

BIOPESTICIDAS: TIPOS Y APLICACIONES EN EL CONTROL DE PLAGAS AGRÍCOLAS

BIOPESTICIDES: TYPES AND APPLICATIONS IN THE CONTROL OF AGRICULTURAL PESTS

Ondarza-Beneitez, M.A.¹

¹Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ). Avenida de los Normalistas 800, Colinas de La Normal, CP. 44270 Guadalajara, Jal.

Autor responsable: biochem93@hotmail.com

RESUMEN

Las pérdidas de alimentos en el mundo son elevadas. El aspecto principal de este problema es debido al daño en los cultivos que conlleva a la pérdida de producción, y generalmente se aplican pesticidas de origen sintético para el control de los organismos plaga, sin embargo, causan problemas de salud y al ambiente. Una alternativa es el uso de Biopesticidas, los cuales son efectivos en el control de plagas agrícolas con bajo impacto al ambiente y la salud. Se realizó una revisión del tema resaltando los beneficios, sus diferencias y tipos de aplicación en el sector rural.

Palabras claves: Manejo integral de plagas, control microbiano.

ABSTRACT

Food losses in the world are high. The main aspect of this problem is due to damage on crops that leads to the loss of production, and pesticides of synthetic origin are generally applied to control pest organisms; however, they cause health and environmental problems. An alternative is the use of biopesticides, which are effective in the control of agricultural pests with low impact to the environment and health. A review of the topic was carried out highlighting the benefits, their differences and the types of application in the rural sector.

Keywords: Integral management of pests, microbial control.

Agroproductividad: Vol. 10, Núm. 3, marzo, 2017, pp: 31-36.

Recibido: Agosto, 2015. **Aceptado:** Diciembre, 2016.



INTRODUCCIÓN

En años recientes, pocos temas ambientales han llamado la atención del público como el uso de pesticidas, específicamente en relación a la salud de los niños. A pesar de los muchos artículos publicados sobre los pesticidas y su relación con la salud humana, aún permanece una profunda controversia a su alrededor. Existe el dilema de si se debe sacrificar una parte de sus cultivos por los pesticidas o emplear pesticidas altamente tóxicos que pueden dañar la salud humana y el ambiente. Después de 20 años se encontró que el nivel de pesticidas sintéticos había crecido, y que al no ser biodegradables, se empezaron a conocer los efectos dañinos. Los Biopesticidas son cierto tipo de pesticidas derivados de materiales naturales, tales como animales, plantas, bacterias y ciertos minerales. Estos incluyen por ejemplo hongos como *Beauveria* sp, bacterias como *Bacillus* sp, extracto de neem (*Azadirachta indica*) y feromonas. Los Biopesticidas también juegan un papel importante al proveer herramientas al manejo de plagas en áreas donde existe una resistencia a los pesticidas químicos (Sharma y Malik, 2012). Algunos casos de éxito sobre utilización de biopesticidas y agentes de biocontrol en la agricultura India (Kalra y Khanuja, 2007) sobre palomillas de diamante negro *Bacillus thuringiensis* (Bt), Saltamontes en mango, la broca de café por *Beauveria*, *Helicoverpia* central en algodón y tomate por Bt., control de la mosca blanca en algodón por productos neem, *Helicoverpa* en bacterias gram NPV, azúcar de caña por *trichogramma*, pudrición y marchitamiento por *trichoderma*; y los siguientes biopesticidas están registrados bajo el Acta de Insecticidas 1968 (Gupta y Dikshit, 2010): *Bt* var. *Israelensis*, *Bt* var. *Kurstaki*, *Bt* var. *Galleriae*, *Bacillus shpaericus*, *Pseudomonas fluorescens*, *Beauveria bassiana*, NPV *Helicoverpa armigera*, NPV *Spodoptera litum*, Neem (pesticidas), *Tymbopogan*.

Tipos de Biopesticidas (Kalra y Khanuja, 2007)

Pesticidas Microbianos. Representan una importante opción en el manejo de enfermedades en plantas. La EPA define a los biopesticidas como cierto tipo de pesticidas derivados de materiales naturales como animales, plantas, bacterias y ciertos minerales. Pueden controlar diversos tipos de plagas aunque cada ingrediente activo por separado es relativamente específico a su peste blanco. Los pesticidas microbianos más ampliamente conocidos son variedades de la bacteria *Bacillus thuringiensis* o Bt.

