

347

ya ESTUDIO FISIOLÓGICO DE LA DEFOLIACION CAUSADA
POR *Cercospora coffeicola* EN EL CAFETO

Germán Valencia A.*

INTRODUCCION

El etileno (C_2H_4) parece que es el único hidrocarburo insaturado de bajo número de carbonos que a bajas concentraciones provoca respuestas fisiológicas en vegetales (12); es un producto metabólico de frutos y tejidos vegetales sanos y se ha considerado como el defoliante más eficiente, puesto que a pequeñas concentraciones puede inducir abscisión aún en hojas nuevas o jóvenes (2).

Yarwood (16) hizo una interesante revisión de literatura sobre las distintas manifestaciones fisiológicas de las plantas afectadas por parásitos de diferentes tipos y encontró que la mayor parte de los casos en que ocurre abscisión foliar están asociadas con producción de etileno por el organismo causal o por el tejido enfermo.

Addicott (1) refiere entre los factores ambientales que influyen en la abscisión, al etileno y enumera algunos hongos patógenos que liberan altos niveles de este gas. Chalutz (6) menciona numerosos casos de producción de etileno por varios tipos de hongos fitopatógenos y dice que este gas es un producto metabólico común de hongos, bacterias y plantas enfermas. Williamson (13) presenta resultados que indican que el etileno se produce por el tejido vivo de la planta como respuesta a injurias y que la lesión producida por ciertos hongos patogénicos es suficiente para inducir la producción de ese gas; considera que el amarillamiento y abscisión de hojas enfermas está correlacionado con la producción de etileno por esos mismos tejidos.

Por otra parte, plántulas etioladas de leguminosas son bastante afectadas

* Jefe de la Sección de Fito fisiología del Centro Nacional de Investigaciones de Café. Cenicafé, Chinchiná.

por el etileno y la respuesta de epicotilos de alverja varía cualitativa y cuantitativamente con la concentración del mencionado gas (9); las alteraciones mostradas por la alverja se conocen como la "triple respuesta", la cual consiste en epinastia, hinchamiento y reducción longitudinal del tallo (4,9,13).

Según Cooper (5), la mayor parte de los productos químicos que se han probado para inducir abscisión de hojas o de frutos inducen también la producción de etileno por esos tejidos. El Ethrel (ácido 2-cloroetilfosfónico), es un nuevo regulador de desarrollo de las plantas, del cual se sabe que es absorbido y translocado por hojas, por raíces y por tallos cortados (10) y que una vez dentro del tejido de la planta, o bien, estimula la síntesis de etileno en el tejido tratado (7), o bien, se degrada para producir etileno (7,15), obteniéndose de aquella las respuestas características de tratamientos con etileno. Bradley et al (3) dicen que el Ethrel es una forma más adecuada de aplicación a la estructura de la planta que el etileno mismo.

Para provocar el efecto contrario de Ethrel se sugiere* ensayar aplicaciones de 2,4-D, de ANA, de ALAR (2,2 dimetil hidrazida del ácido succínico). Burg (4) sostiene que el ácido indolacético previene la abscisión y Varner (14), con este mismo fin, dice que se puede usar el 2,4-D, el ácido clorofenoxiacético o el ácido naftalenoacético.

El hongo *Cercospora coffeicola* causa la denominada "mancha de hierro" en el cafeto, ataca plantas de todas las edades, provoca una intensa defoliación y notable disminución de la producción y de la calidad del grano (8). Se ha probado también (11) que las hojas de café afectadas por este hongo, producen etileno.

El estudio que aquí se presenta se realizó con el objeto de conocer la causa de la grave e intensa defoliación que el *C. coffeicola* provoca en el cafeto, a fin de buscar la manera de retardar o impedir dicha pérdida de hojas y sus implicaciones económicas.

MATERIALES Y METODOS

El estudio incluyó cinco experimentos realizados en condiciones de laboratorio y uno realizado en condiciones de campo. Para todos los ensayos se utilizaron plántulas de café de almácigos de 5 a 6 meses de edad, sembradas en bolsas de polietileno.

* Información obtenida en correspondencia con H. E. Noble, 1969.

