

COMPONENTES DE LA VARIABILIDAD, CORRELACIONES FENOTIPICAS, GENOTIPICAS Y HEREDABILIDADES EN TRIGO (*Triticum aestivum* L.)

Gaspar Martínez Zambrano¹
Exiquio Guevara Ledezma²

RESUMEN

Se estimaron los componentes de la variabilidad de 7 caracteres de planta y grano en 25 genotipos de trigo común, el grado de asociación entre éstas y sus heredabilidades en sentido amplio. El trabajo se realizó bajo riego en Buenavista y Emiliano Zapata, en Coahuila, y en Navidad, Nuevo León durante la primavera de 1986. Los resultados de los análisis de varianza indicaron que hubo diferencias altamente significativas entre genotipos para todas las características estudiadas, así como también entre localidades y entre éstas respecto a su interacción con los genotipos en prueba.

Los caracteres con varianza genética proporcionalmente mayor que la ambiental fueron: el peso hectolítrico (2.83/2.19), el peso de 1000 granos (11.32/6.14), la longitud de espiga (0.31/0.027).

El análisis de correlaciones indicó que no hubo asociación fenotípica ni ambiental estadísticamente significativa. Se encontró asociación genotípica positiva del rendimiento de grano con: peso hectolítrico (0.799**), peso de 1 000 granos (0.535**) y granos por espiga (0.423*) y de espiguillas por espiga con longitud de espiga (0.790**) y granos por espiga (0.746**). Se estableció también asociación genética negativa del rendimiento con espigas por metro cuadrado (-0.851**) y con espiguillas por espiga (-0.688**), así como del peso de 1 000 granos con espigas por metro cuadrado (-0.757**), con espiguillas por espiga (-0.605**), con granos por espiga (-0.460*) y con longitud de espiga (-0.410*). Las estimaciones de heredabilidad en sentido amplio, mostraron que los caracteres con más alto valor fueron: peso de 1 000 granos (50.88%), peso hectolítrico (48.79), y longitud de espiga (43.41%).

1 Ing. M.C. Maestro Investigador del Depto. de Fitomejoramiento. Div. de Agronomía. UAAAN

2 Tesista Licenciatura.

INTRODUCCION

El rendimiento de una planta es afectado por todas las condiciones del ambiente que influyen durante su desarrollo y por su capacidad genética, por lo tanto, dicha capacidad se puede manifestar mediante ciertas características morfológicas tales como: altura de planta, longitud y densidad de espiga, y amacollamiento, entre otras. Algunas de estas características pueden presentar cierto grado de asociación que originan respuestas correlacionadas. El conocer este fenómeno es de gran importancia en investigaciones de mejoramiento de plantas, pues abre la posibilidad de seleccionar genotipos indirectamente, lo que representa una opción que permite ahorrar tiempo y esfuerzo.

En una población de plantas, la variabilidad genética para los caracteres deseables es el requisito principal para efectuar la selección. Por esta razón, antes de iniciar un programa de mejoramiento, o en ciertas etapas de éste, debe realizarse una evaluación de la magnitud de la variabilidad genética presente en el germoplasma involucrado en este proceso de mejoramiento. Esto orientará al mejorador para adecuar sus técnicas y métodos de evaluación y selección, para lograr mayor eficiencia y rapidez.

En el programa de cereales de la Universidad Antonio Narro se obtiene una gran cantidad de líneas uniformes cada año; sin embargo, se desconoce la magnitud de la variabilidad con que se cuenta para los caracteres frecuentemente considerados en el proceso de selección, así como el sentido y la intensidad de la asociación entre ellos en estos grupos de líneas.

En el presente trabajo se evaluaron 25 líneas uniformes (de F₈ a F₁₀) de trigo común de primavera (*T. aestivum* L.), con los objetivos de: a) estudiar la variabilidad fenotípica y genotípica para el rendimiento y otros 6 caracteres de planta y grano; b) estudiar las correlaciones fenotípicas y genotípicas entre dichos caracteres; y c) estimar su heredabilidad en sentido amplio.

REVISION DE LITERATURA

La expresión de un organismo o fenotipo, es el producto de las diferentes proporciones de las acciones del ambiente y el genotipo, y de las interacciones del segundo con el medio ambiente, creando así la característica que tienen los individuos de una especie en diferenciarse unos de otros, que es conocida como variabilidad (Allard, 1964).

Mather, citado por Bucio (1969), menciona que Johannsen fue el primero en determinar que el fenotipo es producto de la acción conjunta de los factores genéticos y ecológicos.

Comstock y Robinson (1948), indican que la expresión fenotípica de un carácter, puede ser considerada como la suma de los efectos genéticos, los de desviación atribuibles al ambiente y la interacción del genotipo con el ambiente.

Allard y Bradshaw (1964), mencionan que el conocer las magnitudes de las varianzas atribuibles a las interacciones genotipo- ambiente, tienen como objetivo usarlas para desarrollar métodos más precisos de selección. Otro objetivo de conocer dichas estimas, es predecir el grado de avances de un proceso de mejoramiento y poder distinguir el efecto de camuflaje de las interacciones del complejo genotipo-medio ambiente.

Darwin (1964), expresa que numerosos hechos pueden demostrar claramente la sensibilidad de los organismos a cambios muy leves en el medio ambiente, creando así la variabilidad. Menciona que: "si se selecciona aumentando alguna peculiaridad, es casi seguro que se modificará, sin querer, otras partes de la estructura debido a las misteriosas leyes de la correlación" y agrega que: "Cualquier variación que no sea heredable carece de importancia". Lo anterior es realizado por Chetverokov y por Schmalhausen, citados por Lerner (1964).

Goldenberg (1968), hace énfasis en que el uso de las correlaciones es de gran importancia, particularmente cuando la especie en estudio se encuentra en un alto grado de perfección, y por alguna razón es necesaria una nueva mejora. Esto significaría una revisión total del material genético utilizado y el conocimiento de ciertas cualidades fisiológicas, bioquímicas, etc., que puedan presentar cierta medida de interrelación con características de interés, ya sea por causa de pleiotropía o ligamento de genes.

Lerner (1964), declara que las respuestas correlacionadas pueden ser a causa de: a) Combinaciones de ligamento, ya que en la selección se incluyen bloques poligénicos; éstos conllevan alelos que afectan a otros caracteres no seleccionados. b) Pleiotropía. c) Por asociación de loci. d) Por bloques situados en cromosomas diferentes. e) Es posible que el origen común de los alelos independientes provoque correlaciones temporales (principalmente en híbridos).

Los resultados de algunas investigaciones en trigo coinciden en que algunos pares de variables han presentado valores de coeficientes de correlación significativos. Sin embargo, Miller *et al.* (1958), observaron que los caracteres correlacionados, en base a datos colectados de una población, son válidos sólo, para dicha población, y que en otros materiales o poblaciones pueden presentarse otro tipo de asociación de genes.

Sizikov (1982), observando los cambios de las correlaciones genotípicas en los componentes de rendimiento de trigo, menciona que la magnitud y la dirección de las correlaciones varían de acuerdo a los factores limitantes y la presencia o ausencia de genes para adaptabilidad del genotipo.

Otro aspecto importante de la variabilidad, es que en este fenómeno participan los genes y el medio ambiente, y por ello es importante, aunque sea en forma general, conocer el grado de participación de cada uno y, principalmente, para determinar la porción genética, fenómeno conocido como heredabilidad.

De la variabilidad total, la parte correspondiente a la genética es la única que participa para el avance en la selección; por esta razón, es esencial conocer la interacción genotipo-ambiente: un medio ambiente dado, no puede provocar que se desarrolle cierta característica si no existen los genes necesarios para ello y, por el contrario, los genes no pueden expresar una característica si no se encuentran en un medio ambiente apropiado (Allard, 1964).

MATERIALES Y METODOS

El germoplasma utilizado en este estudio provino originalmente del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) en 1979, como poblaciones F₂ masa, involucrando cruza primavera por primavera, y primavera por invierno.

En la evaluación se incluyeron 20 líneas homocigotas derivadas de poblaciones F₂ masa, mediante el método clásico de pedigree, por el Programa de Cereales de la Universidad Antonio Narro, las cuales sobrevivieron a una prueba preliminar durante los años 1984 y 1985 en el Campo Experimental de Navidad, N.L.; además, se incluyeron 5 variedades comerciales como testigos.

Las líneas que se evaluaron poseen una amplia gama de variabilidad; principalmente para: días a espigamiento y madurez, porte de planta, capacidad de amacollamiento, tamaño de espiga, tamaño y tipo de grano.

El experimento se estableció en las localidades de: Emiliano Zapata, en Coah., el 30 de enero; en Navidad, N.L., el 20 de febrero; y en Buenavista, Coah., el 23 de febrero, con un diseño en bloques al azar con 4 repeticiones. La parcela experimental fue de 4 hileras, de 5 m de longitud, a 30 cm de distancia; el área de la parcela experimental fue de 6 m², siendo la misma para la parcela útil. Se sembró en forma manual a chorrillo, a una densidad de 120 kg/ha; la fórmula de fertilización fue 150-100-00, aplicándose todo el fósforo y la mitad del nitrógeno en la siembra; la segunda aplicación fue a las 8 semanas. Las fuentes utilizadas fueron urea y superfosfato triple de calcio. En cada una de las 3 localidades se dió un total de 4 riegos durante el desarrollo del cultivo.

Los caracteres considerados fueron: espigas por metro cuadrado, espiguillas por espiga, peso de 1 000 granos, rendimiento de grano, longitud de espiga, peso hectolítrico y granos por espiga.

