo el 80% de mortalidad con las concentraciones de  $1.0 \times 10^7$  a  $1.0 \times 10^9$  esporas  $\text{mL}^{-1}$  y a los seis días el 100% de mortalidad en todas las concentraciones. Estos resultados coinciden con los reportados por García y González (2009) quienes citan que *B. bassiana* con dosis de  $1.2 \times 10^9$  blastosporas  $\text{mL}^{-1}$  causó mortalidad de 100% de las ninfas de *S. purpurascens*.

Los tratamientos  $1 \times 10^8$  y  $1 \times 10^9$  esporas/mL ocasionaron mayor mortalidad en adultos de *S. purpurascens* que los demás tratamientos con porcentajes de mortalidad de 80 y 76%, respectivamente (Cuadro 1). Estos resultados son similares a los reportados por Adatia *et al.* (2010) quienes obtuvieron un 50% de mortalidad de chapulines a los 5 y 6 días y 90% mortalidad en los días 6 y 7. De manera consistente el porcentaje de mortalidad se incrementó al aumentar la concentración de esporas, estos resultados son similares con lo descrito por Eken *et al.* (2006).

La concentración de *B. bassiana* ( $1 \times 10^9$ ) que presentó el menor  $\text{TL}_{50}$ , para aniquilar a las ninfas del 2º y 4º estadio, así como a los adultos de *S. purpurascens*, se encontraron al tercer y cuarto día de realizar el inoculo del hongo, seguida por  $1 \times 10^8$  encontrando que el  $\text{TL}_{50}$ , de la ninfa 2 se observó

the fourth nymphal stage ddi 80% mortality was obtained with concentrations of  $1.0 \times 10^7$  to  $1.0 \times 10^9$  spores  $\text{mL}^{-1}$  and six days to 100% mortality at all concentrations. These results agree with those reported by García and González (2009) who cite that *B. bassiana* at doses of  $1.2 \times 10^9$   $\text{mL}^{-1}$  blastosporas caused 100% mortality of the nymphs of *S. purpurascens*.

Treatments  $1 \times 10^8$  and  $1 \times 10^9$  spores/mL caused increased mortality in adults *S. purpurascens* than other treatments with mortality rates of 80 and 76%, respectively (Table 1). These results are similar to those reported by Adatia *et al.* (2010) who obtained 50% mortality of grasshoppers at 5 and 6 days and 90% mortality on days 6 and 7. Consistent percent mortality increased with increasing concentration of spores, these results are similar to as described by Eken *et al.* (2006).

### Cuadro 1. Mortalidad (% $\pm$ EE) en adultos de *S. purpurascens* a los ocho días de la aplicación de *B. bassiana* en condiciones de laboratorio.

**Table 1. Mortality (%  $\pm$  EE) in adults *S. purpurascens* on the eighth day of the application of *B. bassiana* under laboratory conditions.**

<i>Beauveria bassiana</i> (esporas/ml)	(%) de mortalidad $\pm$ error estándar
Testigo (agua)	0.0 $\pm$ 0.0 a*
$1.0 \times 10^6$	43.3 $\pm$ 0.76 b
$1.0 \times 10^7$	53.2 $\pm$ 0.87 b
$1.0 \times 10^8$	76.0 $\pm$ 0.28 c
$1.0 \times 10^9$	81.0 $\pm$ 0.0 c

\* Medias con la misma letra, no difieren significativamente ( $p \leq 0.05$ ). EE= error estándar.

The *B. Bassiana* concentration ( $1 \times 10^9$ ) had the lowest  $\text{TL}_{50}$ , to annihilate the nymphs of the 2nd and 4th stage, as well as adults of *S. purpurascens*, they are found on the third and fourth days of making the inoculum fungus, followed by  $1 \times 10^8$  finding that  $\text{TL}_{50}$ , nymph 2 was observed at day 4, while the four nymph and adult mortality is presented on the fifth day. Treatment ( $1 \times 10^6$ ) had the lowest  $\text{TL}_{50}$ , between different states of the grasshopper (6, 7 and 8) with a difference of one day (Table 2). These figures are equivalent to research conducted by Berlanga and Hernández (2002), who concluded that the isolation of *B. bassiana*,  $\text{TL}_{50}$  present in an area of 5.5 days causing adult mortality *Schistocerca piceirons piceifrons* (Orthoptera: Acrididae) of 76%.

al 4º día, mientras que la ninfa 4 y el adulto la mortalidad se presentó al quinto día. El tratamiento ( $1 \times 10^6$ ) presentó el menor  $TL_{50}$ , entre los diferentes estados del chapulín (6, 7 y 8) con una diferencia de un día (Cuadro 2). Estos datos son equivalentes con la investigación realizada por Berlanga y Hernández (2002), quienes concluyeron que el aislamiento de *B. bassiana* presentó  $TL_{50}$  en un ámbito de 5.5 días causando mortalidades de adultos de *Schistocerca piceifrons* (Orthoptera: Acrididae) de 76%.

