

Evaluación del rendimiento en híbridos comerciales de maíz

Wiliam Henrique Diniz Buso⁽¹⁾; Leandro Lopes Gomes⁽²⁾; Paulina Ballesta⁽³⁾; Freddy Mora⁽⁴⁾.

⁽¹⁾ Professor do Departamento de Agricultura e Zootecnia; IF Goiano Campus Ceres; Ceres, Goiás; wiliambuso@ifgoiano.edu.br; ⁽²⁾ Estudante do curso Bacharelado em Agronomia; IF Goiano Campus Ceres; Ceres, Goiás; leandrolopeslg@gmail.com; ⁽³⁾ Estudante Doutorado; Instituto de Ciências Biológicas, Universidad de Talca, Talca, Chile; paballesta@gmail.com ⁽⁴⁾ Professor; Instituto de Ciências Biológicas, Universidad de Talca, Talca, Chile; morapoblete@gmail.com.

RESUMEN: Durante años, la industria mundial de maíz ha sido principalmente soportada por la producción de híbridos debido a que presentan mejores rendimientos que sus líneas parentales. El uso de la heterosis es uno de los avances más destacados en el fitomejoramiento. El objetivo de este trabajo fue evaluar el rendimiento y características relacionadas de diferentes híbridos comerciales de maíz. Once híbridos resistentes a glifosato y lepidópteros, fueron evaluados en tres diferentes sitios, para cuatro caracteres agronómicos: rendimiento de granos (GY), largo de mazorca (EL), altura de planta (PH) y número de granos por hilera de mazorca (NKR). De acuerdo a los resultados, los once híbridos fueron estadísticamente diferentes para todos los caracteres evaluados, y la interacción híbrido x sitio no fue significativa. El híbrido DKB340 pro2 fue superior para tres de los caracteres estudiados (PH, EL y GY), mientras que el híbrido DKB290 pro3 registró los valores más altos de NKR, pero un bajo rendimiento (GY). Por otro lado, todos los caracteres fueron positiva y significativamente correlacionados con GY ($r = 0.61-0.43$). Este hallazgo resulta importante debido a que se ha propuesto que la heredabilidad del GY es relativamente baja, por lo tanto estos caracteres puede ser utilizados como medio selección de híbridos de alto rendimiento.

Términos de indexación: correlación, GY, *Zea mays*.

INTRODUCCIÓN

Brasil posee una gran diversidad de cultivos de maíz, el cual consiste de variedades, cultivares y diferentes tipos de híbridos (Duarte et al., 2005). Durante años, la industria mundial de maíz ha sido principalmente soportada por la producción de híbridos y en menor proporción de líneas puras,

debido a que híbridos de cruzamientos simples presentan mejores rendimientos que sus líneas parentales. El uso de la heterosis es uno de los avances más destacados en el fitomejoramiento (Frascaroli et al., 2007). Estos híbridos pueden ser superiores a sus progenitores en cuanto a rendimiento, o en otros caracteres que favorezcan su producción. La introducción de cultivos resistentes a glifosato ha tenido un gran impacto en la agricultura moderna debido a que ha permitido reducir los costos de producción. Más aun, el cultivo de maíz puede ser atacado por un amplio rango de insectos y la resistencia a pestes se limita a pocos genotipos, por tanto es un carácter altamente apreciado por los productores. Actualmente, varias empresas productoras de semillas comercializan genotipos híbridos que poseen ambas cualidades productivas, sin embargo no es garantizada su productividad. El objetivo de este trabajo fue evaluar el rendimiento de híbridos comerciales de diferentes empresas productoras de semillas, los cuales corresponden a genotipos resistentes a glifosato y lepidópteros. Para esto, se establecieron semillas de híbridos recomendados por los mismos productores, en ensayos experimentales ubicados en tres diferentes sitios.

