ITEA (1998), Vol. **94A N.° 3,** 340-343

SELECCIÓN ASISTIDA POR MARCADORES PARA CARACTERES NO ADITIVOS

J. Fernández Martín
M.A. Toro Ibáñez

Departamento de Mejora Genética
y Biotecnología
SGIT. - INIA
Crta. Coruña Km 7
28040 Madrid

España

RESUMEN

Se realizaron simulaciones por ordenador de selección asistida por marcadores sobre un carácter controlado por 25 QTL con diferentes acciones génicas (desde aditividad a sobredominancia). Para aprovechar los efectos dominantes se consideraron dos poblaciones: una comercial y un núcleo con los individuos que darían lugar a la siguiente generación. Se probaron diferentes estrategias para seleccionar los individuos para cada una de las poblaciones y distintos esquemas de apareamiento de los reproductores en la población núcleo para cada grado de dominancia.

Palabras clave: Selección asistida por marcadores, QTL, Estrategias de selección y apareamiento.

SUMMARY
MARKER-ASSISTED SELECTION FOR NON ADDITIVE TRAITS

Computer simulations of marker assisted selection were carried out on a character controlled by 25 QTL and different genic actions (from additivity to overdominance). To take advantage of dominant effects two populations were considered: one commercial and a nucleus with the individuals giving next generation. Different strategies to select individuals for each of the populations and different mating schemes in the nucleus are tested for every dominance degree.

Key words: Marker-assisted selection, QTL, Selection and mating strategies.

Introducción

En un programa de mejora se obtendrían mayores respuestas si se aprovechasen los efectos dominantes del carácter sobre el que se ejerce selección. Para ello se necesitan esquemas en los que se consideren dos poblaciones: una con los individuos que se comercializarán y otra con los individuos del núcleo que mantendrán la población (Toro, 1993). En este contexto las diferentes estrategias que pueden seguirse dependerán del criterio elegido para seleccionar los individuos que generarán la pobla-

ción comercial y los reproductores del núcleo y del sistema de apareamiento que se implemente con éstos últimos.

Por otra parte la disponibilidad creciente de marcadores que cubren todo el genoma de las especies de interés hace que la selección asistida por marcadores pueda convertirse en una alternativa real a los métodos tradicionales de selección.

En este trabajo se analizan los resultados de simular selección asistida por marcadores según esquemas con poblaciones comercial y reproductora para aprovechar la dominancia de un carácter.

Métodos

El carácter sobre el que se ejerce selección está determinado por la acción de 25 QTL dialélicos. La diferencia entre los efectos de los dos homocigotos para cada QTL es 2a, siendo *a* valores en progresión geométrica (primer término igual a 10) de manera que la suma de todos ellos es 100 (LANDE y THOMPSON, 1990; GIMELFARB y LANDE, 1994). Los QTL están aleatoriamente distribuidos a lo largo de 20 cromosomas de 100 cM de longitud. La heredabilidad se fijó en 0,2.

En cada generación, compuesta por 64 individuos, se seleccionaron 16 individuos por sexo para obtener la siguiente generación permitiendo un solo apareamiento por individuo y una contribución igual de cada pareja (cuatro hijos y cuatro hijas). También se eligieron 16 individuos por sexo (los mismos que para el núcleo o diferentes) para generar la población comercial mediante apareamiento al azar y contribución igual por parejas.

Cada simulación constó de 10 generaciones de selección y los resultados fueron el promedio de 500 repeticiones.

Para cubrir un amplio rango de acciones génicas el valor del heterocigoto se calculó como el valor del homocigoto para el alelo favorable (a) por un factor que abarcaba desde cero hasta 1,125. En una simulación alternativa el valor de los heterocigotos se hizo proporcional a la magnitud del efecto de manera que al mayor de ellos correspondiese dominancia completa y al menor recesividad completa.

La selección se realizó sobre los efectos aparentes de 11 marcadores bialélicos por cromosoma regularmente espaciados. Para que la asociación con los QTL fuera máxima la población de partida fue una F1 heterocigota tanto para los QTL como para los marcadores; los QTL estaban en fase de repulsión total. Los efectos de cada marcador fueron calculados a través de una regresión múltiple del genotipo de cada marcador en el fenotipo de 1000 individuos provenientes de la F2. Sólo aquellos marcadores con un efecto significativo en la citada regresión fueron considerados en el proceso de selección.

Los esquemas de selección testados consistían en combinaciones diferentes de las siguientes opciones:

Selección

- Aptitud Combinatoria General *(G)*.
- Aptitud Combinatoria Específica *(S)*.
- Valor genotípico individual *(I)*.

Apareamiento

- Al azar *(R)*.
- Mínima Aptitud Combinatoria Específica *(s)*.

- Mínima (Aptitud Combinatoria Específica - Aptitud Combinatoria General) *(s*)*.

