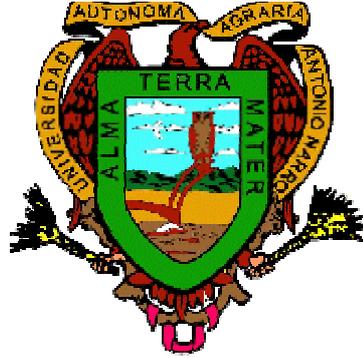


**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE AGRONOMIA.
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGIA AGRICOLA.**



Tolerancia de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) al Óxido de Fenbutatin en combinación con tres Sinergistas.

Por:

JOSE LUIS RAMIREZ HERNANDEZ

T E S I S

**Presentada como requisito parcial para obtener
él Título de:**

Ingeniero Agrónomo Parasitólogo.

Buenvista, Saltillo, Coahuila, México.

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISIÓN DE AGRONOMIA.
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGIA AGRICOLA**

Susceptibilidad de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) al Óxido de Fenbutatin en combinación con tres Sinergistas.

POR:

JOSE LUIS RAMIREZ HERNANDEZ.

Que se somete a consideración del H. Jurado examinador como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITOLOGO.

APROBADA

DR. Jerónimo Landeros Flores.

Asesor principal

M.C. Ernesto Cerna Chávez.
Asesor

Ing. Carlos Enrique Ail Catzin
Asesor

Coordinador de la División de Agronomía

M.C. Arnoldo Oyervides García

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Mayo 26 del 2004.

**En la labor cotidiana, la jornada viene llena de
Sobresaltos y alivios. La compañía de
mis padres, maestros y de María de Lourdes Altunar
vuelven oasis el burullo que vivo en el día con
día. GRACIAS POR SU APOYO.**

Índice General

Contenido	Página
Índice de cuadros	VI
Índice de figuras	VII
INTRODUCCIÓN	5
I.- Revisión de Literatura	6
Generalidades de <i>Tetranychus urticae</i>	6
Ubicación taxonómica	7
Morfología	7
Huevo	7
Larva	8
Ninfocrisis	8
Protoninfa	9
Deutoninfa	9
Adulto hembra.....	10
Adulto macho	10
Copula	10
Mecanismos de dispersión	11
Resistencia	12
Tipos de resistencia	13
Resistencia por comportamiento	13
Resistencia morfológica	14
Resistencia fisiológica	15
Resistencia metabólica	15
Resistencia en ácaros	15
Descripción del producto evaluado	17
Sinergismo	19
Importancia de los sinergistas	20
Acción de los sinergistas	20
Sinergistas utilizados	21
Butóxido de Piperonilo	22
Dietil Maleato	23

Sss Tributil Fosforiato	24
II.- Materiales y Métodos	25
Ubicación del experimento	25
Material biológico	25
Productos utilizados	25
Procedimiento de laboratorio	25
Rango de aplicación del producto	25
Preparación de las diferentes concentraciones	26
Bioensayo	26
Análisis estadístico	27
III.- Resultados	29
IV.- Conclusiones	34
V.- Bibliografía consultada	35

INDICE DE CUADROS

1. Valores de CL ₅₀ , Limites Fiduciales y CL ₉₅ con oxido de fenbutatin en hembras de <i>T. urticae</i>	29
2. Valores de CL ₅₀ , Limites Fiduciales y CL ₉₅ con oxido de fenbutatin en combinación con tres sinergistas en hembras de <i>T. urticae</i> a un tiempo de exposición de 24 hrs	31
3. Coeficiente de determinación y chi – cuadrada de las líneas de regresión dosis – mortalidad determinadas con oxido de fenbutatin..	32
4. Coeficiente de Cotoxicidad en hembras de <i>T. urticae</i> expuestas al oxido de fenbutatin en combinación con tres sinergistas	33

INDICE DE FIGURAS

Índice de figuras

Figura 1 . Valores de CL ₅₀ , Limites Fiduciales y líneas de respuesta dosis- mortalidad determinadas en hembras de <i>T. urticae</i> con oxido de fenbutatin	30
Figura 2 . Valores de CL ₅₀ , Limites Fiduciales y líneas de respuesta dosis- mortalidad determinadas en hembras de <i>T. urticae</i> con oxido de fenbutatin en combinación con tres sinergistas	31

INTRODUCCIÓN

Actualmente la producción de cultivos a escala mundial se ve limitada por diferentes factores, siendo los principales de tipo fitosanitario como son las plagas y enfermedades. Para la explotación de plantas ornamentales en invernaderos y/o campo, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) se le ha catalogado como una de las especies que más problemas ocasionan a la agricultura en el mundo. Esta especie tiene una gran capacidad de incrementar sus poblaciones rápidamente y rebasar de manera inmediata los umbrales económicos si no se toman medidas de control adecuados. Por otro lado esta especie de ácaro está catalogado como una de las especies que más casos de resistencia presenta.

Debido a que el uso de acaricidas es en la actualidad el método de control más común para contrarrestar la plaga, presentando resistencia prácticamente a todos los acaricidas en lugares agrícolas donde se han utilizado en forma desmedida. Es por ello que es necesario continuar con investigaciones que nos auxilien en el implemento de un manejo integrado de plagas más adecuado a esta especie, es por ello que se ha planteado en esta investigación con el objetivo de:

Evaluar el grado de tolerancia de *T. urticae* a diferentes concentraciones de Óxido de Fenbutatin contra los adultos de *Tetranychus urticae*.

Estimar el incremento de la efectividad tóxica del Óxido de Fenbutatin mezclados con los sinergistas: Butóxido de Piperonilo, Dietil Maliato y S,S,S tribultifosforiato.

REVISIÓN DE LITERATURA

Generalidades de *Tetranychus urticae*

El ácaro de dos manchas, “arañita” roja o ácaro de invernaderos, *Tetranychus urticae* Koch antes formaba parte de un complejo de cerca de 59 sinónimos descritos para diferentes plantas hospederas. Una revisión de la familia Tetranychidae publicada en 1955 (Pritchard y Backer citados por Jeppson *et. al.*, 1975), incluía 43 sinónimos para *T. telarius* (nombre inicial de este complejo). Estos se reportan atacando a más de 150 especies de cultivos, siendo difícil saber con exactitud las especies de plantas dañadas únicamente por *T. urticae*. Sin embargo, se sabe que esta especie es un serio problema en frutos deciduos, árboles de sombra y arbustos especialmente de climas templados (Jeppson *et. al.*, 1975).

Distribución.- *Tetranychus urticae* Koch, se encuentra ampliamente distribuido en el mundo, principalmente en zonas templadas (Cruz, 1984). En la República Mexicana se le reporta ocasionado daños económicos en las zonas fresera de Irapuato, Guanajuato y Zamora, Michoacán y en menor grado en Jalisco, México, Puebla, Querétaro (Teliz y Castro, 1973). En Puebla, Morelos, México y Guanajuato ocasiona pérdidas en los cultivos del cacahuate, fresa y papayo (Estebanes, 1989). Yáñez (1989) menciona que en el estado de México esta especie afecta la calidad de la flor de crisantemo al deformar sus pétalos.

