Rev. Fitotec. Mex. 12:27-31. 1989

PROBLEMAS CON LINEAS ENDOGAMICAS. II. CAMBIO DE SISTEMA REGULAR DE APAREAMIENTO

Fidel Márquez Sánchez[1]

RESUMEN

Se comparan dos enfoques para calcular la endogamia cuando se pasa de un sistema regular de apareamiento endogámico a otro, en la derivación de líneas. Ellos son el uso de las ecuaciones recurrentes conocidas para la autofecundación, fraternización y mesofraternización, que se toman como sistemas básicos, y el del coeficiente de homocigosis. Este último se basa en sumar a la endogamia obtenida con un sistema dado, el producto de la heterocigosis residual (1-F) por la tasa de endogamia de la primera generación del nuevo sistema. Se demuestra que el uso de ecuaciones recurrentes es un método de validez general para el cálculo de la endogamia así generada, mientras que el método del coeficiente de homocigosis lo es sólo cuando las ecuaciones recurrentes consideran a la última generación endogámica.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES

Coeficiente de endogamia; Coeficiente de homocigosis; Líneas autofecundadas; Líneas fraternales; Líneas mesofraternales; Líneas retrocruzadas.

SUMMARY

Two approaches for calculating the inbreeding coefficient when one regular system of mating is changed to another, are compared. They are the recurrence equations method and the so called homozygosis coefficient method. The included recurrence equations were those known for the mating systems: selfing, full-sibing and half-sibing, considered as basic systems. The homozygosis coefficient method is the inbreeding value previously obtained with any system, plus the product of the residual heterozygosis (1-F) times the inbreeding rate of the new system in the first generation. It is demonstrated that the recurrence equations method is a general valid approach to calculate the inbreeding coefficient, whereas the homozygosis coefficient method is valid only when the last generation of inbreeding is considered.

ADDITIONAL INDEX WORDS

Inbreeding coefficient; Homozygosis coefficient; Self lines; Sib lines; Half-sib lines; Backcrossed lines.

INTRODUCCION

En ocasiones, al estar derivando líneas endogámicas se cambia de un sistema regular de apareamiento endogámico (o en breve, sistema endogámico) a otro. Esto puede suceder cuando el número de plantas reproductoras es pequeño, al incrementar semilla de líneas (Márquez, 1989), o bien cuando la línea es obtenida por un sistema de avance endogámico moderado y se quiere acelerar el proceso cambiando a otro más intenso, o viceversa. Para calcular la endogamia que se genera al cambiar de sistema es adecuado usar las fórmulas recurrentes existentes; sin embargo, a veces se usa el llamado "coeficiente de homocigosis" con el mismo fin. En este artículo se comparan ambos sistemas.

REVISION DE LITERATURA

En genotecnia vegetal se han usado, o propuesto para su uso, en la hibridación y/o formación de variedades sintéticas, por lo menos cinco tipos de líneas endogámicas (Márquez, 1988): autofecundadas (líneas S), fraternales (líneas C), mesofraternales (líneas D), autofraternales (líneas Z) y retrocruzadas (líneas R). Las fórmulas recurrentes para calcular sus respectivos coeficientes de endogamia son:

[1] Experto Regional Sur, Red Nacional de Maíz, INIFAP-SARH. Apdo. Postal 10, 56230 Chapingo, México.

Líneas S:

$$F_{t,a} = 1/2\ (1 + F_{t-1,a}) \quad (1)$$

Líneas C:

$$F_{t,b} = 1/4\ (1 + 2\ F_{t-1,b} + F_{t-2,b}) \quad (2)$$

Líneas D:

$$F_{t,d} = 1/8\ (1 + 6\ F_{t-1,d} + F_{t-2,d}) \quad (3)$$

Líneas Z:

$$F_{t,ab} = 1/4\ (1.5 + F_{t-1,a} + F_{t-1,b} + 1/4\ F_{t-2,a} + 1/4\ F_{t-2,b}) \quad (4)$$

Líneas R:

$$F_{t,r} = 1/4\ (1 + 2\ F_{t-1,r} + F_R) \quad (5)$$

en donde a, b, d, ab, y r simbolizan el tipo de apareamiento mediante el cual se derivaron las líneas.