Se realizaron los siguientes análisis en base a medias de parcela para cada carácter:

a) Análisis de varianza individual por localidad y combinado de las 3 localidades.

En ambos análisis se realizó una prueba de significancia ($F = CM/Me$) y una comparación de medias (DMS 5%). Utilizando dichos análisis se calculó el coeficiente de variación para cada una de las 7 características en evaluación.

b) Análisis de covarianza combinado de localidades.

Los análisis de varianza y covarianza combinados fueron utilizados para estimar los componentes de varianza y covarianza genotípicas y fenotípicas, a través de la información proporcionada por las esperanzas de cuadros y productos medios respectivos.

c) Análisis de correlaciones fenotípicas y genotípicas, en base a las varianzas y covarianzas de los análisis respectivos. Se realizó la prueba de significancia de los coeficientes de correlación, mediante una prueba de t, utilizando la fórmula:

$$t_c = r \sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}}$$

donde: t_c = valor calculado de t
 r = coeficiente de correlación
 n = número de observaciones

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados de los análisis de varianza individual para los caracteres estudiados en las diferentes localidades se muestran en los Cuadros 1, 2 y 3. En las 3 localidades se encontró que hay diferencias altamente significativas entre genotipos para todos los caracteres considerados, excepto para espigas por metro cuadrado, cuyas diferencias fueron sólo significativas en las localidades de Buenavista y Emiliano Zapata, Coahuila. Esto revela que en el germoplasma producido por el programa de cereales de la Universidad Antonio Narro, se contiene una amplia variabilidad, suficiente para justificar sus programas de selección. Lo anterior se confirmó en el análisis combinado de los 3 experimentos, en el cual también se observaron diferencias altamente significativas para los 7 caracteres (Cuadro 4).

Este último análisis reveló también que las localidades utilizadas en este estudio reunieron una gran diversidad ambiental, lo cual se deduce de las diferencias altamente significativas entre las localidades, mostradas en el Cuadro 4.

Cuadro 1. Cuadrados medios de 7 características de trigo evaluado en la localidad de Buenavista, Coah. Invierno 1985-1986.

Fuentes de g.l. variación	Rendimiento	Peso hectolítrico	Peso de 1000 granos	Espigas por m ²	Espiguillas/ espigas	Granos/ espigas	Longitud espiga
Tratamientos	24	424 277.67**	9.220**	81.569**	12 580.907*	11.610**	79.003** 3.076**
Repeticiones	3	571 421.80**	5.552	4.102	8 174.437	1.028	7.941 0.081
Error	72	8 1 706.34	2.119	6.719	7 216.076	1.247	25.576 0.288
C.V. (%)		19.60	1.97	7.10	21.00	7.20	12.90 6.50

*, ** Significativo al 5% y 1% de probabilidad, respectivamente

Cuadro 2. Cuadrados medios de 7 características de 25 genotipos de trigo evaluados en la localidad de Navidad, N.L. Invierno 1985-1986.

Fuentes de g.l. variación	Rendimiento	Peso hectolítrico	Peso de 1000 granos	Espigas/ por m ²	Espiguillas/ espiga	Granos/ espiga	Longitud espiga
Tratamientos	24	447 643.22**	24.681 **	72.551**	14 954.481**	7.902**	73.999** 1.945**
Repeticiones	3	272 075.00*	1.531	5.169	24 685.37*	4.506**	23.161 0.714*
Error **	72	94 648.78	0.925	5.047*	6 595.81	0.870	20.472 0.247
C.V. (%)		15.32	1.28	6.00	15.68	6.57	13.13 6.86

*, ** Significativo al 5% y 1% de probabilidad, respectivamente

Cuadro 3. Cuadros medios de 7 características de 25 genotipos de trigo evaluados en la localidad de Emiliano Zapata, Coah. Invierno 1985-1986.

Fuentes de g.l. variación	Rendimiento	Peso hectolítrico	Peso de 1 000 granos	Espigas por m ²	Espiguillas/ espiga	Grano/ espiga	Longitud espiga
Tratamiento	24 1 040 787.50**	15.967**	57.619**	15 076.748*	3.040**	114.087**	1.134**
Repeticiones	3 1 070 958.83*	17.806**	40.561**	26 156.307**	0.918	14.867	0.128
Error	72 300 784.72	3.545	6.629	8 709.966	1.076	21.322	0.286
C.V. (%)	15.86	2.61	6.59	16.44	5.66	9.66	6.10

*, ** Significativo al 5% y 1% de probabilidad, respectivamente

Cuadro 4. Cuadros medios del análisis de varianza combinado de 7 características de trigo, evaluado en 3 localidades del Noreste de México. Invierno 1985-1986.

Fuente de g.l. variación	Rendimiento	Peso hectolítrico	Peso de 1 000 granos	Espigas por m ²	Espiguillas/ espiga	Granos/ espiga	Longitud espiga
Localidades	2 106 438 090.08**	188.59**	157.91**	708 224.10**	444.48**	4 888.07**	59.42**
Rep. dentro loc.	9 638 151.71**	8.37**	16.61**	19 630.48**	2.15*	15.32	0.31
Tratamientos	24 883 809.63**	39.23**	161.12**	19 946.51**	15.62**	161.09**	4.54**
Trat. x Loc.	48 514 449.39**	5.30**	25.31**	11 343.39*	3.47**	53.01**	0.81**
Error	216 159 046.62	2.19	6.13	7 508.63	1.06	22.46	0.27
Total	299						
C.V. (%)	5.75	0.67	2.18	5.81	2.14	3.91	2.14

*, ** Significativo al 5% y 1% de probabilidad, respectivamente

Puede decirse que, en general, las condiciones en Buenavista, Coah., minimizan la expresión del potencial del rendimiento de trigo, y que en Emiliano Zapata, Coah., se manifiesta una mayor expresión de ese potencial. Navidad, N.L., puede considerarse como una localidad con condiciones intermedias entre los dos anteriores, como se observa en el Cuadro 5.

La interacción tratamientos por localidades, que es una expresión de la interacción genético-ambiental, resultó altamente significativa para los caracteres estudiados, excepto para espigas por metro cuadrado, en el cual fue sólo significativa. Esto es indicador de que en la amplitud de la diversidad, contenida en el germoplasma generado por el programa de la Universidad Antonio Narro, involucra también una gama de genes que le confiere adaptación diferencial.

El comportamiento promedio de 25 genotipos a través de las 3 localidades, se muestra en el Cuadro 6. El rendimiento varió de 3131.66 kg/ha, en la línea 13 (AN-349-83), y a 4 649.16 kg/ha, en la línea 7 (AN-6-77), con un promedio de 3 846.53 kg/ha. Las líneas 14 (AN-217-83), 1 (AN-218-83), 5 (AN-214-83), 23 (UAN-M84), 10 (AN-18-77), 11 (AN-301-83), y 12 (AN-242-83), son iguales a una probabilidad del 0.05, a la AN-6-77 y diferentes a la 25, el cual rindió 3 271.93 kg/ha. UAN-M-84 es una variedad de trigo común liberado por la Universidad Antonio Narro para siembra en el Norte de México. El peso hectolítrico varió de 68.74 kg/hl en la línea 17 (AN-402-83), y 77.12 kg/hl en la 23 (UAN-M-84), con una media de 73.40 kg/hl. Sólo la variedad UAN-M-84 fue superior al testigo, el cual obtuvo un peso de 73.67 kg/hl.

Cuadro 5. Comportamiento de 7 caracteres de trigo común evaluados en 3 localidades del Noreste de México. Promedio de 25 genotipos. Invierno 1985-1986.

Carácter	Buenavista Coahuila	Navidad Nuevo León	E. Zapata Coahuila	Promedio
Rendimiento (kg/ha)	2 433.03	3 345.83	5 760.83	3 846.53
Peso hectolítrico (kg/hl)	73.77	74.07	71.88	73.40
Espiguillas por espiga	15.47	14.17	18.30	15.97
Granos por espiga	39.31	33.91	47.78	40.33
Peso de 1000 granos (gr)	36.57	37.50	39.06	37.71
Espigas por m ²	403.57	417.86	567.66	496.37
Longitud de espiga	8.25	7.24	8.75	8.08

22 Cuadro 6. Medias combinadas de 3 localidades por tratamiento y media general para las 7 características de las 3 localidades: Buenavista, Navidad y Emiliano Zapata. Ciclo 1985-1986.

