

Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata 103 (2), 1998

2-tridecanona y su asociación con la resistencia a la polilla del tomate (*Tuta absoluta* Meyrick) y a la araña roja (*Tetranychus urticae* Koch)

M. POCOVÍ, E. GILARDÓN, M. GORUSTOVICH, A. OLSEN, L. GRAY, C. HERNÁNDEZ, C. PETRINICH & G. COLLAVINO

Universidad Nacional de Salta. Facultad de Ciencias Naturales. Buenos Aires 177. (4400) Salta. Argentina.

POCOVÍ, M., E. GILARDÓN, A. OLSEN, L. GRAY, C. HERNÁNDEZ, C. PETRINICH & G. COLLAVINO. 1998. 2-tridecanona y su asociación con la resistencia a la polilla del tomate (*Tuta absoluta* Meyrick) y a la araña roja (*Tetranychus urticae* Koch). Rev. Fac. Agron., La Plata 103 (2): 165-171.

La polilla del tomate y la araña roja constituyen dos plagas importantes del tomate cultivado (*Lycopersicon esculentum*) en la Argentina. La accesión PI 134417 de *Lycopersicon hirsutum* f. *glabratum* es resistente a ambos artrópodos. La resistencia de las especies silvestres de tomate fue asociada con la presencia de metabolitos secundarios como la 2-tridecanona, 2-undecanona, alfa-tomatina, etc. En el presente trabajo se cuantificó por colorimetría la concentración de 2-tridecanona y se evaluó el grado de infestación de la polilla del tomate y de la araña roja en los padres susceptible, UCO PLATA INTA (*Lycopersicon esculentum*) y resistente, PI 134417 (*L. hirsutum* f. *glabratum*), sus F1 y F2 cultivados en invernadero y a campo. La concentración de 2-tridecanona en PI 134417 fue treinta y seis veces mayor que en el padre susceptible en el campo; en invernadero la diferencia fue de quince veces. La alta concentración de 2-tridecanona estaría gobernada por varios genes de efecto recesivo. El grado de infestación medio de la polilla del tomate fue significativamente superior en el cv. UCO PLATA que en PI 134417 en ambos ambientes. Las medias de la F1 y F2 sugieren un efecto promedio génico aditivo para este carácter. La heredabilidad amplia estimada en invernadero fue 70% y en el campo del 56%. PI 134417 resultó altamente resistente a la araña roja en ambos ambientes. Las medias de F1 y F2 sugieren que la resistencia a la araña roja sería un carácter recesivo. No se detectó correlación entre la concentración de 2-tridecanona y el grado de infestación de la araña roja, por lo que la 2-tridecanona no estaría involucrada en la resistencia a este ácaro. Se detectó una correlación negativa significativa entre la concentración de 2-tridecanona y el grado de infestación de la polilla del tomate en invernadero pero no en campo. La 2-tridecanona podría explicar sólo parcialmente la resistencia a la polilla en invernadero; en el campo se podría desencadenar otro mecanismo de resistencia independiente de la 2-tridecanona.

Palabras clave: 2-tridecanona, resistencia genética, *Lycopersicon* spp, polilla del tomate, araña roja.

POCOVÍ, M., E. GILARDÓN, A. OLSEN, L. GRAY, C. HERNÁNDEZ, C. PETRINICH & G. COLLAVINO. 1998. 2-tridecanone content and resistance to *Tuta absoluta* Meyrick and *Tetranychus urticae* Koch in tomato. Rev. Fac. Agron., La Plata 103 (2): 165-171.

The South American tomato pinworm and the two spotted spider mite are two important pests of the tomato crop in Argentina. The wild accession PI 134417 of *Lycopersicon hirsutum* f. *glabratum* is resistant to both pests. The resistance to insects in the wild tomato accessions has been associated to the presence of secondary metabolites as 2-tridecanone, 2-undecanone, alpha-tomatine, etc. In this work the concentration of 2-tridecanone was colorimetrically quantified and the tomato pinworm and two spotted spider mite degrees of infestation were evaluated in the susceptible cultivar Uco Plata INTA (*L. esculentum*), the resistant accession PI 134417 (*L. hirsutum* f. *glabratum*) and their F1

