

RESISTENCIA DEL FRIJOL COMUN, *Phaseolus vulgaris* L., AL *Empoasca kraemeri* ROSS AND MOORE

Jorge E. García¹
César Cardona M.²
Aart Van Schoonhoven³

RESUMEN

En las condiciones del CIAT (24°C temperatura promedio; 80% humedad relativa) se han estudiado, desde 1972 los niveles de resistencia de más de 10.000 variedades de frijol común, al ataque del lorito verde (*E. kraemeri*) y se ha mejorado esta leguminosa para aumentar sus niveles de resistencia.

Al hacer evaluaciones mediante una escala visual de daño, se encontró que solo el 3,3% de los materiales fueron resistentes. Los menores niveles de resistencia se hallaron en materiales con semilla de color rojo y blanco; el 78% de los materiales clasificados como resistentes poseen semilla de color negro. Los recuentos de ninfas y adultos no sirvieron para clasificar los materiales por su resistencia, debido a que no presentaron correlación con el daño visual, ni con la pérdida en el rendimiento ocasionada por el insecto.

La adaptación reproductiva, que indica el potencial de producción de un material en presencia del insecto, mostró una correlación significativa con los rendimientos y con los porcentajes de pérdida de rendimiento. Se discute además la metodología utilizada en el mejoramiento por resistencia a *E. kraemeri* y los avances obtenidos en cuatro ciclos sucesivos de selección: disminución de los porcentajes de pérdida e incremento en los rendimientos de los materiales mejorados.

SUMMARY

Since 1972, over 10.000 bean accessions have been evaluated for resistance to the leafhopper, *E. kraemeri* at CIAT (mean temperature, 24°C; mean relative humidity, 80%). Resistance to the pest is currently being bred into commercial bean varieties.

Based on a visual damage scale 3.3% of the accessions were classified as resistant. Black-seeded accessions comprised 78% of the resistant materials. The lowest levels of resistance were found in red and white seeds.

Population levels of adults and nymphs did not correlate significantly with the visual damage score nor with yield loss caused by the insect. "Reproductive adaptation", a visual estimate of an accession's ability to yield under *E. kraemeri* attack, was significantly correlated to yield loss.

Breeding methodology and the results of four successive cycles of selection are discussed.

(1) Asistente de Investigación, Programa de Entomología de Frijol. CIAT. Apartado Aéreo 6713. Cali, Colombia.

(2) Entomology ICARDA, P.O. Box 5466. Aleppo, Syria.

(3) Coordinador Programa de Frijol. CIAT. Apartado Aéreo 6713. Cali, Colombia.

INTRODUCCION

Empoasca kraemeri Ross & Moore, un homóptero de la familia Cicadellidae, es considerada la plaga más importante del fríjol en América Latina y las pérdidas en la producción pueden ser totales en ciertas zonas, cuando se presentan condiciones favorables para su desarrollo (Schwartz *et al.*, 1978).

El daño es causado tanto por las ninfas como por los adultos, los cuales inician su ataque inmediatamente después de la germinación de las plantas. Inicialmente se nota un doblamiento de las hojas hacia abajo y ocasionalmente hacia arriba; posteriormente las hojas presentan enrollamiento y amarillamiento de los bordes, lo cual puede observarse en todo el follaje. Puede presentarse necrosis de los ápices y bordes de los folíolos. La planta presenta un aspecto achaparrado; el número de vainas se reduce y presentan deformación (Schwartz *et al.*, 1978; Bonnefil, 1965; Schoonhoven y Cardona, 1980).

El daño es mayor en época seca y es más severo si el ataque coincide con la floración y formación de vainas (Schoonhoven *et al.*, 1978; Miranda, 1967).

Debido a que los métodos de control cultural y biológico ofrecen soluciones parciales y la protección con insecticidas es una medida temporal, el CIAT se ha interesado en buscar una alternativa más confiable, segura y económica como es la resistencia varietal a plagas.

En fríjol común (*Phaseolus vulgaris*), la resistencia a plagas parece ser recesiva y cuantitativa (CIAT, 1976); la heredabilidad es baja (CIAT, 1977) y el mecanismo responsable de dicha respuesta parece ser tolerancia (Schoonhoven y Cardona, 1980).