Asimismo, Castillo (2014), indica que cuando se aplican mayores concentraciones de *B. bassiana* el tiempo de mortalidad en adultos de *Sitophilus zeamais* Motschulsky, es menor que cuando se aplican a bajas concentraciones ya que este tiempo es más prolongado. Esta forma de actuar coinciden con lo reportado por De la Rosa *et al.* (2002), quienes mencionan que la agresividad de una cepa está determinada en base al tiempo letal medio ( $TL_{50}$ ), considerándose una cepa con mayor agresividad y aquella que mata a su hospedero en menor tiempo. Las diferencias en los tiempos en que mueren los organismos han sido variables y están en función de la cepa del hongo entomopatógeno, de su concentración, del hospedero donde fue aislado el patógeno, de la edad y del sexo del hospedero del que se está evaluando (Maniania and Ondulaja, 1998).

En el Cuadro 3 se presenta el número de *S. purpurascens* encontrados en las plantas de amaranto después de realizar las aplicaciones de los tratamientos evaluados en los diferentes tiempos. Los tratamientos de Higuierilla+chile+ *B. bassiana* y *B. bassiana* ocasionaron una disminución en el número de chapulines que los demás tratamientos en las cuatro lecturas. La Higuierilla+chile+ *B. bassiana* provocó una significancia menor ( $p \leq 0.05$ ) en el número de individuos en las dos últimas lecturas con 48 y 18% respectivamente. La combinación de higuierilla y chile sirvió para proteger el cultivo de amaranto al disminuir las infestaciones de insectos plaga del follaje en 39.7%, además el extracto de higuierilla cuando se aplica solo, también ocasiona disminuciones en 27.2% respecto al testigo, lo que el autor atribuye a que esta planta presenta efectos tóxicos y antialimentarios, mientras que el chile causa efectos repelentes, lo que hacen que los insectos vayan a alimentarse de cultivos vecinos (Pérez-Torres, 2012). La combinación de los extractos vegetales y *B. bassiana* presentan un buen efecto sobre la presencia de chapulines, (Caffarini *et al.*, 2008).

Also, Castillo (2014), indicates that at higher concentrations of *B. bassiana* time mortality in adults of *Sitophilus zeamais* Motschulsky applied, is smaller than when applied at low concentrations since this time is longer. This approach consistent with that reported by De la Rosa *et al.* (2002), who mentioned that the aggressiveness of a strain is determined based on the median lethal time ( $LT_{50}$ ), considering a strain more aggressive and one that kills its host in less time. Differences in the days when the organisms die are variable and depending on the strain of entomopathogenic fungus, its concentration, the host where it was isolated the pathogen, age and sex of the host which is being evaluated (Maniania and Ondulaja, 1998).

**Cuadro 2. Tiempo letal medio ( $TL_{50}$ ) para aniquilar ninfas y adultos de *S. purpurascens*, inoculadas con conidios/mL de *B. bassiana*.**

**Table 2. Average lethal time ( $TL_{50}$ ) to kill nymphs and adults of *S. purpurascens*, inoculated with conidia / mL of *B. bassiana*.**

Tratamientos (esporas mL <sup>-1</sup> )	$TL_{50}$ (días) / estadio de <i>S. purpurascens</i>		
	Ninfa 2	Ninfa 4	Adulto
$1 \times 10^6$	6	7	8
$1 \times 10^7$	5	6	6
$1 \times 10^8$	4	5	5
$1 \times 10^9$	3	4	4
Testigo	0	0	0

Trabajo de campo.