Para provocar aumento de la producción de etileno por las plántulas sanas de café se hicieron aspersiones de Ethrel, nombre dado por los fabricantes (Amchem Products, Inc. Ambler, PA., U. S. A.) al ácido 2-cloroetilfosfónico, formulación ACP-68-250, con 480 gramos de ingrediente activo por litro.

La disminución del desarrollo longitudinal de los epicotilos etiolados de alverja y la defoliación de las plántulas de café tratadas con Ethrel ó afectadas por el *C. coffeicola*, se utilizaron como índices de producción de etileno por dichas plántulas.

Para los ensayos en el laboratorio se emplearon cámaras de plástico de 34 x 60 x 60 cm. (0.122 m³) dentro de las cuales se colocaron una o dos plántulas de café en su respectiva maceta y junto a éstas, en el piso de la cámara, en cajas de Petri de 10 cm. de diámetro, con buena humedad, se pusieron 30 semillas de alverja ya germinada. Este conjunto sellado herméticamente, y para los distintos ensayos en el laboratorio, se dejó en la oscuridad durante seis días, al cabo de los cuales se registró el número de hojas caídas y la longitud de los epicotilos de alverja, para la evaluación de los tratamientos.

En las condiciones de campo, se utilizaron plántulas como las ya descritas, pero con alto índice de infección por *C. coffeicola*, y se colocaron en terreno limpio, a fin de registrar las hojas caídas para la evaluación de los diferentes tratamientos.

RESULTADOS

En los cuadros 1 y 2 se presentan los registros de porcentaje de defoliación y longitud de epicotilos etiolados de alverja atribuibles a la acción del etileno producido en las plántulas de café a consecuencia de diferentes concentraciones de Ethrel (cuadro 1) y a consecuencia de diferentes grados de infección por *Cercospora* (cuadro 2).

De los registros anotados solo se analizó matemáticamente la longitud de los epicotilos de la alverja que eran los que indicaban la presencia de etileno en las cámaras herméticas utilizadas. Se encontraron diferencias significativas al 1% de probabilidad debidas tanto a concentración de Ethrel, como al grado de infección por *Cercospora*.

En los gráficos 1 y 2 se señalan los valores de longitud de epicotilos de alverja obtenidos en los distintos tratamientos (Concentraciones de Ethrel

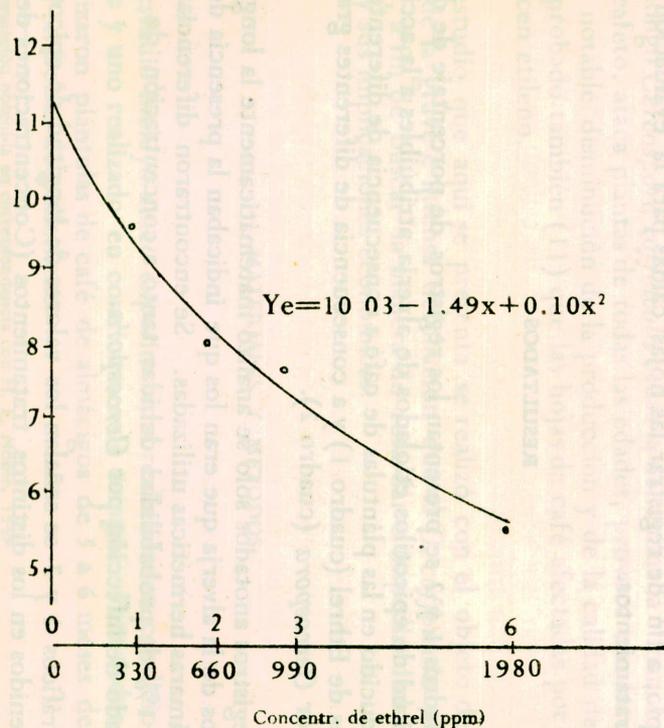


Gráfico 1. Efecto de varias concentraciones de etrel sobre la longitud de talluelos etiolados de alverja (promedio en cms de 30 talluelos). Datos teóricos y observados.