Los objetivos de este trabajo fueron: mostrar el avance obtenido en el programa de mejoramiento para incorporación de resistencia al lorito verde desde su iniciación en 1972, y presentar la metodología utilizada en dicha evaluación. Relacionar el daño producido por el insecto con las pérdidas en rendimiento, evaluar la disminución de los porcentajes de pérdida a través de los ciclos de selección y el aumento de los rendimientos promedios de los materiales mejorados bajo presión del insecto.

MATERIALES Y METODOS

En 1972, se iniciaron las evaluaciones del ger-

moplasma de fríjol en la Estación principal del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), localizada en Palmira, Valle del Cauca, Colombia (24°C temperatura promedio; 80% humedad relativa).

El mejoramiento del fríjol para la obtención de resistencia a *E. kraemeri*, comprende tres etapas o pasos fundamentales:

- a. Escogencia de fuentes de resistencia.
- b. Cruzamiento de los materiales seleccionados, y
- c. Selección de progenies resistentes.

a. Escogencia de fuentes de resistencia

Dicha escogencia se logró mediante una selección de materiales de fríjol, bajo condiciones de campo, en época seca y con altos niveles de población de la plaga. Cada material fué sembrado en un surco de 2 a 3 m. de largo y con distancia entre plantas de 10 cm.; cada 10 materiales se intercaló un testigo resistente (EMP 97) y los bordes que rodearon el ensayo estuvieron constituídos por una variedad susceptible (BAT 41). El objetivo principal durante estas primeras etapas fue la eliminación de materiales susceptibles, con base en evaluaciones realizadas a los 30, 40 y 50 días después de la siembra, y de acuerdo con la siguiente escala de daño.

- 0 = No hay daño.
- 1 = Daño leve con ligero amarillamiento de los bordes de las hojas.
- 2 = Daño moderado con encocamiento de las hojas.
- 3 = Daño moderado acompañado de amarillamiento de los bordes de las hojas y achaparramiento de la planta.
- 4 = Daño severo, con más encocamiento de las hojas, y un mayor amarillamiento y achaparramiento.
- 5 = Daño muy severo, con fuerte encocamiento y amarillamiento de las hojas, achaparramiento severo, reducción sustancial del número de flores y vainas por planta; frecuentemente, muerte de la planta después de la floración.

Se clasificaron como resistentes los materiales con calificaciones entre cero y dos; intermedios aquellos con valores mayores de dos hasta tres;

y susceptibles con calificaciones superiores a tres.

Los materiales así escogidos pasaron por dos etapas más de selección, con el fin de comprobar su resistencia y posible escogencia como progenitores.

b. Cruzamiento de los materiales seleccionados.

En un bloque de cruzamientos se sembraron en el campo los materiales escogidos como progenitores en surcos de 2 a 3 m. de largo, con dos repeticiones, una de las cuales se protegió químicamente con el fin de obtener buena cantidad de flores.

A partir de los 15 días se realizaron de tres a cuatro evaluaciones periódicas del daño producido por el insecto. Se seleccionaron como progenitores los materiales que presentaban un mayor grado de resistencia, además de reunir otras características agronómicas. Se inició luego el proceso de cruzamiento y la posterior selección de las progenies resistentes para aumentar el nivel alcanzado e incorporado a materiales comerciales.

En la selección de los materiales progenitores, se tuvo en cuenta que fueran también resistentes al virus del mosaico común (BCMV).

c. Selección de progenies resistentes

Las plantas provenientes de la poca semilla F_1 obtenida de los cruzamientos fueron altamente protegidas con químicos, con el fin de obtener la mayor cantidad de semilla para el siguiente paso de selección.

La semilla F_2 fue sembrada en el campo en surcos de 5 m. de largo y a una distancia entre plantas de 20 cm., con el fin de que manifestaran su potencial de crecimiento; el número de surcos de cada población varió con la cantidad de semilla F_2 obtenida.

El primer surco de cada población estuvo ocupado por la madre y el último por el padre, con el fin de medir en la población el avance o ganancia en resistencia con respecto a sus progenitores.

Veinte días después de la siembra, se iniciaron las evaluaciones del daño causado por *E. kraemeri* (escala cero a cinco). Debido a la alta variabilidad de reacciones al daño en estas poblaciones segregantes, se seleccionaron y marcaron todas aquellas plantas con menor sintomatología de daño y buen vigor (selección individual). Cada cinco a diez días se repitió la evaluación, descartando las plantas que presentaban síntomas de susceptibilidad.