The number of *S. purpurascens* found in plants amaranth after performing applications treatments evaluated in different times are shown in Table 3. Treatments higuierilla + chile + *B. bassiana* and *B. bassiana* caused a decrease in the number of grasshoppers that other treatments in the four readings. The higuierilla + chile + *B. bassiana* caused a minor significance ( $p \leq 0.05$ ) in the number of individuals in the last two readings 48 and 18% respectively. The combination of higuierilla and chili served to protect the crop from Amaranth to reduce insect pest infestations of the foliage in 39.7%, plus the extract of higuierilla when applied alone also causes decreases by 27.2% compared to the control, which the author attributed to this plant has toxic and antifeedant effects while chili cause repellent effects, which will make the insects feeding on neighboring crops (Pérez-Torres, 2012). The combination of plant extracts and *B. bassiana* have a good effect on the presence of grasshoppers (Caffarini *et al.*, 2008).



**Cuadro 3. Número de chapulines (%±EE) en plantas *A. hypochoeroides* con diferentes tratamientos a diferentes días de la siembra, en Tochimilco, Puebla.****Table 3. Number of grasshoppers (%±SE) in plants *A. hypochoeroides* with different treatments for different days of planting Tochimilco, Puebla.**

Tratamientos	Número de chapulines			
	36 días	50 días	65 días	79 días
Higuerilla+chicalote+ <i>B. bassiana</i>	134.33 ± 11.14a	76.44 ± 14.90 a	58.66 ± 18.02 a	20.22 ± 3.67 a*
Higuerilla+chile+ <i>B. bassiana</i>	121.55 ± 3.53a	81.22 ± 12.24 a	48.77 ± 12.39 a	18.88 ± 3.07 a
<i>B. bassiana</i>	139.11 ± 8.70 a	126.33 ± 22.66 b	71.55 ± 14.14 a	57.22 ± 5.72 b
Testigo (agua)	148.33 ± 6.59 a	159.55 ± 15.83 b	135.55 ± 13.09 b	120.22 ± 13.97 c

\* Medias con diferente letra de la columna son significativamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ). EE= error estándar.

Los resultados del porcentaje de daños al follaje de amaranto se muestra en el Cuadro 4, donde observamos que las plantas tratadas con Higuerilla+chile+ *B. bassiana* sufrió un menor daño en las dos evaluaciones (13.4 y 11.7%). Estos resultados concuerdan con lo reportado por Pérez-Torres (20012), quien comenta que al aplicar el extracto acuoso de higuerilla+chile al 3%, se presenta menor daño por insectos plaga en las plantas de amaranto. Además en concentraciones de 10% en forma de infusión y macerado, se obtienen menores niveles de daño por conchuela de frijol de *Epilachna varivestias* Mulsant. Este comportamiento se puede deber a que la higuerilla presenta efecto repelente, lo que el extracto acuoso vegetal causo repelencia significativa en *Thrips tabaci* Liderman de 75%, lo que hizo que protegiera al cultivo de cebolla (Durán, 2007). Otro de los tratamientos que tuvo buenos resultados, fue Higuerilla+chicalote+ *B. bassiana*, que mostraron el 17.8 y 14.2% de daños.

El daño al follaje por plagas que se observó en las plantas tratadas con el extracto de chicalote+chile al 3% fue menor en la primera lectura, presentando una ligera disminución en la segunda lectura. El extracto de *Argemone* sp., se usa para proteger los granos almacenados de maíz, frijol y garbanzo a nivel laboratorio contra *S. zeamais*, *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) y *Callosobruchus maculatus* (F), en 100% (Cuevas *et al.*, 2006). Para disminuir los daños Ducrot (2005), recomienda el uso de extractos vegetales acuosos con propiedades repelentes o irritantes, cuya acción como biocontroladores, se debe a los metabolitos secundarios.

El extracto de *B. bassiana* se observa en la primera lectura los fuertes daños por chapulín (26.6%), sin embargo disminuyo drásticamente en la segunda lectura (14.1%). En el estado de Zacatecas, Lozano y España (2011) obtuvieron resultados satisfactorios donde *B. bassiana* es una alternativa eficaz contra *S. purpurascens* siempre y cuando se utilice de modo

The results of the percentage of damage to the foliage of amaranth shown in Table 4, where we observed that the treated Higuerilla + chile + *B. bassiana* plants suffered less damage in both assessments (13.4 and 11.7%). These results agree with those reported by Pérez-Torres (20012), who says that by applying the aqueous higuerilla + chile 3% less damage occurs by insect pests in plants amaranth. Also in concentrations of 10% as an infusion and macerated, lower levels of damage are obtained by conchuela bean *Epilachna varivestias* Mulsant. This behavior can occur because the higuerilla presents repellent effect, so the plant aqueous extract caused significant repellency *Thrips tabaci* Liderman 75%, which was to protect the cultivation of onion (Duran, 2007). Another treatment that was successful was Higuerilla + chicalote + *B. bassiana*, which showed 17.8 and 14.2% damage.