Recibido: 09/11/97. Aceptado: 25/09/98

and F2, grown in the greenhouse and in the field. In the field essay the 2-tridecanone concentration in PI 134417 was 36 times higher than in Uco Plata; in the greenhouse it was 15 times higher. The high 2-tridecanone concentration would be controlled by several genes of recessive effect. The mean infestation degree of the tomato pinworm was significantly higher in the cv. Uco Plata than in PI 134417 in both environments. The F1 and F2 means suggest a mean genic additive effect for this trait. The estimated broad heritability was 70% in the greenhouse and 56 % in the field. PI 134417 was highly resistant to the two spotted spider mite in both environments. The F1 and F2 means suggest that the resistance to this pest would be a recessive trait. No correlation was found between the 2-tridecanone concentration and the two spotted spider mite degree of infestation, so the 2-tridecanone would not be involved in the resistance. A significant negative correlation was found between the 2-tridecanone concentration and the tomato pinworm degree of infestation in the greenhouse but not in the field. The 2-tridecanone could account only partially for the tomato pinworm resistance in the greenhouse. In the field another resistance mechanism could be involved independently of the 2-tridecanone.

Key words: 2-tridecanone, genetic resistance, *Lycopersicon* spp, South American tomato pinworm, two spotted spider mite.

INTRODUCCIÓN

Numerosos estudios mencionan que la resistencia bioquímica es el mecanismo de defensa más importante que desarrollan las plantas contra el ataque de herbívoros. Muchos compuestos químicos pueden ser responsables de la resistencia, incluyendo compuestos inorgánicos, metabolitos primarios y secundarios. A diferencia de los metabolitos primarios, los metabolitos secundarios o aleloquímicos no son esenciales para el desarrollo de la planta, pero afectan al crecimiento, salud y/o comportamiento de otras especies (Maxwell & Jennings, 1980).

Con la domesticación, los cultivos perdieron su capacidad de biosintetizar algunos de estos metabolitos y con ello, redujeron su resistencia a numerosas plagas (Wink, 1988). Un claro ejemplo es el tomate cultivado. Las especies silvestres del género *Lycopersicon* producen una variedad de aleloquímicos que les confieren resistencia a insectos: 2-tridecanona, 2-undecanona, alfa-tomatina, etc. (Kennedy, 1986).

La 2-tridecanona, una metilcetona presente en los tricomas glandulares de las hojas, constituye el 68 % del total de aceites de las hojas de *L. hirsutum* f. *glabratum*. *L. esculentum* produce cantidades muy pequeñas de

aceites, de los cuales, el 30 % es 2-tridecanona (Fery *et al.*, 1987). En la bibliografía se lo menciona como el principal metabolito secundario responsable de la resistencia a numerosos insectos: *Manduca sexta*, *Heliothis zea* (Williams *et al.*, 1980), *Leptinotarsa decemlineata* (Kennedy *et al.*, 1991), *Spodoptera exigua* (Eigenbrode *et al.*, 1993).

El alto nivel de 2-tridecanona estaría explicado por un modelo de tres genes recesivos (Kennedy, 1986). Zamir *et al.* (1984), trabajando con la accesión silvestre LA 407 concluyeron que un gran número de genes estarían involucrados en la ruta biosintética de este metabolito.

La línea PI 134417 de *L. hirsutum* f. *glabratum* ha sido clasificada como altamente resistente a la polilla del tomate (Gilardón & Benavent, 1981 y Gilardón *et al.*, inédito) y a la araña roja, dos plagas muy importantes del tomate cultivado en la Argentina. Weston *et al.* (1989) detectaron una resistencia intermedia de esta línea a la araña roja.

El principal objetivo del presente trabajo fue evaluar la concentración de 2-tridecanona en la progenie de un cruzamiento interespecífico entre un cultivar susceptible y una línea resistente a ambas plagas, y detectar la posible asociación entre este carácter y las resistencias.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizó el contenido de 2-tridecanona en el cultivar susceptible UCO PLATA INTA (*L. esculentum*), la línea resistente PI 134417 (*L. hirsutum f. glabratum*), sus F1 y F2.