Ubicación taxonómica

Tetranychus urticae según Krantz (1970), se ubica en los siguientes taxa:

Phyllum Arthropoda

Subphyllum Chelicerata

Clase Acárida

Orden Acariformes

Suborden Prostigmata

Superfamilia Tetranychoidae

Familia Tetranychidae

Subfamilia Tetranychinae

Tribu Tetranychini

Genero *Tetranychus*

Especie *urticae*

Morfología

Huevo.- Los huevecillos de *T. urticae* miden en promedio entre 110 y 150 μm . Son de color traslucidos a opaco blanquecinos y cambian a color pardo conforme se va desarrollando el embrión. La superficie del corión es lisa con leves irregularidades.

En la última etapa del desarrollo embrionario se presenta un cono respiratorio que se proyecta sobre la superficie del huevecillo (Crooker, 1985). Mothes y Seitz (citados por Crooker, 1985), estudiando la anatomía del huevecillo, han determinado que ésta consiste de una capa granular exterior, una capa densa media y una capa interna transparente. Están conectados dos estigmas

embrionarios de estructura complicada que penetran la pared del huevo durante la fase contractiva de la banda germinal, a una parte altamente especializada de la membrana intermedia que cubre el embrión, ésta membrana tiene numerosas perforaciones las cuales forman un plastrón de aire de 0.2 a 0.3 μ entre la pared del huevecillo y el embrión.

En 1949, Cagle (citados por Nelson y Stafford, 1972) estudió el ciclo de vida de estos ácaros en el laboratorio (además de algunas observaciones de campo) y describió varios estados de vida, características de alimentación y hábitos de apareamiento. Así mismo, estudio los efectos de la temperatura sobre el período de incubación de los huevecillos, reportando que a 24 °C el período de incubación era de tres días, mientras que se necesitaban 21 días a una temperatura de 11 °C. El tiempo de desarrollo fue de 5 a 20 días para machos (con un tiempo promedio de vida de 28 días), y de 5 a 59 para hembras (con un tiempo promedio de vida de 22 días).

Larva.- Las larvas son redondas y poseen tres pares de patas. Al emerger del huevo son blancas y únicamente se les notan las manchas oculares de color carmín. Conforme pasa el tiempo se torna de color verde claro y las manchas dorsales de color gris empiezan a volver aparentes. Los peritremas tienen forma de bastón y está en posición dorsal al final de las setas propodosomales anteriores (Jeppson *et. al.*, 1975).

Ninfocrisalis.- Es el estado en que la larva entra en reposo para pasar al siguiente estado biológico (protoninfa). En esta etapa así como la que se presenta entre la protoninfa y la deutoninfa y el adulto, el ácaro pierde movilidad y

capacidad de alimentación. La larva en quiescencia presenta las patas I y II unidas y orientadas hacia el frente, las uñas de las cuatro patas son usadas para aferrarse a la hoja; las patas III se hayan dispuestas hacia atrás y casi pegadas a los costados del cuerpo. (Hernández, 1978)

Protoninfa.- La emergencia de esta se puede advertir porque la larva quiescente adopta un aspecto de momificación, la cutícula se torna brillante y de apariencia quebradiza. Al dar inicio la emergencia, la cutícula vieja se divide en dos partes. La Protoninfa se desprende primero de la parte anterior de la exuvia, no habiendo dificultad para deshacerse de ella, ya que como se haya adherida a la hoja retrocede y queda libre. La Protoninfa presenta ocho patas y al emerger tiene una coloración amarilla clara, no se observa las dos manchas oscuras y es ligeramente ovoide; cuando desarrollada, tiene un color verde claro a amarillo oscuro y con las dos manchas oscuras grandes, la parte superior del cuerpo se redondea y al igual que las larvas pueden tejer “telaraña”. Los peritremas adquieren forma de hoz. (Jeppson *et al.*, 1975; Hernández, 1978)

Una vez que ha terminado la protoninfa sigue un estado de reposo conocido como: **Deutocrisis**,. Esto es igual que la **Protocrisis**, con la única diferencia de que tiene cuatro pares de patas y es de mayor tamaño. (Hernández, 1978)

Deutoninfa.- Es muy similar a la protoninfa (coloración, ausencia de manchas, cuatro pares de patas) la diferencia es únicamente el tamaño, generalmente es más oscura. En esta etapa ya se puede reconocer el sexo ya que hay de dos tipos, unas presentan mayor tamaño, la parte posterior del cuerpo redondeada y originan hembras. Las que originan a los machos son más pequeños y con la

parte posterior del cuerpo gradualmente más angosta. Los de dos tipos presentan las manchas oscuras grandes y un color amarillo oscuro.

Al terminar su desarrollo se inactiva y pasa a otro estado de reposo conocido como: **Teliocrisis**,. De forma variada de acuerdo al sexo y con las mismas características que las otras formas de reposo. (Hernández, 1978)

Adulto hembra.- Al principio es blanca con dos manchas dorsales bien limitadas, el abdomen presenta 26 setas dorsales lanceoladas y curvadas hacia atrás. La parte posterior del cuerpo es redondeada y más grande que el macho, con una mayor capacidad de producción de “telaraña”. Los ojos son rojo carmín y en sus últimos días de vida presenta una coloración café clara, las manchas negras se tornan rojizas y el cuerpo da la apariencia de pérdida de agua (Jeppson *et. al.*, 1975; Hernández, 1978).

Adultos machos.- Presentan una coloración más pálida que la hembra, comúnmente de color crema, más pequeño, con la parte posterior del cuerpo gradualmente más angosta a medida que se acerca a la parte distal del opistosoma. Por su tamaño los ocelos resaltan considerablemente; más activos que las hembras y no producen “telaraña”, las manchas dorsales son casi imperceptibles y de color gris. (Jeppson, 1975; Kranz, 1978; Hernández, 1978)

Cópula.- Una vez que el adulto macho busca una deutoninfa hembra en estado quiescente y entra en contacto con ella permanece junto, se mueve distancias cortas y regresa poco tiempo después cuando esta a punto de emerger. El macho desarrolla mucha actividad, roza constantemente con sus patas el cuerpo

de la deutoninfa quiescente. El apareamiento se lleva a cabo inmediatamente después de la emergencia de ella. Para ello el macho se mueve por encima de la hembra varias veces, roza con sus patas la parte posterior de la hembra levanta la porción y el gnastosoma queda junto a la superficie de la hoja. Con esto el macho dobla su opistosoma que es muy flexible y se sitúa debajo de ella en la misma dirección. En esta posición ocurre el contacto sexual. La cópula a veces no es continua, sino que en ocasiones se separan y se vuelven a unir, también hay casos que la hembra se mueve arrastrando al macho el cual se separa finalizando el apareamiento (Hernández, 1978)