Protectores incorporados a plantas (PIP's)

Sustancias de pesticidas que las plantas producen a partir de material genético agregado a la planta o vegetal. Por ejemplo, los científicos pueden tomar el gene para la proteína Bt pesticida e introducirlo en el propio material genético de las plantas. Posteriormente, la planta elabora la sustancia que destruye la peste. Tanto la proteína como su material genético son regulados por la EPA.

Pesticidas bioquímicos

Se trata de sustancias naturales como extractos, ácidos grasos o feromonas que controlan plagas por mecanismos no tóxicos. Incluyen sustancias que interfieren con el crecimiento y (o) la reproducción (reguladores del crecimiento vegetal) o sustancias que repelen o atraen a las pestes (feromonas). La EPA ha establecido un Comité para determinar si un pesticida cumple con los requisitos para ser un biopesticida bioquímico. Feromonas sexuales de un insecto que interfieren con la reproducción o el apareamiento así como extractos que atraen a las plagas en trampas. Las feromonas son empleadas a menudo para detectar o monitorear poblaciones de insectos o en algunos casos, para el control de estos.

Usos de Biopesticidas (Salma, 2011)

Esta revisión ilustra algunos ejemplos de casos de éxito sobre el uso efectivo en la utilización de biopesticidas en programas de manejo de plagas.

Pesticidas Micobianos

Los beneficios potenciales de hongos entomopatogénicos, son importantes reguladores naturales de poblaciones de insectos y presentan un potencial como agentes micoinsecticidas en contra de diversas plagas de insectos en la agricultura. Estos hongos infectan a los huéspedes al penetrar la cutícula, ganando acceso a la hemolinfa, produciendo toxinas y, creciendo al utilizar los nutrientes presentes en el hemocoelo para evitar las respuestas inmunes de los insectos (Hajeck y Leger, 1994). Los Hongos entomopatogénicos pueden ser aplicados en la forma de conidios o micelios los cuales esporulan después de su aplicación. El empleo de éstos como alternativa a los insecticidas o una aplicación combinada, podría ser muy útil en el manejo resistente a insecticidas (Hoy y Myths, 1999). El micoinsecticida comercial "Boverin" basado en *B. bassiana* con reducidas dosis de triclorofón, ha sido utilizado para suprimir la generación de brotes secundarios de *Cydia pomonella* L. (Ferron, 1971). Anderson et al. (1989) detecta-