MATERIAL Y MÉTODOS

Once híbridos comerciales (cruzamiento simple) fueron evaluados basados en características agronómicas relacionadas con el rendimiento, en tres diferentes sitios (Estado de Goiás, Brasil): Itapaci (22 L 0661936 S, 8339490 O), Campinorte (22 L 0709409 S, 8415240 O) y Itaberá (22 L 0634456 S, 8246462 O). Estos híbridos fueron recomendados por los mismos productores, los cuales corresponden a genotipos resistentes a glifosato y lepidópteros: AGN30A91 (Morgan), Truck (Syngenta), Impacto (Syngenta), 7205 (Syngenta),

MG580pw (Morgan), MG652pw (Morgan), DKB390prox (Dekalb), DKB310pro2 (Dekalb), DKB340pro2 (Dekalb), DKB290pro3 (Dekalb) y AG 7098VTpro (Agroceres).

Ensayos de campo y diseño experimental

Cada ensayo se estableció de acuerdo a un diseño de bloques completamente al azar, con cuatro réplicas por sitio. La cosecha fue realizada en las siguientes fechas: 05/02/2015 (Itapaci), 05/09/2015 (Campinorte) y 05/14/2015 (Itaberai). Cuatro características agronómicas fueron evaluadas: Rendimiento de granos medido en $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (GY; corregido al 13% de humedad), largo de mazorca (EL), altura de planta (PH) y número de hileras de granos por mazorca (NKR).

Análisis de datos fenotípicos

Se implementó un modelo lineal mixto para el análisis fenotípico, mediante el procedimiento MIXED en SAS (SAS Institute). La varianza del error fue asumida heterogénea entre los sitios usando o comando REPEATED del procedimiento MIXED. Los grados de libertad fueron corregidos mediante el método de Satterthwaite. Además, se utilizó el procedimiento CORR en SAS para estimar las correlaciones de Pearson entre cada par de características.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a los valores F del Test tipo III de los efectos fijos (**Tabla 1**), todas las características observadas fueron estadísticamente diferentes entre los tres sitios, siendo Itapaci el sitio con los mejores valores promedios para casi todas las variables.

Esta diferencia es esperada debido a que las condiciones medioambientales afectan el desarrollo de las estructuras reproductivas y vegetativas en maíz (Below et al., 2000; Kakumanu et al., 2012; De Storme et al. 2004). Cabe destacar que los once híbridos fueron estadísticamente diferentes, y la interacción híbrido-sitio no fue relevante en la respuesta fenotípica para cada carácter estudiado.

Los caracteres de NKR y EL fueron mayormente variables entre híbridos que GY y PH (**Tabla 2**). Los resultados revelan que el híbrido DKB340 pro2 (Dekalb) fue superior en tres de los caracteres estudiados (PH, GY y EL), mientras que sus valores de NKR fueron relativamente más bajos en contraste con otros híbridos. Consistentemente, el híbrido DKB290pro3 (Dekalb) obtuvo los valores más bajos en rendimiento (GY) y los más altos para NKR. Cabe destacar que esta relación inversa entre rendimiento (GY) y NKR no fue establecida en todos los casos. En particular el híbrido Impacto

(Syngenta) registró índices relativamente más bajos para todos los caracteres de estudio.

Las correlaciones fenotípicas entre todos los caracteres son mostrados en **tabla 3**. El rendimiento de granos (GY) fue positivamente correlacionado con todos los caracteres de estudio con un rango entre 0.43 y 0.61 de correlación, siendo EL el carácter mayormente correlacionado a GY. Estudios previos han reportado una correlación positiva entre GY y NKR (Gautam et al., 1999; Geetha & Jayaraman, 2000; Nemati et al., 2009; Alvi et al., 2003; Yousuf et al., 2001), PH (Gautam et al., 1999; Ilker, 2011; Yousuf et al., 2001; Yin et al., 2011) y EL (Ilker, 2011; Alvi et al., 2003). En general, los valores de GY están fuertemente influenciados por la interacción genotipo x ambiente (Fan et al., 2007) y son de baja heredabilidad (Hallauer & Miranda, 1988). No obstante, nuestros resultados determinaron que la interacción HXSI no fue significativa, y los valores de GY están positivamente correlacionados con caracteres altamente heredables, tales como NKR y EL (Hallauer & Miranda, 1988). En particular caracteres vegetativos como PH son poco heredables que caracteres reproductivos (Ortiz & Sevilla, 1997; Ortiz et al., 2008). En este contexto, los caracteres reproductivos (NKR y EL) podrían ser mejores predictores de un alto rendimiento que PH. Por otro lado, las correlaciones determinadas entre caracteres no fueron estrictamente reflejadas en nuestros resultados. En particular, el híbrido de mejor rendimiento DKB340 pro2 (Dekalb) registró los mejores valores de PH y EL, y el menor valor promedio para NKR. Por lo tanto, el carácter EL podría ser un mejor predictor para el rendimiento de granos que NKR.