Mecanismos de dispersión.- Una de las formas de los miembros de la subfamilia a la que pertenece la especie *T. urticae* es la de producir una especie de hilo que utiliza en la construcción de telarañas. La forma y características de la telaraña va de acuerdo a cada especie en particular. En el caso del ácaro de dos manchas una vez iniciada la invasión de las plantas empiezan a construir telarañas de forma muy irregular en la superficie de la hoja. Cuando la población crece considerablemente se presenta en la telaraña numerosos gránulos de excremento, huevecillo y desechos corporales de los individuos muertos. La telaraña se adhiere a la hoja de tal forma que en invasiones severas la envuelve completamente y no la deja desprenderse una vez que esta ha muerto (Saito, 1985)

El patrón de comportamiento de las hembras cambia como respuesta al desarrollo de la tela en hojas recién invadidas. Durante el inicio de la invasión las hembras comen activamente y giran sobre el hilo que se ha formado. Una vez que ha cubierto parte de la hoja con telaraña con su actividad se reduce y se

esconden bajo la telaraña su actividad se reduce y se esconden debajo de la telaraña en donde se alimentan y ovipositan. Esto ocurre después de 6 a 7 horas de invasión según el mismo Saitó. La telaraña además de las funciones ya mencionadas sirve también para dar protección contra factores climáticos adversos, enemigos naturales, acaricidas y puede marcar una especie de territorialidad contra individuos fitoparásitos de otras especies (Gerson, 1985)

Los tetraniquídos han desarrollado algunos mecanismos que le ayuden a dispersarse y colonizar plantas ampliamente separadas y pueden servir también como mecanismos de escape de los enemigos naturales. Para Kennedy y Smitley (1985), este mecanismo es el movimiento de las parte infestadas a las no infestadas en una misma planta o bien hacia plantas diferentes. Según Hassey, Parr y Coates (citados por Kennedy y Smitley, 1985), la dispersión entre plantas en algunos especies es el resultado de la tendencia de un grupo de hembras pre-reproductivas a emigrar de las hojas en las cuales ellas se desarrollaron. Una vez que han ovipositado, pocas hembras de *T. urticae* tienen la tendencia a colonizar hojas nuevas o al menos lo hacen en menor grado que las hembras que no han iniciado la oviposición.

Resistencia

Según la Academia Nacional de Ciencias (NASc, 1972, Citado por Flores 1992) resistencia es un proceso bioquímico – genético en el cual algunos individuos toleran dosis de insecticidas que son letales para la mayoría de una población normal de la misma especie.

Gerorgiou (1965) define a su vez resistencia como un término usado comúnmente para señalar la habilidad de un organismo para sobrevivir a la aplicación de un toxico, la cual sería letal para la mayoría de los organismos de una población normal. Esta situación se manifiesta como un fenómeno de selección natural en el cual sobreviven los individuos mejor adaptados (Cremyl, 1982)

La resistencia de un producto químico puede ser el resultado de diferentes factores: decremento en la penetración, incremento en el almacenamiento o aumento de excreción o ambos, metabolismo alterado y sensibilidad alterada de posición. Todos o algunos de estos mecanismos pueden operar en el mismo organismo y ser responsable de la resistencia al pesticida (Oppernoorton y Wellin 1976 citado por Carbonaro 1986).

Tipos de resistencia

Georghiou (1965) clasificó a la resistencia en tres tipos: por comportamiento, morfológica y fisiológica.

Resistencia por Comportamiento.- Dentro de la resistencia por comportamiento se refiere a los patrones que siguen los insectos, que contribuyen a la resistencia. Estos patrones pueden ser como la preferencia en descansar en áreas no tratadas con insecticida, en lugar de áreas tratadas. O bien la tendencia de detectar el insecticida y tratar de evitarlo (Carrillo, 1984).

Si una población no emigra, adquiere más rápidamente resistencia, mientras que una población migrante la adquiere lentamente, debido a que no está expuesta continuamente al insecticida (Soberanes, 1998).

La mayoría de los casos de resistencia por comportamiento se da en aquellas especies muy hiperactivas donde pequeños cambios en cualquiera de las etapas del comportamiento provocan cambios en la interacción insecto-insecticida. Así como el mayor porcentaje de resistencia por comportamiento reportada se registra en mosquitos (16,4%), moscas domésticas (20%) y otros dípteros (22,7%). El resto se reparte entre cucarachas y otros insectos (Sparks, 2000).

Una población de insectos que tiene un solo hospedero en la que es seleccionada, adquiere con mayor rapidez la resistencia, debido a que esta más tiempo bajo presión de selección: Un caso típico se presenta con de la garrapata *Boophilus microplus* y *Amblyomma cajennense*, donde la primera adquiere rápidamente resistencia y *A. cajennense* no, debido a que tiene varios hospederos silvestres, donde no es seleccionada a resistencia (Soberanes, 1998).

Resistencia Morfológica.- En cuanto a la resistencia morfológica se presenta por ejemplo cuando las estructuras cuticulares (pubescencia, ceras, etc.) no permiten que el toxico penetre el integumento del insecto (Barbera, 1976).

También se conoce como mecanismo físico de resistencia y contempla muchos casos de penetración reducida que causan resistencia en los insectos. La velocidad de penetración depende de las características moleculares del insecticida y de las propiedades del tegumento del insecto, las cuales varían

considerablemente entre los estadios de vida y de una especie a otra. Una penetración demorada provee un mayor tiempo para la detoxificación de una dosis tomada (Brattsten *et al.*, 1986).

Resistencia Fisiológica.- La resistencia fisiológica es el tipo más importante de resistencia que los insectos adquieren. Esta puede ser de dos formas: por adición de un mecanismo protector (enzimas); o por la insensibilidad en el sitio de acción. A estos dos sistemas también se les denomina como mecanismos de resistencia metabólicos y mecanismos de resistencia no metabólicos (Lagunes y Villanueva, 1994).

Resistencia Metabólica.- Este tipo de resistencia se refiere a que los productos insecticidas pueden ser metabolizados y transformados en productos menos tóxicos. Como una consecuencia de la acción de sistemas enzimáticos presentes en los insectos. Los principales sistemas enzimáticos responsables del metabolismo de los insecticidas son: las oxidasas microsómicas (Wilkinson, 1983), Esterasas y Carboxiesterasas (Yasutomi, 1983) y Glutación s-transferasas (Dauterman, 1983).

Resistencia en ácaros

El primer caso de resistencia en ácaros tetraniquidos fue el de *Tetranychus urticae* Koch a un compuesto sistémico a base de Selenio llamado Selocide en 1937. posteriormente se reportaron en 1949 algunos casos de resistencia en compuestos organo – sintéticos como los organofosforados. Para 1950 era

común encontrar poblaciones resistentes de *Tetranychus urticae* en los Estados Unidos de América y Europa (Helle y Sableéis, 1985., citados por Flores 1992)

En 1950-1960 a Parathion y otros compuestos organofosforados en frutales, así como al TEPP; en 1973 a Cyhexatin en Australia, en 1978 a Propargite en California.

Croft *et al.* (1984) encontró poblaciones resistentes de *Tetranychus urticae* en fresa en el este de Estados Unidos a Formetonato de 117 veces y a Cyhexatin 17 veces a una concentración letal de 50%.

Dennehy (1984) encontró poblaciones de *Tetranychus urticae pacificus* con habilidad para sobrevivir a altas concentraciones de residuos de Dicofol a pesar de la susceptibilidad relativa de los tratamientos típicos en algodón del valle de San Joaquín California.