ron alta mortalidad de insectos cuando se aplicaban concentraciones sub letales de *B. bassiana* para controlar al escarabajo en la papa (*Leptinotarsa decemlineata*), confiriendo altos niveles de sinergismo entre los dos agentes. Fue en 1988, que la exploración de los enemigos naturales potenciales en Brasil, reveló que el entomoforoaleano *N. tanajoae* era uno de los enemigos naturales más importantes del ácaro verde en la yuca (*Manihot esculenta* C.) en el Noreste de Brasil (Delalibera *et al.*, 1992). Durante los últimos 20 años, una serie de estudios se llevaron a cabo para hacer posible la liberación de este patógeno en África. El impacto del hongo *Neozygites floridana* en ácaro de la araña roja (*Tetranychus evansi* Baker & Pritchard) del tomate (*Solanum lycopersicum*), fue demostrado en campo y en casa de malla, durante cuatro ciclos de cosechas del tomate y la sombra negra en Piracicaba, SP, Brasil (Duarte *et al.*, 2009). La efectividad de siste cepas de hongos entomopatogénicos en contra de adultos de *Ceratitis capitata*, fue evaluada en el laboratorio (Castillo *et al.*, 2000). Los adultos eran susceptibles a 5 de 7 suspensiones acuosas de conidia. El extracto a partir de *M. anisopliae* fue el más tóxico, resultando en 90% de mortalidad. La compatibilidad del hongo entomopatogénico *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin con el neem, fue conducida en contra de la mosca blanca Bemisia tabaco (Genadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) en patatas dulces y en la berenjena (Islam *et al.*, 2010). También se ha reportado el empleo de *Metarhizium anisopliae* en contra de los mosquitos adultos de *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus* (Scholte *et al.*, 2007). La vida media de los mosquitos contaminados con hongos para ambas especies se redujo significativamente en comparación a mosquitos no infectados. Los resultados indican que ambas especies de mosquitos son altamente susceptibles a la infección con este entomopatógeno. Agentes de biocontrol fúngicos, incluyendo 10 aislados de *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Paecilomyces fumosoroseus*, fueron empleados en bioensayos para determinar los efectos letales en huevos del ácaro araña en el carmín (*Tetranychus cinnabarinus*) (Shia y Feng, 2004). Dos aislados de hongos entomopatogénicos, *Beauveria bassiana* SG8702 y *Paecilomyces fumosoroseus* Pfr153, fueron también empleados en bioensayos en contra de huevos de *T. cinnabarinus* (Weibin y Mingguang, 2004). Hongos entomopatogénicos (Hypocreales) han sido utilizados para el control del psílido de la papa, *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae) en un área endémica para la enfermedad del chip zebra en la papa (Lacey *et al.*, 2011). El biopesticida aflaguard, por su parte, suministra una cepa no toxigénica de *Aspergillus flavus* al campo donde compite con cepas toxigénicas del hongo que ocurren de manera natural. En conjunción con las reducciones en la contaminación por aflatoxina, los tratamientos produjeron reducciones importantes en la incidencia de aislados toxigénicos de *A. flavus* en el maíz (*Zea mays* L.) (Dorner, 2010).

Éxitos de los pesticidas por baculovirus

Los NPVs y GVs son usados como pesticidas pero el grupo basado en virus nucleopolihedrosis es mayor. El primer insecticida viral Elcar[®] fue introducido por Sandoz Inc. En 1975. Elcar[®] era una preparación a partir de *Heliothis zea* NPV con un relativamente amplio rango de baculovirus que infecta muchas especies que pertenecen al género *Helicoverpa* y *Heliothis*. HzSNPV proporciona un control no solamente para el bullworm del algo-

dón (*Gossypium hirsutum*), sino también de plagas pertenecientes a estos géneros que atacan al frijol de soya (*Glycine max*), al sorgo (*Sorghum halepense*), al maíz, al tomate y a los frijoles (*Phaseolus* sp). En 1982 Sandoz decidió descontinuar la producción. La resistencia a muchos insecticidas químicos incluyendo los piretroides revivió el interés en HzSNPV y el mismo virus fue registrado bajo el nombre de GemStar[™]. El HzSNPV es un producto de elección para el biocontrol de *Helicoverpa armigera* (Ignoffo CM and Couch TL, 1981). Otro baculovirus, el HaSNPV es casi idéntico al HzSNPV. Se le registró en China como un pesticida en 1993 (Mettenmeyer, 2002). Se le ha empleado en la producción a gran escala en campos de algodón. El amplio espectro del biopesticida basado en el JHaNPV también es empleado en la India (Zhang *et al.*, 1995). Cerca de 20 000 hectáreas de maíz son controladas anualmente con *Spodoptera frugiperda* NPV en Brasil (Srinivasa *et al.*, 2008). El éxito mayormente conocido del empleo de baculovirus como un biopesticida, es el caso de *Anticarsia gemmatalis* nucleopolihedrovirus (AgMNP) empleado en el control de la oruga del terciopelo en el frijol de soya (Moscardi, 1999).

