

## EFECTIVIDAD DE ACEITES ESENCIALES Y MONOTERPENOS EN EL CONTROL DE *Tribolium castaneum* (Herbst) (COLEOPTERA: TENEBRIONIDAE)

Carolina, Sánchez-Chopa✉ y Lilian R. Descamps

Laboratorio de Zoología Agrícola. Dpto. de Agronomía. Universidad Nacional del Sur. San Andrés 800 (8000). Bahía Blanca, Argentina.

✉ Autor de correspondencia: [cschopa@uns.edu.ar](mailto:cschopa@uns.edu.ar)

**RESUMEN.** El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de los aceites esenciales de *Citrus sinensis*, *Citrus limonum* y *Citrus bergamia* y de los monoterpenos  $\alpha$ -pineno,  $\beta$ -pineno, canfeno, limoneno y *d*-limoneno sobre el desarrollo y la reproducción de *Tribolium castaneum*. Para evaluar el efecto sobre el desarrollo, larvas de *T. castaneum* fueron topicadas y ubicadas en el fondo de cajas compartimentadas. Se registró el porcentaje de pupas muertas, de adultos normales y de adultos deformes emergidos. Para evaluar los efectos sobre la reproducción las larvas fueron topicadas y ubicadas en el fondo de cajas compartimentadas. Pares de adultos sobrevivientes fueron colocados en frascos durante 5 semanas. Se registró el número de adultos emergidos cada siete días. Los datos fueron analizados mediante ANOVA y DMS. Todos los aceites esenciales y monoterpenos exhibieron una fuerte acción tóxica. El aceite de *C. sinensis* y todos los monoterpenos revelaron poseer propiedades similares a los productos reguladores de crecimiento de los insectos. El aceite de *C. sinensis*, el limoneno y el *d*-limoneno fueron los que produjeron un mayor efecto negativo sobre la reproducción de *T. castaneum*. En conclusión los aceites esenciales y monoterpenos evaluados podrían ser efectivos para el control de *T. castaneum*.

**Palabras clave:** Tribolio castaneo, toxicidad, reguladores de crecimiento.

### Effectiveness of essentials oils and monoterpenes against *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797) (Coleoptera: Tenebrionidae)

**ABSTRACT.** The objective of this work was to evaluate the effects of the essential oils from *C. sinensis*, *C. limonum* and *C. bergamia* and monoterpenes  $\alpha$ -pinene,  $\beta$ -pinene, camphene, limonene and *d*-limonene on the development and fertility of *Tribolium castaneum*. Essential oils and monoterpenes were applied topically to 25 day old larvae. To evaluate development effects, after topical application, larvae were placed singly inside glass. Mortality of pupae, percentage of both adults and abnormal adults were recorded. In order to evaluate the effects on reproduction, after topical application, larvae were placed singly inside glass. Emerging adults from each treatment were paired for 5 weeks and the number of F1 adults was counted every 7 days. Data were analysed by ANOVA and Fisher's PLSD test. All the essential oils and monoterpenes had a toxic effect against *T. castaneum*. *C. sinensis* essential oil and the monoterpenes evaluated have similar properties on insect growth regulators. *C. sinensis* essential oil, limonene and *d*-limonene had a negatively strong effect on *T. castaneum* fertility. The results of the present study indicate that essential oils from *C. sinensis*, *C. limonum* and *C. bergamia* and monoterpenes  $\alpha$ -pinene,  $\beta$ -pinene, camphene, limonene and *d*-limonene could be effective against *T. castaneum*.

**Keywords:** Tribolio castaneo, toxicity, insect growth regulators.

## INTRODUCCIÓN

*Tribolium castaneum* es una de las principales plagas de productos almacenados. En regiones de climas cálidos, larvas y adultos, se alimentan y reproducen activamente durante todo el año, causando cuantiosas pérdidas en granos, harinas, fideos, galletitas, chocolates y frutas secas. A lo largo de los años el control de esta plaga se ha realizado empleando insecticidas de síntesis. Esta práctica recurrente ha generado contaminación ambiental y humana, el desarrollo de resistencia de los insectos a los diferentes grupos orgánicos de insecticidas además de la acumulación de residuos tóxicos en los granos tratados (Isikber *et al.*, 2009).