No. de Orden*	Longitud de espiga	Espiga por m ²	Peso de 1 000 granos	Granos por espiga	Espiguilla por espiga	Peso hectolitrico	Rendimiento kg/ha	No. de trats.
1	7.93	470.16	34.89	45.47	15.66	73.28	4,649.16	7
2	8.10	478.32	36.26	44.78	15.54	73.83	4,576.37	14
3	7.76	482.99	37.23	44.64	17.98	73.55	4,524.43	1
4	7.53	482.99	37.90	43.02	17.52	74.46	4,416.65	5
5	8.83	487.16	42.82	38.63	16.02	77.12	4,302.21	23
6	7.13	555.74	35.00	32.82	14.48	74.34	4,276.51	10
7	7.75	429.99	42.17	40.64	15.12	75.68	4,129.57	11
8	8.24	507.08	38.29	42.34	15.92	73.43	4,118.05	12
9	8.51	528.83	36.26	39.49	15.84	73.02	4,024.71	16
10	8.00	484.41	38.20	41.58	15.97	71.37	3,947.94	9
11	8.05	479.99	35.54	44.69	16.67	72.62	3,871.52	19
12	7.71	488.58	4.55	36.58	15.71	75.62	2,862.21	22
13	9.03	518.33	35.70	42.78	16.92	68.82	3,830.86	2
14	8.18	495.33	38.12	44.35	16.43	74.44	3,795.13	20
15	8.65	539.41	32.30	42.93	17.65	73.32	3,795.13	24
16	8.28	433.58	43.78	38.76	15.44	72.80	3,762.63	8
17	10.15	519.49	29.51	42.05	19.19	72.49	3,705.96	18
18	7.94	550.41	33.33	36.66	15.98	73.62	3,493.74	4
19	7.66	512.16	39.08	39.61	15.00	73.93	3,479.16	3
20	8.38	481.33	38.11	40.09	15.38	73.33	3,401.52	6
21	7.88	501.08	42.54	31.93	15.48	68.74	3,277.77	17
22	7.64	579.41	36.73	40.59	15.15	73.67	3,271.93	25
23	7.35	491.83	34.42	40.59	15.21	74.28	3,258.32	15
24	7.56	520.08	40.36	37.04	14.74	74.48	3,249.99	21
25	7.72	390.74	39.58	35.44	14.51	72.86	3,131.66	13
XG	8.08	496.37	37.71	40.33	15.97	73.40	3,846.53	
DMS ¹	0.75	126.46	3.61	6.91	1.50	2.15	582.04	
DMS ²	1.02	171.37	4.89	9.37	2.03	2.92	788.75	

XG = Media General
 DMS¹ y DMS² = diferencia mínima significativa al 5% y 1% de probabilidad, respectivamente.
 * Ordenado así, sólo para la variable rendimiento

El número de espiguillas por espiga fluctuó de 14.51 en la línea 13 (AN-349-83), a 19.19 en la 18 (AN-406-83), con una media de 15.97 espiguillas. Las líneas 1 (AN-218-83), 5 (AN-241-83) y 24 (Pavón F-76), fueron iguales a la AN-406-83, y superiores al testigo.

El número de granos por espiga varió de 31.93 en la 17 (AN-402-83), a 45.47 en la 7 (AN-6-77), con un promedio de 40.33. Ninguna línea superó al testigo, ya que éste alcanzó valores por arriba del promedio, incluso con 40.59 granos por espiga.

El peso de 1 000 semillas varió de 29.51 gramos en la línea 18 (AN-406-83), a 44.55 gramos en la 22 (Narro F-84), con una media de 37.71 gramos. Las líneas 8 (AN-253-83), 23 (UAN-M84), 17 (AN-402-83) y 11 (AN-301-83), fueron estadísticamente iguales entre sí, y superiores al testigo, el cual alcanzó 36.73 gramos. Narro F-84 es una variedad de trigo de la Universidad Antonio Narro, que fue liberada para el Noreste de México.

El número de espigas por metro cuadrado tuvo valores extremos de 390.74 en la línea 13 (AN-349-83) y 579.41 para la 25 (Anáhuac F-75), con un promedio de 496.37 espigas. En este carácter, ninguna superó al testigo, puesto que alcanzó el valor más alto.

Para longitud de espigas se observaron valores extremos de 7.13 cm en la línea 10 (AN-18-77) y 10.15 cm en la 18 (AN-406-83), con una media de 8.08 cm. Las líneas 2 (AN-220-83) y 23 (UAN-M-84) superaron estadísticamente al testigo, el cual alcanzó 7.64 cm; sin embargo, son estadísticamente inferiores a la AN-406-83.

Componentes de la Variabilidad y Heredabilidades

El análisis de los componentes de la variabilidad, que se muestran en el Cuadro 7, revelaron que los caracteres con varianza genética de mayor magnitud en relación con su contraparte ambiental, fueron: el peso hectolítrico, el peso de 1 000 granos y la longitud de espiga, con relaciones de 1.29:1, 1.85:1 y 1.15:1, respectivamente. Los caracteres que observaron valores más grandes de su varianza ambiental, respecto a su contraparte genética, fueron: el rendimiento (5.17:1), el número de espigas por metro cuadrado (10.47:1) y el número de granos por espiga (2.49:1). De lo anterior se deduce que los primeros responderán más a la selección, ya que en su expresión probablemente se encuentra involucrado un sistema genético más simple que en las segundas, que les confiere un mayor valor reproductivo. En la última columna del Cuadro 7 se puede observar que, en efecto, estos caracteres tienen un coeficiente de determinación genética o heredabilidad en sentido amplio, más alto, en relación con los otros mencionados, de 48.79, 50.88 y 43.06% respectivamente.

El componente de Interacción genético-ambiental resultó muy importante para el rendimiento, con proporción del 32% respecto a la fenotípica y moderadamente importante para espiguillas por espiga (22%), granos por espiga (20%), peso de 1 000 granos (22%), y longitud de espiga (19%), como puede deducirse del Cuadro 7.

Estos dos últimos caracteres, junto con el peso hectolítrico, mostraron los valores de heredabilidad más altos como ya se indicó anteriormente; sin embargo, de estos 3, es precisamente el peso hectolítrico el que muestra una menor varianza de interacción genético-ambiental.

Correlaciones

El análisis de los coeficientes de correlación mostró (Cuadro 8) que no hubo asociación fenotípica estadísticamente ($0.05 \leq P \leq 0.01$) significativa, entre los 7 caracteres. Sin embargo, se observaron tendencias positivas para espiguillas por espiga, con longitud de espiga (0.360) y con granos por espiga (0.274), así como entre rendimiento con peso hectolítrico (0.248).

Las tendencias negativas más altas fueron para peso de 1 000 granos con espiguillas por espiga (-0.261), con espigas por metro cuadrado (-0.176) y con longitud de espiga (-0.164). En el Cuadro 8 se muestran también los coeficientes de correlación genética, los cuales revelan que hubo asociación positiva y estadísticamente significativa entre el rendimiento y peso hectolítrico (0.799**), peso de 1 000 granos (0.535**) y granos por espiga (0.423*); y entre espiguillas por espiga con granos por espiga (0.746**) y con longitud de espiga (0.790**). La asociación negativa y estadísticamente significativa, se observó para rendimiento con espigas por metro cuadrado (-0.851**) y con espiguillas por espiga (-0.688**), así como entre peso de 1 000 granos con espigas por metro cuadrado (-0.757**), con espiguillas por espiga (-0.605**), con granos por espiga (-0.460*) y con longitud de espiga (-0.410*).

Cuadro 7. Componentes de variabilidad y heredabilidad de 7 caracteres de trigo común evaluados en 3 localidades del noreste de México. Promedio de 25 genotipos. 1986.

Componentes de la variabilidad					
Carácter	σ^2_g	$\sigma^2_{a/re}$	$\sigma^2_{ga/l}$	σ^2_t	H ² (%)
Rendimiento (kg/ha)	30,780.02	159,046.62	88,850.69	278,690.76	11.05
Peso hectolítrico (kg/hl)	2.83	2.19	0.78	5.80	48.79
Espiguillas por espiga	1.01	1.06	0.60	2.67	37.83
Granos por espiga	9.01	22.46	7.64	39.11	23.04
Peso de 1 000 granos	11.32	6.13	4.80	22.25	50.88
Espigas por metro cuadrado	716.98	7,508.63	958.69	9,184.25	7.81
Longitud de espiga	0.31	0.27	0.14	0.72	43.06

Cuadro 8. Coeficiente de correlación genotípica (arriba de la diagonal) y correlación fenotípica (abajo de la diagonal) entre 7 características de trigo evaluados en las localidades de Buenavista y Emiliano Zapata, Coah., y Navidad N.L. Ciclo 1985- 1986.

	Rendimiento	Peso hectolítrico	Peso de 1000 granos	Espigas por m ²	Espiguillas/ espiga	Granos/ espiga	Longitud espiga
Rendimiento		0.799**	0.535**	-0.851**	-0.688**	0.423*	-0.345
Peso hectolítrico	0.248		0.232	-0.124	-0.190	0.014	-0.316
Peso de 1000 granos	0.138	0.127		-0.757**	-0.605**	-0.460*	-0.410*
Espigas por m ²	0.008	-0.020	-0.176		0.243	-0.153	0.110
Espiguillas/ espigas	-0.103	-0.051	-0.261	0.060		0.746**	0.790**
Granos/ espiga	0.085	0.065	-0.117	-0.039	0.274		0.354
Longitud de espiga	-0.078	-0.133	-0.164	0.034	0.360	0.181	

*, ** significativo al 5% y 1% de probabilidad, respectivamente

Un análisis de los coeficientes de correlación ambiental, revela que no hubo asociación estadísticamente significativa ($0.05 \leq p \leq 0.01$) entre los caracteres estudiados. Sólo pudo establecerse una asociación positiva muy ligera entre peso hectolítrico con rendimiento (0.136), así como con granos por espiga (0.130); y entre granos por espiga con espiguillas con espiga (0.114) y con longitud de espiga (0.149), como se muestra en el Cuadro 9.

La falta de asociación fenotípica entre caracteres y, sobre todo la falta de una correspondencia entre ésta y la genética, puede dificultar la selección en poblaciones segregantes de trigo, puesto que es visual; sin embargo, una situación importante es que las tendencias fenotípicas más altas corresponden a las genotípicas positivas y altamente significativas respectivas (Cuadro 8). Por otro lado, la asociación positiva y estadísticamente significativa entre el rendimiento con el peso hectolítrico y el peso de 1 000 granos (Cuadro 8), reviste suma importancia para orientar la selección, ya que estos caracteres coincidentemente observaron los más altos valores de heredabilidad. Más aún, el rendimiento y el peso hectolítrico manifestaron una tendencia a ser afectados por los mismos factores ambientales (Cuadro 9); sin embargo, este último muestra uno de los valores de varianza genético-ambiental proporcionalmente más bajo (Cuadro 7).