Uso de biopesticidas bacterianos

Los biopesticidas bacterianos son probablemente los más empleados y resultan más económicos que los otros métodos de bioregulación de plagas. Los insectos pueden ser infectados con muchas especies de bacterias aunque aquellas pertenecientes al género *Bacillus* son los pesticidas más empleados. La especie *Bacillus thuringiensis* ha desarrollado muchos mecanismos

moleculares para producir toxinas con actividad pesticida, y en su mayoría son codificadas por diversos genes *cry* (Schnepf *et al.*, 1998). Debido a su alta especificidad y seguridad ecológica, tanto *B. thurigiensis* como las proteínas *Cry*, son alternativas eficientes, seguras y sostenibles a diferencia de los pesticidas químicos (Roh *et al.*, 2007; Kumar *et al.*, 2008). Además de esto, monómeros de la toxina *Cry* parecen promover muerte celular en células de insectos mediante un mecanismo que involucra una ruta de señalamiento adenil ciclasa/ PKA (Zhang *et al.*, 2006). Sin embargo, a pesar de este potencial patogénico, ha surgido una controversia respecto al estilo de vida del patógeno de *B. thurigiensis*. Reportes recientes establecen que este requiere de una cooperación de bacterias comensales presentes en el tracto intestinal para tornarse enteramente patógenas (Broderick *et al.*, 2006; Broderick NA. *et al.*, 2009). Opuestamente, se argumenta que los estudios genómicos y proteómicos representan los datos más sólidos que demuestran que *B. thurigiensis* es un patógeno primario más que un saprófito perforador de suelos. En cualquier caso, lo que es seguro es que *B. thurigiensis* es uno de los más exitosos ejemplos del empleo de microorganismos en la biotecnología agrícola, con 70% del mercado global de biopesticidas que involucran productos basados en *B. thurigiensis* (Thakore, 2006), y continuará como un arma microbianas importantes en la defensa de las cosechas en contra de plagas de insectos. Al final del siglo veintiuno, las ventas mundiales de pesticidas bacterianos aumentó en 2% del total en el mercado pero su aportación en el mercado de pesticidas se incrementa constantemente.

Protectores incorporados en Plantas (PIPs)

La producción de plantas transgénicas que expresan δ -endotoxinas insecticidas derivadas de la bacteria *B. thurigiensis* (plantas Bt) en suelos, fueron comercializadas inicialmente en los Estados Unidos en 1996. La expresión de estas toxinas confiere protección en contra de la destrucción de cultivos por insectos (Thakore, 2006). La letalidad de las endotoxinas Bt depende altamente del ambiente alcalino del tracto intestinal del insecto, una característica que asegura que dichas toxinas no estén activas en los vertebrados, especialmente los humanos. Estas proteínas han sido producidas comercialmente, en contra de plagas en el algodón, tabaco (*Nicotiana tabacum*), tomate, papa (*Solanum tuberosum*), elote, maíz y arroz (*Oryza sativa*), mejorando también la cobertura de regiones en donde las plantas son inaccesibles a los rociados foliares (Shelton *et al.*, 2000). Existen numerosas especies de Bt, cada una con diferentes proteínas *Cry*, y hay más de 60 de éstas identificadas (Icoz, 2008).

Pesticidas Bioquímicos: productos Vegetales

Dentro de la lista de 2,400 especies de plantas reportadas con propiedades pesticidas, el neem (*Azadirachta indica*) encabeza esta lista y se le observa como la propiedad biopesticida más amigable y confiable al ambiente. Los productos derivados de neem son efectivos en contra de más de 350 especies de artrópodos, 12 especies de nematodos, 15 especies de hongos, tres virus, dos especies de caracoles y una de crustáceos (Nigam, 1994). La Azadiractina es un tetranortritarpinoide, y el ingrediente activo mayoritario aislado

de neem, el cual se sabe interfiere en la metamorfosis de los insectos (Tomlin, 2007). 2 triterpenoides tetracíclicos-meliantetyraolenona y odoratona aislados de neem, exhiben actividad insecticida en contra de *Anopheles stephensi* (Siddiqui *et al.*, 2003). El extracto Kernel de semilla del Neem (NSKE) fue encontrado muy efectivo en la reducción de la población larval de *Helicoverpa armígera* en vaina y garbanzos dañados (Bhushan *et al.*, 2011). Formulaciones a base del neem tienen efecto significativo en contra de huevos de la mosca de la fruta *Bactrocera zonata* (Saunders) en duraznos (*Prunus pérsica*). Cerca de 195 especies de insectos son afectados por extractos del neem y aún los insectos que se han vuelto resistentes a los pesticidas sintéticos son controlados también. La suposición de que el empleo de insecticidas basados en el neem y a gran escala puede conllevar a una resistencia entre las plagas, como se ha observado con los pesticidas sintéticos, no ha sido probada. Los biopesticidas neem son sistémicos en la naturaleza y brindan una protección a largo plazo a las plantas en contra de las plagas. Los insectos polinizadores, abejas y otros organismos útiles no se ven afectados por los pesticidas basados en neem (Buss y Park-Brown, 2002).