El uso de sustancias derivadas del metabolismo secundario de las plantas surge como una alternativa dentro del Manejo Integrado de Plagas. Las moléculas de origen vegetal presentan una enorme diversidad estructural lo que les confiere nuevos sitios de acción, diferentes de los insecticidas sintéticos (Isman, 2000). Pueden actuar como fumigantes, insecticidas de contacto, repelentes, antialimentarios o afectando parámetros como la tasa de crecimiento, la longevidad y la reproducción (Nerio *et al.*, 2010; Regnault-Roger *et al.*, 2012). Las rutáceas son una familia de plantas que agrupa alrededor de 160 géneros. Dentro de ellos el género *Citrus* está compuesto por plantas con glándulas productoras de aceites aromáticos con actividad insecticida. Muchos de estos aceites han sido probados en plagas de granos almacenados tratando de implementar tácticas de control menos tóxicas para mamíferos, con alta volatilidad y baja persistencia ambiental. Se ha demostrado que los aceites esenciales de *C. sinensis*, *C. limonum* y *C. bergamia* generan toxicidad, repelencia y efectos sobre la reproducción en distintas plagas de productos almacenados (Morajev *et al.*, 2010; França *et al.*, 2012).

Los monoterpenos son las moléculas más representativas de los aceites esenciales y constituyen alrededor del 90 % de todos los componentes de la mezcla (Koul *et al.*, 2008). Poseen actividad insecticida por contacto y fumigante (Samarasekera *et al.*, 2008), actividad repelente, antialimentaria (Argadoña *et al.*, 2002) así como inhibitoria del crecimiento. Estas actividades biológicas son atribuidas a sus propiedades físico químicas que incluyen lipofiliidad, baja presión de vapor, baja toxicidad a los mamíferos y novedosos modos de acción (Isman, 2000). El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de los aceites esenciales de *C. sinensis*, *C. limonum* y *C. bergamia* y de los monoterpenos  $\alpha$ -pineno,  $\beta$ -pineno, canfeno, limoneno y *d*-limoneno sobre el desarrollo y la reproducción de *T. castaneum*.

## MATERIALES Y MÉTODO

Los insectos provinieron de una colonia susceptible CIPEIN (Centro de Investigaciones de Plagas e Insecticidas). Todos los bioensayos se realizaron con larvas de 25 días de edad de *T. castaneum*, en condiciones controladas de temperatura y humedad relativa ( $25 \pm 1^\circ \text{C}$ , 60-70 % HR) y fotoperíodo 12:12 (L:O). Se evaluaron aceites comerciales de *C. limonum*, *C. bergamia* y *C. sinensis* (Ulrich Jüstrich, Suiza) y monoterpenos:  $\alpha$ -pineno,  $\beta$ -pineno, canfeno, limoneno y *d*-limoneno (Sigma-Aldrich).

Para evaluar la toxicidad e inhibición del desarrollo grupos de 10 larvas de *T. castaneum* fueron topicadas en el abdomen con 0.2  $\mu\text{l}$  de las soluciones hexánicas de los aceites o de los monoterpenos utilizando una microjeringa Hamilton de 10  $\mu\text{l}$  provista de pulsador (50 pulsos). Como control los insectos se topicaron con hexano solo. Las dosis utilizadas fueron de 2  $\mu\text{g/insecto}$ , 4  $\mu\text{g/insecto}$  y 6  $\mu\text{g/insecto}$ . Luego del tratamiento, los insectos se ubicaron en el fondo de cajas compartimentadas durante 14 días. Al finalizar el ensayo se registró el número de pupas muertas, el número de adultos normales emergidos y el número de adultos deformes emergidos. Se realizaron tres réplicas por concentración y cada experimento se repitió tres veces en forma independiente. Los datos se analizaron mediante la prueba de la varianza ANOVA y las medias fueron separadas utilizando el test de diferencias mínimas significativas (DMS,  $p \geq 0.05$ ).