Cuadro 9. Coeficiente de correlación ambiental entre 7 características de trigo evaluadas en las localidades de Buenavista y Emiliano Zapata, Coah., y Navidad, N.L. Ciclo 1985- 1986.

	Rendimiento	Peso hectolítrico	Peso de 1000 granos	Espigas por m ²	Espiguillas por espiga	Granos por espiga	Longitud de espiga
Rendimiento	0.136	0.029	0.011	0.078	0.032	-0.006	
Peso hectolítrico		0.036	0.006	0.078	0.130	0.031	
Peso de 1000 granos			-0.054	0.011	0.100	0.087	
Espigas por m ²				0.033	-0.027	0.024	
Espiguillas/ espiga					0.114	0.104	
Granos por espiga						0.149	
Longitud de espiga							

*,** Significativo al 5% y 1% de probabilidad, respectivamente

CONCLUSIONES

1. Las localidades utilizadas en el presente trabajo reúnen una diversidad ambiental suficiente para este tipo de pruebas.
2. Los genotipos evaluados en este trabajo, revelan que el Programa de Cereales de la Universidad Antonio Narro, maneja una gama suficientemente amplia de variabilidad genotípica para todos los caracteres estudiados.
3. Los caracteres con varianza genética proporcionalmente mayor, en la relación con su contraparte ambiental, fueron el peso hectolítrico (1.29:1), el peso de 1 000 granos (1.85:1) y la longitud de espigas (1.15:1). Los caracteres con valores de la componente ambiental mayores que la componente genética, fueron el rendimiento (5.17:1), el número de espigas por metro cuadrado (10.47:1) y el número de granos por espiga (2.49:1).
4. Los caracteres con mayor heredabilidad en sentido amplio, son el peso de 1 000 granos (50.88%), el peso hectolítrico (48.79%) y la longitud de espiga (43.06%); los de menor heredabilidad son el número de espigas por metro cuadrado (7.80%) y el rendimiento de grano (11.05%).
5. No existe asociación fenotípica ni ambiental entre los caracteres estudiados; sin embargo, se encontró asociación genotípica, entre el rendimiento y el peso hectolítrico (0.799**), el peso de 1 000 granos (0.535**), el número de espigas por metro cuadrado (-0.851**), espiguillas por espiga (-0.688**) y granos por espiga (0.423*).
6. Los caracteres que pueden ser utilizados como criterios de selección indirecta son el peso hectolítrico y el peso de 1 000 granos, así indicado por su alta heredabilidad y su asociación genotípica positiva y altamente significativa con el rendimiento.
7. Para fines de recomendación pueden ser considerados los genotipos 7 (AN-6-77), 14 (AN-217-83), 1 (AN-218-83), 5 (AN-241-83) y 23 (UAN-M-84), los cuales son superiores al testigo local 25 (Anáhuac F-75), y se ubican entre los 10 genotipos más rendidores en las 3 localidades, así como entre los primeros 5 en promedio de esas mismas localidades.

son debido a las infestaciones producidas por los insectos, de los cuales existen más de 50 especies que infestan a los granos y productos almacenados (Christenson y Kaufman, 1979; Hyde *et al.*, 1974).

Las pérdidas en almacén significan que los recursos como tiempo, mano de obra y tierra utilizada para producir el cultivo, se pierdan irremediamente (I.C.I., s.f.). En nuestro país se pierde del 20 al 25% de la producción total almacenada de maíz, trigo y frijol, siendo estos granos la base de la alimentación de la mayoría de las familias mexicanas.

El malathión ha sido el insecticida tradicional para el control de las plagas de los granos almacenados en distintos países, y por varias décadas, debido principalmente a que es altamente tóxico a un amplio rango de insectos de los productos de almacén, y de baja toxicidad a los mamíferos. Sin embargo, este compuesto pierde su efectividad en condiciones de alta alcalinidad o elevada humedad del grano, desarrollando líneas de insectos resistentes, por lo que se enfatiza en la necesidad de encontrar insecticidas alternativos, según Martín y Worthing (1977), y Qi y Burkholder (1981).

Debido a la importancia que representan las pérdidas de almacén de granos alimenticios en México, esta investigación pretende generar información sobre el efecto residual y de desinfección del pirimifos-metil y de la permetrina, como insecticidas alternativos a la utilización del malathión en almacenes y bodegas de concreto y arcilla, para el control del complejo *Sitophilus* spp (Coleoptera:Curculionidae).

LITERATURA REVISADA

Uso de Malathion contra Plagas de los Granos

El malathion es activo contra numerosas especies de insectos que atacan los productos almacenados, tales como el gorgojo aserrado de los granos, *Oryzaephilus surinamensis*, (Coleoptera: Cucujidae); el gorgojo confuso de la harina, *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae); el gorgojo rojo de la harina, *Tribolium castaneum*, (Coleoptera Tenebrionidae) el barrenillo de los granos pequeños, *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae); la palomilla de los cereales, *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechidae); y la palomilla de la harina, *Plodia interpunctella*, (Lepidoptera: Pyralidae), (Martín y Worthing, 1977; Madrid *et al.*, 1983).

Aplicación al Grano

La utilización de los productos químicos, son necesarios en las semillas para prevenir las infestaciones que ocasionan las plagas durante el período de almacenamiento; esto es una práctica comúnmente efectuada cuando se guar-

da el grano para su posterior comercialización (LaHue, 1976). Es así que, Waters y Mensah (1979), al realizar pruebas de laboratorio de la aplicación de malathion al trigo, determinaron la estabilidad de la dosis de 8 y 12 ppm por un período de 6 meses. Los residuos analizados mostraron un incremento gradual en la pérdida del insecticida, cuando el grano fue almacenado a temperatura de 10°C.

Otras investigaciones prácticas en la misma línea, han demostrado la amplia utilización del malathion contra las plagas de insectos de los granos almacenados, por lo que Spittle y Hartsell (1970), utilizaron este método como protector de pasas contra el ataque de *Plodia interpunctella*, *Oryzaephilus surinamensis* y *O. mercator*. La efectividad mostrada fue durante 8 meses a dosis de 12 ppm para las 3 especies.

Spittle *et al.* (1974) y (1976), evaluaron al malathion contra los ataques de *Plodia interpunctella* y *Tribolium castaneum* en almendras y nueces almacenadas, respectivamente. Estos estudios demostraron que el malathion fue efectivo hasta 6 y 8 meses, respectivamente, y en ambas pruebas los residuos no excedieron de 1 ppm.

Tratamiento a Estructuras de Almacenamiento

Las aplicaciones de las superficies y estructuras de los graneros con insecticidas de contacto y residuales, en una práctica de manejo acostumbrada en la mayoría de los almacenes para proteger el grano contra las infestaciones de insectos. La efectividad residual de los pesticidas usados en las aspersiones de las bodegas, es afectado grandemente por el tipo de superficie en la que los químicos son usados (Watters, 1979; Slominski y Gojmerac, 1972; Levi y Nowicki, 1974).

El malathion es el insecticida más comúnmente usado en el tratamiento de los almacenes vacíos para suprimir a una extensa gama de poblaciones persistentes que se encuentran alojados en éstos (Rowlands y Bramhill, 1977; Mensah *et al.*, 1979; Handerson y Pixton, 1982). En sus investigaciones, Cogburn (1972) probó este mismo producto a dos niveles de aplicación (2 520 y 1 260 mg/m²) en secciones de concreto, madera y fibra de vidrio, y se presentó la efectividad por espacio de 6 semanas y con resultados satisfactorios en la mortalidad hasta del 90 y 75% respectivamente.

Otras evaluaciones han demostrado que el mismo compuesto aplicado a dosis de 0.05 l/m², para proporcionar un depósito de 1 g i.a./m². La persistencia en este estudio fue durante 36 semanas, y se produjo hasta un 80% en la mortalidad de *Tribolium confusum* en las superficies de madera, concreto y lámina galvanizada (Watters, 1970; Mensah, *et al.*, 1979). De igual forma, LaHue y Kadoum (1979), demostraron que este compuesto fue eficaz contra los adultos de *Rhyzoperta dominica* durante un período de 4 meses en superficies de triplay, a dosis de 1 076 mg i.a./m².

Otra forma de probar la persistencia del malathion fue la realizada por White *et al.* (1983) y Mensah y White (1984), cuando mezclaron el compuesto con aserrín de madera de abeto, bioensayándolo por 8 semanas; de esta manera, se demostró que el malathion se descompuso más rápidamente en superficies de concreto, que cuando fue colocado en superficies de madera o lámina galvanizada, dando esta última una efectividad del producto del 70 y 80% de mortalidad respectivamente.

De acuerdo a las múltiples investigaciones de los diferentes autores, se ha demostrado que el malathion es inefectivo en superficies de concreto después de un período de varios meses (6 meses) (Girish *et al.*, 1970; Wilkin *et al.*, 1973); la degradación se incrementa más rápidamente cuando se aplica a concreto con pH alcalino, y aún más cuando éste está fresco, efectuando con esto más aplicaciones en menos tiempo, lo que da origen a que se desarrollen mecanismos de resistencia en los insectos, por lo que se ha enfatizado en encontrar insecticidas alternativos al malathion (Ardley y Sticka, 1977); Tauthong y Watters, 1978; Abdel-Kader *et al.*, 1980)

Pirimifos Metil contra Plagas Resistentes al Malathion

La búsqueda de nuevos insecticidas que protejan el grano almacenado contra el ataque de los insectos que han desarrollado algún tipo de resistencia a ciertos productos tradicionales, se ha intensificado recientemente (LaHue, 1975; Attia y Frecker, 1984). Algunos de los compuestos investigados han demostrado tener baja toxicidad a mamíferos, poseer una actividad residual amplia y producir vapores que son tóxicos a una gran variedad de insectos de los granos y productos almacenados (McGaughey, 1971; Beeman, 1983).