Damage to foliage pests was observed in cells treated with the extract chicalote + chile plants was 3% lower in the first reading, showing a slight decrease in the second reading. The extract of *Argemone* sp., Is used to protect stored grain corn, beans and garbanzo at laboratory against *S. zeamais*, *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) and *Callosobruchus maculatus* (F), 100% (Cuevas *et al.*, 2006). To reduce damage Ducrot (2005) recommends the use of aqueous plant extracts with repellent or irritant properties, whose action as biocontrol, is due to secondary metabolites.

The extract of *B. bassiana* is observed in the first reading strong grasshopper damage (26.6%), but declined sharply in the second reading (14.1%). In the state of Zacatecas, Lozano and Spain (2011) obtained satisfactory results where *B. bassiana* is an effective alternative against *S. purpurascens* always and when used as a preventive measure; ie make applications in the months of June and July, while in the nymphs emerge and are observed in its early stages feeding on the weed.

preventivo; es decir, realizar aplicaciones en los meses de junio y julio, tiempo, en que surgen las ninfas y se observan en sus primeros estadios alimentándose en la maleza.

El tratamiento a base de higuierilla+chile+*B. bassiana* tuvo la mejor producción promedio con 2001.48 kg ha<sup>-1</sup> de semilla de amaranto, mientras que en el testigo se obtuvo 816.21 kg ha<sup>-1</sup> que resultó estadísticamente menor a la producción del resto de los tratamientos, con estos datos se observa un incremento en la producción de 145.21% con respecto al testigo. Resultados similares fueron obtenidos por Aragón *et al.* (2002), quienes al usar extracto de *R. communis* tienen una producción promedio de semilla de 1 951 kg ha<sup>-1</sup> incrementando un 48% la producción con respecto al testigo. Pérez-Torres (2011b), afirma que los extractos acuosos protegen las plantas de amaranto de los insectos plaga del follaje, incrementando la producción en 61% con respecto al testigo.

**Cuadro 5. Rendimiento de grano (kg ha<sup>-1</sup>) de amaranto, bajo diferentes tratamientos en la comunidad de San Lucas Tulcingo, Tochimilco, Puebla.**

**Table 5. Grain yield (kg ha<sup>-1</sup>) amaranth, under different treatments in the community of San Lucas Tulcingo, Tochimilco, Puebla.**

Tratamientos	Rendimiento de grano (kg ha <sup>-1</sup> )	Incremento del rendimiento del grano con respecto al testigo (%)
Higuierilla+chicalote+ <i>B. bassiana</i>	1553.33 ± 105.15 a*	90.30
Higuierilla+chile+ <i>B. bassiana</i>	2001.48 ± 446.16 b	145.21
<i>B. bassiana</i>	1322.96 ± 027.42 c	062.08
Testigo (agua)	816.21 ± 25.05 d	-----

\*Medias con diferente letra de la columna son significativamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ) con respecto al testigo.

Aragón y Tapia (2009), sustentan que existe una mejor protección en el cultivo de *A. hypochondriacus* de los daños por insectos plaga en el follaje y una mayor producción, al utilizar diferentes mezclas de plantas como el chicalote, chile e higuierilla, además cuando las aplicaciones con extractos vegetales son alternados con jabón neutro de pastilla se tienen mejores resultados debido a que el jabón descompone o destruye la cutícula y membrana de las larvas causando desecación y muerte (Szumlas, 2002; Vincent *et al.*, 2003), también existen alteraciones hormonales de crecimiento impidiendo que muden y bloquean espiráculos asfixiándolo. El jabón es efectivo contra artrópodos blandos como trips, ácaros, áfidos y mosca blanca (Karlsson, 2005). Los insecticidas vegetales presentan la ventaja de ser compatibles con otras opciones de bajo riesgo aceptables en el control de insectos, como feromonas, aceites, jabones, hongos entomopatógenos, depredadores y parasitoides, lo que aumenta enormemente sus posibilidades de constituir parte de un programa de manejo integrado de plagas (Molina, 2001).