Para evaluar los efectos sobre la reproducción grupos de 20 larvas de *T. castaneum* fueron topicadas en el abdomen utilizando la misma metodología descrita anteriormente. La dosis utilizada fue de 2  $\mu\text{g/insecto}$ . Luego del tratamiento, los insectos se ubicaron en el fondo de cajas compartimentadas. Pares (una hembra y un macho) de adultos sobrevivientes fueron colocados en frascos con harina durante cinco semanas. Después de transcurridas las semanas las muestras se tamizaron cada siete días y se contó el número de adultos emergidos. Se realizaron tres réplicas por concentración y cada experimento se repitió tres veces en forma independiente. Los datos se

analizaron mediante la prueba de la varianza ANOVA y las medias fueron separadas utilizando el test de diferencias mínimas significativas (DMS,  $p \geq 0.05$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El aceite esencial de *C. sinensis* generó un porcentaje de mortalidad de entre un 20 % a un 50 % siendo el mismo, concentración dependiente. A las menores dosis evaluadas el porcentaje de adultos deformes emergidos fue significativamente mayor ( $p < 0.05$ ) que en el control, mientras que el porcentaje de adultos normales emergidos fue menor ( $p < 0.05$ ). El aceite esencial de *C. limonum* produjo a la máxima dosis empleada un porcentaje de mortalidad del 44 % siendo significativamente mayor que el producido a las menores dosis. Por otra parte, el porcentaje de adultos normales emergidos fue significativamente menor que en el control a todas las dosis evaluadas. El aceite esencial de *C. bergamia* produjo diferencias significativas en el porcentaje de adultos normales emergidos y en el porcentaje de mortalidad ( $p < 0.05$ ). A todas las dosis empleadas el número de adultos emergidos fue significativamente menor que en el control, sin embargo, el porcentaje de mortalidad fue significativamente mayor ( $p < 0.05$ ) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Toxicidad e Inhibición del desarrollo de *T. castaneum* frente a aceites esenciales de *C. sinensis*, *C. bergamia* y *C. limonum*.

| Tratamiento        | Concentración (ug/ins) | % de Mortalidad ( $\pm$ E.S.) | % de Adultos normales ( $\pm$ E.S.) | % de Adultos deformes ( $\pm$ E.S.) |
|--------------------|------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| <i>C. sinensis</i> | 6                      | 53,33 $\pm$ 3,33 d            | 43,33 $\pm$ 6,66 a                  | 3,33 $\pm$ 3,33 a                   |
|                    | 4                      | 40 $\pm$ 5,77 c               | 46,66 $\pm$ 3,33 a                  | 13,33 $\pm$ 3,33 b                  |
|                    | 2                      | 16,66 $\pm$ 3,33 b            | 70 $\pm$ 0 b                        | 13,33 $\pm$ 3,33 b                  |
|                    | 0                      | 3,33 $\pm$ 3,33 a             | 96,66 $\pm$ 3,33 c                  | 0 $\pm$ 0 a                         |
| <i>C. limonum</i>  | 6                      | 43,33 $\pm$ 8,81 c            | 33,33 $\pm$ 8,81 a                  | 23,33 $\pm$ 3,33 a                  |
|                    | 4                      | 23,33 $\pm$ 3,33 b            | 63,33 $\pm$ 8,81 b                  | 13,33 $\pm$ 8,81 a                  |
|                    | 2                      | 16,66 $\pm$ 6,66 ab           | 60 $\pm$ 5,77 b                     | 16,66 $\pm$ 8,81 a                  |
|                    | 0                      | 3,33 $\pm$ 3,33 a             | 96,66 $\pm$ 3,33 c                  | 0 $\pm$ 0 a                         |
| <i>C. bergamia</i> | 6                      | 26,66 $\pm$ 3,33 b            | 60 $\pm$ 10 a                       | 13,33 $\pm$ 8,81 a                  |
|                    | 4                      | 20 $\pm$ 0 b                  | 50 $\pm$ 11,54 a                    | 30 $\pm$ 11,54 a                    |
|                    | 2                      | 20 $\pm$ 5,77 b               | 60 $\pm$ 5,77 a                     | 20 $\pm$ 5,77 a                     |
|                    | 0                      | 3,33 $\pm$ 3,33 a             | 96,66 $\pm$ 3,33 b                  | 0 $\pm$ 0 a                         |

E.S.: Error estándar. Todos los valores seguidos por la misma letra para el mismo aceite esencial no difieren significativamente (DMS,  $p > 0.05$ ).

