

HERENCIA DE LA RESISTENCIA DEL MAÍZ DULCE A *Sesamia nonagrioides*

Soengas, P., P. Velasco, R.A. Malvar, P. Revilla, A. Ordás.

Misión Biológica de Galicia, CSIC

Apartado 28, 36080 Pontevedra, España

Abstract

Pink stem borer (*Sesamia nonagrioides* Lefebvre) is the main sweet corn (*Zea mays* L.) pest in Mediterranean countries. To release insect resistant cultivars, it is necessary to know the genetics of the resistance to the pest. The objective of this work was to determine the importance of inheritance factors controlling sweet corn ear resistance to pink stem borer, using generation mean analysis. Four inbreds were used (EP59, P51, I5125, and EP61) and two crosses were made (EP59 × P51 and I5125 × EP61). For each cross, six generations were evaluated. Genetic effects × environment interaction were not significant. For PSB infestation both crosses fitted to an additive-dominant model. There were significant additive effects for most traits, although in the cross I5125 × EP61 dominant effects were significant. Since ear resistance to PSB involved mainly additive effects for this set of inbreds, breeding procedures based on this type of gene action should be effective.

Key words: Generation mean analysis, artificial infestation, inbred lines, sweet corn, *Sesamia nonagrioides*.

Resumen

Sesamia nonagrioides (Lefebvre) es la principal plaga del maíz dulce (*Zea mays* L.) en los países mediterráneos. Para desarrollar cultivares resistentes a una plaga, es necesario conocer la genética de la resistencia a dicha plaga. El objetivo de este trabajo fue determinar la importancia de los factores genéticos que controlan la resistencia de las mazorcas de maíz dulce a *S. nonagrioides*, usando un análisis de medias generacionales. Para ello, se usaron cuatro líneas puras (EP59, P51, I5125 y EP61) y se hicieron dos cruzamientos (EP59 × P51 y I5125 × EP61). Para cada cruzamiento, se evaluaron seis generaciones. No hubo interacción efectos genéticos × ambiente. Ambos cruzamientos se ajustaron a un modelo aditivo – dominante. Hubo efectos aditivos significativos para la mayoría de los cruzamientos, aunque en el cruzamiento I5125 × EP61 hubo también efectos dominantes significativos. Dado que, para este conjunto de cruzamientos, la resistencia de las mazorcas a *S. nonagrioides* incluye principalmente efectos aditivos, un sistema de mejora basado en este tipo de acción génica debería ser efectivo.

Palabras clave: medias generacionales, infestación artificial, líneas puras, *Sesamia nonagrioides*

1. Introducción

En España y en otros países mediterráneos *Sesamia nonagrioides* (Lef.) es la principal plaga del maíz dulce (Stavrakis, 1967; Anglade, 1972; Melamed-Madjar y Tam, 1980; Larue, 1984; Cordero *et al.*, 1998), aunque *Ostrinia nubilalis* (Hbn) causa también importantes daños.

La primera generación de *S. nonagrioides* infesta plantas jóvenes, alimentándose de las hojas y pudiendo causar la muerte de la planta (Anglade, 1961; Naibo, 1984), aunque generalmente produce poco daño. Las larvas de segunda generación infestan plantas de maíz adultas, dañando cañas y mazorcas, causando importantes pérdidas de rendimiento debido al encamado, caída o malformación de la mazorca, daño en el grano, etc. Es difícil proteger el cultivo con insecticidas debido al comportamiento endófito de las larvas. El daño producido en las mazorcas del maíz dulce es más importante que el producido en la caña, dado que una mazorca puede ser rechazada con poco daño en el grano. El maíz dulce ha alcanzado importancia económica en Europa, justificando la necesidad de identificar fuentes de resistencia a *S. nonagrioides*.

Uno de los métodos más prometedores para luchar contra una plaga en el contexto del control integrado de plagas es desarrollar cultivos resistentes a insectos (Ortega *et al.*, 1980; Pathak, 1991). El primer paso en la mejora para resistencia a insectos es identificar fuentes de resistencia. Se han encontrado algunas fuentes de resistencia a *S. nonagrioides* entre líneas puras (Velasco *et al.*, 1999a) y poblaciones (Velasco *et al.*, 1999b). Sin embargo, es necesario estudiar cómo se transmite la resistencia desde las variedades originales para diseñar un programa de mejora eficiente.

