



MAÍZIFICANDO CONCIENCIA

XII CONGRESO NACIONAL DE MAÍZ

Eje

Genética y mejoramiento

8, 9 y 10 de Noviembre
Pergamino, BA
UNNOBA



Secretaría de Agricultura,
Ganadería y Pesca
Ministerio de Economía
Argentina

20
22





APLICACIÓN DE UN ÍNDICE DE SELECCIÓN MARCADOR-FENOTIPO CON CARACTERES ASOCIADOS A LA EFICIENCIA EN EL USO DEL NITRÓGENO Y PRODUCCIÓN DE BIOMASA AÉREA EN MAÍZ

Troia P¹; Mandolino CI²; Molins LG³; Farace ML⁴; Mroginski E^{1,5}; Boca RT⁶; Eyherabide GH¹

¹Universidad Nacional del Noroeste de la provincia de Buenos Aires (UNNOBA), Pergamino, Argentina; ²Limagrain Argentina, Pergamino, Argentina; ³SANPA Semillas S.A., Salto, Argentina; ⁴Alumni Seed, Salto, Argentina; ⁵Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), EEA Pergamino, Argentina; ⁶Facultad de Agronomía, UBA, CABA, Argentina. E-mail: ptroia@comunidad.unnoba.edu.ar ceciliamandolino@gmail.com lucianom@sanpasemillas.com marialujanfarace@gmail.com mroginski.erika@inta.gob.ar tereboca@gmail.com guillermo.eyherabide@gmail.com

APPLICATION OF A MARKER-PHENOTYPE SELECTION INDEX TO TRAITS ASSOCIATED WITH EFFICIENCIES IN THE USE OF NITROGEN AND AERIAL BIOMASS IN MAIZE

Abstract

Selection indices allow selection in such a way as to maximize the response in the aggregate genetic merit to the extent that the index turns out to be the best linear prediction of the breeding value of an individual. The marker-phenotype selection index (LTSI) combines information from molecular markers linked to QTLs and phenotypic information of complex characters. In this work, trait data associated with nitrogen use efficiency and light capture were used in order to compare the response to direct selection for corn grain yield with the response applying LTSI, incorporating trait information, highly correlated with the productive character. The results obtained would indicate that, although response values of different magnitude were observed by means of the index between the different mapping methodologies, they did not turn out to be greater than the response to direct selection for RGP. Therefore, the available molecular information may not be sufficient to achieve significance for the character of interest, so as to consider it as an indirect selection strategy.

Palabras claves

Índices de selección, Rendimiento en grano, Eficiencia en el uso del nitrógeno, Biomasa aérea

Keywords

Selection indexes, Grain yield, Nitrogen use efficiency, Aereal biomass



Introducción

La aplicación de índices de selección en mejoramiento genético es uno de los métodos de creciente importancia en la actualidad. Estas funciones lineales se correlacionan con la superioridad relativa de los genotipos para los caracteres incluidos en ellos. Asimismo, cuando se dispone de información molecular y fenotípica para un carácter individual, esta puede combinarse en un índice de Lande y Thompson (1990) denominado en adelante LTSI. La ventaja de seleccionar mediante LTSI depende de cuánta varianza genética explican los marcadores ligados a QTLs (*loci* de caracteres cuantitativos, del inglés *Quantitative Trait Loci*) para un carácter. En este trabajo, se compararon las respuestas esperables a la selección directa para eficiencia en el uso del nitrógeno (EUN), para biomasa aérea en madurez fisiológica (BIO), y para ambos caracteres aplicando sendos índices LTSI. Tanto EUN como BIO, mostraron una alta correlación genética (0.94 y 0.66, respectivamente; Mandolino et al., 2018, Molins, 2018) con el rendimiento en grano (RGP). Finalmente, se compararon las respuestas indirectas en RGP de ambos índices LTSI (EUN, BIO) con la respuesta esperada a la selección directa por RGP.