Miller *et al* (1985) comenta que en 1979 se documentó la resistencia de *T. urticae* a Cyhexatin en fresa en el cultivo de fresa en el valle del Pájaro en California que significaba de 2.1 aplicaciones anuales en 1974 a 5.2 en 1979. en cuanto a Formetonato comenta que en 1982 se documentó por primera vez un marcado incremento de resistencia

Carbomaro (1986) encontró un aumento de 100 veces la toxicidad de *T. urticae* a Cyhexatin en laboratorio y menciona que la resistencia en este caso se debe en parte a que se altera el sitio de acción.

Edge (1986) confirmó en pruebas de laboratorio la resistencia a Cyhexatin de *T. urticae* de huertas de manzano y pera en Australia. Los niveles de resistencia no excedían de 15 veces en hembras. Reporta también que Cyhexatin confiere una resistencia cruzada a Azociclotin y Oxido de Fenbutatin.

Dennehy (1987) evaluó en laboratorio y campo la susceptibilidad de *Tetranychus spp* a Propargite iniciado en respuesta a el crecimiento relacionado al potencial de resistencia en el campo, reveló una resistencia de 0 – 42 veces en *T. urticae* en bioensayo residual de planta completa de ácaros colectados en el Valle de San Joaquín California en 1984.

Dennehy (1988) realizando bioensayos en huertos de manzana de New York E.U. al utilizar Dicofol contra poblaciones de *Panonychus hilum* y *T. urticae* observó un cambio notorio en la respuesta de la población que ocurrió como resultado de los tratamientos de Dicofol después de un año de estudio.

Es frecuente que al aplicar periódicamente un acaricida la población de ácaros además de adquirir resistencia contra éste, también se hará resistente contra otros acaricidas con una constitución química similar, a lo anterior se le conoce como resistencia cruzada.

Ferguson (1991) evaluó la resistencia cruzada positiva a Amitraz, Bromopropilato y Clorobenzilato. Una moderada resistencia negativa hacia Clorpirifos; y menciona que el mecanismo de resistencia a Dicofol parece ser el incremento de detoxificación metabólica.

Descripción del producto evaluado

Esta información se obtuvo de la monografía de este producto. Shell Internationale Petroleum (1984)

Oxido de Fenbutatin es un acaricida específico del grupo de CYANAMID de México para el compuesto bis (tris (2 – metil – 2 fenil propil) tin) Oxido, pertenece al grupo de los orgánicos de estaño.

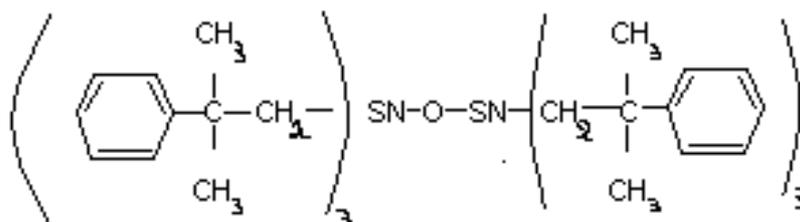
Propiedades físicas y químicas

Origen: Shell, 1974 empresa Dupont en U.S.

Nombre químico: Bis (tris (2 – metil – 2 – fenil propil) tin) óxido

Nombre común: Oxido de fenbutatin

Estructura Química:



Apariencia: Blanco, sólido cristalino

Olor: Químico medio

Punto de ebullición: 144 – 147 °C (compuesto puro)

138 – 139 °C (material técnico)

Densidad: 1.3 g / ml a 20 °c

Estabilidad: Estable al calor y a la luz solar

Compatibilidad: Ha probado su compatibilidad en combinación con un rango amplio de otros químicos, incluyendo los aceites, insecticidas y fungicidas más comúnmente usados.

Acción corrosiva: No es corrosivo a metales y otros materiales de uso común en plantas formuladoras, maquinaria de aplicación y empaquetado.

Formulación: 50 % w.p.

Acción biológica: Es un acaricida específico el cual provee niveles altos de control de ácaros por un extenso periodo de tiempo. Es activo en contra de ácaros los cuales son resistentes a insecticidas organofosforados e hidrocarburo clorinado. Es resistente a la acción de la precipitación de lluvia y luz solar.

Modo de acción.- Estos compuestos de estaño inhiben la fosforilación oxidativa en el sitio de desacople del dinitrofenol, impidiendo la formación de la de la molécula fosfatada de alta energía trifosfato de adenosina (ATP). Estos estaños trialkílicos también inhiben la fotofosforilación en los cloroplastos (las unidades subcelulares que llevan la clorofila) y por tanto sirven como alguicidas (Ware, 1978)

Mecanismos de resistencia.- Puede presentarse insensibilidad en el sitio de acción, que es muy inestable, puede ser codominante o recesiva y posiblemente polifactorial. Se ha observado algún grado de resistencia cruzada entre organoestanosos, por lo que se pudiera definir como un solo grupo toxicológico (Croft *et al.*, 1984)

Fitotoxicidad: no se ha observado fitotoxicidad en un amplio rango de cultivo / variedades probadas, aún cuando se han usado dosis al menos lo menos doble de lo recomendado.

Toxicidad: es un compuesto organotín el cual es ligeramente tóxico, presenta una DL₅₀ 2630 mg/kg

Nombres comerciales: Torque, Vendex, Nouran, Neostanox, Bendex, Hexakis, Osadan

Sinergismo

Se presenta sinergismo cuando la toxicidad de una mezcla es mayor que la suma de la toxicidad de los componentes considerados en forma separada, siempre y cuando uno de los componentes de la mezcla no tenga acción tóxica (De Faz, 1983; Metcalf, 1967; Barberá, 1976)

Sinergista se define como un producto químico que no es tóxico al insecto en estudio, a la dosis utilizada pero aumento la toxicidad de un insecticida cuando es utilizado en combinación con este (Casida, 1970; Price, 1991)

Importancia de los sinergistas.- Los sinergistas en general inhiben las rutas metabólicas las cuales pueden estar modificadas o amplificadas. El uso de los sinergistas en los cuales los bioensayos pueden indicar los mecanismos bioquímicos que están envueltos en la desintoxicación (Devonshire, 1990). La importancia de los sinergistas para el entomólogo radica en que hacen más económico y eficiente el control de insectos; además aumentan el espectro de actividad de un insecticida y restauran la actividad de un acaricida contra cepas resistentes a acaricidas. Así, el uso de sinergistas con acaricidas puede proveer el modo más factible para prevenir el desarrollo de razas resistentes de plagas.

A parte de todo esto lo fundamental de los sinergistas es que permiten un mayor conocimiento de los mecanismos de desintoxicación en ácaros, y los procesos bioquímicos básicos involucrados en resistencia a acaricidas y el modo de acción de los acaricidas (Metcalf, 1967). Mucha de la útil información sobre acaricidas químicos que se ha obtenido y que se puede obtener es mediante investigaciones apropiadas con sinergistas (Casida, 1970).