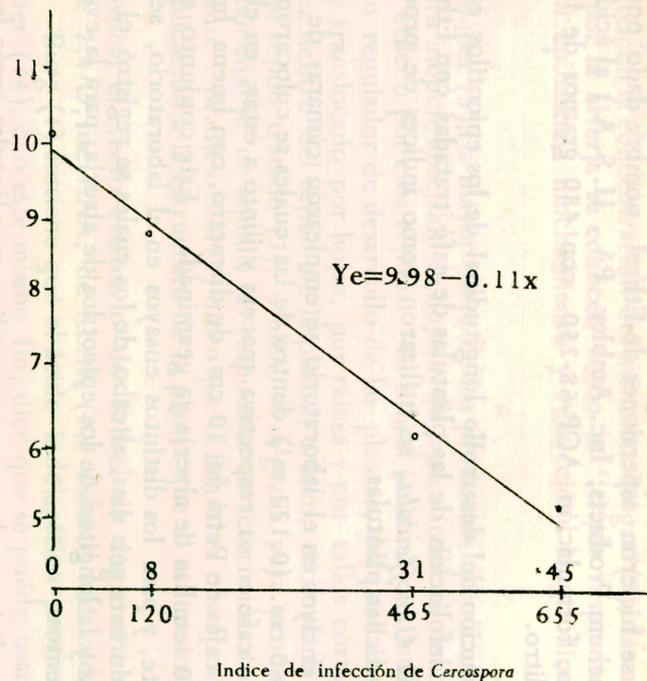


Gráfico 2. Efecto de distintos Índices de infección por *C. coffeicola* sobre la longitud de talluelos etiolados de alverja (promedio en cms de 30 talluelos). Datos teóricos y observados.

Cuadro 1 Longitud promedio (cm) de epicotilos etiolados de alverja y porcentaje de defoliación en plántulas de café tratadas con Ethrel.

| Tratamientos | Nº total de hojas | Nº de hojas caídas | % de defoliación | Long. Epic. de alverja |
|--------------------|-------------------|--------------------|------------------|------------------------|
| Testigo | 65 | 0 | 0 | 11.1 |
| 330 ppm. de Ethrel | 47 | 20 | 42 | 9.6 |
| 660 " " " | 52 | 35 | 67 | 8.1 |
| 990 " " " | 52 | 42 | 81 | 7.7 |
| 1980 " " " | 48 | 43 | 89 | 5.6 |

Cuadro 2. Longitud promedio (cm) de epicotilos etiolados de alverja y porcentaje de defoliación en plántulas de café con diferente grado de infección de *Cercospora*.

| Tratamientos (I. Infección)* | Nº total de hojas | Nº de hojas enfermas | Nº de hojas caídas | | % de Defoliación | Long. Epic. de alverja |
|------------------------------|-------------------|----------------------|--------------------|----------|------------------|------------------------|
| | | | Sanas | Enfermas | | |
| Testigo | 37 | 1 | 0 | 0 | 0.0 | 10.3 |
| 120 | 35 | 11 | 0 | 1 | 3.0 | 8.8 |
| 465 | 29 | 20 | 0 | 6 | 21.0 | 6.1 |
| 655 | 36 | 30 | 0 | 12 | 33.0 | 5.1 |

* Índice de infección = $\frac{\text{Nº de hojas enfermas} \times \text{Nº de manchas}}{\text{Nº total de hojas}}$

Cuadro 3. Desprendimiento de hojas de café de diferentes edades, tratadas con dos concentraciones de Ethrel.

| Tratamiento (Ethrel) | Sub-tratamiento (edad de la hoja) | Nº de hojas tratadas por planta | Nº de hojas caídas por planta |
|----------------------|-----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| 1000 ppm | Hojas viejas | 2 | 0 |
| | Hojas adultas | 2 | 2 |
| | Hojas jóvenes | 2 | 2 |
| | Total | 6 | 4 |
| 2000 ppm | Hojas viejas | 2 | 2 |
| | Hojas adultas | 2 | 2 |
| | Hojas jóvenes | 2 | 4 |
| | Total | 6 | 8 |

y de grado de infección por *Cercospora* respectivamente) y se representan las ecuaciones que mejor describen esos datos. Se observa pues que al aumentar la concentración de Ethrel aplicada ó el grado de infección por el hongo, disminuye la longitud de los epicotilos.

Queda pues indirectamente demostrado que la causa de la defoliación que el *C. coffeicola* provoca en el cafeto se debe a la liberación de etileno en cantidades superiores a lo normal.