Peptidomimética

El desarrollo de un insecticida peptidomimético es retardado dado que residuos no críticos determinados en bioensayos de toxicidad a insectos pueden ser vitales para evitar la toxicidad en vertebrados mediante obstáculos estéricos. Además, estos residuos no críticos pueden ser importantes para proporcionar una selectividad subtipo a blanco en insectos (Nicholson GM, 2007).

Cuadro 1. Algunos de los productos vegetales registrados como bio-pesticidas.

Producto vegetal usado como biopesticida	Blanco a pesticidas
Limoneno and Linalol	Afidos de Pulgas y ácaros, también matan hormigas del fuego y otros tipos de moscas, avispas y grillos
Neem	Una variedad de insectos masticadores y succionadores
Piretrum / Piretrinas	Hormigas, áfidos, cucarachas, moscas, pulgas y chinches
Rotenona	insectos que se alimentan de hojas, como los áfidos, algunos escarabajos (del espárrago de la hoja del frijol, escarabajo Colorado de la papa, escarabajo del pepino, escarabajo pulgón, escarabajo de la hoja de la fresa y otros) y gusanos como pulgas y piojos en animales
Riania	orugas (gusano taladrador del maíz europeo, gusanos en maíz y otros) y chinches
Sabadilla	Insectos de la calabaza, orugas del arlequin, orugas, saltamontes de hojas, y bichos apestosos

Bhushan S., Singh R.P., Shanker R. 2011. Bioefficacy of neem and Bt against pod borer, *Helicoverpa armigera* in chickpea. *Journal of Biopesticides*. 4 (1):87-89.

Broderick N.A., Raffa K.F., Handelsman J. 2006. Midgut bacteria required for *Bacillus thuringiensis* insecticidal activity, *Proc Natl Acad Sci USA*. 103:5196-5199.

Broderick N.A., Robinson C.J., McMahon M.D., Holt J., Handelsman J. Raffa K.F. 2009. Contributions of gut bacteria to *Bacillus thuringiensis*-induced mortality vary across a range of Lepidoptera. *BMC Biol*. 7:11.

Buss E.A., Park-Brown S.G. 2002. Natural Products for Insect Pest Management. ENY350 (<http://edis.ifas.ufl.edu/IN197>).

Castillo M.A., Moya P., Hernandez E., Yufera E.P. 2000. Susceptibility of *Ceratitis capitata* Wiedemann (Diptera: Tephritidae) to Entomopathogenic Fungi and Their Extracts. *Biological Control*. 19:274-282.

Delalibera I., Gomez D.R.S., de Moraes G.J., de Alencar J.A., Araujo W.F. 1992. Infection of *Mononychellus tanajoa* (Acari: Tetranychidae) by the fungus *Neozygites* sp. (Zygomycetes: Entomophthorales) in northeastern Brazil. *Fla Entomol*. 75 :145-147.

Dorner J. W. 2010. Efficacy of a Biopesticide for Control of Aflatoxins in Corn, *Journal of Food Protection*. 73(3):495-499.

Duarte V., Silva R.A., Wekesa V.W., Rizzato F.B., Dias C.T.S., Delalibera I. 2009. Impact of natural epizootics of the fungal pathogen *Neozygites floridana* (Zygomycetes: Entomophthorales) on population dynamics of *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae) in tomato and nightshade. *Biological Control*. 51:81-90.

Ferron P. 1971. Modification of the development of *Beauveria tenella* mycosis in *Melolontha melolontha* larvae by means of reduced doses of organophosphorus insecticides. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 14:457-466.

Gupta S., Dikshit A.K. 2010. Biopesticides: An ecofriendly approach for pest control. *Journal of Biopesticides*. 3(1):186 - 188.