Tabla 3 – Coeficientes de correlación de Pearson entre los valores de altura de planta (PH), número de granos por hilera (NKR), largo de mazorca (EL) y rendimiento de granos $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (GY).

Medición	PH	EL	NKR	GY
PH	1			
EL	0.41**	1		
NKR	0.24**	0.74**	1	
GY	0.45**	0.61**	0.43**	1

** valor de significancia del 1%.

CONCLUSIONES

De acuerdo a nuestros resultados, los once híbridos comerciales evaluados son estadísticamente diferentes para los caracteres

agronómicos de rendimento de granos, número de granos por hilera de mazorca, largo de mazorca y altura de planta.

La interacción híbrido-sitio no fue significativa, por lo tanto el ranking de los híbridos debiera ser estable en diferentes condiciones ambientales.

DKB340pro2 (Dekalb) es el híbrido de mayor rendimiento y superior en más de un carácter, por lo tanto es considerado como el mejor candidato para ser recomendado a agricultores.

En adición, el carácter de largo de mazorca podría ser el mejor predictor de un alto rendimiento debido a su correlación positiva con GY.

AGRADECIMIENTOS

A las empresas que otorgaron los materiales para el presente estudio (Morgan, Syngenta, Dekalb y Agrocere) y a los propietarios de las Haciendas 3 Irmãos (Carlos Pirinelli), Hacienda Córrego do Oriente (Paulo Ademir) y Agropecuária KS (Alberto Kasumi) por otorgar las facilidades para realizar los experimentos.

REFERENCIAS

ALVI, M.B.M.; Rafique, M.; Tariq, S.; HUSSAIN, A.; MAHMOOD, T.; SARWAR, M. Character association and path coefficient analysis of grain yield and yield components maize (*Zea mays*). **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v. 6, n. 2, p. 136-138.

BELOW, F.E.; CAZETTA, J.O.; SEEBAUER, J.R. Carbon/nitrogen interactions during ear and kernel development of maize. In: M.E. WESTGATE; K.J. BOOTE, (Ed). **Physiology and Modelling Kernel Set in Maize**, Madison, WI: Crop Science Society of American and American Society of Agronomy), 2000. p. 15–24.

DUARTE, A. P.; MASON, S. C.; JACKSON, D. S.; DE C KIEHL, J. Grain quality of Brazilian maize genotypes as influenced by nitrogen level. **Crop Science**, v. 45, n. 5, p. 1958-1964, 2005.

DE STORME, N.; GEELLEN, D. The impact of environmental stress on male reproductive development in plants: biological processes and molecular mechanisms. **Plant, cell & environment**, v. 37, n. 1, p. 1-18, 2014.

FAN, X. M.; KANG, M. S.; CHEN, H.; ZHANG, Y.; TAN, J.; XU, C. Yield stability of maize hybrids evaluated in multi-environment trials in Yunnan, China. **Agronomy Journal**, v. 99, n. 1, p. 220-228, 2007.

FRASCAROLI, E.; CANE, M. A.; LANDI, P.; PEA, G.; GIANFRANCESCHI, L.; VILLA, M.; PÈ, M. E. Classical genetic and quantitative trait loci analyses of heterosis in a

maize hybrid between two elite inbred lines. **Genetics**, v. 176, n. 1, p. 625-644, 2007.

GAUTAM, A. S.; MITTAL, R.K.; BHANDARI, J.C. Correlations and path coefficient analysis in maize (*Zea mays* L.). **Annals of Agri Bio Research**, v. 4, p. 169–71, 1999.