En el cuadro 2 se observa que todas las hojas desprendidas fueron hojas enfermas. Esta observación dió origen al siguiente ensayo, cuyos resultados se presentan en el cuadro 3, y que consistió en tratar hojas de tres edades diferentes, con dos concentraciones de Ethrel (1.000 y 2.000 ppm) para observar su efecto y translocación. Según estos datos, el Ethrel se transloca dentro de la planta y se desprenden con más facilidad por acción del etileno producido, las hojas más jóvenes.

A continuación se presentan los resultados de los ensayos de control de la defoliación tanto en plantas enfermas como en plantas previamente tratadas con Ethrel (cuadros 4 y 5).

En el cuadro 4 se dan los resultados de aplicación de varias concentraciones de ácido naftalenoacético (ANA) y de 2,4-D en plantas afectadas con *C. coffeicola*.

Cuadro 4. Tratamientos con ANA y 2,4-D para evitar la caída de hojas en plantas de café atacadas por *Cercospora*.

| Acido | concentración | Indice de infección | | Hojas caídas | % de defoliación | Long. de epic. de alverjas |
|-------|---------------|---------------------|-------|--------------|------------------|----------------------------|
| | | Inicial | Final | | | |
| ANA | Testigo (0) | 586 | 101 | 15 | 26 | 8.1 |
| " | 0.0010 M | 570 | 169 | 6 | 9 | 8.3 |
| " | 0.0015 M | 582 | 208 | 9 | 13 | 9.1 |
| " | 0.0020 M | 620 | 195 | 9 | 14 | 8.5 |
| 2,4-D | Testigo (0) | 391 | 261 | 13 | 27 | 9.2 |
| " | 1 ppm. | 392 | 236 | 5 | 9 | 8.4 |
| " | 2 ppm. | 385 | 209 | 5 | 9 | 9.8 |
| " | 3 ppm. | 388 | 364 | 2 | 4 | 9.6 |

En este cuadro 4 se observa que, según la longitud de los epicotilos de alverjas, los ácidos ANA y 2,4-D, aunque no impiden la liberación de etileno por las plantas de café enfermas, si actúan como antidefoliantes, contrarrestando el efecto de aquel gas.

En plántulas de café previamente tratadas con Ethrel a concentraciones de 1000 y 2000 ppm se aplicaron dosis de 0 y 20 x 10⁻⁴M de ANA y de 3 ppm de 2,4-D; los resultados obtenidos se presentan en el cuadro 5, los cuales confirman la eficacia mostrada (cuadro 4) por estos ácidos en el control de la defoliación.

Cuadro 5. Tratamientos con ANA y 2,4-D para evitar la caída de hojas en plantas de café tratadas con Ethrel.

| Pretratamiento | Tratamiento | Nº total de hojas | Nº total de hojas caídas | % de defoliación | Long. de epic. de alverja |
|------------------|----------------|-------------------|--------------------------|------------------|---------------------------|
| 1000 ppm. Ethrel | Testigo (agua) | 20 | 16 | 80 | 8.0 |
| | 0.0020 M (ANA) | 22 | 1 | 5 | 7.5 |
| | 3 ppm. (2,4-D) | 20 | 0 | 0 | 10.7 |
| 2000 ppm. Ethrel | Testigo (agua) | 26 | 21 | 81 | 8.0 |
| | 0.0020 (ANA) | 26 | 1 | 4 | 7.5 |
| | 3 ppm. (2,4-D) | 22 | 2 | 9 | 10.7 |

En condiciones de campo, con plántulas de café con alto índice de infección por *C. coffeicola*, se probó la efectividad de aspersiones de 3 y 6 ppm de 2,4-D en el control de la defoliación que este hongo provoca en el café.

En el cuadro 6 se presentan los datos de hojas caídas, acumuladas en ca-

Cuadro 6. Efecto del 2,4-D en el control de la defoliación provocada por *C. coffeicola* en plántulas de café. Datos acumulados en cada fecha. Promedios de 2 replicaciones.

| Fecha de los registros * | Tratamientos | | | |
|--------------------------|--------------|---------------|---------------|-------|
| | Testigo | 2,4-D (3 ppm) | 2,4-D (6 ppm) | Total |
| Octubre 10/69 | 6 | 2 | 2 | 10 |
| “ 13 | 12 | 5 | 4 | 21 |
| ” 14 | 19 | 8 | 6 | 33 |
| ” 20 | 49 | 32 | 29 | 110 |
| ” 24 | 72 | 57 | 62 | 191 |
| Total | 158 | 104 | 103 | |

* Aplicación de tratamientos octubre 6/69.

da fecha de registro y en él se observa que después de los 14 días no hay control apreciable de desprendimiento de hojas.