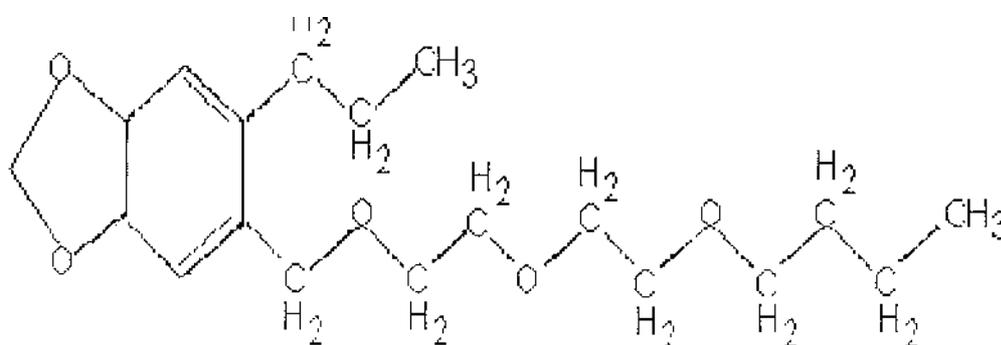
Acción del sinergista.- La potencia del sinergismo varía grandemente de acuerdo al acaricida o xenobiotico, y las especies involucradas. Para un máximo efecto, el sinergista se debe penetrar o entrar al organismo y ser transportado y acumulado en el sitio de la función oxidativa mixta u otro sitio enzimático tan rápidamente o más rápidamente que el acaricida en le sitio activo, y también debe

existir una gran afinidad y una proporción de metabolismo más baja que el acaricida (Casida, 1970; Metcalf, 1967)

Sinergistas utilizados.- Barberá (1976) ubica a los sinergistas derivados del metilendioxifenil entre los sinergistas más importantes, ya que existen más estudios sobre ellos y han sido los más utilizados, a este grupo pertenecen el sesamin, sesamolin, safrole, isosafrole, dihidriosafrole, Butóxido de Piperonilo, sulfoxide, propil-isome, tropital, sesamex, miristicin y otros. Este grupo presenta una marcada actividad sinérgica con piretrinas, carbamatos, fosforados y derivados clorados.

Casida (1970) reporta como los sinergistas utilizados comercialmente en los Estados Unidos a cuatro sinergistas derivados del metilendioxifenil a saber: Butóxido de Piperonilo, sulfoxide, propil – isome y tropital siendo el primero el dominante. El N – alquil es otro grupo de sinergistas donde se encuentra el SKF 525^a, Lilly 18947, MGK 264, WARF antiresistant, este sinergista es particularmente activo para DDT. Otro grupo existente es el del O – (2-propinil) éteres y ésteres que incluye los ariléteres, oximéteres y fosfanatoésteres. Un grupo más de sinergistas incluye el dipropilparaoxon, DEF, TOCP, butil-O-metil-carbanilato. Existen otros compuestos sinérgicos como el octaclorodipropieter (sinérgico comercial) y ciertos 1,2,3, - benzotiadiazoles que son sinérgicos para piretroides y carbamatos, así como ciertos tiocianatos son sinérgicos de carbamatos.

Butóxido de Piperonilo.- Price (1991) señala al Butóxido de Piperonilo como el sinergista más comúnmente utilizado, derivado del metilendioxfenil y utilizado en las formulaciones comerciales de algunos piretroides para combatir la tolerancia natural de los insectos debido al ataque oxidativo sobre el ingrediente activo por el sistema de función mixta oxidativa de los insectos, ya que este sinergista es el más conocido inhibidor de este sistema. La formula estructural del Butóxido es la siguiente:



Formula estructural del Butóxido de Piperonilo

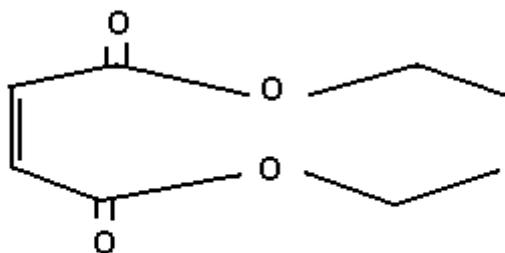
El Butóxido de Piperonilo fue desarrollado como sinergista del piretro por Hernman Wachs en 1947 (Wachs, 1947). Es soluble en la mayoría de los solventes orgánicos, es estable a la luz y no es corrosivo, su punto de ebullición es de 180 °C, la dosis letal media (DL50) oral aguda para ratas es de 7500 mg/kg, y la DL50 dermal para conejo es de 1880 mg/kg

El nombre aceptado por USDA para el Butóxido de Piperonilo es butil carbitol 6-propilpiperonil éter; algunos nombres comerciales son: Butóxido, NIA 5273, Butocide e incite, este último fue el utilizado en esta investigación. En piretrinas se usa en proporciones de 5:1 a 20:1.

Uso de Butóxido de Piperonilo.- Wilson (1949) reportó el uso de Butóxido de Piperonilo y otros compuestos de piperonil aplicados a partes seleccionadas de moscas y encontró que estos compuestos inhibían la recuperación del kdr.

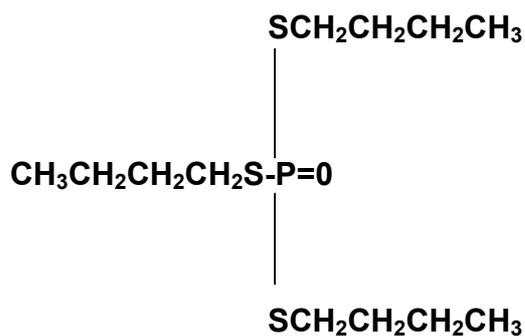
Incho y Greenberg (1952) realizaron estudios sobre el efecto sinérgico del Butóxido de Piperonilo con los componentes activos separados del piretro y con los ésteres ácidos del crisantemo sobre mosca casera. Al respecto Ware (1960) menciona que las proporciones de penetración de Butóxido de Piperonilo en mosca doméstica, solo y con el tóxico fueron generalmente las mismas y que la proporción de penetración de Butóxido de piperonilo no determinó su rol como sinérgico o antagonista. Pero Georghiou (1962) hace referencia sobre el uso del Butóxido de Piperonilo, como sinérgico ya que al utilizarlo en una cepa resistente de moscas caseras redujo el nivel de resistencia existente.

Dietil maleato (DEM).- Es un sinérgico soluble en agua y puede no penetrar la cutícula de algunos insectos, actúa en el mecanismo de detoxificación de Glutación s-transferasas (GST) en adición de algunos insecticidas como Parathion metoico, Malathion y dimetoato, entre otros (Casida, 1970). En la desactivación metabólica de la resistencia por GST existe poca información, pero se sabe que la reacción completa involucra la conjugación de un compuesto extraño con un Glutación reducido, seguida de una transferencia del grupo glutamato, una pérdida de glicina y finalmente una acetilación (Dauterman, 1983). La fórmula estructural del DEM: es la siguiente



Formula estructural de Dietil maleato

S,S,S Tributyl Fosforotrioato (DEF): Defoliante agrícola, organosfosforado, con una DL50 oralde 348 – 712 mg/kg y dérmica de 850 mg/kg en ratas; en cantidades bajas es utilizado como sinergista en mezcla con plaguicidas, como inhibidor de esterasas (CICLOPLAFEST, 1997). La formula estructural DEF es la siguiente:



Formula estructural del S,S,S Tributyl fosforotrioato

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del experimento

El presente estudio se realizó en el laboratorio de acarología del Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista Saltillo, Coahuila.