GEETHA, K.; JAYARAMAN, N. Path analysis in maize (*Zea mays* L.). **Agricultural Science Digest**, v. 20, p. 60-61, 2000.

HALLAUER, A.R., MIRANDA, J.B. **Quantitative genetics in maize breeding**. Iowa State University Press, Ames, 1988. 90 p.

ILKER, E. Correlation and path coefficient analyses in sweet corn. **Turkish Journal of Field Crops**, v. 16, n. 2, p. 105-107, 2011.

KAKUMANU, A.; AMBAVARAM, M. M.; KLUMAS, C.; KRISHNAN, A.; BATLANG, U.; MYERS, E.; PEREIRA, A. Effects of drought on gene expression in maize reproductive and leaf meristem tissue revealed by RNA-Seq. **Plant Physiology**, v. 160, n. 2, p. 846-867, 2012.

NEMATI, A.; SEDGHI, M.; SHARIFI, R.S.; SEIEDI, M.N. Investigation of Correlation between Traits and Path Analysis of Corn (*Zea mays* L.) Grain Yield at the Climate of Ardabil Region (Northwest Iran). **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, v. 37, n. 1, p. 194-198, 2009.

ORTIZ, R.; SEVILLA, R.; CROSSA, J. Minimum resources for phenotyping morphological traits of maize (*Zea mays* L.) genetic resources. Characterization utilization. **Plant Genetics Resources**, v. 6, p. 195–200, 2008.

ORTIZ, R.; SEVILLA, R. Quantitative descriptors for classification and characterization of highland Peruvian maize. **Plant Genetics Resources Newsletters**, v. 110, p. 49–52, 1997.

YIN, X.; MCCLURE, M. A.; JAJA, N.; TYLER, D. D.; HAYES, R. M. In-season prediction of corn yield using plant height under major production systems. **Agronomy Journal**, v. 103, n. 3, p. 923-929, 2011.

YOUSUF, M. U. H. A. M. M. A. D.; SALEEM, M. U. H. A. M. M. A. D. Correlation analysis of S1 families of maize for grain yield and its components. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, v. 4, n. 3, 387-388, 2001.

Tabla 1 – Análisis de los efectos fijos de híbrido (H), sitio (SI) e interacción híbrido x sitio (HSI). Los datos son presentados con los valores promedio de altura de planta (PH), número de granos por hilera (NKR), largo de mazorca (EL) y rendimiento en kg ha⁻¹ (GY). Sitios Itapaci (IT), Campinorte (CM), Itaberai (ITA).

Medición	SI			H	HSI	SI
	IT	CM	ITA			
PH (m)	2.2	1.6	1.8	< 0.0001	0.01	< 0.0001
EL (cm)	16.4	15.3	14.4	< 0.0001	NS	< 0.0001
NKR	34.4	33.3	31.5	< 0.0001	NS	< 0.0001
GY (kg ha ⁻¹)	6387	5890	4707	< 0.0001	NS	0.002

Tabla 2- Análisis comparativo del rendimiento de los híbridos para altura de planta (PH), número de granos por hilera (NKR), largo de mazorca (EL) y rendimiento en kg ha⁻¹ (GY).

Híbrido	PH	EL	NKR	GY
AGN30A91	1.80 d	15.0 de	33.3 bcd	5442 c
Truck	1.82 d	15.7 bcd	33.8 bc	5772 bc
Impacto	1.84 cd	15.1 cde	30.9 f	5259 c
7205	1.84 cd	14.7 e	32.2 cdef	5268 c
MG580pw	1.80 d	15.3 cde	33.5 bc	5615 c
MG652pw	1.84 cd	15.6 bcd	34.5 ab	5697 c
DKB390prox	1.90 bc	16.3 ab	33.8 bc	6394 ab
DKB310pro2	1.95 b	13.8 f	31.4 def	5495 c
DKB340pro2	2.04 a	16.8 a	33.3 bcde	6450 a
DKB290pro3	1.93 b	15.9 abc	35.9 a	5226 c
AG7098VTpro	1.95 b	14.8 de	31.3 ef	5652 c