Todos los monoterpenos evaluados produjeron un porcentaje de emergencia de adultos normales significativamente menor que el control ( $p < 0.05$ ) y un porcentaje de adultos deformes significativamente mayor que el control ( $p < 0.05$ ). A todas las dosis evaluadas, la mayoría de los monoterpenos generaron porcentajes de mortalidad significativamente mayores que el control ( $p < 0.05$ ). A la máxima concentración todos los monoterpenos produjeron altos porcentajes de mortalidad con valores del 50 % al 65 % (Cuadro 2).

Todos los aceites esenciales y monoterpenos analizados exhibieron una fuerte acción tóxica sobre *T. castaneum*. El aceite esencial de *C. sinensis* y todos los monoterpenos revelaron poseer propiedades similares a los productos reguladores de crecimiento de los insectos. Según varios autores la alteración de la morfogénesis en la fase de pupa y la aparición de adultos deformes podría deberse a un efecto directo sobre el sistema hormonal del insecto (Stamopoulos *et al.*, 2007). Otros autores sugieren que la generación de adultos deformes luego de la aplicación de productos naturales podría deberse a la presencia de anti-hormonas juveniles que inducirían una metamorfosis precoz originando pupas inviables o adultos con malformaciones (Addor, 1995). Efectos similares

a los encontrados en este trabajo fueron observados por Stamopoulos *et al.* (2007) al utilizar monoterpenos y por otros autores al evaluar hidropreno (Arthur y Dowdy, 2003).

Cuadro 2. Toxicidad e Inhibición del desarrollo del desarrollo de *T. castaneum* frente a diferentes monoterpenos.

| Tratamiento        | Concentración (ug/ins) | % de Mortalidad (± E.S.) | % de Adultos normales (± E.S.) | % de Adultos deformes (± E.S.) |
|--------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| $\alpha$ -pineno   | 6                      | 50±5,77 c                | 10±0 a                         | 40±5,77 b                      |
|                    | 4                      | 40±5,77 bc               | 16,66±3,33 a                   | 43,33±8,81 b                   |
|                    | 2                      | 26,66±3,33 b             | 40±5,77 b                      | 33,33±8,81 b                   |
|                    | 0                      | 3,33±3,33 a              | 96,66±3,33 c                   | 0±0 a                          |
| $\beta$ -pineno    | 6                      | 56,66±3,33 c             | 6,66±3,33 a                    | 36,66±3,33 c                   |
|                    | 4                      | 50±0 c                   | 33,33±3,33 b                   | 16,66±3,33 b                   |
|                    | 2                      | 33,33±3,33 b             | 40±5,77 b                      | 26,66±6,66 bc                  |
|                    | 0                      | 3,33±3,33 a              | 96,66±3,33 c                   | 0±0 a                          |
| canfeno            | 6                      | 63,33±3,33 d             | 20±0 a                         | 16,66±3,33 b                   |
|                    | 4                      | 50±0 c                   | 23,33±3,33 a                   | 20±5,77 bc                     |
|                    | 2                      | 33,33±3,33 b             | 36,66±3,33 b                   | 30±0 c                         |
|                    | 0                      | 3,33±3,33 a              | 96,66±3,33 c                   | 0±0 a                          |
| <i>d</i> -limoneno | 6                      | 56,66±3,33 c             | 13,33±3,33 a                   | 26,66±3,33 b                   |
|                    | 4                      | 30±5,77 b                | 40±0 b                         | 30±5,77 b                      |
|                    | 2                      | 23,33±6,66 a             | 50±5,77 b                      | 26,66±3,33 b                   |
|                    | 0                      | 3,33±3,33 a              | 96,66±3,33 c                   | 0±0 a                          |
| limoneno           | 6                      | 63,33±6,66 c             | 10±0 a                         | 26,66±6,66 b                   |
|                    | 4                      | 33,33±3,33 b             | 30±5,77 b                      | 36,66±8,81 b                   |
|                    | 2                      | 16,66±3,33 b             | 56,66±3,33 c                   | 26,66±3,33 b                   |
|                    | 0                      | 3,33±3,33 a              | 96,66±3,33 d                   | 0±0 a                          |