**Cuadro 4. Daño al follaje (%±E.E) en plantas de *A. hypochondriacus* tratadas con extractos vegetales y *B. bassiana* en Tochimilco, Puebla.**

**Table 4. Damage to foliage (%±EE) in plants *A. hypochondriacus* treated with plant extracts and *B. bassiana* in Tochimilco, Puebla.**

Tratamientos	(% de daño del follaje)	
	50 dds	87 dds
Higuierilla+chicalote+ <i>B. bassiana</i>	17.88 ± 1.25 a*	14.22 ± 0.89 a
Higuierilla+chile+ <i>B. bassiana</i>	13.44 ± 0.78 a	11.77 ± 0.59 a
<i>B. bassiana</i>	26.66 ± 1.99 b	14.11 ± 0.75 a
Testigo (agua)	32.11 ± 2.24 b	42.88 ± 2.38 b

\* Medias con diferente letra de la columna son significativamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ). E. E= error estándar.

The tratamiento based higuierilla + chile + *B. bassiana* had the best average production 2 001.48 kg ha<sup>-1</sup> seed amaranth, while in the witness 816.21 kg ha<sup>-1</sup> was obtained was statistically less than the production of other treatments with these data was an increase in the production of 145.21% over the control. Similar results were obtained by Aragón *et al.* (2002), who by using *R. communis* extract have an average seed yield of 1 951 kg ha<sup>-1</sup> increased production by 48% compared with the control. Pérez-Torres (2011b) states that aqueous extracts protect plants from insect pests amaranth foliage, increasing production by 61% compared with the control.

Aragón and Tapia (2009), maintain that there is better protection in the cultivation of *A. hypochondriacus* from damage by insect pests on foliage and increased production, using different mixtures of plants like chicalote, chile and higuierilla, as well as applications with plant extracts are alternated with neutral soap tablet have better results because the soap breaks or

## Conclusiones

En bioensayos en laboratorio, el estadio de ninfa 2 resultó altamente susceptible a la infección del hongo *Beauveria bassiana* con una  $CL_{50}$  de  $1 \times 10^6$  esporas/mL y  $TL_{50}$  de 3 días.

Los porcentajes de mortalidad más altos para *S. purpurascens* se presentaron después de 8 días a las concentraciones de *B. bassiana* de  $1.0 \times 10^8$  esporas/mL y  $1.0 \times 10^9$  esporas/mL, obteniéndose 100% de mortalidad para los estadios de ninfa 2 y 4, en ambas concentraciones y de 76 y 81% de mortalidad en el estadio adulto respectivamente.

Los extractos de higuerrilla y chile combinados con *B. bassiana* en aplicaciones alternadas con suspensiones de jabón, fueron efectivos en el control de *S. purpurascens* e incrementaron el rendimiento de grano en el cultivo de amaranto (*Amaranthus hypocondriacus* L.).

## Literatura citada

- Abbot, W. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18:265-267.
- Adatia, A.; Johnson, D. and Entz, S. 2010. Pathogenicity of two new isolates of *Metarhizium anisopliae* from Canadian soil to *Melanoplus bivittatus* (Orthoptera: Acrididae) and *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). *The Canadian Entomologist.* 142:128-134.
- Aragón, G. A. y Tapia, A. M. R. 2009. Amaranto orgánico: métodos alternativos para el control de plagas y enfermedades. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP). Alternativas y Procesos de Participación Social, A. C. Puebla, México. 63 p.
- Aragón, G. A. y López-Olguín, J. F. 1994. Estudio en laboratorio de dos plantas utilizadas para el combate de las principales plagas de maíz almacenado. *In: Memorias del V Encuentro Regional de Investigadores en Flora y Fauna de la Región Centro Sur de la República Mexicana.* Toluca, Estado de México. 9 p.
- Aragón, G. A.; López-Olguín, J. F.; Tapia, A. M. R.; Bonilla, N. F. y Pérez-Torres, B. C. 2002. Extractos vegetales una alternativa para el control de plagas del amaranto *Amaranthus hypocondriacus* L. *In: métodos para la generación de tecnología agrícola de punta.* Aragón, G. A.; López-Olguín, J. F. y Tornero, M. C. (Eds). Publicación especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla (BUAP). México. 125-137 pp.
- Aragón, G. A.; Damián, M. A. H.; Huerta, M. L.; Sáenz-de-Cabezón, F. J.; Pérez-Moreno, I.; Marco-Macebón, V. y López-Olguín, J. F. 2011. Insect occurrence and losses due to phytophagous species in the amaranth *Amaranthus hypocondriacus* L. crop in Puebla, Mexico. *Afr. J. Agric. Res.* 6:5924-5929.

destroys the cuticle membrane larvae causing desiccation and death (Szumlas, 2002; Vincent *et al.*, 2003), there are growth hormone disruption preventing them from shedding and blocked spiracles suffocating. The soft soap is effective against arthropods as thrips, mites, aphids and whitefly (Karlsson, 2005). Vegetable insecticides have the advantage of being compatible with other options under acceptable risk in the control of insects, such as pheromones, oils, soaps, entomopathogenic fungi, predators and parasitoids, which greatly increases your chances of be part of a management program integrated pest Management (Molina, 2001).