El análisis de medias generacionales (Hayman, 1958; Mather y Jinks, 1982) ha sido ampliamente usado para estudiar la herencia de caracteres cuantitativos. Este método permite estimar los efectos genéticos de un carácter usando las medias generacionales de un cruzamiento entre dos líneas.

El objetivo de este trabajo fue estimar los factores hereditarios que controlan la resistencia de las mazorcas de maíz dulce a *S. nonagrioides*.

2. Material y Métodos

Se usaron cuatro líneas puras en este experimento. Estas líneas fueron elegidas por su diferente grado de resistencia a *S. nonagrioides* en un estudio previo (Velasco *et al.* 1999a). Estas líneas fueron EP59 y I5125, elegidas como resistentes y P51 y EP61, seleccionadas como susceptibles. Se hicieron dos cruzamientos: EP59 × P51 y I5125 × EP61. El experimento incluyó las líneas puras (P_1 y P_2), la F_1 , la F_2 y los retrocruzamientos por cada uno de los padres (RC_1 y RC_2). Las generaciones fueron plantadas en un diseño en bloques completos al azar con tres repeticiones. Los experimentos se llevaron a cabo durante 1997 y 1998 en Pontevedra, con dos fechas de siembra: precoz (14 de mayo en 1997 y 19 de mayo 1998) y tardía (18 de junio en 1997 y 17 de junio en 1998). La densidad final del experimento fue de aproximadamente 60.000 plantas ha^{-1} .

Se infestaron varias plantas por parcela, dependiendo del genotipo (5 plantas para los padres y la F_1 , 15 plantas en los retrocruzamientos y 20 plantas en la F_2), colocando las puestas, de unos 50 huevos entre la mazorca principal y la caña.

Las mazorcas infestadas se cosecharon 20 días después de la infestación, evaluando los siguientes caracteres: aspecto general de la mazorca, escala de daño, proporción de mazorcas con brácteas dañadas, con pedúnculo dañado, proporción de mazorcas sanas y número de larvas de *S. nonagrioides*.

Se hicieron análisis de varianza para cada carácter usando el procedimiento MIXED de SAS (SAS Institute Inc., 1996). Todos los factores fueron considerados aleatorios excepto fecha de siembra, generaciones y su interacción que fueron considerados fijos.

Las medias de las generaciones y sus errores estándar fueron usadas para realizar la prueba de ajuste por pares, siguiendo a Mather y Jinks (1982). Esta prueba se basa en la estima de la media de dos líneas (m), los efectos génicos aditivos (a) y los efectos

génicos dominantes (d), a partir de las seis generaciones. Para cada fecha de siembra y año, los parámetros genéticos fueron usados para determinar la adecuación al modelo aditivo - dominante. La bondad de ajuste al modelo aditivo - dominante fue comprobado mediante una Chi-cuadrado (χ^2) comparando las medias observadas con las esperadas. Si todos los experimentos se ajustaban al modelo aditivo - dominante, el estudio de los efectos ambientales se hizo siguiendo este modelo. Si un experimento no se ajustaba a este modelo, se calcularon, además, los efectos epistáticos.

3. Resultados y Discusión

Cruzamiento EP59 \times P51- El padre resistente mostró menos daño que el susceptible para todos los caracteres. El retrocruzamiento por el padre resistente tuvo menos daño que el otro retrocruzamiento, aunque las diferencias no fueron significativas y fueron menores que las diferencias entre los padres. El valor de la F_1 estuvo entre los dos padres para la mayoría de los caracteres, indicando falta de dominancia.

