

INTERACCIÓN GENOTIPO × AMBIENTE PARA EL RENDIMIENTO DE DIVERSOS HÍBRIDOS DE MAÍZ EN CONDICIONES DE INFESTACIÓN NATURAL CON *Sesamia nonagrioides*

MALVAR, RA; BUTRÓN, A.; VELASCO, P.; SOENGAS, P.; ORDÁS, A;
Misión Biológica de Galicia, Consejo Superior de Investigaciones Científicas,
Apartado 28, 36080 Pontevedra. abutron@mbg.cesga.es

Abstract

Yield under infestation by the pink stem borer (*Sesamia nonagrioides* Lef.) has been proposed as the best estimator of maize performance under pink stem borer attack. Yield is a complex trait that greatly interacts with the environment. The objective of this work was to study the GE interaction for yield of 49 maize hybrids in five different environments by the Site Regression (SREG) method. Locations presented different levels of natural infestation by the pink stem borer. Hybrid A637 × EP42 would be recommended in northwestern Spain under medium and high natural infestation by the pink stem borer because it showed high- and stable-yielding ability. No mega-environments were detected.

Keywords: tolerance, resistance, pink stem borer, evaluation

Resumen

El rendimiento en condiciones de infestación con *Sesamia nonagrioides* (Lef.) ha sido propuesto como el mejor estimador del comportamiento del maíz frente al ataque de *Sesamia*. El rendimiento es un carácter complejo para el que se observa una importante interacción genotipo × ambiente (GE). El objetivo de este trabajo fue estudiar, mediante los métodos de 'Site Regression' (SREG), la interacción GE del rendimiento de 49 híbridos de maíz evaluados en cinco ambientes. Las localidades presentaron diferentes niveles de infestación natural con *Sesamia*. Se recomienda el uso del híbrido A637 × EP42 en el noroeste de España tanto en condiciones de alta como de moderada infestación con *Sesamia* ya que dicho híbrido mostró estabilidad y alto rendimiento. No se detectaron mega-ambientes.

Palabras clave: tolerancia, resistencia, taladro, evaluación

1. Introducción

En el noroeste de España la principal plaga del maíz es *Sesamia nonagrioides* (Cordero *et al.*, 1998). Las larvas excavan túneles en el interior de las cañas del maíz que destruyen la médula y debilitan la planta y, por lo tanto, reducen el rendimiento (Anglade, 1961; García-Martí *et al.*, 1996). Larue (1984) mostró que las pérdidas de rendimiento causadas por el ataque de *Sesamia* podían

llegar al 30%. Debido a que la relación entre resistencia y pérdidas de rendimiento puede ser muy débil, cabría pensar que para mejorar el comportamiento del maíz frente al ataque de la plaga deberían seleccionarse aquellos genotipos que sufran menores pérdidas (Ortega *et al.*, 1980; Butrón *et al.*, 1998b). Sin embargo, algunos genotipos pueden mantener un alto rendimiento aunque sufran importantes pérdidas de rendimiento debido a su alto rendimiento potencial (Lynch, 1980; Butrón *et al.*, 1999b). Por lo tanto, el rendimiento en condiciones de infestación artificial con *Sesamia* ha sido propuesto como el mejor carácter para evaluar el comportamiento del maíz frente al ataque de *Sesamia* (Butrón *et al.*, 1999b).

El rendimiento es un carácter complejo para el que se observa una importante interacción GE. Diversos métodos pueden ser empleados para estudiar la interacción GE (Crossa, 1990; Brancourt-Hulmel *et al.*, 1997). El método SREG permite una fácil visualización del comportamiento de los cultivares y la identificación de mega-ambientes (Baril, 1992; Van Eeuwijk *et al.*, 1995; Yan *et al.*, 2000). El objetivo de este trabajo fue el estudio de la interacción GE de 49 híbridos de maíz evaluados en cinco ambientes caracterizados por distintos niveles de infestación natural con *Sesamia*.