Pasada la etapa de floración cada una de las plantas marcadas fueron evaluadas por su reacción a roya, consignando dicho valor en una "estaca" colocada al lado de la planta.

A los 80 días de edad del cultivo se realizó, con la colaboración de los mejoradores, una evaluación sobre las características: daño ocasionado por el insecto, reacción a roya, precocidad y capacidad de la planta para resistir el ataque del insecto medido en términos de probable producción. Al momento de la cosecha se observó el color de la semilla F_3 obtenida y se descartaron todos aquellos colores no deseables.

Las semillas F_3 obtenidas fueron sembradas en el campo en surcos de 3—4 metros de largo, mediante el sistema surco por planta, utilizando un diseño de bloques completos al azar con dos repeticiones.

Con el fin de establecer una buena comparación entre el material a evaluar y el testigo, se sembraron cinco plantas de la variedad susceptible (BAT 41) a ambos lados del surco, y cada diez materiales F_3 se intercaló el testigo resistente (EMP 97). Las evaluaciones del daño causado por *Empoasca* se iniciaron a los 20 días después de la siembra (escala de daño cero a cinco), cada tres a cuatro días, para un total de cuatro evaluaciones. Una vez escogidos los mejores materiales F_3 , se protegió todo el ensayo con insecticidas con el fin de obtener suficiente cantidad de semilla.

Al igual que en la F_2 , se observó el comportamiento para reacción a roya; a la cosecha los materiales escogidos que presentaron estabilidad y aceptabilidad comercial del color de grano fueron seleccionados e incluidos en los ensayos de rendimiento o utilizados como padres de un nuevo ciclo de selección.

El avance logrado en el mejoramiento del frijol común para tolerar el ataque de *E. kraemeri*, se mide mejor con base en su potencial de rendimiento, o sea la capacidad del material para producir en presencia del insecto. La semilla F_4 obtenida en el paso anterior fue sembrada en el campo utilizando un diseño de parcelas divididas con y sin protección química, en parcelas de 9m² (3 surcos de 5 m. de largo) y una distancia entre plantas de 8 a 10 cm; se sembraron también parcelas de materiales testigos.

A partir de los 20 días después de la siembra y hasta los 50, se realizaron cada diez días evaluaciones del daño, así como conteos del número de nin-

fas presentes en diez hojas trifoliadas y número de adultos, capturados con máquina aspiradora D-VAC, en 5 m lineales (surco central de cada parcela).

A los 80 días se evaluó el potencial de rendimiento del material en base a la siguiente escala de "adaptación reproductiva":

- 1 = Excelente: la planta muestra todo su potencial de rendimiento; altura de la planta, forma, número y tamaño de las vainas aparentemente normales.
- 2 = Buena: Hay una reducción en el número de vainas de aproximadamente el 20%. La altura se ve afectada.
- 3 = Regular: La planta ha perdido aproximadamente el 40% de su potencial de rendimiento; presenta algunas vainas de menor tamaño y reducción en su altura.
- 4 = Mala: La planta ha perdido el 60% de su potencial de rendimiento; las vainas son pequeñas, deformes y con menor número de granos. La altura disminuye notablemente.
- 5 = Pésima: La planta ha perdido el 80% o más de su capacidad de rendimiento; hay un escaso número de vainas muy pequeñas y deformes, en la mayoría de las cuales no se ha formado el grano; se observa reducción drástica en el crecimiento.

A la cosecha se midió el rendimiento de cada material (gr/parcela) y el porcentaje de humedad del grano. Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza y a la prueba de Duncan; se realizaron correlaciones entre los diferentes parámetros medidos, y se calcularon los porcentajes de pérdida de rendimiento de cada material probado.

RESULTADOS Y DISCUSION

El mejoramiento del fríjol común por resistencia al lorito verde ha sido muy difícil y solo han sido detectados niveles moderados de resistencia (CIAT, 1975, 1976, 1977; Schoonhoven y Cardona, 1980); además no se ha encontrado función discriminante, es decir alguna característica morfológica o fisiológica de la planta que permita predecir con cierta precisión el comportamiento de un material con respecto al insecto (Camarena, 1976).