Se realizó un ensayo en invernadero y otro a campo. Invernadero: Las plantas se cultivaron en macetas de 5 kg, tutoradas. Campo: Los plantines obtenidos en invernadero se transplantaron a campo, en cultivo conducido sin tuturar, con riego por goteo. Se analizó un número variable de plantas, F1 y F2 (Tabla 1). La cuantificación de la 2-tridecanona se realizó por colorimetría, de acuerdo con el protocolo propuesto por Nienhuis *et al.* (1985) modificado. Se realizaron dos repeticiones por planta. Se extrajeron 8 discos de una hoja joven, con los folíolos completamente expandidos, con un sacabocados de 13 mm de diámetro, tomando siempre la muestra desde la cara abaxial de la hoja y así evitar la ruptura de tricomas. Se colocaron los discos en un tubo de ensayo con 3 ml de n-hexano y se agitó la muestra en un vortex durante 40". Se extrajo el material vegetal y se llevó el volumen a 3 ml. Se tomó 1 ml de la solución obtenida y se la volcó en un nuevo tubo de ensayo con 4 ml de 2-4 dinitrofenilhidracina al 0,1%. Se agitó con un vortex durante 20" y se dejó reaccionar durante 1 hora. Se agregaron 0,5 ml de NaOH (5N) y se dejó reposar durante 15'. Finalmente se diluyó 1 ml de la muestra en 2 ml de alcohol absoluto y se procedió a la lectura en el espectrofotómetro a 525 l. La concentración se expresó en $\mu\text{g}/\text{mm}^2$.

La cuantificación de 2-tridecanona de las plantas cultivadas en el invernadero se realizó en los meses de Setiembre a Noviembre, y el análisis del material de campo se llevó a cabo en los meses de Febrero a Abril del siguiente año.

Para evaluar el grado de infestación de la polilla se utilizó una escala de 0 a 4 (Gilardón *et al.*, inédito) (0: sin galerías; 1: inicio de galerías, menores de 1mm de longitud; 2: gale-

rias pequeñas, mayores de 1 mm de longitud; 3: galerías grandes en la hoja infestada; 4: generalización de galerías en hojas adyacentes).

La evaluación del grado de infestación de la araña roja se realizó mediante una escala de 0 a 4 (0: sin araña roja; 1: ataque leve en hoja aislada; 2: ataque moderado en hojas superiores; 3: ataque fuerte pero sin telaraña; 4: ataque intenso con telaraña).

Mediante relaciones entre variancias para el carácter "grado de infestación de la polilla" de las poblaciones experimentales progenitoras, P1 y P2; F1 y F2 se realizaron estimaciones de heredabilidad amplia en invernadero y campo (Allard, 1967) como:

$$H = (s_p^2 - s_e^2) / s_p^2$$
$$s_e^2 = (s_{\text{padre 1}}^2 + s_{\text{padre 2}}^2 + s_{F1}^2) / 3$$
$$s_p^2 = \text{varianza fenotípica} = s_{F2}^2$$
$$s_e^2 = \text{varianza ambiental}$$

Se utilizó la prueba 't' de Student para comparar los valores medios de 2-tridecanona, grado de infestación con polilla y con araña roja, de padres resistente y susceptible desarrollados en un mismo ambiente y entre poblaciones experimentales cultivadas en el campo y en el invernadero.

Por medio de un análisis de correlaciones simples se determinó la posible asociación entre el nivel de 2-tridecanona y el grado de infestación de la polilla del tomate y de la araña roja.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2-tridecanona

El análisis de 2-tridecanona en los progenitores resistente y susceptible, F1 y F2 en invernadero y campo revelaron que en éste las poblaciones experimentales expresan mayor contenido del metabolito, con excepción

Tabla 1. Concentración de 2-tridecanona ($\mu\text{g}/\text{mm}^2$) y grado de infestación de araña y polilla, en plantas de invernadero y campo.

2-tridecanone concentration ($\mu\text{g}/\text{mm}^2$), two spotted spider mite and tomato pinworm degrees of infestation in the greenhouse and in the field.

Variable	Familia	Invernadero		Campo	
		n	Medias \pm SD	n	Medias \pm SD
2-tridecanona	UCO Plata	10	0,033 \pm 0,031	13	0,100 \pm 0,070
	PI 134417	13	0,509 \pm 0,256	6	3,667 \pm 0,187
	F1	11	0,116 \pm 0,070	6	0,039 \pm 0,000
	F2	76	0,107 \pm 0,063	61	0,138 \pm 1,009
Araña	UCO Plata	15	3,733 \pm 0,484	14	3,214 \pm 0,425
	PI 134417	13	0,038 \pm 0,137	6	0,000 \pm 0,000
	F1	11	3,136 \pm 1,000	7	3,429 \pm 0,534
	F2	76	2,789 \pm 1,262	63	1,000 \pm 1,263
Polilla	UCO Plata	10	3,800 \pm 0,421	14	2,500 \pm 0,518
	PI 134417	11	0,227 \pm 0,409	6	0,833 \pm 0,407
	F1	11	2,182 \pm 0,750	6	1,417 \pm 0,916
	F2	74	2,081 \pm 1,019	44	1,568 \pm 1,020

de la F1 (Tabla 1; Fig. 1).