2. Material y métodos

Diez líneas puras con distintos niveles de antibiosis frente al ataque de *Sesamia* fueron cruzadas para obtener un dialelo sin recíprocos. Los 45 híbridos resultantes más cuatro híbridos testigo fueron evaluados para rendimiento mediante un látice triple 7 x 7 en 1995, en Pontevedra y Pontecaldelas, y en 1996, en Pontevedra, Pontecaldelas, y Ribadumia. Los niveles de infestación en Pontecaldelas fueron de 0.54 y 0.91 larvas de *Sesamia* por planta en los años 1995 y 1996, respectivamente. En Pontevedra se encontraron 2.62 y 3.35 larvas por planta en 1995 y 1996, respectivamente, mientras que en Ribadumia, en 1996, se contabilizaron 2.62 larvas por planta. El modelo empleado por el método 'Sites regression' fue (Cornelius *et al.*, 1996; Crossa y Cornelius, 1997):

$$Y_{ij} = \mu + \beta_j + \sum_{n=1}^r \xi_{in}^* \eta_{jn}^*$$

β_j son los efectos principales para genotipos. n varía de 1 a r , siendo r = número de componentes principales (PCs) requeridas para aproximarse a los datos originales. ξ_{in}^* and η_{jn}^* son los valores del PCn para el genotipo i y el ambiente j , respectivamente. El análisis de componentes principales se hizo sobre los residuos de un modelo aditivo en el que el único efecto principal fue el debido a ambientes. El análisis se llevó a cabo con un programa de SAS (SAS, 2000) desarrollado por J. Burgueño, J. Crossa y M. Vargas que fue descargado de la siguiente dirección de internet: <http://www.cimmyt.org/Research/Biometrics/bsu.htm>.

3. Resultados y Discusión

El análisis de varianza mostró que ambientes fue la principal fuente de variación, seguida de genotipos y, por último, de la interacción GE (Tabla 1). Van Eeuwijk *et al.* (1995) también detectó que la variación para contenido en materia

seca del ensilado de 18 variedades de maíz debida a la interacción era menor que la debida a genotipos. Epinat-Le Signor *et al.* (2001), sin embargo, detectó que el porcentaje de la varianza para rendimiento explicada por la interacción era mayor que la explicada por genotipos. Estas diferencias pueden ser explicadas por la mayor homogeneidad de los ambientes utilizados en el presente estudio y en el llevado a cabo por Van Eeuwijk *et al.* (1995). Los cinco primeros PCs fueron significativos y explicaron el 100% de la variación atribuible GGE que es aquella debida a genotipos y a la interacción GE (Tabla 1). Los dos primeros PCs explicaron el 78.62% de la variabilidad para GGE.

Tabla 1. Analisis de varianza para el modelo SREG de los 49 híbridos evaluados en cinco ambientes con diferentes de infestación con Sesamia.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Porcentaje de variabilidad explicada
Ambientes	4	422,80	105,69**	56,51
Genotipos	48	214,95	4,48**	28,73
Ambiente × Genotipo	192	110,49	0,58**	14,77
GGE ¹	240	325,44	1,36**	43,50
PC1	51	215,21	4,22**	66,13 [‡]
PC2	49	40,64	0,83**	78,62 [‡]
PC3	47	28,10	0,60**	87,25 [‡]
PC4	45	21,22	0,47**	93,77 [‡]
PC5	43	20,26	0,47**	100,00 [‡]
Error	389	100,39	0,2581	

¹ GGE = Genotipos + (Ambiente × Genotipo).

[‡] Porcentaje acumulado de la variación debida a GGE explicada por los sucesivos PCs.