Todos los caracteres se ajustaron a un modelo aditivo - dominante en los análisis individuales y en el combinado. Aspecto general de la mazorca, escala de daño, mazorcas con brácteas dañadas, con pedúnculo dañado y mazorcas sin daño mostraron efectos aditivos significativos (Tabla 1). Esto significa que, para estos caracteres, la resistencia puede ser incrementada por selección. Para escala de daño, la resistencia fue dominante sobre la susceptibilidad y lo contrario ocurrió para mazorcas sin daño. En el estudio de los efectos genéticos en todos los ambientes, hubo efectos significativos de la fecha de siembra para escala de daño y mazorcas sanas (Tabla 1). El año de siembra fue significativo para la mayoría de los caracteres, al igual que la interacción año \times fecha de siembra. Finalmente, las interacciones entre efectos genéticos y años o fechas de siembra, no fueron nunca significativas.

Cruzamiento I5125 \times EP61- El padre resistente (I5125) tuvo más daño que el susceptible (EP61), aunque las diferencias no fueron significativas. Sólo para el carácter mazorcas con pedúnculo dañado, I5125 tuvo menos daño que EP61. EP61 fue considerada como una línea susceptible en estudios previos (Velasco et al., 1999a). Sin embargo, Velasco et al. (en revisión) encontraron que EP61 fue más resistente y transmitía esta resistencia a su descendencia. El retrocruzamiento por I5125 estuvo menos dañado que el retrocruzamiento por EP61 para todos los caracteres, aunque las diferencias no fueron significativas y la F_1 mostró menos daño que el padre menos dañado para todos los caracteres, lo que indica dominancia de la resistencia. El valor de la F_2 no fue significativamente diferente del valor de la F_1 .

El carácter mazorcas con pedúnculo dañado fue analizado siguiendo un modelo epistático. El resto de los caracteres se ajustaron a un modelo aditivo - dominante. Aspecto general de la mazorca, mazorcas con pedúnculo dañado y mazorcas sanas mostraron efectos aditivos significativos, lo que indica que estos caracteres pueden ser mejorados por selección. Aspecto general de la mazorca, escala de daño, mazorcas con brácteas dañadas, mazorcas sanas y número de larvas de *S. nonagrioides* mostraron efectos dominantes significativos (Tabla 1). El signo negativo para estos caracteres y el signo positivo para mazorcas sanas, implica que la resistencia es dominante. A pesar de que mazorcas con pedúnculo dañado fue analizado siguiendo un modelo epistático, solamente se detectaron efectos aditivos.

Hubo efectos debidos a la fecha de siembra para escala de daño, mazorcas con brácteas dañadas y mazorcas sanas (Tabla 1), y efectos debidos a los años para mazorcas con brácteas dañadas, con pedúnculo dañado y mazorcas sanas. Para estos

mismos caracteres, hubo interacción año \times fecha de siembra. El valor de la χ^2 no fue significativo para ningún carácter, por lo tanto no hubo ninguna interacción entre efectos ambientales y genéticos.

Mazorcas con pedúnculo dañado mostró efectos aditivos significativos en ambos cruzamientos, así que la resistencia en el pedúnculo puede ser transmitida de los padres a su descendencia. Este es un carácter interesante ya que las larvas de *S. nonagrioides* entran en la mazorca a través del pedúnculo. Un pedúnculo duro podría retardar la llegada de las larvas al grano y, como el maíz dulce se cosecha a los 20 días después de la polinización, evitar el ataque sobre el grano. Existe un efecto aditivo en la herencia de la resistencia en el grano, por lo que la resistencia en el grano podría ser mejorada. Pero dado que el maíz dulce está destinado al consumo humano, el ataque de las larvas sobre el grano debería ser evitado en la medida de lo posible, centrándose más en la mejora de la resistencia en el pedúnculo. Estos resultados concuerdan con los de Velasco et al. (en revisión) quienes encontraron que una aptitud combinatoria general significativa para resistencia en el pedúnculo, en un dialelo de siete líneas puras, y con Butrón et al. (1998) quienes encontraron los mismos resultados en un dialelo de 10 líneas puras de maíz grano. Sin embargo, otros autores (Cartea et al., 2000) no encontraron efectos significativos en la herencia de la resistencia del pedúnculo en un análisis de medias generacionales de dos líneas de maíz grano.