Zettler (1974), reportó que 5 cepas de *P. interpunctella* que fueron resistentes al malathion, no mostraron resistencia hacia pirimifos metil. De igual forma, *T. castaneum* mostró resistencia al malathion, cuando se evaluaron distintas dosis y métodos de aplicación (Dyte, 1970). En las evaluaciones de pirimifos metil, a dosis de 5, 10, 15 ppm aplicado al arroz, se comparó con el testigo que proporcionan 14 ppm de malathion, y se demostró que este último fue inefectivo en la protección contra *Sitotroga cerealella*, en tanto que pirimifos metil protegió al grano por espacio de 12 meses a ambas dosis (Cogburn, 1976).

Redlinger (1976) y Spitler (1975), al hacer extensivos sus estudios del pirimifos-metil en cacahuate y almendras respectivamente, observaron que los residuos de este compuesto controlaron a *T. castaneum* y *P. interpunctella* en un 90 y 95% de mortalidad en cada caso. Los residuos de las aplicaciones de crecieron gradualmente a razón de 33% menos que el malathion durante un período de 9 meses. Mensah y Watters (1979), demostraron que este insecticida es más estable y efectivo, por períodos de 18 semanas, que otros compuestos evaluados. Por su parte, Bansode y Campbell (1979), observaron que estas mismas especies no desarrollaron resistencia para pirimifos metil.

En todos los reportes de las investigaciones se ha establecido que las aplicaciones del pirimifos metil es mejor protector de granos contra las plagas de insectos resistentes y susceptibles al malathión (Bansode *et al.*, 1981; Haliscak y Beeman, 1983; White *et al.*, 1983).

MATERIALES Y METODOS

La presente investigación se realizó en el laboratorio de cría y reproducción de insectos del Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, donde se evaluó el pirimifos-metil y permetrina como alternativa al uso del malathión para el control de *Sitophilus* spp. Se contó con la colaboración del Programa de Cereales de la misma universidad, el cual proporcionó el material alimenticio para los insectos.

El estudio consistió en 2 partes: en la primera, se incrementó la colonia de *Sitophilus* spp.; posteriormente se hizo una selección sobre las especies de plagas de granos almacenados, para evitar contaminación de otros insectos y finalmente reproducción masiva del insecto en estudio.

La segunda parte de esta investigación consistió en la preparación de los materiales de construcción, concreto y arcilla, y la aplicación del bioensayo. A los materiales se les determinó el pH, el cual inicialmente fue alcalino (pH = 8), y se estabilizó a un pH = 7, mediante una solución de agua y ácido acético, siguiendo las técnicas utilizadas por Martín y Worthing (1977).

La investigación consistió de 4 tratamientos, 2 insecticidas organofosforados, un piretroide y el testigo (Cuadro 1); las dosis utilizadas fueron comerciales, y los materiales de construcción se prepararon en superficies de 400 cm² (20 x 20 cm).

La realización de esta segunda fase fue del mes de enero hasta el mes de mayo de 1986. Para la aplicación de los 4 tratamientos, en ambas superficies se utilizó un rociador comercial dejándose transcurrir un tiempo libre de 24 y 48 horas antes de la primera exposición de los insectos a cada superficie.

Las exposiciones consistieron en que, una vez que se dejó transcurrir el tiempo libre a la exposición, se pusieron en contacto con las superficies 25 adultos de *Sitophilus* spp por 24 horas, una vez que transcurrieron las 24 y 48 horas desde la aplicación. Se obtuvieron tiempos desde la aplicación del tratamiento hasta el conteo de mortalidad para observar la residualidad del producto de 48 horas y 72 horas respectivamente. Posteriormente a las superficies, se dejó que transcurrieran 6, 13, 27, 55 Y 111 días desde que se hizo la aplicación de los tratamientos para introducir por 24 horas los 25 insectos y obtener la mortalidad desde el inicio de los tratamientos al finalizar éstos a los 7, 14, 28, 56 y 112 días, respectivamente.

Cuadro 1. Dosis comerciales de 4 tratamientos utilizados en las superficies de concreto y arcilla para el control del complejo *Sitophilus* spp. Buenavista, Saltillo, Coah. 1986

Tratamiento	Dosis comerciales para 400 cm ²	Superficie
* malathion (Malathion) C.E. 50%	2.00 ml i.a./20 ml agua	concreto arcilla
** pirimifos metil (Actellic) C.E. 43%	0.78 ml i.a./20 ml agua	concreto arcilla
*** permetrina (Ambush) C.E. 34%	0.58 ml i.a./20 ml agua	concreto arcilla
Testigo (agua)	20.00 ml de agua	concreto arcilla

Fuentes: *, D.G.S.V., (1980); ** I.C.I., (s/f).

Cada tratamiento constó de 4 repeticiones en las que se colocaron 25 adultos de *Sitophilus* spp. de 3 a 5 semanas de edad, los que posteriormente se cubrieron con envases pequeños de plástico transparente (8 cm de diámetro y 6 cm de altura) adaptados con un espacio de ventilación (tela organdí) para evitar la mortalidad por asfixia; luego se procedió a colocarlos al azar en las estanterías bajo condiciones de temperatura y humedad del medio ambiente de la cámara (aproximadamente a 22°C y 50% de humedad relativa).

Se tomó como insecto muerto, al que no respondía al calor emitido por una lámpara de 40 watts por espacio de 10 minutos.

Los resultados fueron evaluados a través de un análisis de varianza factorial, con un diseño experimental completamente al azar, con igual número de repeticiones (4) por tratamiento; para la interpretación de este análisis se recurrió a la prueba de rango múltiple de Duncan, con nivel de significancia de 0.01% para cada factor analizado (tratamiento, superficie y tiempo libre a la exposición).

Este trabajo estadístico fue realizado por el Departamento de Estadística y Cálculo de la misma Universidad, a través de la computadora digital PDP 11/34, programada para análisis estadísticos completamente al azar y pruebas de rango múltiple de Duncan.

Cuadro 2. Mortalidad de adultos de *Sitophilus* spp. a las exposiciones efectuadas a 7 diferentes intervalos en días, después de suministrar 4 tratamientos a las superficies de concreto y arcilla. Porcentaje de 4 repeticiones por tratamiento. 25 adultos por repetición. Buenavista, Saltillo, Coah. 1986.

Tratamiento Superficie		Tiempo intervalos a la exposición (días)								
		libre	2	3	7	14	28	56	112	
		(días)								
malathion	concreto	1	100	100	90	70	65	35	23	67.71%
		2	100	100	85	69	61	30	20	
	arcilla	1	100	100	88	76	70	48	35	72.00%
		2	100	100	86	74	66	45	20	
permetrina	concreto	1	100	100	98	94	88	76	60	86.50%
		2	100	100	97	91	82	70	56	
	arcilla	1	100	100	98	95	89	76	68	87.57%
		2	100	100	98	90	83	69	60	
pirimifos-metil	concreto	1	100	100	98	91	60	60	53	78.70%
		2	100	100	86	81	64	52	47	
	arcilla	1	100	100	98	93	82	69	62	84.71%
		2	100	100	93	87	79	66	57	
testigo	concreto	1	11	5	4	2	2	2	1	3.57%
		2	9	4	4	2	2	2	1	
	arcilla	1	8	7	5	3	2	2	1	3.64%
		2	7	5	3	2	2	2	1	

RESULTADOS Y DISCUSION

Aspectos Generales del Estudio

Los resultados del trabajo han sido agrupados para una mayor objetividad en el Cuadro 2, considerando las cantidades sumadas de las 4 repeticiones por tratamiento (25 adultos por repetición).

En los datos generales sobre la mortalidad de adultos, se observa que todos los tratamientos se comportaron de manera diferente, en cada uno de los parámetros en estudio. Se observa que la mortalidad sigue una tendencia decreciente, de acuerdo al transcurso de los períodos de exposición; se tiene que, la mortalidad de los adultos, proporcionada en la superficie de concreto por el compuesto permetrina (Ambush), presenta el mayor porcentaje de 86.5% en promedio, seguido por el pirimifos metil (actellic) que presentó el 78.7% en la

mortalidad, la menor mortalidad proporcionada por los compuestos es la de 67.71% que correspondió al malatión (Malathión). Estos 3 porcentajes son sumamente altos en comparación con el porcentaje de mortalidad que mostró el testigo de escasamente el 3.57%, por lo que se considera que los 3 compuestos proporcionaron buen control. Al aplicar estos mismos tratamientos en la superficie de arcilla, mostraron mayor porcentaje en las mortalidades; para la permetrina fue el 87.57%, en tanto que el pirimifos metil y malathión mostraron el 84.71% y 72.0% de mortalidad respectivamente, en tanto que el testigo nuevamente mostró un porcentaje bajo en la mortalidad, de sólo el 3.64% (promedios en porcentajes derivados del Cuadro 2).

La obtención de la mortalidad se encuentra relacionada con el tipo de superficie y el tiempo que transcurre antes que los insectos se pongan en contacto con dicho material tratado; es así que se observó que la superficie de arcilla mostró mayor mortalidad, como también el tiempo de 1 día libre a la exposición; esta mortalidad fue del 83.42%, en comparación con el tiempo de 2 días libres a la exposición, el primer tiempo lo superó con 3.76% de mortalidad, ya que este último tiempo solamente presentó el 79.66% de la mortalidad en la misma superficie (promedios en porcentajes derivados del Cuadro 2). Cabe señalar que estos porcentajes son promedios solamente de la mortalidad producida por los 3 compuestos, sin incluir al testigo.