Yan *et al.* (2000) estableció que en las gráficas bidimensionales generadas por el método SREG (Fig. 1), PC1 representa la interacción GE debida a cambios de rango que son proporcionales a los valores de los ambientes. Por lo tanto, los genotipos con valores altos para PC1 presentan un mayor rendimiento medio y su comportamiento varía a través de los ambientes en proporción directa a los valores para PC1 de los ambientes. El híbrido A661 × EP42 fue el más productivo en Pontecaldelas y Pontevedra en 1996 y en Pontecaldelas en 1995, aunque A637 × EP42 mostró similares rendimientos en esos ambientes (Fig. 1). Además, el híbrido A637 × EP42 destacó por ser el más productivo en los otros dos ambientes, en Ribadumia 1996 y Pontevedra 1995. El híbrido CM105 × PB60 también presentó un alto rendimiento en los cinco ambientes. Los tres híbridos citados fueron más productivos que los híbridos testigo y siguieron el patrón heterótico "Dentado americano × Liso europeo" que ha sido extensivamente usado en Europa (Moreno-González, 1988). Por el contrario, los cruzamientos con las líneas A509, EP28, EP31, F7, y Z77016 presentaron, en general, valores para PC1 negativos. El híbrido F7 × Z77016 mostró el peor valor para PC1, ya que estas líneas podrían tener un origen común. No se detectaron mega-ambientes y el híbrido A637 × EP42 estuvo entre los mejores en los cinco ambientes. Este

híbrido podría ser utilizado directamente por los agricultores debido a su alto rendimiento en condiciones de alta e intermedia infestación con *Sesamia*, aunque las dos líneas presentaron un mala aptitud combinatoria general para resistencia en la caña en un trabajo previo (Butrón *et al.*, 1999). Estos resultados demuestran que el rendimiento en condiciones de infestación artificial debe ser utilizado para evaluar el comportamiento del maíz frente al ataque de *Sesamia* porque la resistencia no es el principal mecanismo de defensa (Butrón *et al.*, 1999).

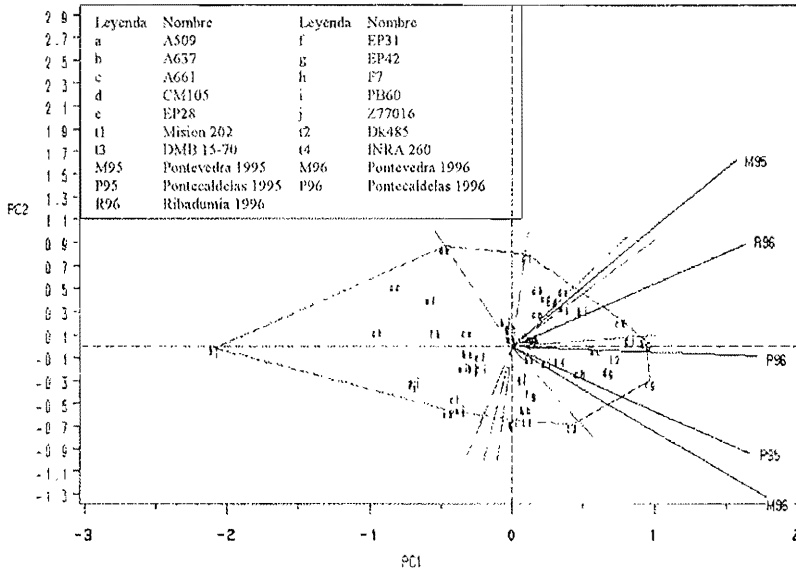


Figura 1. Gráfico bidimensional de los dos primeros PCs del modelo SREG para el rendimiento de 49 híbridos de maíz evaluado en cinco ambientes distintos. Los híbridos aparecen identificados por las tetras asignadas a sus líneas parentales.

PC2 informa de las diferencias de rendimiento de los genotipos a través de los ambientes que no son proporcionales a los valores de dichos ambientes. Por lo tanto, los genotipos más estables serán aquellos que presenten valores para PC2 cercanos a cero. El genotipo A661 x EP42 presentó un valor para PC2 moderado, de signo contrario al presentado por Pontevedra 1995 y Ribadumia 1996 y del mismo signo al presentado por los restantes ambientes (Fig. 1). Los híbridos A637 x EP42 y F7 x Z77016 mostraron valores para PC2 cercanos a cero.