Material Biológico

Se trabajaron con hojas de frijol infestadas con poblaciones de ácaros de *Tetranychus urticae*.

Productos utilizados

Para evaluar la resistencia enzimática de *T. urticae* se utilizó el óxido de fenbutatin más tres sinergistas que son: Butóxido de Piperonilo, Dietil Maliato (DEM) y SSS-Tributiltiofosfato (DEF).

Procedimiento de laboratorio

El experimento se llevó a cabo en 3 etapas:

- a) Determinación del rango de acción
- b) Determinación de la Concentración Letal media (CL₅₀)
- c) Evaluación del Producto Comercial más los sinergistas

a) Rango de aplicación del producto

Esta técnica nos ayudó a evaluar el rango de concentración de ingrediente activo hasta determinar las dosis que se ubican entre la CL₅₀ y la CL₁₀₀

Se trabajó con un testigo y 10 concentraciones de óxido de fenbutatin. Para observar las respuestas de los ácaros a dichas concentraciones en partes por millón (ppm) y estas fueron: 200 ppm, 500 ppm, 1,000 ppm, 2,000 ppm, 4,000 ppm, 6,000 ppm, 7,000 ppm, 8,000 ppm, 9,000 ppm, 10,000 ppm.

Preparación de las diferentes concentraciones

Primeramente se partió de una solución madre, la cual se hizo a 10,000 ppm, posteriormente mediante una serie de diluciones se llegó a las concentraciones seleccionadas de 200 ppm, 500 ppm, 1,000 ppm, 2,000 ppm, 4,000 ppm, 6,000 ppm, 7,000 ppm, 8,000 ppm, 9,000 ppm, 10,000 ppm. para la realización del testigo se utilizó únicamente agua. Todos los tratamientos se les añadió un adherente (Biomex) que facilitara la formación de una película uniforme sobre el material vegetativo. Una vez que se obtuvo el testigo y las concentraciones deseadas se procedió a realizar el bioensayo.

Bioensayo

Se cortaron hojas de frijol con más de 30 ácaros vivos (adultos), y se sumergieron 3 en cada una de las concentraciones durante 5 segundos. Posteriormente en papel absorbente fueron colocadas las hojas para que se secaran y después ser colocadas en charolas con esponjas humedecidas para evitar su deshidratación. Se registró la mortalidad a las 24 hrs, 48 hrs, 72 hrs y 96 hrs. y con estos datos se efectuó la CL_{50} y evaluación del producto comercial con los tres sinergistas.

El criterio de muerte fue cuando el acaro no respondió a estímulos y no camina aunque presentará movimientos lentos de patas y al estar postrado.

Una vez que se obtuvo el posible rango de tolerancia se realizó un segundo bioensayo con concentraciones más cercanas a la CL₅₀ obtenida en el primer bioensayo.

En los casos en el que el testigo presentó mortalidad se corrigió la mortalidad de los tratamientos mediante la fórmula de Henderson y Tillton que consistió en:

$$\text{M.C.} = \frac{1 - (\text{No. de ind. vivos desp. de la apl.}) / (\text{No. de ind. vivos en el tet. antes de la apl.})}{(\text{No. de ind. Vivos antes de la apl.}) / (\text{No. de ind. En el test. desp. Apl.})} \times 100$$

Una vez conocido lo anterior se desarrollaron los bioensayos utilizando el acariciada más el Butóxido, S,S,S, tribultifosforiato y Dietil Maliato en forma separada se utilizaron 7 dosis más 2 testigos, previo a esto las dosis fueron ubicados mediante el estudio de CL₅₀.

La cantidad de dosis utilizada para las mezclas sinergista – acaricida fueron partiendo de la CL₅₀ del tóxico en disminución, usando una proporción sinergista – acaricida de 5:1. se utilizaron como solventes la acetona para el caso de Butóxido de Piperonilo y agua para el Dietil Maliato y SSS-Tribultiofosfato.

Análisis estadístico de la información.

El análisis de los bioensayos CL₅₀ y los 3 bioensayos de sinergistas - acaricida se realizó por medio de un programa computarizado denominado PC Probit desarrollado por Camacho. Los resultados obtenidos fueron la ecuación de predicción, CL₅₀, límites fiduciales y la línea de respuesta dosis mortalidad, la que

sé gráfico en papel logarítmico – Probit; Se estimo además el valor de Chi – cuadrada (χ^2) para cada serie de datos.

Estimándose también la correlación de regresión (r^2). La proporción de Cotoxicidad para estimar el nivel de sinergismo de las mezclas, se realizó la siguiente fórmula:

$$\text{P.C.} = \frac{\text{CL}_{50} \text{ del producto}}{\text{CL}_{50} \text{ de la mezcla}}$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

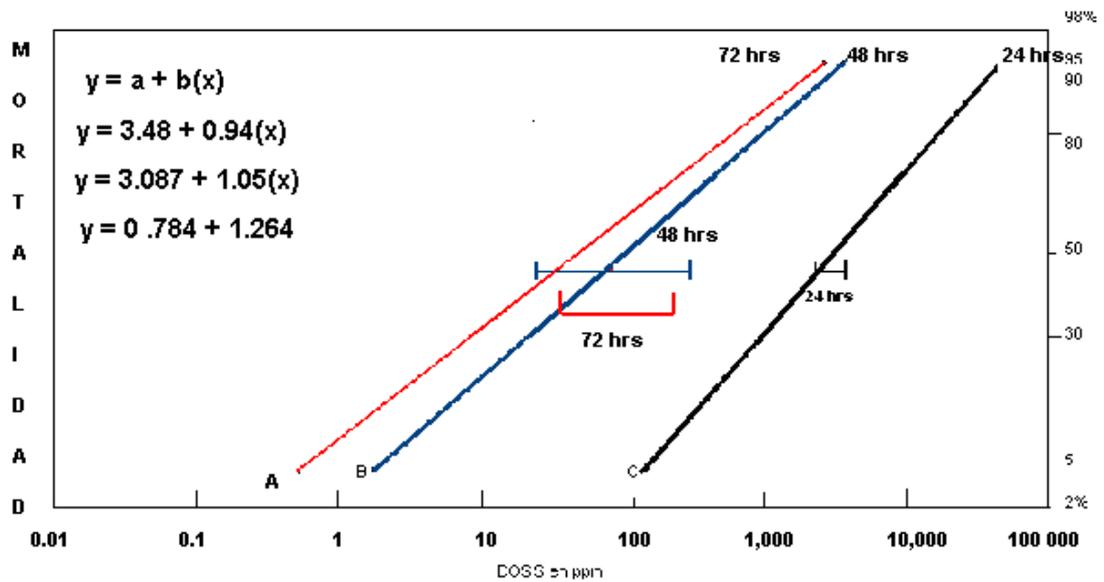
En el cuadro I se muestran los resultados de CL₅₀ a las 24, 48 y 72 hrs obtenidos de los bioensayos; Como se puede observar la CL₅₀ obtenida fue 2155.5, 66.2, 41.5ppm para los tiempo de 24, 48 y 72hrs; Este resultado fue mayor a lo registrado por Tian *et al.*, (1992) quien reporta a las 24 horas una CL₅₀ de 1177 ppm y menor a lo reportado por Goodwin *et al.*, (1995), quienes reportan una CL₅₀ de 6969 ppm con esta misma especie.