Los valores medios de concentración de 2-tridecanona de las líneas progenitoras fueron significativamente mayores en el campo que en el invernadero; no obstante no se detectaron diferencias significativas para F2. La media de F1 fue significativamente mayor en el invernadero que en el campo (Tabla 2).

Según Kennedy *et al.* (1981) la biosíntesis de este metabolito estaría relacionada con el fotoperíodo, disminuyendo en los períodos de días cortos. Sin embargo, nuestros resultados fueron diferentes, aumentando los niveles de 2-tridecanona con el acortamiento de los días en campo. Las plantas en el campo alcanzan un mejor desarrollo que en el inver-

Tabla 2. Valores 't' de comparación de medias de concentración de 2-tridecanona, grado de infestación de polilla y araña, en invernadero y campo.

Means comparison 't' values of 2-tridecanone concentration, tomato pinworm and two spotted spider mite degrees of infestation, in the greenhouse and in the field.

Comparación	Concentración de 2-tridecanona	Gdo. Infestación polilla	Gdo. infestación araña
UCO PLATA vs PI134417 (Invernadero)	3,5*	20,65**	31,31**
UCO PLATA VS. PI 134417 (campo)	6,49**	6,88**	32,14**
UCO PLATA inver. vs. campo	18,11**	5,65**	3,16**
PI134417 inver. vs. campo	70,17**	3,68**	1,00
F1 inver. vs. campo	21,38**	1,66	0,81
F2 inver. vs. campo	1,17	0,49	1,41

nadero, lo cual podría afectar la fisiología de las mismas y, como consecuencia, la síntesis de los metabolitos secundarios. Las diferen-

cias entre plantas de invernadero y de campo en las distintas épocas de cultivo también se manifestaron en el grado de infestación de la