## Conclusions

In laboratory bioassays, the nymphal stage 2 was highly susceptible to infection with the fungus *Beauveria bassiana* an  $LC_{50}$  of  $1 \times 10^6$  spores / mL and  $TL_{50}$  for 3 days.

Rates higher for *S. purpurascens* mortality after 8 days they showed concentrations of *B. bassiana*  $1.0 \times 10^8$  spores / mL and  $1.0 \times 10^9$  spores / mL, obtained 100% mortality for the nymph 2 and 4 both concentrations of 76 and 81% mortality in the adult stage respectively.

The higuerrilla extracts and chili combined with *B. bassiana* in alternate applications soap suspensions were effective in controlling *S. purpurascens* and increased grain yield in the cultivation of amaranth (*Amaranthus L. hypocondriacus*).

*End of the English version*



- Barba de la Rosa, A. P.; Fomsgaad, I. S.; Laursen, B.; Mortensen, A. G.; Olvera-Martínez, L.; Silva-Sánchez, C.; Mendoza-Herrera, A.; González-Castañeda, J. and De León-Rodríguez, A. 2009. Amaranth (*Amaranthus hypocondriacus*) as an alternative crop for sustainable food production: phenolic acids and flavonoids with potential impact on its nutraceutical quality. *J. Cereal Sci.* 49:117-121.
- Berlanga, P. A. M. y Hernández, V. M. V. 2002. Efecto de la temperatura sobre el crecimiento y la virulencia de *Metarhizium anisopliae*, M. a. var acridum y *Beauveria bassiana* en *Schistocerca piceifrons piceifrons*. *Manejo Integrado de Plagas.* 63:51-55.
- Bigi, M. F.; Torkomian, V. S.; Groote, M. J.; Hebling, A.; Bueno, O. C.; Pagnocca, F. C.; Fernandes, J. B.; Vieira, P. C. and Da Silva, M. F. 2004. Activity of *Ricinus communis* (Euphorbiaceae) and ricinine against the leaf-cutting ant *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae) and the symbiotic fungus *Leucoagaricus gogylophorus*. *Pest Management Science.* 60:933-938.