Hajeck A.E., Leger S.T. 1994. Interactions between fungal pathogens and insect hosts. *Annual Review of Entomology*. 39:293-322.

Uso de feromonas en el manejo de plagas en insectos

La interrupción del apareamiento ha tenido éxito en el control de un número de plagas de insectos. Más del 20% de los productores de uva (*Vitis vinífera*) en Alemania y Suiza utilizan esta técnica para producir vino sin utilizar insecticidas. En los Estados Unidos, la interrupción del apareamiento ha demostrado ser eficaz en polilla de la manzana (*Malus domestica*), naranja ombligo (*Citrus* sp.), gusano rosado, polilla oriental de la fruta, polilla de la uva Europa, y polilla del racimo, por nombrar unos cuantos. Más del 40% de la superficie de árboles frutales en los EE.UU., occidental son tratados con interrupción sexual para el control de la oruga. Los esfuerzos para controlar el gusano rosado, *Pectinophora gossypiella* (Saunders), se iniciaron con el atrayente sexual " hexalure " a principios de 1970. El descubrimiento de la feromona sexual del gusano de la cápsula rosa en 1973 llevó a la primera formulación comercial exitosa en 1978 (Baker, 1991), y se demostró una táctica basada en el uso de un inhibidor para suprimir las infestaciones del escarabajo del pino del sureste (*Dendroctonus Zimmermann*) (Salom *et al.*, 1995).

CONCLUSIONES

El desarrollo de la industria de bioplaguicidas tiene que ser tratada como una tarea estratégica, integral y con proyecciones a futuro sobre la población. La creciente preocupación de los consumidores y el gobierno sobre la seguridad alimentaria ha llevado a los productores a explorar nuevos métodos respetuosos con el medio ambiente para reemplazar las prácticas basadas en productos químicos de origen sintético. El uso de biopesticidas se ha convertido en la promesa y alternativa y puede representar un papel valioso en el futuro de las estrategias del Manejo Integral de las Plagas.

LITERATURA CITADA

- Anderson T. E., Hajek, A.E., Roberts, D.W., Preisler, H.K. and J. L. Robertson. 1989. Colorado Potato Beetle (Coleoptera: Chrysomelidae): Effects of Combinations of *Beauveria bassiana* with Insecticides. *Journal of Economic Entomology*. Volume 82, Issue 1, February.
- Baker T.C., Staten R.T., Flint H.M. 1991. Use of pink bollworm pheromone in the southwestern United States, In Behavior Modifying Chemicals for Insect Management. Ridgeway, R. L., R. M. Silverstein, and M. N. Inscoe [eds.]. Marcel Dekker, New York, NY. 417-436.