Al analizar los resultados de las evaluaciones del daño ocasionado por el lorito verde en los

10.000 materiales del Banco de Germoplasma hasta ahora evaluados, se observó que solo el 3,3% de ellos fueron clasificados como resistentes y cerca del 80% resultaron con una alta susceptibilidad al insecto (Figura 1). Adicionalmente se pudo observar que son escasas las fuentes de resistencia en los materiales hábito de crecimiento 1 (determinado), 3 y 4 (indeterminado, trepador); del total evaluado el 68% de los resistentes son de hábito 2 (indeterminado, no trepador) (Figura 1).

Los mayores niveles de tolerancia se han encontrado en materiales de semilla negra, siguiéndole en su orden el grupo con semilla de color crema, amarillo y café. Las fuentes de resistencia en materiales blancos y rojos han sido muy escasas (Figura 1).

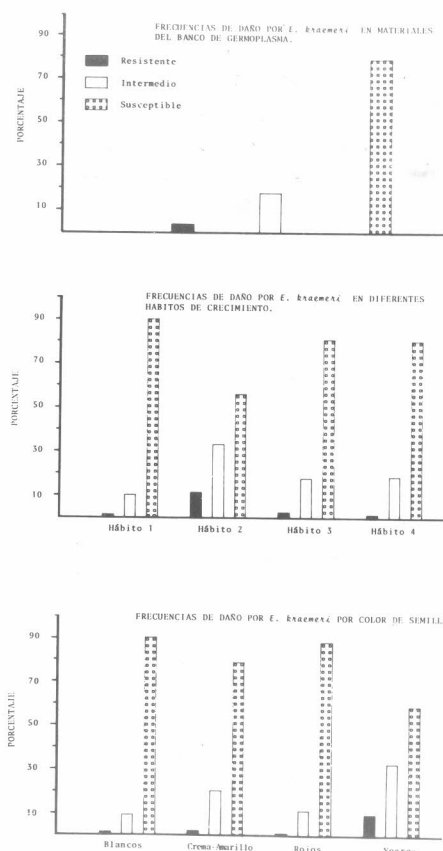


Figura 1. Frecuencias de daño causado por *Empoasca kraemeri* en materiales del Banco de Germoplasma, clasificados por hábito de crecimiento y color de la semilla.

Por estas razones el programa de incorporación de resistencia para esta plaga no sólo se basa en los materiales evaluados del Banco de Germoplasma con mayor resistencia, sino también en materiales mejorados para otras características como: roya, bacteriosis, mosaico dorado, antracnosis y *Apion* sp. entre otros.

Los recuentos de población de ninfas y adultos del insecto no fueron útiles para clasificar los materiales por su resistencia; es así como los coeficientes de correlación de rangos entre poblaciones y calificación de daño, y entre calificación de daño y porcentaje de pérdida en el rendimiento no fueron significativos (Tabla 1), indicando esto que no son mejores los materiales con menor población, ni tampoco aquel con menor calificación de daño; o sea que seleccionar un material basado solo en el daño no es confiable y resulta peligroso dentro de un programa de mejoramiento para esta característica.

Por el contrario la "adaptación reproductiva", que indica el potencial de producción de un material en presencia del insecto, correlacionó significativamente con el rendimiento no protegido y el porcentaje de pérdida en el rendimiento (Tabla 1).

TABLA 1. Coeficientes de correlación de rangos (rs).

Correlación entre:	I as. cruza y II ciclo selección ¹ rs	III ciclo de selección ² rs
Ninfas y calificación de daño	0,35 NS	0,22 NS
Adultos y calificación de daño	0,03 NS	0,09 NS
Calificación de daño y porcentaje de pérdida de rendimiento.	0,12 NS	0,29 NS
Daño y rendimiento no protegido		-0,12 NS
Adaptación reproductiva y rendimiento no protegido.		-0,73*
Adaptación reproductiva y porcentaje de pérdida de rendimiento		0,59**

(1) Análisis combinado de seis ensayos 1979-1980.

(2) Análisis combinado de tres ensayos 1980-1981.

NS: No significativa.

* ** Significativos al 5 y al 10/o, respectivamente.