El análisis estadístico de los datos del cuadro 6, mostró diferencias altamente significativas debidas a tratamientos y a fechas de registro. los totales de fechas de registro manifestaron tendencia lineal y cuadrática. Entre las concentraciones de 2,4-D no hubo diferencia de efectividad, pero estos tratamientos fueron significativamente diferentes al testigo.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

Los resultados anteriores demuestran que las lesiones de *C. coffeicola* en la planta de café producen o hacen producir etileno en cantidades superiores a lo normal (testigo), lo que coincide con los reportes de Subramanian (11). Demuestran indirectamente también que la defoliación es inducida por el etileno ó está asociada con la producción de este gas en la planta bien por el hongo, bien por el Ethrel; estos resultados están de acuerdo con los de la mayoría de los estudios consultados sobre abscisión (1,5,6,10,12,13,16).

Al comparar los resultados presentados en los cuadros 1 y 2 y en los gráficos 1 y 2, se observa que el tamaño de los talluelos de alverja, que fue el índice de estimación de la producción de etileno, son bastante semejantes; sin embargo, la defoliación registrada en los dos ensayos es bien diferente. Esta diferencia puede explicarse si se tiene en cuenta que en el caso de la "mancha de hierro", las plantas presentaban hojas bastante afectadas y hojas completamente sanas, especialmente las más nuevas; en cambio en el ensayo con Ethrel, la aplicación del producto se hizo en todas las hojas de la planta.

Los datos del cuadro 3 corroboran esta explicación, pues en este ensayo se trató de simular el efecto de la enfermedad sobre la defoliación aplicando Ethrel en determinadas hojas y se observó que, según la dosis del producto y según la edad de la hoja, se desprendían con más facilidad las hojas menos viejas. Esta situación parece indicar también que el etileno actúa internamente y que el Ethrel se transloca fácilmente en la planta, lo que confirma los reportes de Shanks y de Bradley (3,10).

Para contrarrestar la acción defoliante del hongo fue notable el efecto de los ácidos ANA y 2,4-D aplicando 10 ml de solución por planta. En el cuadro 4 se observa que no se afecta la producción de etileno, lo que parece indicar que estos reguladores de desarrollo neutralizan el efecto del gas en la planta.

Para contrarrestar el efecto defoliante del Ethrel los dos ácidos usados se mostraron efectivos y además, se observó que éstos actúan de manera diferente si se considera el tamaño de los talluelos de alverja, que fue el índice de producción etileno; el ANA no impide la producción de etileno en la planta mientras que el 2,4-D parece bloquear esa producción.

Estos efectos antidefoliantes coinciden con los reportados por Varner (14), quien agrega que la abscisión se asocia con disminución de auxinas endógenas en la planta, lo cual explica la acción de estos compuestos suministrados al café.

En el ensayo de campo (cuadro 6) no se encontraron diferencias de efectividad entre las dos concentraciones usadas de 2,4-D y se observó que la acción de este producto se prolonga durante 14 días, ya que dos semanas después de su aplicación hay 40% de retención de hojas con relación al testigo.

En vista de los resultados expuestos, se pretende continuar el estudio de varias dosis de 2,4-D en plántulas de distintas edades y su aplicación en mezcla con fungicidas y fertilizantes a fin de evitar la pérdida de almácigos afectados por "mancha de hierro".

RESUMEN

Se estudió la causa de la intensa y grave defoliación que el *C. coffeicola* provoca en el café con el objeto de buscar métodos para impedir dicha pérdida de hojas.

Entre las respuestas fisiológicas de vegetales a la acción del etileno está la abscisión foliar en muchas plantas y la disminución del crecimiento longitudinal de epicotilos etiolados de alverja. Esta respuesta de la alverja y la defoliación del café se utilizaron para detectar el etileno producido por plántulas de café en los diferentes experimentos realizados.