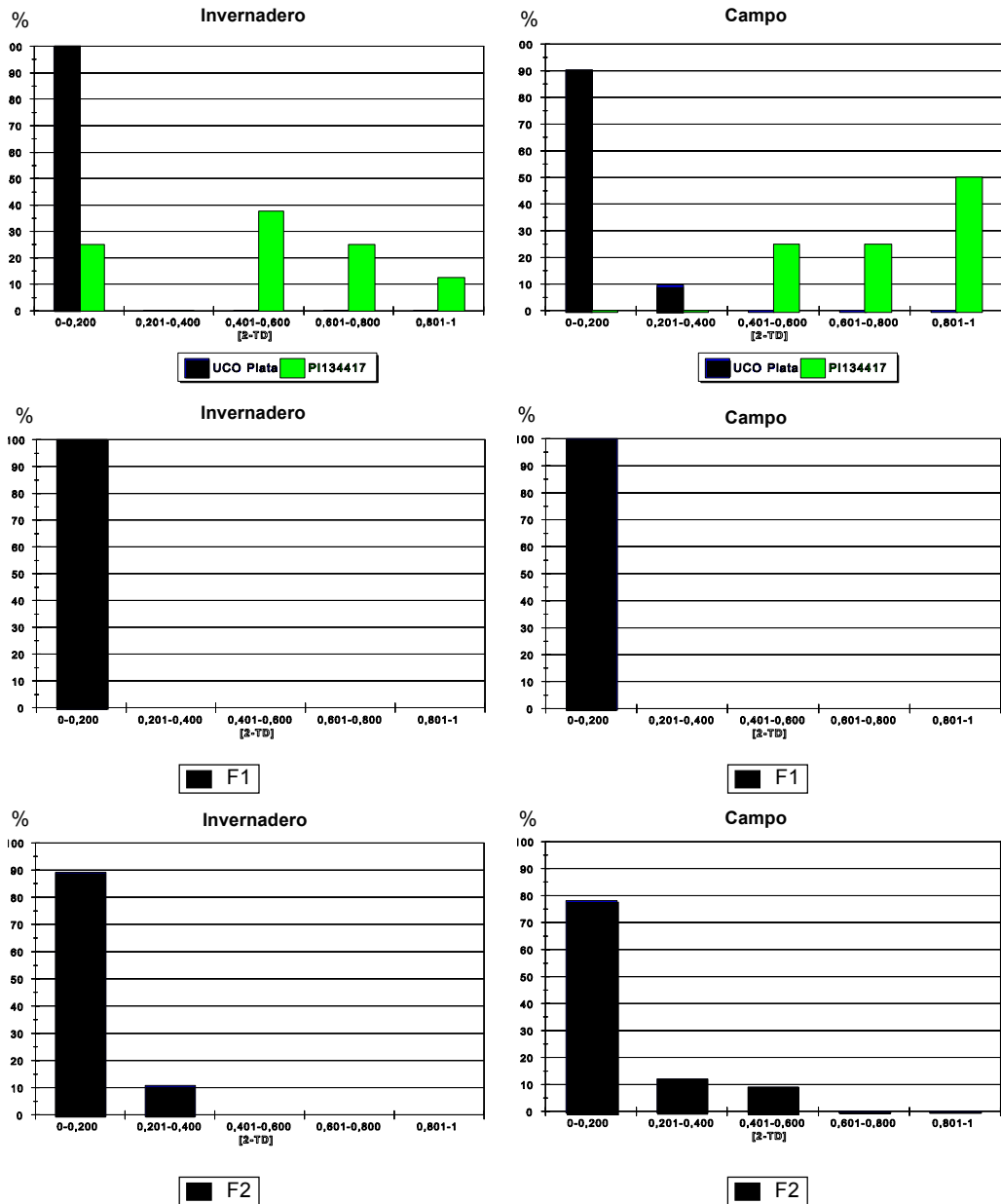


Figura 1. Concentración de 2-tridecanona en P1, P2, F1 y F2 en invernadero y campo. 2-tridecanona concentration of P1, P2, F1 and F2 in the greenhouse and in the field.

polilla del tomate y de la araña roja. (Tabla 2).

Las concentraciones de 2-tridecanona en los padres resistente y susceptible fueron significativamente diferentes en ambos ambientes. A campo, la concentración de 2-tridecanona de PI 134417 fue treinta y seis veces mayor que en UCO PLATA. En invernadero la diferencia fue de quince veces.

Estos resultados coinciden con aquellos obtenidos por Fery & Kennedy (1987), quienes encontraron concentraciones hasta setenta veces mayores en *L. hirsutum f. glabratum* que en *L. esculentum*.

La distribución de frecuencias para concentración de 2-tridecanona en los padres, F1 y F2 cultivadas en invernadero y campo muestran claramente cómo las medias de la F1 y de la F2 se acercan a las medias de UCO PLATA. Estos resultados apoyan la hipótesis de acción génica de recesividad sugerida por Fery & Kennedy (1987) (Fig.1).

Polilla del tomate

El grado de infestación medio de la polilla del tomate fue significativamente superior en el cultivar UCO PLATA que en PI 134417 en ambos ambientes. El padre susceptible sufrió menor ataque en el campo que en el invernadero. Por el contrario, el padre resistente mostró menor grado de infestación en invernadero que en el campo (Tabla 1).

La F1 y F2 tuvieron menor grado de ataque en el campo, pero las diferencias con respecto a los valores observados en el invernadero no fueron significativas (Tabla 2).

Las medias de F1 en ambos ambientes fueron similares a la media aritmética entre ambos padres. La media de la F2 fue similar a la de F1, con una variancia ligeramente mayor. Para estas muestras los resultados podrían ser explicados por un efecto promedio génico aditivo.

La heredabilidad amplia estimada fue mayor en el invernadero (70 %) que en el campo (56%), lo que sugiere que la variancia fenotípica para este carácter, en las poblaciones

y ambientes estudiados, tiene un componente ambiental importante que se acentúa a campo.

Araña roja

La accesión PI 134417 mostró ser altamente resistente a la araña roja. La F1 en ambos ambientes resultó susceptible. La tasa de infestación media de la F2 fue menor en campo que en invernadero pero sus diferencias no fueron significativas. (Tabla 2).

Los resultados observados en F1 y F2, en ambos ambientes, sugieren que la resistencia a araña roja podría ser un carácter recesivo.

Análisis de correlación

No se detectó correlación entre la concentración de 2-tridecanona y el grado de infestación de la araña roja en ambos ambientes (Tabla 3), por lo que la 2-tridecanona no estaría involucrada en la resistencia a este ácaro. Por otro lado se detectó una correlación negativa significativa entre la concentración de 2-tridecanona y el grado de infestación de la polilla del tomate en invernadero pero no en el campo. La 2-tridecanona podría explicar sólo parcialmente la resistencia a la polilla en invernadero. En el campo se podría desencadenar otro mecanismo de resistencia independiente de la 2-tridecanona.