En los promedios de la mortalidad mostrada en la superficie de concreto, se observa nuevamente que el tiempo de 1 día libre a la exposición proporciona el mayor porcentaje de mortalidad, que es de 79.57%, en tanto que el segundo tiempo, correspondiente a los 2 días libres de exposición mostró el 75.85% de mortalidad (promedios en porcentajes derivados del Cuadro 2).

Como se puede observar, existe diferencia entre los porcentajes de mortalidad proporcionados por los tiempos libres a la exposición, así como también, más marcadamente en los tipos de superficies tratadas, lo que indica el diferente grado de persistencia que presentan los distintos tipos de superficie, aun y cuando se tenga el mismo pH en éstas.

Mortalidad de Adultos por Compuesto

A los resultados obtenidos de la mortalidad producida por los compuestos provenientes de las exposiciones de adultos a las superficies tratadas, se procedió a realizarles análisis de varianza factorial.

Para una mejor evaluación se efectuó un análisis de varianza por separado de los productos, para cada una de las superficies tratadas y los 7 intervalos de tiempo de las exposiciones (2, 3, 7, 14, 28, 56 y 112 días), con el fin de observar la efectividad proporcionada por los compuestos en cada uno de los tiempos de exposición para cada tipo de superficie.

Se puede mencionar que el compuesto permetrina, en todas las exposiciones realizadas tanto en concreto como en arcilla, fue el que brindó mayor mortalidad de adultos, la que teóricamente, y en promedio durante el desarrollo del estudio, fue del 86.5% y 87.5% para cada una de las superficies; este compuesto se mostró estadísticamente diferente a los otros 2, por lo que cabría señalar que presenta una mayor persistencia en cualquiera de las 2 superficies, teniendo en cuenta que pertenece a un grupo toxicológico diferente. Este porcentaje de mortalidad es seguido por el pirimifos-metil, el que presenta el 78.7% y 84.7% en cada una de las superficies, porcentaje que se considera aceptable en comparación con los proporcionados por el malathion, los que aproximadamente son menores hasta en un 10.0%, aun y cuando estos dos últimos compuestos pertenecen a un mismo grupo toxicológico y que éste último compuesto es el que se ha considerado tradicionalmente para el control de plagas en granos almacenados.

Evaluaciones de Compuestos en Concreto

Para las exposiciones efectuadas a los 2 y 3 días post-tratamiento, se observó que la mortalidad de los adultos en esta superficie, los compuestos de malathion, permetrina y pirimifos-metil, se comportaron estadísticamente iguales, ya que en los 3 compuestos la mortalidad fue del 100%. En comparación con el testigo donde la mortalidad de éste fue del 10% y 4.5% respectivamente, fue estadísticamente muy diferente a la proporcionada por los 3 compuestos (Cuadro 3).

En la exposición realizada a los 7 días post-tratamiento, mostró que la permetrina proporcionó la mayor mortalidad, del 97.5%, comportándose estadísticamente diferente a los compuestos de pirimifos-metil y malathion, los que tuvieron el 92.0% 87.0% de mortalidad respectivamente, mostrándose éstas estadísticamente diferentes entre sí; el testigo fue el que resultó con la mayor diferencia en los porcentajes de mortalidad, presentando únicamente el 4% (Cuadro 3).

Cuadro 3. Mortalidad de adultos *Sitophilus* spp, obtenida de 4 tratamientos aplicados a concreto y 7 tiempos de exposición. Promedio y porcentaje de los 2 tiempos libres a la exposición (1 y 2 días), 4 repeticiones por tratamiento. 25 adultos por repetición. Buenavista, Saltillo, Coah. 1986.

Tratamientos	D í a s						
	2	3	7	14	28	56	112
Testigo	10.0 b	4.5 b	4.0 d	2.0 d	2.0 d	2.0 d	1.0 d
malatión	100.0 a	100.0 a	87.0 c	68.5 c	63.0 c	32.5 c	21.5 c
permetrina	100.0 a	100.0 a	97.5 a	92.5 a	85.0 a	73.0 a	58.0 a
pirimifos-metil	100.0 a	100.0 a	92.0 b	86.0 b	67.0 b	56.0 b	50.0 b
C.V. (%)	0.75	0.88	1.86	2.40	4.19	4.54	5.16

Para la exposición a los 14 días después de aplicados los tratamientos, el compuesto permetrina se comportó estadísticamente diferente del pirimifos-metil y malathion, y la mortalidad observada para el primero de ellos fue de 92.5%, en tanto que para los últimos dos compuestos el porcentaje de mortalidad fue de 86.0% y 68.5% respectivamente, comportándose diferentes estadísticamente entre sí; el testigo presentó solamente el 2% de mortalidad. Se puede observar que en las exposiciones realizadas a los 7 y 14 días, la mayor mortalidad ha sido proporcionada por la permetrina (Cuadro 3).

En el mismo cuadro, la exposición efectuada a los 28 días post-tratamiento, se observó que la mortalidad más elevada correspondió a la permetrina con 85.0%, y se mostró estadísticamente distinta a las mortalidades que produjeron el pirimifos-metil y malathion que fueron de 67.0% y 63% respectivamente; el testigo presentó nuevamente el 2.0% de mortalidad, por lo que se puede mencionar que todos los tratamientos se comportaron estadísticamente diferentes unos de otros. La tendencia que sigue la mortalidad es decreciente de acuerdo al transcurso del tiempo post-tratamiento, y no existe un patrón establecido en la degradación de cada uno de los compuestos.

A la exposición que se efectuó a los 56 días después de tratada la superficie, la mortalidad que mostró la permetrina fue de 73.0% y fue estadísticamente diferente a las mortalidades que proporcionaron el pirimifos metil y el malathion del 56.0% y 32.5% en cada caso, los que también mostraron diferencia significativa entre sí, siendo esta última casi la mitad de la mortalidad que proporcionó el primer compuesto de permetrina; la mortalidad que mostró el testigo fue del 2.0% la cual se observó que se ha establecido en este porcentaje desde la exposición realizada a los 14 días; esto es debido a que en este tratamiento solamente se aplicó agua, la cual tendió a la evaporación causada por la temperatura prevaleciente en la cámara, por lo que cabría esperar que esta mortalidad fue natural, ya que no existía un factor influyente (humedad) (Cuadro 3).

En la última exposición correspondiente a los 112 días post-tratamiento, la mortalidad de adultos prosiguió comportándose estadísticamente muy diferente en todos los tratamientos. Es así que para la permetrina, una vez más mostró el mayor porcentaje de mortalidad (58.0%), seguido por el pirimifos-metil, el cual proporcionó el 50.0% de mortalidad, en tanto que el malathion solamente presentó el 21.5% de mortalidad, la que teóricamente es un 37.0% de mortalidad menor que la producida por la permetrina.

En cuanto a la mortalidad producida por el testigo, fue sumamente baja, ya que únicamente presentó el 1.0% (Cuadro 3); esto se debe posiblemente al manejo que se le dio a los insectos al tiempo de colocarlos en las superficies tratadas, ya que para esta fecha de exposición, no existía ningún factor influyente que causara mortalidad, como era la humedad.

Los anteriores resultados se grafican en la Figura 1, para proporcionar una mejor comprensión y apreciación de éstos.

Evaluación de Compuestos en Arcilla

Al efectuar el análisis de la mortalidad producida por los compuestos per-metrina, pirimifos-metil y malathión en esta superficie, se observó en las exposiciones efectuadas a los 2 y 3 días después de aplicados éstos, se comportaron estadísticamente iguales, proporcionando el 100% de mortalidad en cada uno de los tiempos de exposición; el testigo mostró el 7.5% y 6.0% de mortalidad para cada tiempo de exposición respectivamente, comportándose muy diferente estadísticamente a los compuestos (Cuadro 4).

En la exposición realizada a los 7 días post-tratamiento, todos los tratamientos se comportaron estadísticamente diferentes. Es así que se observó que la per-metrina proporcionó el 98.0% de mortalidad de adultos expuestos a la superficie tratada, seguido por el pirimifos-metil, el cual tuvo el 95.5% de mortalidad, en tanto que el malathion proporcionó solamente el 87.5% de mortalidad. Para el testigo únicamente se mostró el 4.0% en promedio de la mortalidad (Cuadro 4).

Cabe señalar que en comparación con la mortalidad obtenida en la superficie de concreto en esta misma fecha de exposición, el promedio de mortalidad fue más elevado en la superficie de arcilla.

Para la exposición a los 14 días después de tratada la superficie, se observó que los tratamientos se comportaron estadísticamente distintos entre sí nuevamente, y la mayor mortalidad producida fue por la per-metrina con el 92.5%, le siguió el pirimifos-metil con el 90.0% de la mortalidad, y el 75.0% correspondió al malathión; el testigo tuvo el 2.5% de mortalidad. La diferencia estadística que existe entre el primer y tercer compuesto (per-metrina y malathion) es de 18%, lo que significa una menor persistencia de este último compuesto (Cuadro 4) en este tipo de superficie; esto se confirma con los resultados obtenidos por Mensha y White (1984).

Cuadro 4. Mortalidad de adultos *Sitophilus* spp, obtenida de 4 tratamientos aplicados a la arcilla y 7 tiempos de exposición. Promedio y porcentaje de los 2 tiempos libres a la exposición (1 y 2 días), 4 repeticiones por tratamiento, 25 adultos por repetición. Buena-vista, Saltillo, Coah. 1986.