Se comprobó la producción de etileno en cantidades superiores a lo normal en las plantas afectadas por el hongo y que la defoliación que el patógeno provoca está asociada con la producción de este gas en la planta. Se obtuvo mayor defoliación y menor crecimiento de epicotilos de alverja al aumentar tanto la concentración de Ethrel aplicado como al aumentar el índice de infección en las plantas. Se encontró que las hojas de menor edad eran más sensibles que las hojas viejas a la acción del etileno.

Hecha esta comprobación, se trató de contrarrestar la defoliación mediante aspersiones con ácido naftaleno-acético y con 2,4-D a concentracio-

nes de 0,10,15 20 por $10^{-4}M$ y 0,1,2 y 3 ppm. respectivamente, en plantas de café con similar grado de infección por *Cercospora* y plantas pretratadas con Ethrel. Los resultados indicaron que ambos ácidos contrarrestan la caída de hojas, en los que sobresale la dosis de 3 ppm de 2,4-D.

En el campo no se encontraron diferencias de efectividad entre aspersiones de 3 y 6 ppm de 2,4-D, pero estos tratamientos comparados con el testigo se mostraron como positivos antidefoliantes y su acción se prolonga durante dos semanas, cuando aún se encuentra un 40% de retención de hojas en relación al testigo.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- ADDICOTT, F. T. Environmental factors in the physiology of abscission. *Plant Physiology* 43 (9.Pt. B):1471-1479. 1968.
- 2.- AUDUS, L. J. *Plant growth substances*. London, Leonard, 1959. 553 p.
- 3.- BRADLEY, M. V., MAREI, N. y CRANE, J. C. Morphological and histological effects of ethrel on the apricot, *Prunus armeniaca* L., as compared with those of 2,4,5-trichlorophenoxyacetic acid. *American Society for Horticultural Science. Journal* 94(3):316-318. 1969.
- 4.- BURG, S. P. The physiology of ethylene formation. *Annual Review of Plant Physiology* 13:265-302. 1962.
- 5.- COOPER, W. C. et al. Control of abscission in agricultural crops and its physiologic basis. *Plant Physiology* 43(9.Pt.B.) 1560-1576. 1968.
- 6.- CHALUTZ, E. y DeVAY, J. E. Production of ethylene in vitro and in vivo by *Ceratocystis fimbriata* in relation to disease development. *Phytopathology* 59(ε):750-755. 1969.
- 7.- EDGERTON, L. J. y GREENHALGH, W. J. Regulation of growth, flowering and fruit abscission with 2-chloroethanephosphonic acid. *American Society for Horticultural Science. Journal* 94(1): 11-13. 1969.
- 8.- FERNANDEZ B., O., MESTRE M., A y LOPEZ D., S. Efecto de la fertilización en la incidencia de la mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*) en frutos de café. *Cenicafé (Colombia)* 17(1):5-16. 1966.
- 9.- PRATT, H. K. y BIALE, J. B. Relation of the production of an active emanation to respiration in the avocado fruit. *Plant Physiology* 19(3):519-528. 1944.
- 10.- SHANKS, J. B. Some effects and potential uses of ethrel on ornamental crops. *HortScience* 4(1): 56-58. 1969.
- 11.- SUBRAMANIAN, S. y SRIDHAR, T. S. Studies on the brown-eye-spot disease (*Cercospora coffeicola* B. cke) of coffee (*Coffea arabica* L.). I. Emanation of ethylene from infected leaves. *Rivista di Patologia Vegetale (Italia)* 2(3):127-132. 1966. (Original no consultado; compendiado en *Biological Abstracts* 49(7):3311. 1968.).
- 12.- TJIA, B. O. S., ROGERS, M. N. y HARTLEY, D. E. Effects of ethylene on morphology and flowering of *Chrysanthemum morifolium* Ramat. *American Society for Horticultural Science. Journal* 94(1):35-39. 1969.
- 13.- WILLIAMSON, C. E. Ethylene, a metabolic product of diseased or injured plants. *Phytopathology* 40(2):205-208. 1950.
- 14.- VARNER, J. E. Death. In J. Bonner y J. E. Varner, eds. *Plant biochemistry*. New York, Academic Press, 1965. pp. 867-872.
- 15.- YANG, S. F. Ethylene evolution from 2-chloroethylphosphonic acid. *Plant Physiology* 44(8):1203-1204. 1969.
- 16.- YARWOOD, C. E. Response to parasites. *Annual Review of Plant Physiology* 18:419-438. 1967.