Conociendo que el porcentaje de pérdida en el rendimiento es la mejor manera de medir la resistencia de un material al *Empoasca*, se analizaron las regresiones de esta variable contra las variables: adultos, ninfas, daño y adaptación reproductiva. Se observó que la mayor influencia sobre porcentaje de pérdida en el rendimiento lo ejerce la adaptación reproductiva, y que la influencia de las demás variables es mínima (Tabla 2).

En el III ciclo de selección se encontraron diferencias significativas entre materiales, con respecto a las poblaciones de ninfas y adultos del insecto (Figura 2). Obsérvese como todos los materiales mejorados (EMP) tuvieron menores poblaciones en comparación con las del testigo susceptible (BAT 41), en cada uno de los ensayos realizados y para el análisis combinado.

En la figura 3, se resumen los resultados obtenidos en los cuatro primeros ciclos de selección para el mejoramiento del frijol para resistencia a *Empoasca*; ahí se comparan los rendimientos de cada una de las líneas sin protección y el porcentaje de pérdida en el rendimiento ocasionada por el ataque del insecto.

Se observa claramente la ganancia obtenida en términos de porcentaje de pérdida en el rendimiento, así: para los primeros cruzamientos y segundo ciclo de selección fue de 53,60/o y para el cuarto ciclo fue solo del 23,50/o.

TABLA 2. Coeficientes de determinación para las regresiones del porcentaje de pérdida en el rendimiento contra las variables: adultos, ninfas, daño y adaptación reproductiva¹

Variable	Coefficientes de regresión
Adultos	0,0009
Ninfas	0,0024
Daño	0,0094
Adaptación reproductiva	0,2103
Adaptación + daño + adultos + ninfas	0,2318

(1) III Ciclo de selección, análisis combinado de tres ensayos, 1980-1981.

De otro lado los rendimientos sin protección también aumentaron de un ciclo a otro; de 750 kg/ha en los primeros cruzamientos y segundo ciclo, a 1500 en el tercer ciclo y 1200 kg/ha en el cuarto ciclo.

La mayoría de los materiales obtuvieron porcentajes de pérdida en el rendimiento menores y rendimiento superiores a los registrados por los testigos BAT 41, ICA Bunsí e ICA Tui.

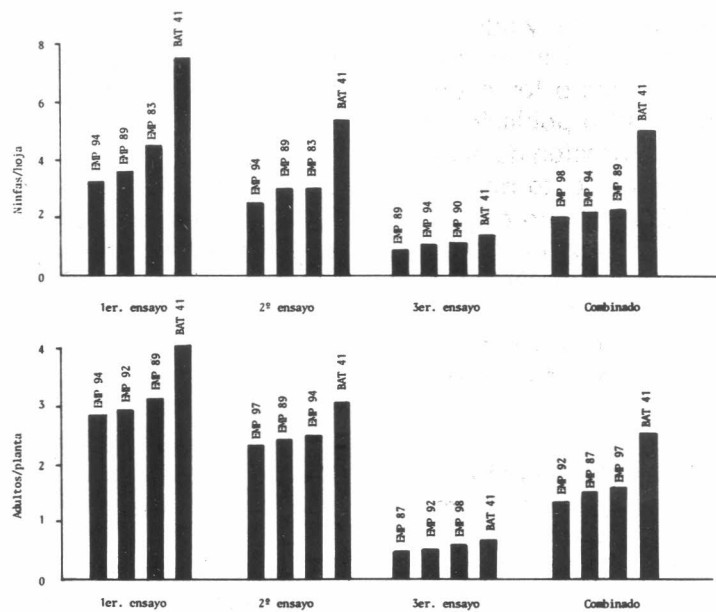


Figura 2. Poblaciones de ninfas y adultos de *Empoasca kraemeri* encontrados en materiales del tercer ciclo de selección.