Tratamientos	D í a s						
	2	3	7	14	28	56	112
Testigo	7.5 b	6.0 b	4.0 d	2.5 d	2.0 d	2.0 d	1.0 d
Malatión	100.0 a	100.0 a	87.0 c	75.0 c	68.0 c	46.5 c	27.5 c
Permetrina	100.0 a	100.0 a	98.0 a	92.5 a	86.0 a	72.5 a	64.0 a
Pirimifos-metil	100.0 a	100.0 a	95.5 b	90.0 b	80.5 b	67.5 b	59.5 b
C.V. (%)	0.93	0.56	1.91	2.22	3.48	3.65	3.05

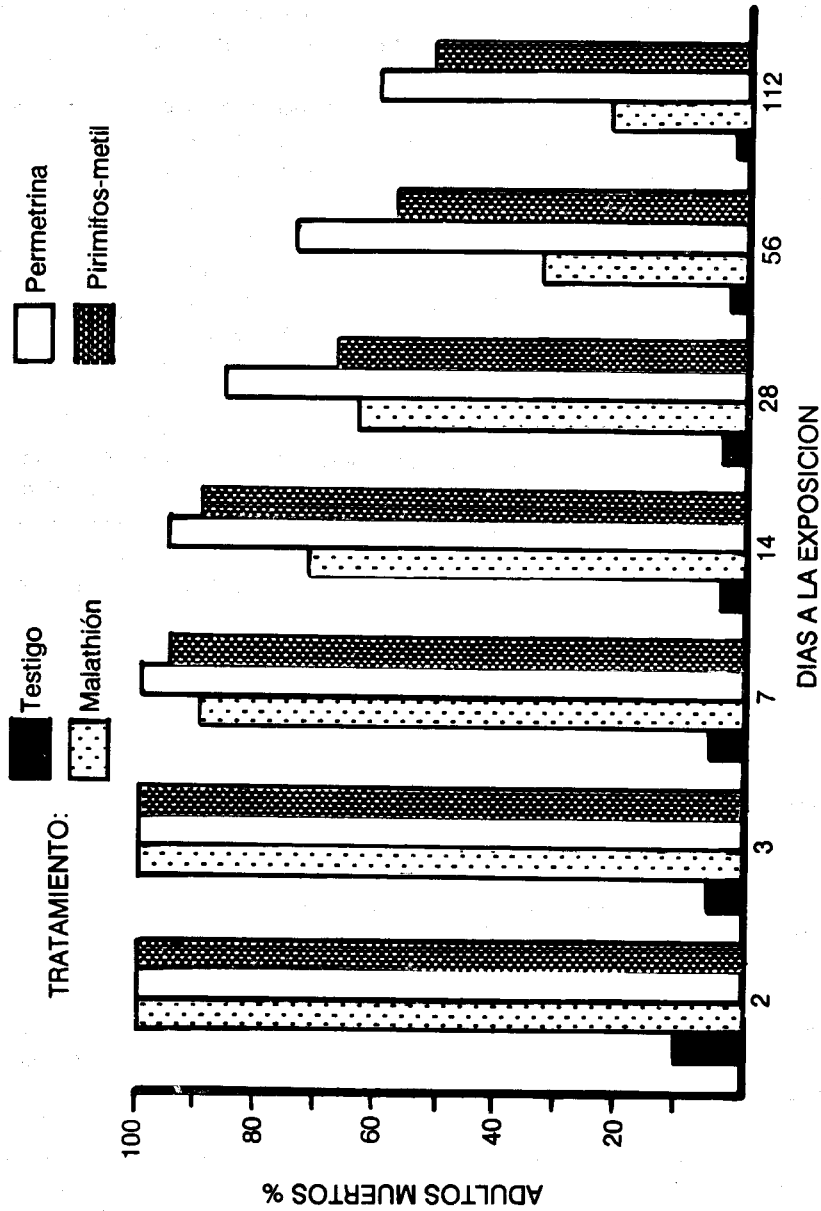


Figura 1.- Mortalidad de adultos de *Sitophilus* spp. por exposición a cuatro tratamientos aplicados a la superficie de concreto. Porcentaje de cuatro repeticiones por tratamiento. 25 adultos por repetición. Buenavista Saitillo, Coah. 1986.

La mortalidad observada en la exposición realizada a los 28 días, mostró nuevamente que la permetrina con una mayor mortalidad (86.5%) superó estadísticamente a los compuestos pirimifos-metil y malatión, los que presentaron el 80.5% y el 68.0% de mortalidad de adultos respectivamente; la mortalidad para el testigo fue relativamente baja (2.0%), por lo que todos los tratamientos se comportaron estadísticamente diferentes entre sí (Cuadro 4).

En la exposición a los 56 días después de aplicados los tratamientos, se observó que siguieron comportándose estadísticamente diferentes todos los tratamientos. Es así que el compuesto permetrina mostró la mayor mortalidad de adultos con 72.5%, en tanto que para el pirimifos-metil y malatión, la mortalidad fue del 67.5% y 46.5% respectivamente. Para el testigo nuevamente la mortalidad fue del 2.0% por lo que cabría esperar una vez más, que en esta exposición, al igual que en la anterior (28 días) la mortalidad producida por este tratamiento (testigo), fue de tipo natural, puesto que para estas fechas el contenido de humedad en la superficie era mínimo, no influyendo ésta para que existiera una mortalidad elevada (Cuadro 4).

Para la última exposición efectuada a los 112 días post-tratamiento (Cuadro 4), la mortalidad de los adultos causada por los tratamientos fue estadísticamente diferente y se obtuvo el 64.0% de mortalidad producida por la permetrina, en cambio para el pirimifos-metil la diferencia existente fue de aproximadamente el 4.5%, ya que éste produjo el 59.5% de mortalidad, en comparación con el malathion, casi tuvo el 37.0% de diferencia, debido a que este último compuesto solamente produjo un 27.5% de mortalidad. La mortalidad para el testigo fue únicamente del 1.0% la que se considera realmente mínima y quizá sea a causa del manejo de los insectos al momento de la colocación en la superficie.

Es importante hacer mención que los resultados de la mortalidad de adultos por compuesto en ambas superficies (concreto y arcilla) no sufrieron ninguna transformación estadística con el objeto de disminuir los coeficientes de variación, ni el testigo fue sujeto a la mortalidad corregida. Tomando en cuenta estos resultados, en relación al coeficiente de variación que en promedio fue de 2.82% y 2.25%, estos poseen una confiabilidad aceptable.

Para proporcionar una mejor comprensión de los resultados obtenidos en cuanto a la persistencia de los compuestos en la superficie de arcilla, se expone en la Figura 2.

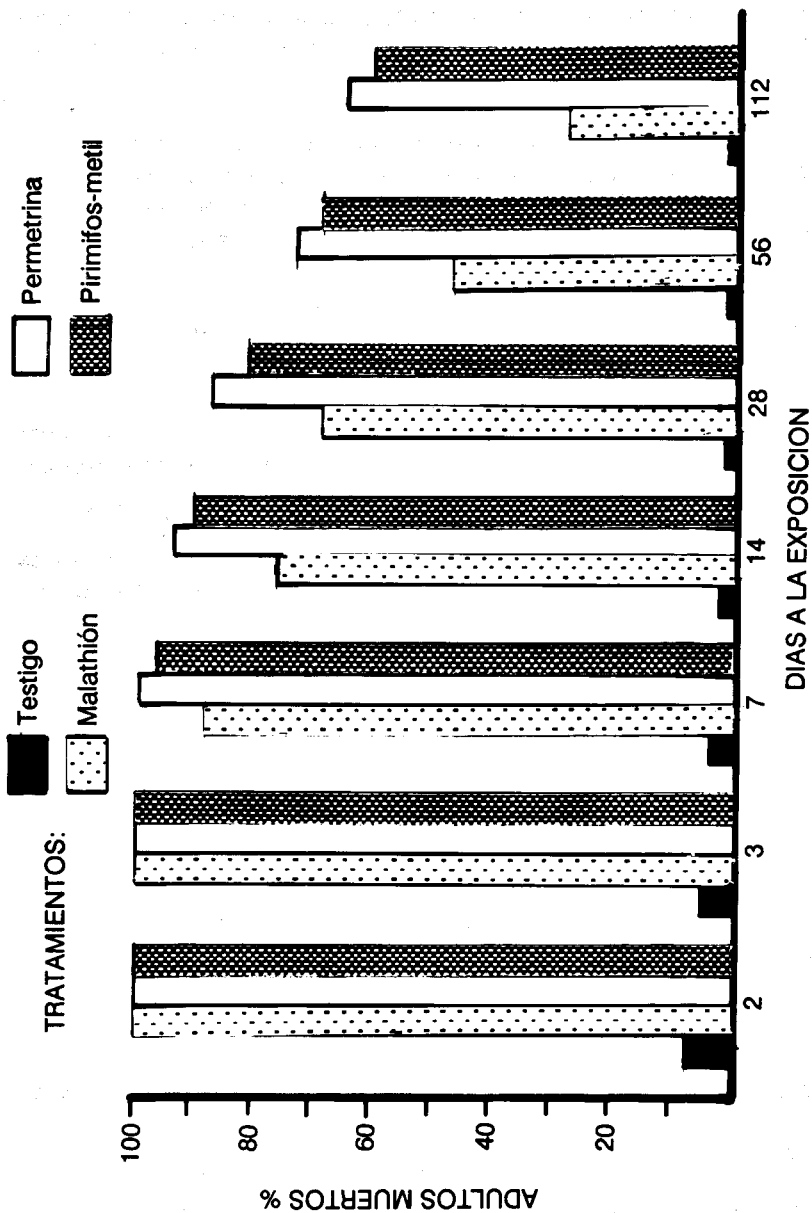


Figura 2.- Adultos muertos de *Sitophilus* spp. por exposición a cuatro tratamientos aplicados a la superficie de arcilla. Porcentaje de cuatro repeticiones por tratamiento. 25 adultos por repetición. Buenavista, Satillo, Coah. 1986.