Cuadro I. Valores de CL₅₀, limites fiduciales y CL₉₅ con óxido de fenbutatin en hembras de *Tetranychus urticae* Koch.

Óxido de fenbutatin	CL ₅₀	Limite fiducial inferior	Limite fiducial superior	CL ₉₅
24 hrs	2155.496	1738.217	2615.346	43085.852
48 hrs	66.199	11.350	159.314	2437.380
72 hrs	41.480	27.228	128.444	2363.637

En la grafica I muestra el comportamiento de los limites fiduciales y líneas de concentración - mortalidad, como se puede observar los limites fiduciales de 48 y 72 hrs muestran cierta convergencia en la parte superior principalmente en los bioensayos de 48 y 72 hrs y además con una inclinación que nos indica que la población expuesta mostraba cierto grado de heterogeneidad genética en relación con el acaricida.

Figura I. Valores de CL₅₀, limites fiduciales y líneas de respuesta dosis – mortalidad determinadas en hembras de *Tetranychus urticae* Koch con oxido de Fenbutatin



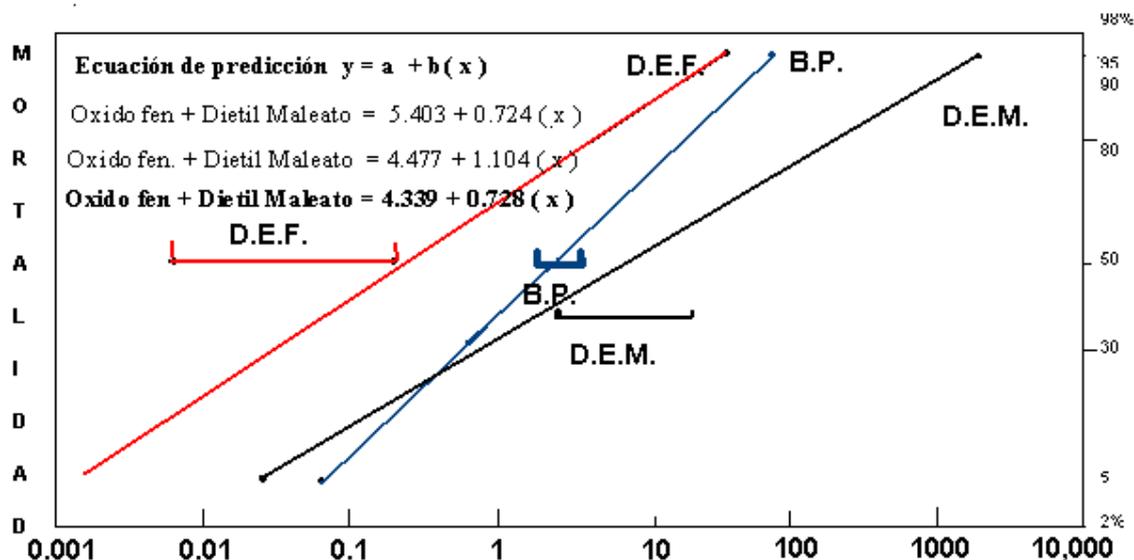
En relación a los resultados obtenidos en las mezclas con el acaricida más los sinergistas en el cuadro II y figura 2 se muestran los resultados de CL₅₀ de cada uno de los tres sinergistas; como se puede observar el Metil Maleato, que fue el sinergista que le dio más toxicidad al producto ya que si comparamos el valor de la CL₅₀ sin el sinergista (2155.5 ppm) con el obtenido para el D.E.F. (0.278 ppm) resulta una diferencia muy significativa. Por otro lado los otros sinergistas estudiados también resultan muy efectivos

Cuadro II. Valores de CL₅₀, limites fiduciales y CL₉₅ con óxido de fenbutatin en combinación con tres sinergistas en hembras de *Tetranychus urticae* Koch a un tiempo de exposición de 24 hrs

Producto más sinergista	CL ₅₀	Limite fiducial inferior	Limite fiducial superior	CL ₉₅
Oxido de fenbutatin más Dietil maliato	0.278	0.0019	1.229	51.669
Oxido de fenbutatin más Butóxido de Piperonilo	2.972	1.313	4.687	91.541
Oxido de fenbutatin más sss tribultifosforiato	8.056	3.824	11.631	1455.440

Se pudiera predecir que en el caso de la combinación de la combinación del oxido de fenbutatin con el DEF los ácaros presentarían un mecanismo de detoxificación del plaguicida por las enzimas Glutación Transferasas (GCH), lo anterior basado en la investigación de A. Lagunes y Villanueva (1994) quienes reportan que el DEF es un sinergista que actúa sobre las enzimas de Glutación esterases inhibiendo su acción en el proceso de desintoxicación. Los mismos investigadores mencionan que en el caso del BP y DEM actúan sobre las enzimas oxidasas microsómicas y esterases.

Figura II. Valores de CL₅₀ , limites fiduciales y líneas de respuesta dosis – mortalidad determinadas en hembras de *Tetranychus urticae* Koch con oxido de Fenbutatin en combinación con los tres sinergistas



En el cuadro IV se muestran los resultados de los coeficientes de determinación (r^2) para las líneas de regresión dosis – mortalidad con el óxido de fenbutatin en combinación con los tres sinergistas.

Los valores del PC Probit nos representan una línea perfecta, por lo que en comparación con nuestros datos observados los puntos tienden a ajustarse y a acomodarse a esta recta, los valores obtenidos se encuentran cerca arriba del 97%, siendo 97.8% para el caso del sinergista DEM como menor valor y 98.9 % como mayor valor para el caso del BP.

Los valores de xi – cuadrada (χ^2) son relativamente muy bajos, lo cual nos indica que los puntos obtenidos por la mortalidad observada se encuentran muy cerca de la línea final de la dosis-mortalidad, por lo tanto estos valores observados relativamente bajos de xi – cuadrado (χ^2) nos representa un probabilidad del 99%.