- Caffarini, P.; Carrizo, P.; Pelicano, A.; Roggero, P. y Pacheco, J. Z. 2008. Efectos de extractos acetónicos y acuosos de *Ricinus communis* (ricino), *Melia azedarach* (paraíso) y *Trichillia glauca* (trichillia), sobre la hormiga negra común (*Acromyrmex lundii*). World Wide Sci. 26:59-64.
- Castillo, V. H. 2014. Evaluación de cal viva y *Beauveria bassiana* para el manejo del gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) en condiciones de laboratorio. Tesis de Licenciatura. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP). Puebla, México. 55 p.
- Cuevas, S. M. I.; Romero, C. A. N. y García, J. C. M. 1991. Utilización del chicalote *Argemone mexicana* (Papaveraceae) como una alternativa para el control del gorgojo pinto del frijol *Z. subfasciatus* (Bohn) (Coleoptera: Bruchidae). In: Memorias del II Simposio nacional sobre sustancias vegetales y minerales en el combate de plagas. Sociedad Mexicana de Entomología. A. C. Oaxaca, Oaxaca, México. 3-10 pp.
- Cuevas, S. M. I.; García, J. C. M. y Romero, C. A. N. 2006. Productos naturales para el control de la principal plaga del maíz, frijol y garbanzo almacenado. Bol. Asoc. Esp. Ent. 30(1-2):83-92.
- De la Rosa, W.; López, F. L. and Liedo, P. 2002. *Beauveria bassiana* as a pathogen of the Mexican fruitfly (Diptera: Tephritidae) under laboratory conditions. J. Econ. Entomol. 95:36-43.
- De Poll, E. 1998. Plantas tóxicas de Guatemala en casa y en el campo. In: Ciencia y Acción No. 5. Universidad del Valle de Guatemala. Guatemala, C. A. 5 p.
- Douglas, D. G.; Johnson, D. L. and Goettel, M. S. 1997. Effects of temperature and sunlight on mycosis (*Beauveria bassiana*) (Hyphomycetes: Symptulosporea) of grasshoppers under field conditions. Biological Control. 26:400-409.
- Ducrot, P. H. 2005. Organic chemistry's contribution to the understanding of biopesticidal activity of natural products from higher plants. In: Regnault, R. C.; Philogene, B. J. J. y Vincent, C. (Eds.). Biopesticides of plant origin. Lavoisier and Intercept, Ltd., Paris and Andover. 313 p.
- Durán, L. V. A. 2007. Evaluación de extractos vegetales como alternativa de control de *Thrips tabaci* Lindeman (Thysanoptera: Thripidae). Tesis de maestría. Maestría en Ciencias Ambientales. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP). Puebla, México. 82 p.
- Eken, C.; Tozlu, G. and Dane, E. 2006. Pathogenicity of *Beauveria bassiana* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) to larvae of the small poplar longhorn beetle, *Saperda populnea* (Coleoptera: Cerambycidae). Mycopathologia. 162:69-71.
- García, G. C. y Lozano, J. G. 2011. Control biológico de plagas de chapulín en el norte-centro de México. Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ). Zacatecas, México. 170 p.
- García, G. C. y González, M. B. 2009. Control biológico de plaga de chapulín (Orthoptera: Acrididae) en Durango, México. Vedralia. 13:79-83
- He, H. P.; Cai, Y.; Sun, M. and Corke, H. 2002. Extraction and purification of squalene from *Amaranthus* Grain. J. Agric. Food Chem. 50:368-372.
- Hemingway, J.; Field, L. and Vontas, J. 2002. An overview of insecticide resistance. Science 298:96-97.
- Huerta, A. J.; Espinoza F.; Téllez-Jurado, A.; Maqueda-Gálvez, A. P. y Arana-Cuenca, A. 2014. Control biológico del chapulín en México. BioTecnología. 18:28-49.
- Iannaccone, J. O. y Reyes, M. U. 2001. Efecto de la rotenona y neem sobre *Bemisia tabaci* Gennadius (Homoptera: Aleyrodidae) y *Liriomyza huidobrensis* Blanchard (Diptera: Agromyzidae) plagas del tomate en el Perú. Agronomía Tropical. 51:65-79.
- INAFED. 2009. Enciclopedia de los municipios del estado de Puebla. Tochmilco del Gobierno del estado de Puebla, Puebla, México. 13 p.
- INEGI. 2010. Síntesis geográfica, nomenclátor y cartográfico del estado de Puebla. México, D. F. 56 p.
- Finney, D. J. 1972. Probit analysis. Cambridge University Press. 76-80 pp.
- Kauffman, C. S. and Weber, L. E. 1990. Grain amaranth. In: Janick, J. and Simon, J. E. (Eds.). Advances in new crops. Proceedings of the First National Symposium on New Crops, Research, Development, Economics. Timber Press, Portland, OR. 127-139 pp.
- Karlsson, M. F. 2005. Bekämpning av vita flygare (*Aleurotrachelus socialis*) i kassava (*Manihot esculenta*). Dept. of Landscape Management and Horticultural Technology, SLU. Rapport (Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för landskaps- och trädgårdsteknik). 2:1-70.
- Lagunes, T. A. 1994. Extractos y polvos vegetales, y minerales para el combate de plagas de maíz y del frijol en la agricultura de subsistencia. CP; USAID; CONACYT; BORUCONSA. 33 pp.
- Li, X. C.; Schuler, M. A. and Berenbaum, M. R. 2007. Molecular mechanisms of metabolic resistance to synthetic and natural xenobiotics. Ann. Rev. Entomol. 52:231-253.
- Lockwood, J. A.; Anderson-Sprecher, R. and Schell, S. P. 2002. When less is more: optimization of reduced agent-area treatments (RAATs) for management of rangeland grasshoppers. Crop Protection. 21:551-562.
- Lozano, G. J. y España, M. P. L. 2011. Ecología y control biológico del chapulín *Brachystola* spp. en Zacatecas. In: control biológico de plagas de chapulín en el norte-centro de México. García, G. C. y Lozano, G. J. (Eds.). Universidad Autónoma de Zacatecas. Zacatecas, México. 139-150 pp.
- Maniania, N. K. and Ondulaja, A. 1998. Effect of species, age, and sex of tse-tse on response to infection by *Metarhizium anisopliae*. Biocontrol. 43:311-323.
- Molina, N. 2001. Uso de extractos botánicos en el control de plagas y enfermedades. In: avances en el fomento de productos fitosanitarios no sintéticos. Manejo Integrado de Plagas. 56-59 pp.
- Pérez-Torres, B. C. 2012. Diagnóstico y control de plagas del cultivo de *Amaranthus hypochondriacus* L., bajo una agricultura orgánica, en las faldas del volcán Popocatepetl. Tesis de Doctorado. Doctorado en Ciencias Ambientales. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP). Puebla, México. 130 p.
- Pérez-Torres, B. C.; Aragón, V.; Pérez, G. R. A.; Hernández, L. R. y López-Olgún, J. F. 2011a. Estudio en tomo faunístico del cultivo de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.) en Puebla, México. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 2:359-371.
- Pérez-Torres, B. C.; Aragón, A. G.; Pérez, R. A.; Hernández, L. R. y López, J. F. O. 2011b. Evaluación de extractos vegetales y jabón de pastilla para el control de plagas del amaranto en las faldas del Popocatepetl, Puebla. In: Bernal, M. H. y Ramírez, V. B. (Eds.). Investigación Interdisciplinaria para el Desarrollo Rural en Puebla y Tlaxcala. Colegio de Posgraduados, Campus Puebla. Puebla, México. 166-182 p.
- Ramírez, A. C. 1994. Parámetros de estabilidad en rendimiento y otros caracteres agronómicos en amaranto (*Amaranthus* spp.). Tesis profesional. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo (UACH), México. 67 p.