La herencia de la resistencia al taladro depende del cruzamiento evaluado. La resistencia en la mazorca puede estar influenciada por varios genes, cada uno con una pequeña contribución. La interacción entre estos genes con otros genes o con el ambiente hace que la resistencia varíe de un cruzamiento a otro, y en la práctica dificulta la mejora. Sin embargo, para *S. nonagrioides* la herencia de la resistencia parece estar regida por efectos aditivos. Daño en el pedúnculo y aspecto general de la mazorca son caracteres interesantes que, debido a sus efectos aditivos, podrían ser mejorados para evitar el ataque de *S. nonagrioides* sobre la mazorca del maíz dulce.

Agradecimientos

Trabajo financiado por el Proyecto XUGA 40301B98 y la Diputación Provincial de Pontevedra, España

Referencias

- Anglade, P. 1961. Essai de mise au point d'une méthode de mesure de la sensibilité des lignées de maïs aux chenilles de la génération estivale de la Sésamie (*Sesamia nonagrioides* Lef.). Ann. Epiph. 12: 413-422.
- Anglade, P. 1972. Les *Sesamia*. pp. 1389-1400. In: A. S. Balachowsky (Ed.). Entomologie appliqué à l'agriculture. Vol. II, Lépidoptères, II. Masson et Cie. París. France.
- Butrón, A., R.A. Malvar, P. Velasco, M.E. Cartea, and A. Ordás. 1998. Combining abilities and reciprocal effects for maize ear resistance to pink stem borer. Maydica, 43: 117-122.
- Cartea, E., R.A. Malvar, M.I. Vales, A. Butrón, and A. Ordás. 2000. Inheritance of resistance to ear damage caused by *Sesamia nonagrioides* (Lepidoptera: Noctuidae) in maize. J. Econ. Entomol. (en prensa).

- Cordero, A., R.A. Malvar, A. Butrón, P. Revilla, P. Velasco, and A. Ordás. 1998. Population dynamics and life-cycle of corn borers in South Atlantic European coast. *Maydica* 43: 5-12
- Hayman, B.I. 1958. The separation of epistatic from additive and dominance variation in generation means. *Heredity* 12: 371-390.
- Hayman, B.I. 1960. The separation of epistatic from additive and dominance variation in generation means. II *Genetica* 31: 133-146.
- Larue, P. 1984. La Sésamie du maïs (*Sesamia nonagrioides* Lef.). Dégâts et actualisation de la lutte. *La Défense des Végétaux* 227: 163-179.
- Mather, K., and J.L. Jinks. 1982. *Biometrical genetics*. 3^a ed. Chapman & Hall. New York, USA.
- Melamed-Madjar, V. and S. Tam. 1980. A field survey of changes in the composition of corn borer populations in Israel. *Phytoparasitica* 8: 201-204.
- Naibo, B. 1984. La Sésamie. *Phytoma, Défense des cultures*: 20-21.
- Ortega, A., S.K. Vasal, J. Mihm, and C. Hersheand. 1980. Breeding for insect resistance in maize. pp. 372-419. In: F.G. Maxwell and P.R. Jennings (eds.). *Breeding Plants Resistant to Insects*. J. Wiley. New York.
- Pathak, R.S. 1991. Plant genetics in pest management. *Insect Sci. Applic.* 12: 553-564.
- SAS Institute Inc. 1996. *SAS/STAT Software: Changes and Enhancements through Release 6.11*, Cary, North Carolina, USA.
- Stavrakis, G. 1967. Contribution a l'etude des especes nuisibles au maïs en Grece du genre *Sesamia* (Lépidoptères - Noctuidae). *Ann. Inst. Phytopath. Benaki, N.S.* 8: 19-22.
- Velasco P., R.A. Malvar, A. Butrón, P. Revilla, and A. Ordás. 1999a. Ear feeding resistance of sweet corn inbreds to pink stem borer. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 124: 268-272.
- Velasco, P., R.A. Malvar, P. Revilla, A. Butrón, and A. Ordás. 1999b. Ear resistance of sweet corn populations to pink stem borer and European corn borer. *J. Econ. Entomol.* 92: 732-739.
- Velasco, P., R.A. Malvar, P. Revilla, A. Butrón, and A. Ordás. Combining abilities for sweet corn ear resistance to pink stem borer and European corn borer attack. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* (en revisión).