Cuadro III. Coeficientes de determinación y chi – cuadrada de las líneas de regresión dosis mortalidad estimadas con el óxido de fenbutatin en combinación con tres sinergistas en hembras de *Tetranychus urticae* Koch

Producto más sinergista	r^2	χ^2	Gl	Probabilidad
Oxido de fenbutatin más Dietil maliato	0.983	0.0026	5	0.99
Oxido de fenbutatin más Butóxido de Piperonilo	0.989	0.011	5	0.99
Oxido de fenbutatin más Tributil	0.978	0.016	5	0.99

En el cuadro V nos muestra los valores del coeficiente de Cotoxicidad para evaluar la relación con el sinergista; por lo que se describe que hay una relación muy fuerte de la mezcla de oxido de fenbutatin en combinación con el Dietil

Maliato para matar al 50% de la población adulta de ácaros, ya que como se puede observar el que presento mayor coeficiente de Cotoxicidad (150)

Cuadro IV. Coeficientes de Cotoxicidad en hembras de *Tetranychus urticae* Koch expuestos al oxido de fenbutatin en combinación con tres sinergistas

Producto más sinergista	CL ₅₀	C.T.
Oxido de fenbutatin más Dietil Maliato	0.278	150
Oxido de fenbutatin más Butóxido de Piperonilo	2.972	14.1
Oxido de fenbutatin más Tributil	8.057	51.8

Conclusiones

El 50% de la población de ácaros de la línea utilizada en esta investigación tolera el óxido de fenbutatin a una concentración de 41.48 ppm, en un tiempo de exposición de 72 hrs

El Dietil Maleato es de los sinergistas evaluados el que resulto más eficiente seguido del Butóxido de Piperonilo y del Tributil fosforiato.

Bibliografía consultada

- Ball, H. J. 1981. Insecticide resistance a practical assessment. Entomological Soc. Of Americana. 27 (4): 261-262. u.s.a.
- Alava, David and Angel Lagunes Tejeda. 1976. Resistencia cruzada a varios tipos de insecticidas despues de producir resistencia a parathion metilico en spodoptera exigua. Folia Entomol. Mex. 36 / 77-78
- Barberá, C. 1976. Pesticidas Agrícolas. 3a edición. Ed. OMEGA. Barcelona, España. Pp 43-45.
- Bartlett, B. R. 1990. Resistance to acaricides in insects entomophagos. J. Econ. Entomol. 83(3): 799-807.
- Brown, A.W.A. and R. Pal. 1941. Insect resistance in Arthropods. World health organization. Ginebra, Suiza.
- Casida JE. 1970. Mixed-function oxidase involvement in the biochemistry of insecticide synergists. J Agric Food Chem;18:753.
- Clark, J.M., J.G. Scout, F. Campos and J.R. Bloomquist J.R. 1995. Resistance to ivermectins: extent, mechanisms and management. Ann. Rev. Entomol. 40:1-30.
- Cook, L. M. 1996. Pesticides in the environmental. Plant Production and Protection. Annals. Botany 160(1): 97-111.
- Cremllyn, R.J. 1985. Plaguicidas modernos y su acción bioquímica. Ed. Limusa. México, pp. 356.
- Croft, B.A., S.C., Hoyt, and P.H. Westingard. 1987. Spider mite management on pome fruits , Revisted: Organotion and acaricidas resistance Managements. J. Econ. Entomol. 80:304-311.
- Croft, B.A., R.W. Miller, R.D. Nelson and P.H. Westigard. 1984. Inheritance of early- stage resistance to formentanate and cyhexatin in Tetranychus urticae Koch. (Acarina: Tetranychidae).J.Econ. Entomol. 77:574-578.

Chang, C.P. and F.W. Plapp. 1983. DDT and Pyrethroids: receptor binding and mode of action in the house fly. *Pestic. Biochem. Physiol.* 20:76-91.

Dennehy, T. J. and Granett, J. 1984. Spider mite resistance to dicofol in San Joaquin Valley cotton: Inter and Intraspecific Variability in susceptibility of three species of *Tetranychus*. *Journ. Econ. Entomol.* 77(6): 1381-1385.

Dennehy, T.J., E.E. Grafton-Cardewell., J. Granett and K. Barbour. 1987. Practitioner – assessable Bioassay for Detection of dicofol resistance in spider mite (*Acari: Tetranychidae*). *J. Econ. Entomol.* 80(5): 998-1003.

Dennehy, T. J. and T. J. Glover. 1988. Genetic analysis of dicofol resistance in twospotted spider mite from New York Apple Orchards. *Journ. Econ. Entomol.* 81(5): 1271-1276.

Ebeling, W. and Pence R. J. 1954. *Journ. Econ. Entomol.* 47(5): 789-795.

FAO (1979). Recommended methods for the detection and measurement of resistance of agricultural pests to pesticides. *FAO Plant Protection Bull.* 27: 29-32.

Georghiou, G.P. 1965. Genetic studies on insecticide resistance. *Adv. Pest Control Res.* 6: 171.

Georghiou, G.P. 1971. Resistance of insects and mites to insecticides and acaricides and the future of pesticide chemicals. En: swift, J.E. (ed.) *Agricultural Chemical Harmony or Discord for Food People and Environment.* Univ. California Div. Agr. Sci. 151 p.

Georghiou, P. G. and T. Saito. 1983. *Resistance to pesticides.* Plenum Press. New York. 809 p.

Georghiou, G.P and A. Lagunes T. 1991. The occurrence of resistance to pesticides in arthropods. F.A.O. Rome, Italy. 318 pp.

Jeppson, L.K., H.M. Keifer and E.N. Baker. 1975. Mites injurious to economic plants. University of California Press. 614 pp.

Kenia, M. A and J. Granett. 1987. Cihexatin and propargite resistance in populations of spider mite from California almonds. J. Econ. Entomol: 80: 560-564.

Knipple DC, Doyle KE, Marsella-Herrick PA, Soderlug DM. 1994. Tight genetic linkage between the kdr insecticide resistance trait and a voltage-sensitive sodium channel gene in the house fly. Proc Natl Acad Sci;91:2483-7.

Krantz, G.W. 1978. A manual of acarology. Oregon, State University Book Stores, Inc. Second edition. Corvallis, Oregon. USA. 509 p.

Lagunes- Tejeda A. y Villanueva-Jimenez J.A., 1994. Toxicología y manejo de insecticidas. Colegio de Postgraduados en ciencias agrícolas, México 1994, pp

Lagunes , T.A. y J.C. Rodríguez M. 1988. Combate químico de plagas agrícolas. Centro de Entomología y Acarología. Colegio de postgraduados. 266 pp.

Lagunes, T.C., C. Arenas. S. y C. Rodriguez H. 1984. Extractos acuosos y polvos vegetales con propiedades insecticidas. CONACYT-CP-UACH-DGSV. Centro de Entomología y Acarología. Chapingo, Méx. 195 pp.

Plapp, F.W. Jr. 1976. Biochemical Genetics of insecticide Resistance. Ann. Rev. Entomol. 31: 179-197.

Pradt, G. E. 1978. Basis for selectivity of acaricides. Chapter 8 . Pesticides selectivity. Ed. Marsell Dekker in New York . 585pp.

Pree, D.J., and H.W. Wagner. 1987. Occurrence of cyhexatin and dicofol resistance in the European red mite, Panonychus ulmi Koch in Southern Ontario. Can. Entomol. 119: 287-290.

SAGAR. 1999. Guía de plaguicidas autorizados de uso agrícola. Secretaria de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Subsecretaría de Agricultura. Comisión Nacional de Sanidad Agropecuaria. Dirección General de Sanidad Vegetal. México. 504 p.