En el invernadero no se detectó correlación entre los grados de infestación de ambas plagas. En este ambiente estarían involucrados diferentes mecanismos de resistencia contra la polilla y la araña roja. Pero en el campo una correlación positiva significativa entre ambos grados de infestación apoya la hipótesis de un mecanismo independiente de la 2-tridecanona que actuaría contra ambas plagas.

CONCLUSIONES

La accesión PI 134417 de *Lycopersicon hirsutum f. glabratum* es altamente resistente a la polilla del tomate y a la araña roja. Di-

Tabla 3. Correlaciones simples entre la concentración de 2-tridecanona, y los grados de infestación de la araña y la polilla del tomate.

Simple correlations between the 2-tridecanone concentration, the two spotted spider mite and the tomato pinworm degrees of infestation.

Variable	Gdo. Infestación araña		Gdo. Infestación polilla	
	invernadero	Campo	Invernadero	Campo
Conc. de 2-tridecanona	r= - 0,089 p= 0,552	r= - 0,073 P= 0,692	r= - 0,326 * P= 0,025	r= - 0,029 P= 0,876
Gdo. infestación polilla	r= - 0,085 p= 0,469	r= 0,359 * P= 0,018		

ferentes mecanismos estarían involucrados en ambas resistencias en invernadero. El nivel de 2-tridecanona explicaría sólo parcialmente la resistencia a la polilla del tomate. A campo otro mecanismo genético diferente sería responsable de la expresión de la resistencia a ambas plagas.

BIBLIOGRAFIA

- Allard, R.W.** 1967. Principios de la Mejora Genética de las plantas. Ed. Omega. España. 498 pp.
- Eigenbrode, S. D. & J. Trumble.** 1993. Antibiosis to beet armyworm (*Spodoptera exigua*) in *Lycopersicon* accessions. Hort. Science 28 (9): 932-934.
- Fery, R. & G. Kennedy.** 1987. Genetic Analysis of 2-tridecanone concentration, leaf trichome characteristics and tobacco hornworm resistance in tomato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112(5): 886-891.
- Gilardón, E. & J. M. Benavent.** 1981. Resistencia a la polilla del tomate *Scrobipalpus absoluta* (Meyr.). Actas de la Reunión Nacional de la Soc. Arg. de Olericultura: 12.
- Gilardón, E., M. Gorustovich, C. Petrinich, A. Olsen, C. Hernández, G. Collavino & L. Gray** (inédito). Evaluación del nivel de resistencia de plantas de tomate a la polilla del tomate (*Tuta absoluta* Meyr.) mediante un bioensayo simple.
- Kennedy, G.** 1986. Consequences of modifying biochemically mediated insect resistance in *Lycopersicon* species. Amer. Chem. Soc. Symposium Series 296:130- 141.
- Kennedy, G., R. Farrar & R. Kashyap.** 1991. 2-tridecanone-glandular trichome mediated insect resistance in tomato. Effect on parasitoids and predators of *Heliothis zea*. Amer. Chem. Soc. Symposium Series. 449:150-165.
- Maxwell, F.G. & P. Jennings.** 1980. Breeding plants resistant to insects. Ed John Wiley & Sons. New York. 682 pp.
- Nienhuis, J., J. Klocke, R. Locy, A. Burtz, & M. Balandrin.** 1985. Colorimetric assay for 2-tridecanone mediated insect resistance in *Lycopersicon* species. Hort Sci. 20 (3): 590.
- Weston, P. A., D. Johnson, H. Burton & J. Snyder.** 1989. Trichome secretion composition, trichome densities and spider mite resistance of ten accessions of *Lycopersicon hirsutum*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114(3): 492-498.
- Williams, G., G. Kennedy, R. Yamamoto, J. Thacker & J. Bordner.** 1980. 2-tridecanone: a naturally occurring insecticide from the wild tomato *Lycopersicon hirsutum* f. *glabratum*. Science. 207: 888-889.
- Wink, M.** 1988. Plant breeding: importance of plant secondary metabolites for protection against pathogens and herbivores. Theor. Appl. Genet. 75: 225-233.
- Zamir, D., T. Ben-David, J. Rudich & J. Juvik.** 1984. Frequency distributions and linkage relationships of 2-tridecanone in interspecific segregating generations of tomato. Euphytica. 33: 481-488.