Materiales y métodos

Se utilizaron dos bases de datos. La primera (Mandolino et al., 2018) corresponde a una colección de 181 RILs (líneas endocriadas recombinantes) derivadas del cruzamiento entre dos líneas contrastantes para la EUN. La segunda (Molins, 2018) corresponde a una población de 150 RILs F5 obtenidas a partir del cruzamiento de dos líneas contrastantes para caracteres asociados a la captura de luz. En ambas RILs se encontraron asociaciones significativas entre QTLs y marcadores moleculares.

Se emplearon los programas Infostat y Meta-R para obtener las heredabilidades, varianzas, medias y las matrices de correlaciones fenotípicas y genéticas. Se calcularon las respuestas directas esperadas a la selección para EUN, BIO y RGP según la fórmula $R_x = i \cdot h_x \cdot \sigma_{Ax}$, siendo i la intensidad de selección; h_x y σ_{Ax} las raíces cuadradas de la heredabilidad y de la varianza aditiva; y las respuestas indirectas para RGP según la fórmula $CR_x = i \cdot h_y \cdot r_{xy} \cdot \sigma_{Ax}$, siendo h_y la raíz cuadrada de la heredabilidad del carácter correlacionado y r_{xy} el coeficiente de correlación genética entre los caracteres. Los LTSI se calcularon con el programa RIndSel. Se seleccionaron el 5% y 10% de las RILs ($i = 2.063$, $i = 1.755$; respectivamente). Debido a que en los estudios a los cuales pertenecen los datos se emplearon diferentes métodos de mapeo de QTLs (por intervalo simple (IS), por intervalo compuesto (IC), de caracteres múltiples en ambientes múltiples (MTME) o modelo lineal mixto (MLM)), se aplicó el índice para cada metodología.

Se compararon los genotipos seleccionados por índice vs. los seleccionados en forma directa, mediante un coeficiente de coincidencia empleando un script desarrollado ad hoc en Python (1: existe coincidencia en los genotipos y el orden de mérito; 0.5: existe coincidencia en los genotipos; 0: no existe coincidencia en los genotipos).

Resultados

Eficiencia en el uso del nitrógeno



En la Tabla **1a y 1b**, se muestran las estimaciones de las respuestas directas a la selección para RGP y EUN, las respuestas indirectas a RGP mediante EUN, las respuestas aplicando el LTSI (EUN) tanto para EUN, como indirectamente para RGP; seleccionando el 5% y 10% de las RILs, respectivamente.

Carácter	Respuesta directa	Respuesta indirecta mediante EUN	Respuesta en el LTSI		
			IS	IC	MTME
RGP (g.pl ⁻¹)	11.45	11.66	2.52	6.36	4.73
EUN (g.pl ⁻¹)	9.62	-	12.45	11.91	14.34

Tabla 1a. Respuestas a la selección directas, indirecta y mediante LTSI (i 5%).

Carácter	Respuesta directa	Respuesta indirecta mediante EUN	Respuesta en el LTSI		
			IS	IC	MTME
RGP (g.pl ⁻¹)	9.74	9.92	2.18	3.6	4.14
EUN (g.pl ⁻¹)	8.18	-	10.6	10.14	12.2

Tabla 1b. Respuestas a la selección directas, indirecta y mediante LTSI (i 10%).

En cuanto a la similitud en los genotipos seleccionados, se observó que cuando se compararon los genotipos seleccionados en la selección directa para EUN y las estrategias LTSI, la mayor coincidencia fue con LTSI (IC) y con LTSI (MTME). Y, cuando se compararon los genotipos seleccionados en la selección directa para RGP y el resto de las estrategias LTSI, la mayor coincidencia fue con LTSI (IC) (Tabla 2). La magnitud del coeficiente fue pequeña en los casos mencionados, indicando escasa concordancia en los genotipos seleccionados y su orden de mérito.

Estrategias de selección	LTSI		
	IS	IC	MTME
Directa EUN	0.00	0.06	0.28
Directa RGP	0.00	0.17	0.00

Tabla 2. Coeficiente de coincidencia: genotipos seleccionados en selección directa para EUN y RGP vs. selección mediante LTSI EUN.