- Rojas, H. M. y Chávez, J. R. 2007. La etnobioteología en el control de plagas en la horticultura de Sololá, municipio de Sololá y Almolonga, municipio de Quetzaltenango. Informe final. Instituto de Estudios Interéticos. Universidad de San Carlos de Guatemala. 116 p.
- SAGARPA. 2012. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Cierre de producción agrícola del cultivo de amaranto. <http://www.siap.gob.mx>
- Salvadores, U. Y.; Silva, G. A.; Tapia, M. V. and Hepp, R. G. 2007. Spices powders for the control of maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky, in stored wheat. *Agricultura Técnica*. 67(2):147-154.
- SIAP. 2010. Anuario estadístico de la producción agrícola. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. <http://www.siap.gob.mx/aagricolasiap>.
- Silva, G. A.; Lagunes J.; Rodríguez, C. y Rodríguez, D. 2002. Insecticidas vegetales; una vieja y nueva alternativa en el manejo de insectos. *Revista Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*. 66:4-12.
- Silva, G. A.; Lagunes A. y Rodríguez, J. C. 2003. Control de *Sitophilus Zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) con polvos vegetales solos y en mezclas con carbonato de calcio en maíz almacenado. *Ciencia e Investigación Agraria*. 30:153-160.
- Statgraphics. 2010. Statgraphics Centurion XVI User Manual. Stat Point Technologies, Inc. 305 p.
- Steel, R. G. and Torrie, J. H. 1960. Principles and procedures of statistic. McGraw-Hill Book Company Inc. New York, EUA. 362 p.
- Sultan, H. B. and Fielding, D. J. 2003. Damage potential of grasshoppers (Orthoptera: Acrididae) on early growth stages of small-grains and Canola under Subarctic. *J. Econ. Entomol.* 96:1193-1200.
- Szumlas, D. E. 2002. Behavioral responses and mortality in german cockroaches (Blattodea: Blattellidae) after exposure to dishwashing liquid. *J. Econ. Entomol.* 95:390-398.
- Teutonico, R. A. and Knorr, D. 1985 Amaranth: composition, properties and applications of a rediscovered food crop. *Food Technol.* 39:49-61.
- Vincent, C.; Hallman, G.; Panneton, B. and Fleurat, F. L. 2003. Management of agricultural insects with physical control methods. *Annual Review of Entomology*. 48:261-81.
- Weiland, R. T.; Judge, F. D.; Pels, T. and Grosscurt, A. C. 2002. A literature review and new observations on the use of diflubenzuron for control of locusts and grasshoppers throughout the world. *J. Orthoptera Res.* 11:43-54.