4. Conclusiones

A637 x EP42 es un híbrido con alto rendimiento y estable que podría ser utilizado directamente por los agricultores. Si las evaluaciones debieran limitarse a un menor número de ambientes, Pontecaldelas y Ribadumia serían preferidas porque presentaron menores valores para PC2 que Pontevedra.

Referencias

- Anglade, P. 1961. Influence sur le rendement du maïs de l'infestation des tiges par la deuxième génération de la Sésamie (*Sesamia nonagrioides* Lef. Lep. Noctuidae). Méthodes de comparaison des hybrides par infestation artificielle. Ann. Epiph. 12: 357-372.
- Brancourt-Hulmel, M., Biarnès-Dumoulin, V. y Denis, J.B. 1997. Points de repère dans l'analyse de la stabilité et de l'interaction génotype-milieu en amélioration des plantes. Agronomie 17: 219-246.
- Butrón, A., Malvar, R.A., Velasco, P., Revilla, P. y Ordás, A. 1998. Defense mechanisms of maize against pink stem borer. Crop Sci. 38:1159-1163.
- Butrón, A., Malvar, R.A., Velasco, P., Vales, M.I. y Ordás, A. 1999. Combining abilities for maize stem antibiosis, yield loss, and yield under infestation and no infestation with pink stem borer attack. Crop Sci. 39: 691-696.
- Cordero, A., Malvar, R.A., Butrón, A., Velasco, P., Revilla, P. y Ordás, A. 1998. Population dynamics and life-cycle of corn borers in South Atlantic European coast (Lepidoptera, Noctuidae, Pyralidae). Maydica 43:5-12.
- Crossa, J. 1990. Statistical analyses of multilocation trials. Adv. Agron. 44: 55-85.
- Cornelius, P.L., Crossa, J. y Seyedsader, M.S. 1996. Statistical test and estimators of multiplicative models for genotype-by-environment interaction. Pp. 199-234. In M.S. Kang and H.G. Cauch (ed.) Genotype-by-environment interaction. CRC Press, Boca Raton, Florida
- Crossa, J. y Cornelius, P.L. 1997. Sites regression and shifted multiplicative model clustering of cultivar trial sites under heterogeneity of error variances. Crop Sci. 37: 406-415.
- Epinat-Le Signor, C., Dousse, S., Lorgeou, J., Denis, J.B., Bonhomme, R., Carolo, P. y Charcosset, A. 2001. Interpretation of genotype x environment interactions for early maize hybrids over 12 years. Crop Sci. 41: 663-669.
- García Martí, F., Costa Comelles, J. y Ferragut Pérez. 1996. Las plagas agrícolas. Phytoma 16.
- Larue, P. 1984. La Sésamie du maïs (*Sesamianonagrioides* Lef.) dégâts et actualisation de la lutte. La Défense des Végétaux 227: 163-179.
- Lynch, R.E. 1980. European corn borer: yield loss in relation to hybrid and stage of corn development. J. Econ. Entomol. 73: 159-164.
- Ortega, A., Vasal, S.K., Mihm, J. y Hersheand, C. 1980. Breeding for insect resistance in maize. pp. 372-419. In: F.G. Maxwell y P.R. Jennings (eds.). Breeding Plants Resistant to Insects. J. Wileyand. New York.
- SAS. 2000. The SAS System. SAS Online Doc. HTML Format Version eight. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina.

- Van Eeuwijk, F.A., Keizer, L.C.P. y Bakker, J.J. 1995. Linear and bilinear models for the analysis of multi-environment trials: II. An application to data from the Dutch maize variety trials. *Euphytica* 84: 9-22.
- Yan, W, Hunt, L.A., Sheng, Q. y Szlavnic, Z. 2000. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. *Crop Sci.* 40: 597-605.