E.S.: Error estándar. Todos los valores seguidos por la misma letra para el mismo monoterpeno no difieren significativamente (DMS,  $p > 0.05$ ).

Al evaluar los aceites esenciales a la dosis de 2  $\mu\text{g}/\text{ins}$  se observó que todos los aceites produjeron un porcentaje menor de adultos normales emergidos con respecto al control ( $p < 0.05$ ) y un mayor porcentaje de adultos deformes ( $p < 0.05$ ) (Fig. 1).

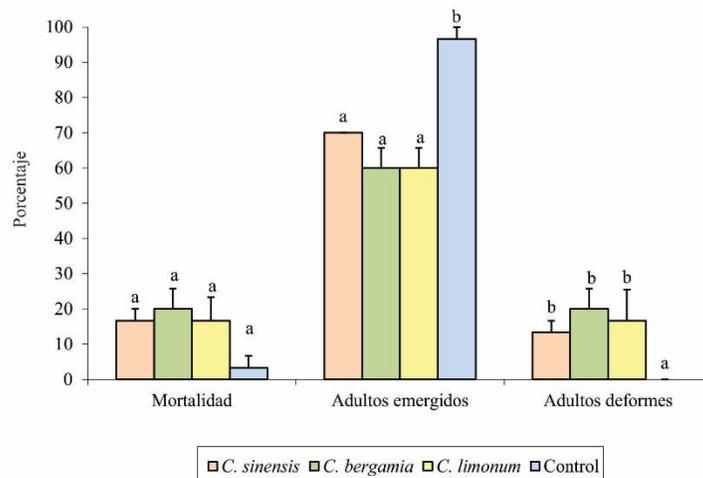


Figura 1. Toxicidad e Inhibición del desarrollo ocasionado por los aceites esenciales de *C. sinensis*, *C. bergamia* y *C. limonum* a la dosis de 2  $\mu\text{g}/\text{ins}$ . Todos los valores seguidos por la misma letra para cada grupo no difieren significativamente (DMS,  $p > 0.05$ ).

Los monoterpenos  $\beta$ -pineno y canfeno generaron un porcentaje de mortalidad significativamente mayor que el limoneno ( $p < 0.05$ ) con la menor dosis evaluada. El  $d$ -limoneno produjo un mayor porcentaje de adultos normales emergidos que el canfeno,  $\alpha$ -pineno y  $\beta$ -pineno ( $p < 0,05$ ) no diferenciándose significativamente del limoneno ( $p > 0.05$ ). Todos los monoterpenos evaluados produjeron porcentajes de adultos deformes emergidos significativamente mayores que el control ( $p < 0.05$ ) (Fig. 2).