Las tres primeras fórmulas y la quinta pueden encontrarse en cualquier libro de texto de Genética Cuantitativa (por ejemplo, en Falconer, 1983), mientras que la cuarta fue derivada por Márquez (1982; 1988).

La fórmula general del coeficiente de homocigosis es

$$F_{t,x-y} = F_{t-1,x} + (1-F_{t-1,x})\ F_{1,y} \quad (6)$$

en donde:

$F_{t-1,x}$ es la endogamia obtenida hasta la generación t-1 con el sistema de apareamiento x,

$(1-F_{t-1,x})$ es la heterosis residual, y

$F_{1,y}$ es el coeficiente de endogamia de la primera generación con el sistema de apareamiento y.

De acuerdo con esto último, la Ec. 6 es sólo para una generación del sistema endogámico y; para generaciones adicionales, presumiblemente se usaría alguna de las Ecs. 1 a 5, según fuera el sistema y.

METODOS

Se usaron los tres sistemas básicos: autofecundación, fraternización y mesofraternización, ya que autofraternización y retrocruzamiento son variantes del primero. Los cambios de sistema endogámico se estimaron tanto directa como recíprocamente, o sea: a-b, b-a, a-d, d-a, b-d y d-b; por lo que, en cualquiera de ellos, si la última generación endogámica fue t, la generación t+1 corresponde a la del cambio.

RESULTADOS

Ecuaciones recurrentes

Aplicando las ecuaciones 1 a 3 se obtiene para cada cambio:

a-b

$$F_{t,a-b} = 1/4\ (1 + 2\ F_{t,a} + F_{t-1,a})$$

De acuerdo a la Ec. 1 (ver Márquez, 1988),

$$F_{t,a} = 1/2\ (1 + F_{t-1,a})$$

en donde:

$$F_{t-1,a} = 2\ F_{t,a} - 1$$

por lo que,

$$F_{t,a-b} = 1/4\ (1 + 2\ F_{t,a} + 2\ F_{t,a} - 1)$$

$$= F_{t,a} \quad (7)$$

lo que significa que el paso de autofecundación a fraternización no altera la endogamia de la línea.

b-a

$$F_{t,b-a} = 1/2\ (1+F_{t,b}) \quad (8)$$

a-d

$$F_{t,a-d} = 1/8\ (1+6\ F_{t,a} + F_{t-1,a})$$

En forma similar al caso anterior,

$$F_{t,a-d} = 1/8\ (1+6\ F_{t,a} + 2\ F_{t,a} -1)$$

$$= F_{t,a} \qquad (9)$$

por lo que el paso de autofecundación a mesofraternización tampoco altera la endogamia de la línea.

d-a

$$F_{t,d-a} = 1/2\ (1 + F_{t,d}) \qquad (10)$$

b-d

$$F_{t,b-d} = 1/8\ (1 + 6\ F_{t,b} + F_{t-1,b}) \qquad (11)$$

d-b

$$F_{t,d-b} = 1/4\ (1 + 2\ F_{t,d} + F_{t-1,d}) \qquad (12)$$

Calculando los coeficientes de homocigosis con la Ec. 6, resulta:

a-b

$$F_{t,a-b} = F_{t,a} + 1/4\ (1-F_{t,a})$$

$$= 1/4\ (1 + 3\ F_{t,a}) \qquad (13)$$

b-a

$$F_{t,b-a} = F_{t,b} + 1/2\ (1-F_{t,b})$$

$$= 1/2\ (1 + F_{t,b}) \qquad (14)$$

a-d

$$F_{t,a-d} = F_{t,a} + 1/8\ (1-F_{t,a})$$

$$= 1/8\ (1 + 7\ F_{t,a}) \qquad (15)$$

d-a

$$F_{t,d-a} = F_{t,d} + 1/2\ (1-F_{t,d})$$

$$= 1/2\ (1 + F_{t,d}) \qquad (16)$$

b-d

$$F_{t,b-d} = F_{t,b} + 1/8\ (1-F_{t,b})$$

$$= 1/8\ (1 + 7\ F_{t,b}) \qquad (17)$$

d-b

$$F_{t,d-b} = F_{t,d} + 1/4\ (1-F_{t,d})$$

$$= 1/4\ (1 + 3\ F_{t,d}) \qquad (18)$$

DISCUSION

Haciendo las comparaciones pertinentes (Ecs. 7 y 13 para a-b, Ecs. 8 y 14 para b-a, Ecs. 9 y 15 para a-d, Ecs. 10 y 16 para d-a, Ecs. 11 y 17 para b-d, y Ecs. 12 y 18 para d-b), puede verse que los únicos resultados que coinciden son para b-a y d-a; o sea, cuando se pasa a la autofecundación. En los otros casos, cuando se usa el coeficiente de homocigosis, la endogamia de la penúltima generación endogámica (t-1) no se toma en cuenta como tal, sino más bien aparece como si fuera igual a la de la última (t).