CONCLUSIONES

1. La persistencia de los compuestos permetrina, pirimifos-metil y malatión, está dada de acuerdo a su grupo toxicológico, y la permetrina es el que mayor persistencia mostró, tanto en la superficie de arcilla como en la de concreto, obteniéndose en promedio el 87.07% de mortalidad de adultos en ambas superficies.
- 2.- Aún cuando el pirimifos-metil y malathion pertenecen a un mismo grupo toxicológico, éstos presentan diferente grado de persistencia, manifestada ésta en la mortalidad producida por cada compuesto, la que en promedio es del 81.71% y 69.85% respectivamente en ambas superficies.
3. El tipo de superficie en el cual se aplican los insecticidas, y el tiempo que transcurre antes de que el insecto entre en contacto con éste, son factores que determinan la persistencia del compuesto y la mortalidad de insectos. Así, la superficie de arcilla, con tiempo de 1 día libre a la exposición, fue la que mayor mortalidad de insectos proporcionó (83.42%).

Se sugiere que este tipo de trabajo se complemente y profundice con otros métodos de control, para obtener de esta manera mayor conocimiento de estos métodos y la posibilidad de utilizarlos contra esta plaga.

BIBLIOGRAFIA

- Abdel-Kader, M.H.K., G.R.B. Webster, S.R. Loschiavo & F.L. Watters. 1980. Low temperature degradation of malathion in stored wheat. Jour. Econ. Entomol. 73:654-6
- Ardley, J.H. y R. Sticka. 1977. The effectiveness of fenitrothion and malathion as grain protectant under bulk storage conditions in new South Wales, Australia. Jour. Stored Prod. Res. 13:159-68
- Attia, F.I. & T. Frecker. 1984. Cross-resistance spectrum and synergism studies in organophosphorus-resistant strain of *Oryzaephilus surinamensis* in Australia. Jour. Econ. Entomol. 77:1367-70.
- Bansode, P.C. & W.V. Campbell. 1979. Evaluation of North Carolina field strains of the red flour beetle for resistance to malathion and other organophosphorus compounds. Jour. Econ. Entomol. 72:331-3.

- Bansode, P.C., W.V. Campbell y L.A. Nelson. 1981. Toxicity of four organophosphorus insecticides to a malathion-resistant strain of the indian meal moth in North Carolina. *Ibid.* 74:382-4.
- Beeman, R.W. 1983. Inheritance and linkage of malathion resistance in the red flour beetle. *Jour. Econ., Entomol.* 76:737-40.
- Christensen, C.M. & H.H. Kaufman. 1979. Grain storage. The role of fungi in quality loss. University of Minnesota. 153 p.
- Cogburn, R.R. 1972. Natural surfaces in a gulf port, warehouse: influence on the toxicity of malathion and gardona to confused flour beetles. *Jour. Econ. Entomol.* 65:1706-9.
- _____, J.A. Coffelt y P.L. Hartsell. 1976. Malathion as a protectant against storage insects of inshell walnuts. *Ibid.* 69: 539 - 41.
- Dirección General de Sanidad Vegetal. 1980. Principales plagas de los granos almacenados. Boletín técnico SARH. México. 74 p.
- Dyte, C.E. 1970. Insect resistance in stored product insects with special reference to *Tribolium castaneum*. *Trop. Stored Prod. Inf.* 20:13-8.
- Dyte, C.E. & D.G. Blackman. 1970. The spread of insect resistance in *Tribolium castaneum* (Herbest)(Coleoptera:Tenebrionidae). *Jour. Stored Prod. Res.* 6:255-61.
- Girich, G.K., R.K. Goyal & K. Krishnamurthy. 1970. Studies on stored grain pests and their control. I: Efficacy and residual toxicity of iodofenphos and malathion. *Bull. Grain Technol.* 8:103-6
- Hallscak, J.P. & R.W. Beeman. 1983. Status of malathion resistance in five genera of beetles infestig farm-stored corn, wheat, and oats in the United States. *Jour. Econ. Entomol.* 76:717-22.
- Handerson, S. & S.W. Pixton. 1982. The relationship between moisture content and equilibrium relative humidity of five types of wheat flour. *Jour. Stored. Prod. Res.* 18:27-30.
- Hyde, M.B., A.A. Baker, A.C. Ross y C.O. López. 1974. Almacenamiento hermético de los cereales. Boletín técnico. (FAO). Roma, Italia, 72 p.
- I.C.I. s.f. a. "Actellic" un insecticida de baja toxicidad para el control químico de las plagas insectiles importantes de los productos almacenados. Boletín Técnico. 10 p.

- b. "Actellic" insecticida para uso agrícola y granos almacenados. Boletín Técnico. 12 p.
- c. "Ambush" insecticida piretroide (permetrina). Boletín Técnico. 16 p.
- LaHue, D.W. 1975. Primiphos methyl as a short term protectant of grain against stored product insects. Jour. Econ. Entomol. 68:235-8.
- _____. 1976. Grain protectants for seed corn. Ibid. 69:652-5.
- LaHue, D.W. & A. Kadoum. 1979. Residual effectiveness of emulsion and encapsulated formulations of malathion and fenitrothion against four stored grain beetles. Ibid 72:234-7.
- Levi, I. & T.W. Nowicki. 1974. Rapid screening method for simultaneous determination of organochlorine and organophosphate pesticide residues in wheat by gas-liquid chromatography. Jour. Assoc. Anal Chem. 57:924-9.
- Madrid, F.G., N.D.G. White & R.N. Sinha. 1983. Effects of malathion dust on indian meal moth and almond moth infestation of stored wheat. Ibid. Entomol. 76:1401-4.
- Martin, H. & C.E. Worthing. 1977. Pesticide manual. 5th. ed. British Corp. Protection Council. 220-5.
- McGauhey, W.H. 1971. Malathion on milling fractions of three varieties of rough rice; duration of protection and residues degradation. Jour. Econ. Entomol. 64:1200.
- Mensah, G.W.K. & F.L. Watters. 1979. Uptake of bromophos into bulk stored wheat from treated granary surface. Ibid 72:275-80.
- Mensha, G.W.K. & N.D.G. White. 1984. Laboratory evaluation of malathion-treated sawdust for control of stored-product insect in empty granaries and food warehouses. Ibid. 77:202-6.
- Mensah, G.W.K., F.L. Watters & G.R.B. Webster. 1979. Translocation of malathion, bromophos and iodophenphos into stored grain from treated structural surfaces. Ibid. 72:385-9.
- Qi, Y & W.E. Burkholder. 1981. Protection of stored wheat from the granary weevil by vegetable oils. Jour. Econ. Entomol. 74:502-5.
- Redlinger, L.M. 1976. Pirimiphos-methyl as a protectant for farmers stock peanuts. Jour. Econ. Entomol. 69:377-80.

- Rowlands, D.G. & J.S. Bramhill. 1977. The uptake and translocation of malathion by the stored wheat grain. *Jour. Stored Prod. Res.* 13:13-22.
- Slominski, J.W. & W.L. Goymereac. 1972. The effect of surface on the activity of insecticides. *Coll. Agric. Life Sci. Univ. Wis. Res. Rep.* 702-6.
- Spitler, G.H. 1975. Pirimiphos methyl as a protectant for stored inshell almonds. *Ibid.* 68:777-80.
- Spitler, G.H. & P.L. Hartsell. 1970. Laboratory evaluation of malathion as a protectant for natural raisins. *Jour. Econ. Entomol.* 63:1502-5.
- Spitler, G.H., J.A. Coffelt y P.L. Hartsell. 1976. Malathion as a protectant against storage insects of inshell walnuts. *Ibid.* 69:539-41.
- Spitler, G.H., J.D. Clark, J.A. Coffelt & P.L. Hartsell. 1974. Malathion as a protectant for inshell almonds during storage. *Ibid.* 67:535-6.
- Tauthong, S. & F.L. Watters. 1978. Persistence of three organophosphorus insecticides on plywood surfaces against five species of stored-product insect. *Ibid.* 71:115-21.
- Watters, F.L. 1970. Toxicity to the confused flour beetle of malathion and bromophos on concrete floors. *Jour. Econ. Entomol.* 63:1000-1.
- _____. 1976. Persistence and uptake in wheat of malathion and bromophos applied on granary surfaces to control the red flour beetle. *Ibid.* 69:353-7.
- Watters, F.L. & G.W.K. Mensah. 1979. Stability of malathion applied on stored wheat for control of rusty grain beetles. *Ibid.* 72:794-7.
- White, N.D.G., T.W. Nowicki & F.L. Watters. 1983. Comparison of fenitrothion and malathion for treatment of ply wood and galvanized steel surfaces for control of the red flour beetle and rusty grain beetle. *Jour. Econ. Entomol.* 76:856-63.
- Wilkin, D.R., S.C. Aggarwal & K.P. Thomas. 1973. Treatment of grain admixture of iodofenphos. *Pest Infest Control. Min. Agric. Fish and Food.* 110-1.
- Zeettler, J.L. 1974. Toxicity to malathion-resistant strains of the indian meal moth. *Jour. Econ. Entomol.* 67:450-3.