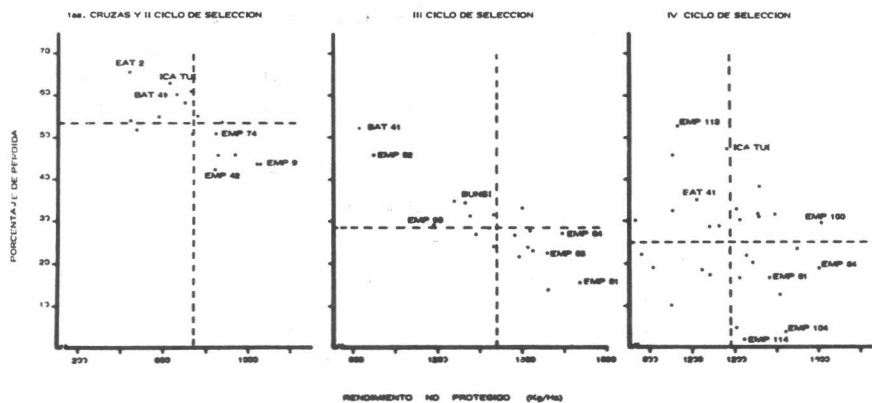


Figura 3. Relación entre el rendimiento sin protección y el porcentaje de reducción en cuatro ciclos de selección recurrentes.

Los bajos porcentajes de pérdida en rendimiento registrados en algunas líneas del cuarto ciclo de selección se están reconfirmando bajo diferentes niveles de población para comprobar su estabilidad.

No sólo se han obtenido ganancias en términos de rendimiento y pérdidas, sino que la incorporación de resistencia en materiales de diferentes colores (rojos, amarillos, blancos, etc.) ha sido un gran avance.

CONCLUSIONES

— Existe una baja frecuencia de materiales resis-

tentes al *E. kraemeri*.

- Aunque se han detectado los más altos niveles de resistencia al insecto en materiales con semilla de color negro, mediante el mejoramiento genético se ha logrado incorporar resistencia a materiales comerciales de otros colores.
- Ni los recuentos de población de ninfas y adultos del insecto, ni el daño causado por éstos, sirvieron para clasificar los materiales genéticos por su resistencia a esta plaga.
- Se encontró una correlación negativa y altamente significativa entre la "adaptación repro-

ductiva" y el rendimiento bajo presión de *E. kraemeri*.

Se ha avanzado en términos de disminución de las pérdidas e incremento en los rendimientos.

BIBLIOGRAFIA

- BONNEFIL, L. Las plagas del frijol en Centroamérica y su combate. (Bean pest in Central America and their control). *En: Reunión Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios*, 11. Panamá, 17-19 Marzo, 1965. p. 95-193.
- CAMARENA, F. Respuesta de diez variedades de frijol al ataque de *Empoasca kraemeri* bajo cuatro regímenes de control químico en dos épocas del cultivo. Cali, CIAT, 1976. 35 pp. (mimeografiado).
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Cali (Colombia) Informe Anual 1976. Cali, CIAT, 1977. A. 17-A.24.
- _____. Informe Anual 1977. Cali, CIAT, 1978. B.22-B.31.
- GOMEZ, L.A.; SCHOONHOVEN, A. VAN. Oviposición del *Empoasca kraemeri* en frijol y evaluación del parasitismo por *Anagrus* sp. *Revista Colombiana de Entomología* v. 3 no. 1-2, p. 29-38. 1977.
- MIRANDA, C. Fechas de siembra e incidencia de *Empoasca* spp. en frijol. *En: Reunión Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios*, 13, San José, 28 febrero-4 marzo, 1967. San José, IICA, 1967. p. ?
- SCHOONHOVEN, A. VAN; CARDONA, C. Insects and other bean pests in Latin America. *En: SCHWARTZ, H.F.; GALVEZ, G. Bean production problems: disease, insect, soil and climatic constraints of Phaseolus vulgaris*. Cali, CIAT, 1980. p. 363-412. (Serie 09EB-1).
- _____; GOMEZ, L.A.; AVALOS, F. The influence of leafhopper (*Empoasca kraemeri*) attack during various bean (*Phaseolus vulgaris*) plant growth stages on seed yield. *Entomología Experimentalis et Applicata* (Holanda) v. 23 no. 2, p. 115-120. 1978.
- SCHWARTZ, H.F.; GALVEZ, G. E.; SCHOONHOVEN, A. VAN; HOWELER, R.H.; GRAHAM, P. H.; FLOR, C. Field problems of beans in Latin America. Cali, CIAT, 1978. 136 pp. (Series GE-19).
- WILDE, G.; SCHOONHOVEN, A. VAN; GOMEZ, L. The biology of *Empoasca kraemeri* on *Phaseolus vulgaris*. *Annals of the Entomological Society of America* (Estados Unidos) v. 69 no. 3, p. 442-444. 1976.