Eficiencia en la captura de luz

En la Tabla 3a y 3b, se muestran las estimaciones de las respuestas directas a la selección para RGP y BIO, las respuestas indirectas a RGP mediante BIO, las respuestas aplicando el LTSI (BIO) tanto para BIO, como indirectamente para RGP; seleccionando el 5% y 10% de las RILs, respectivamente.

Carácter	Respuesta directa	Respuesta indirecta mediante BIO	Respuesta en el LTSI		
			IC	MLM	MTME
RGP (g.pl ⁻¹)	9.38	6.04	8.24	-6.8	1.23
BIO (g.pl ⁻¹)	17.96	-	26.46	29.18	88.23

Tabla 3a. Respuestas a la selección directas y mediante LTSI (i 5%).

Carácter	Respuesta directa	Respuesta indirecta mediante BIO	Respuesta en el LTSI		
			IC	MLM	MTME
RGP (g.pl ⁻¹)	7.98	5.14	6.09	-5.2	0.81
BIO (g.pl ⁻¹)	15.28	-	22.52	24.83	75.07

Tabla 3b. Respuestas a la selección directas y mediante LTSI (i 10%).



En cuanto a la similitud en los genotipos seleccionados, se observó que cuando se compararon los genotipos seleccionados en la selección directa para BIO y las estrategias LTSI, la mayor coincidencia fue con LTSI (IC). Y, cuando se compararon los genotipos seleccionados en la selección directa para RGP y el resto de las estrategias LTSI, la mayor coincidencia también fue con LTSI (IC) (Tabla 4). En ambos casos, la magnitud del coeficiente fue similar y mayor a 0.3, pudiéndose interpretar esto como cierta concordancia en los genotipos seleccionados, pero no así en el orden de mérito.

Estrategias de selección	LTSI		
	IC	MLM	MTME
Directa BIO	0.36	0.00	0.14
Directa RGP	0.32	0.00	0.00

Tabla 4. Coeficiente de coincidencia: genotipos seleccionados en selección directa para BIO y RGP vs. selección mediante LTSI BIO.

Discusión y conclusiones

A partir de los resultados obtenidos y con el principal objetivo de mejorar el rendimiento en grano de maíz, se pudo observar que el índice de selección aplicado (LTSI) resultó ser más eficiente que la selección directa para los caracteres EUN y BIO; pero no así para incrementar la respuesta indirecta esperada en el RGP. Posiblemente, esto podría deberse a que las asociaciones significativas entre QTLs y marcadores moleculares que fueron detectadas para EUN y BIO tal vez no se correspondían con QTLs para rendimiento.

Con respecto a la concordancia en los genotipos seleccionados entre las distintas estrategias LTSI y la selección directa para EUN o BIO, los coeficientes indicaron una baja coincidencia a pesar de haberse incrementado la respuesta. Esto podría deberse a que, al combinar información molecular con fenotípica se hayan seleccionado QTLs con mayor efecto que cuando se seleccionó solo considerando la información fenotípica disponible.

Apoyo financiero

Proyecto SIB2019 “Evaluación de estrategias de empleo de variables secundarias o indicadoras de naturaleza ecofisiológica, bioquímica y molecular en índices de selección en maíz” Res.SIB 553/2019 UNNOBA

Proyecto SIB2022 “Efecto de la arquitectura genética y correlaciones de caracteres complejos sobre la respuesta esperada a la selección para caracteres múltiples empleando índices de selección” UNNOBA

Referencias bibliográficas

Lande, R. y Thompson, R. 1990. Efficiency of marker-assisted selection in the improvement of quantitative traits. *Genetics* 124:743–756

Mandolino, C.I; D'Andrea, K.E; Olmos, S.E; Otegui, M.E y Eyherabide, G.H. 2018. Maize nitrogen use efficiency: QTL mapping in a U.S. Dent×Argentine Caribbean Flint RILs population. *Maydica* 63, 1–17.
<https://www.researchgate.net/publication/324706705>

Molins, L.G. 2018. Mapeo de QTLs asociados a caracteres de la captación de luz en maíz (*Zea mays* L.). Tesis Doctoral UNR. 209 pp.