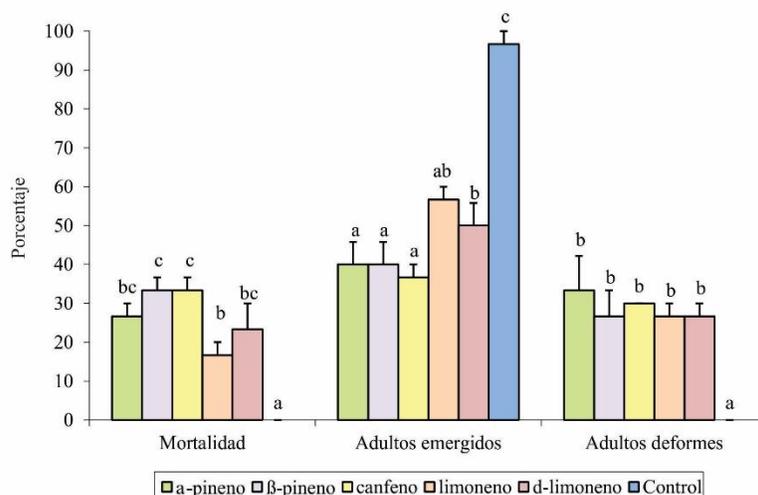


Figura 2. Toxicidad e Inhibición del desarrollo de *Tribolium castaneum* frente a los monoterpenos a la dosis de 2  $\mu\text{g}/\text{ins}$ . Todos los valores seguidos por la misma letra para cada grupo no difieren significativamente (DMS,  $p > 0.05$ ).

Al evaluar los efectos de los aceites esenciales sobre la reproducción de *T. castaneum* se observaron diferencias significativas con respecto al control ( $p < 0,05$ ). El aceite esencial de *C. sinensis* fue el que produjo un mayor efecto negativo sobre la reproducción de *T. castaneum* (Cuadro 3).

Cuadro 3. Efecto de los aceites esenciales de *C. sinensis*, *C. bergamia* y *C. limonum* sobre la reproducción de *T. castaneum*.

| Tratamiento        | Número total de adultos emergidos (F1) |
|--------------------|--|
| <i>C. sinensis</i> | 307,25 $\pm$ 24,74 a                   |
| <i>C. limonum</i>  | 448 $\pm$ 15,34 b                      |
| <i>C. bergamia</i> | 499 $\pm$ 17,67 b                      |
| Control            | 573 $\pm$ 29,31 c                      |

Todos los valores seguidos por la misma letra no difieren significativamente (DMS,  $p > 0.05$ ).

Al evaluar los efectos de los monoterpenos sobre la reproducción de *T. castaneum* se observaron diferencias significativas con respecto al control ( $p < 0.05$ ). Los monoterpenos limoneno y  $d$ -limoneno fueron los que más redujeron la reproducción en adultos de *T. castaneum*, seguidos por el  $\beta$ -pineno, y por último el  $\alpha$ -pineno y el canfeno (Cuadro 4).

Se ha demostrado que ciertos monoterpenos así como aceites esenciales de diversas plantas reducen de manera significativa la fecundidad de *T. castaneum* (Papachristos y Stamopoulos, 2002; Jbilou *et al.*, 2006). La reducción en la reproducción podría deberse a la retención de los huevos en los oviductos laterales del sistema reproductor de la hembra (Papachristos y Stamopoulos, 2002),

a la inhibición de diferentes procesos de biosíntesis del metabolismo del insecto (Don Pedro, 1989), a lesiones sobre los ovarios o a la reducción del número de ovocitos en las ovariolas como ocurre al utilizar insecticidas análogos a la hormona juvenil (Kellouche y Soltani, 2006). Además, es probable, que los aceites esenciales y monoterpenos utilizados en este trabajo originen diferentes alteraciones fisiológicas sobre cada uno de los sexos de *T. castaneum*. En el macho, su potencial reproductor estaría afectado por alteraciones en los procesos de espermatogénesis y en la hembra podrían existir alteraciones en la vitelogénesis o en alguna otra fase de la oogénesis (Lyra *et al.*, 1998).

Cuadro 4. Efecto de los diferentes monoterpenos sobre la reproducción de *T. castaneum*.

| Tratamiento        | Número total de adultos emergidos (F1) |
|--------------------|--|
| $\alpha$ -pineno   | 237,25 $\pm$ 11,6 c                    |
| $\beta$ -pineno    | 182,25 $\pm$ 2,65 b                    |
| canfeno            | 243,25 $\pm$ 16,75 c                   |
| limoneno           | 98,75 $\pm$ 2,17 a                     |
| <i>d</i> -limoneno | 83,75 $\pm$ 6,57 a                     |
| Control            | 573 $\pm$ 29,31 d                      |

Todos los valores seguidos por la misma letra no difieren significativamente (DMS,  $p > 0.05$ ).