- Hoy M.A. 1999. Myths, models and mitigation of resistance to pesticides. *In: Insecticide Resistance: From Mechanisms to Management* (Denholm, I., Pickett, J.A. and Devonshire, A.L., eds.), New York, CABI Publishing. Pp. 111-119.
- Icoz I., Stotzky G. 2008. Fate and effects of insect-resistant Bt crops in soil ecosystems. *Soil Biology & Biochemistry*. 40: 559– 586.
- Ignoffo C.M., Couch T.L. 1981. The nucleopolyhedrosis virus of *Heliothis* species as a microbial pesticide. *In: Microbial Control of Pests and Plant Diseases*. (Burgess, H.D. Ed.), Academic Press. London. Pp. 329-362.
- Islam M.T., Castle S.J., Ren S. 2010. Compatibility of the insect pathogenic fungus *Beauveria bassiana* with neem against sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci*, on eggplant. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 134:28– 34.
- Kalra A., Khanuja S.P.S. 2007. Research and Development priorities for biopesticide and biofertiliser products for sustainable agriculture in India. *In: Business Potential for Agricultural Biotechnology* (Teng, P. S. ed.), Asian Productivity Organisation. Pp. 96-102.
- Kumar S., Chandra A., Pandey K.C. 2008. *Bacillus thuringiensis* (Bt) transgenic crop: an environmentally friendly insect-pest management strategy. *J Environ Biol*. 29:641-653.
- Lacey L.A., Liu T.X., Buchman J.L., Munyaneza J.E., Goolsby J.A., Horton D.R. 2011. Entomopathogenic fungi (Hypocreales) for control of potato psyllid, *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Trioziidae) in an area endemic for zebra chip disease of potato. *Biological Control*. 56:271-278.
- Mettenmeyer A. 2002. Viral insecticides hold promise for bio-control, *Farming Ahead*. 124:50-51.
- Moscardi F. 1999. Assessment of the application of baculoviruses for control of Lepidoptera, *Annual Review of Entomology*.
- Nicholson G.M. 2007. Fighting the global pest problem: Preface to the special *Toxicon* issue on insecticidal toxins and their potential for insect pest control. *Toxicon*. 49:413–422.
- Nigam S.K., Mishra G., Sharma A. 1994. Neem: A promising natural insecticide. *Appl Bot Abstr*. 14:35-46.
- Roh J.Y., Choi J.Y., Li M.S., Jin B.R., Je Y.H. 2007. *Bacillus thuringiensis* as a specific, safe, and effective tool for insect pest control. *J Microbiol Biotechnol*. 17:547-559.
- Salma M.A. 2011. Review on the use of biopesticides in insect pest management. *International Journal of Science and Advanced Technology*. 1(7):169-178.
- Salom S.M., Grossman D.M., McClellan Q.C., Payne T.L. 1995. Effect of an inhibitor-based suppression tactic on abundance and distribution of southern pine beetle (Coleoptera: scolytidae) and its natural Enemies. *J Econ Entomol*. 88: 1703-1716.
- Schnepf E., Crickmore N., Van Rie J., Lereclus D., Baum J., Feitelson J., Zeigler D.R., Dean D.H. 1998. *Bacillus thuringiensis* and its pesticidal crystal proteins. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*. 62: 775-806.
- Sharma S., Malik P. 2012. Biopesticides: Types and Applications. *IJAPBC* 1:4.
- Shelton A.M., Tang J.D., Roush R.T., Metz T.D., Earle E.D. 2000. Field tests on managing resistance to Bt-engineered plants. *Nat Biotechnol*. 18: 339-342.
- Shia W.B., Feng M.G. 2004. Lethal effect of *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, and *Paecilomyces fumosoroseus* on the eggs of *Tetranychus cinnabarinus* (Acari: Tetranychidae) with a description of a mite egg bioassay system. *Biological Control*. 30: 165–173.
- Siddiqui B.S., Afshan F., Gulzar T. 2003. Tetracyclic triterpenoids from the leaves of *Azadirachta indica* and their insecticidal activities. *Chem Pharm Bull. (Tokyo)*. 51: 415-417.
- Scholte E.J., Takken W., Knols G.J. 2007. Infection of adult *Aedes aegypti* and *Ae. albopictus* mosquitoes with the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. *Acta Tropica*. 102: 151-158.
- Srinivasa M., Jagadeesh Babu C.S., Anitha C.N., Girish G. 2008. Laboratory evaluation of available commercial formulations of HaNPV against *Helicoverpa armigera* (Hub.). *Journal of Biopesticides*. 1: 138–139.
- Thakore Y. 2006. The biopesticide market for global agricultural use. *Ind Biotechnol*. 2:194-208.
- Tomlin C. 2007. *The Pesticide Manual*, 11th Edition. British crop protection council, 49 Downing Street, Farnham, Surrey GU97PH, UK.
- Weibin S., Mingguang F. 2004. Ovicidal activity of two fungal pathogens (Hyphomycetes) against *Tetranychus cinnabarinus* (Acarina: Tetranychidae). *Chinese Science Bulletin*. 49(3): 263-267.
- Zhang X., Candas M., Griko N.B., Taussig R., Bulla L.A. 2006. A mechanism of cell death involving an adenyl cyclase/PKA signaling pathway is induced by the Cry1Ab toxin of *Bacillus thuringiensis*. *Proc Natl Acad Sci USA*. 103: 9897-9902.
- Zhang G.Y., Sun X.L., Zhang Z.X., Zhang Z.F., Wan F.F. 1995. Production and effectiveness of the new formulation of *Helicoverpa* virus pesticide-emulsifiable suspension. *Virologica Sinica*. 10: 242-247.