Tanto la selección como el apareamiento (cuando no era al azar) se realizó mediante programación lineal entera (en concreto se implementó el algoritmo húngaro para problemas de asignación).

Como medida de la eficiencia de la selección asistida por marcadores se realizó selección sobre el valor fenotípico de los individuos.

Resultados y conclusiones

En los Cuadros 1 y 2 aparecen las estrategias que rindieron mejores respuestas para cada una de las situaciones consideradas a corto, medio y largo plazo (2, 5 y 10 generaciones de selección). Las casillas sombreadas se refieren a la respuesta en la población comercial y las otras a la reproductora. La primera posición de cada terna indica el criterio de elección de los individuos reproductores, la segunda el sistema

CUADRO 1
ESTRATEGIAS QUE GENERAN LA MEJOR RESPUESTA CUANDO TODOS LOS QTL PRESENTAN EL MISMO GRADO DE DOMINANCIA

		Generación 2						Generación 5						Generación 10					
d = 0	p = 0.5	*G*	–	–	*G*	*s*	*S*	*G*	*s*	*S*	–	*s*	*S*	*G*	*s*	*S*	*G*	*s*	*S*
d = 0.5	p = 0.5	*G*	*R*	–	*I*	*R*	*S*	*G*	*R*	–	–	*s*	*S*	*G*	*R*	–	*S*	*s*	*S*
d = 1	p = 0.5	*G*	*R*	–	*S*	*s**	*S*	*I*	*R*	*S*	*S*	*s**	*S*	*I*	*R*	*S*	*S*	*s*	*S*
d = 1.125	p = 0.5	*G*	*R*	–	*S*	*s**	*S*	*I*	*R*	*S*	*S*	*s**	*S*	*I*	*R*	*S*	*S*	*s**	*S*

CUADRO 2
ESTRATEGIAS QUE GENERAN LA MEJOR RESPUESTA CUANDO EL GRADO DE DOMINANCIA DE LOS QTL ES PROPORCIONAL A SU EFECTO

	Generación 2						Generación 5						Generación 10					
p = 0.5	*G*	*R*	–	*G*	*s*	*S*	*G*	*R*	–	*G*	*s*	*S*	*G*	*R*	–	*G*	*s*	*S*

Población reproductora
Población comercial
G.- Aptitud Combinatoria General.
S.- Aptitud Combinatoria Específica.
I.- Valor individual.
R.- Apareamiento al azar.
s.- Apareamiento de mínima Aptitud Combinatoria Específica.
s*.- Mínima (Aptitud Combinatoria Específica – Aptitud Combinatoria General).

de apareamiento seguido con éstos y la tercera el modo de elección de los individuos que generan la población comercial. Cuando aparece un guión en alguna de las posiciones significa que varias estrategias obtuvieron el mismo resultado.

Debemos hacer la consideración de que la eficacia de la selección asistida por marcadores se reduce a lo largo de las generaciones; de hecho a diez generaciones es menos efectiva que la selección fenotípica (resultados no mostrados). La causa es que la recombinación va deshaciendo el desequilibrio de ligamiento entre QTL y marcadores y por tanto debilitando su asociación. Sería recomendable por tanto reevaluar los efectos aparentes cada pocas generaciones a efecto de eliminar los marcadores que ya no son significativos.

A la vista de los resultados algunas de las conclusiones a las que se puede llegar son:

– Respecto de la respuesta en la población comercial:

• Para aditividad y, a corto plazo, dominancia parcial la mejor estrategia es elegir los individuos reproductores siguiendo el criterio *G*.

• Para dominancia completa o sobredominancia es mejor la selección por *S*.

• El sistema de apareamiento idóneo es *s* o *s**.

• El mejor criterio de selección de los individuos que van a producir la población comercial es *S*.

– Respecto de la respuesta en el núcleo:

• Con aditividad o dominancia parcial el criterio de selección óptimo es *G*.

• El apareamiento aleatorio resulta más adecuado (excepto en aditividad a largo plazo).

Cuando la dominancia es proporcional las combinaciones óptimas a cualquier tiempo son *G s S* para la comercial y *G R* – para el núcleo.

Obviamente el interés del mejorador será obtener la máxima respuesta en la población comercial aunque se debe tener en cuenta la consanguinidad que se genera en el núcleo ya que puede dificultar el mantenimiento de la población por los efectos deletéreos sobre eficacia biológica.

Bibliografía

GIMELFARB A. y LANDE R., 1994. Simulation of marker-assisted selection in hybrid populations. Genet. Res., Camb 63, 39-47.

LANDE R. y THOMPSON R., 1990. Efficiency of marker-assisted selection in the improvement of quantitative traits. Genetics 124, 743-756.

TORO M. A., 1993. A new method aimed at using the dominance variance in closed breeding populations. Genet. Sel. Evol. 25, 63-74.