## CONCLUSION

Los aceites esenciales de *C. sinensis*, *C. limonum* y *C. bergamia* y de los monoterpenos  $\alpha$ -pineno,  $\beta$ -pineno, canfeno, limoneno y *d*-limoneno podrían ser efectivos en el control de *T. castaneum* dentro de un Manejo Integrado de Plagas.

## Agradecimientos

A SECyT-UNS por el financiamiento.

## Literatura Citada

- Addor, R. W. 1995. Insecticides. Pp. 1–62. In: C. R. A. Godfrey, (Ed.) *Agrochemicals from Natural Products*. CRC Press, New York.
- Argadoña, V. H., Roviroso, A. J., San-Martín, A., Riquelme, A., Díaz-Marrero, Cueto, R. and M. González-Coloma. 2002. Antifeedant effects of marine halogenated monoterpenes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(24): 7029–7033.
- Arthur, F. H. and A. K. Dowdy. 2003. Impact of high temperatures on efficacy of cyfluthrin and hydroprene applied to concrete to control *Tribolium castaneum* (Herbst). *Journal of Stored Products Research*, 39(2): 193–204.
- Don Pedro, K. N. 1989. Mode of action of fixed oils against eggs of *Callosobruchus maculatus* (F.) on cowpea. *Pesticide Science*, 26(2): 107–115.
- França, S. M., J. Vargas, A. Belo Esteves and C. Moura. 2012. Toxicity and repellency of essential oils to *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) (Coleoptera, Chrysomelidae, Bruchinae) in *Phaseolus vulgaris* L. *Acta Amazonica*, 42(3): 381–386.
- Işikber, A. A., Özder, N. and Ö Sağlam. 2009. Susceptibility of eggs of *Tribolium confusum*, *Ephestia kuehniella* and *Plodia interpunctella* to four essential oil vapors. *Phytoparasitica*, 37(3): 231–239.
- Isman, M. B. 2000. Plant essential oils for pest and disease management. *Crop protection*, 19(8): 603–608.
- Jbilou, R., Ennabili, A. and F. Sayah. 2006. Insecticidal activity of four medicinal plant against *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). *African Journal of Biotechnology*, 5(10): 936–940.

- Kellouche, A. and N. Soltani. 2006. Impact of hexaflumuron, a chitin synthesis inhibitor, on growth, development and reproductive performance of the progeny in *Callosobruchus maculatus* after adult treatments. *African Journal of Agricultural Research*, 1(3): 57–64.
- Koul, O., Walia, S. and G. S. Dhaliwal. 2008. Essential Oils as Green Pesticides: Potential and Constraints. *Biopesticides International*, 4(1): 63–84.
- Lyra, J., Ferraz, J. and A. Silva. 1998. Acción de inhibidores de la síntesis de la quitina en la reproducción de *Spodoptera littoralis* (Boisd.) (Lepidoptera: Noctuidae). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, 27: 569–576.
- Morajev, G., Hassanzadeh-Khayyat, M. and S. Abbar. 2010 Vapor activity of Essentials oils extracted from fruit peels of two Citrus species against adults of *Callosobruchus maculatus* Fabricius (Coleoptera: Bruchidae). *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 34(3): 279–288.
- Nerio, L. S., Olivero-Verbel, J. and E. Stashenko. 2010. Repellent activity of essential oils: A review. *Bioresource Technology*, 101(1): 372–378.
- Papachristos, D. P. and D. C. Stamopoulos. 2002. Repellent, Toxic and Reproduction Inhibitory Effects of Essential Oil Vapours on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Stored Products Research*, 38(2): 117–128.
- Regnault-Roger, C., Vincent, C. and J. T. Arnason. 2012. Essential Oils in Insect Control: Low-Risk Products in a High-Stakes World. *Annual Review of Entomology*, 57: 405–424.
- Samarasekera, R., Weerasinghe, I. S. and K. D. Hemalal. 2008. Insecticidal activity of menthol derivatives against mosquitoes. *Pest Management Science*, 64(3): 290–295.
- Stamopoulos, D. C., Damos, P. and G. Karagianidou. 2007. Bioactivity of five monoterpenoid vapours to *Tribolium confusum* (du Val) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Stored Products Research*, 43(4): 571–577.