En lo que respecta al paso de autofecundación a fraternización o a mesofraternización (pasos a-b y a-d), se vio que la endogamia de la línea no cambia; Márquez (1989) hace una demostración sencilla de esto mismo. En estas circunstancias, y considerando que en general $F_{t+1} = r_t$, para el caso de la autofecundación $F_{t+1,a} = r_{t,a} = F_{t,a}$ lo que está de acuerdo con las Ecs. 7 y 9; mientras que los mismos cambios (a-b y a-d) estimados con el coeficiente de homocigosis, producen resultados incorrectos.

Ahora, ¿por qué coinciden los resultados de ambos enfoques para los pasos b-a y d-a? Como se dijo atrás, el enfoque del coeficiente de homocigosis sólo considera la última generación endogámica (t), en todos los sistemas. Dado que la autofecundación es el único caso que también considera sólo a esa generación en el enfoque de las ecuaciones recurrentes, es que se da tal coincidencia. Ello no sucede así para los otros cambios, puesto que las ecuaciones recurrentes toman en cuenta a la última (t) y a la penúltima (t-1) generaciones (Ecs. 2 y 3) (ver Ecs. 1,2 y 3, considerando que en el cambio la generación es t+1).

Un caso similar al de la autofecundación sería la endogamia generada por muestreo, cuando en una población de apareamiento aleatorio entre N individuos, en cada generación se mantiene constante dicho número usando sólo un individuo de cada progenie como progenitor. En este caso la endogamia es, según Falconer (1983):

$$F_{t,m} = \Delta F + (1- \Delta F)\, F_{t-1,m} \qquad (19)$$

en donde $\Delta F = 1/2N$, pudiéndose apreciar que la Ec. 19, al igual que la autofecundación, sólo considera a la endogamia de la penúltima generación (t-1), siendo que para el cambio tal generación es t.

Con el uso de ecuaciones recurrentes (Ecs. 1 y 19), se tiene entonces:

a-m

$$F_{t,a-m} = \Delta F + (1- \Delta F)\, F_{t,a} \qquad (20)$$

m-a

$$F_{t,m-a} = 1/2\ (1 + F_{t,m}) \qquad (21)$$

b-m

$$F_{t,b-m} = \Delta F + (1- \Delta F) F_{t,b} \qquad (22)$$

d-m

$$F_{t,d-m} = \Delta F + (1- \Delta F)\, F_{t,d} \qquad (23)$$

Con el coeficiente de homocigosis, como ΔF es constante a través de las generaciones, se tiene que:

a-m

$$F_{t,a-m} = F_{t,a} + (1-F_{t,a})\, \Delta F$$

$$= \Delta F + (1- \Delta F)\, F_{t,a} \qquad (24)$$

m-a

$$F_{t,m-a} = F_{t,m} + 1/2\ (1-F_{t,m})$$

$$= 1/2\ (1 + F_{t,m}) \qquad (25)$$

b-m

$$F_{t,b-m} = F_{t,b} + (1-F_{t,b})\, \Delta F$$

$$= \Delta F + (1- \Delta F)\, F_{t,b} \qquad (26)$$

d-m

$$F_{t,d-m} = F_{t,d} + (1-F_{t,d})\, \Delta F$$

$$= \Delta F + (1-\Delta F)\, F_{t,d} \qquad (27)$$

De esta manera, al comparar los dos enfoques (Ecs. 20 y 24 para a-m, Ecs. 21 y 25 para m-a, Ecs. 22 y 26 para b-m y Ecs. 23 y 27 para d-m), se ve que con ambos se obtiene lo mismo.

De acuerdo con los resultados de los cambios a-b y a-d obtenidos con las ecuaciones recurrentes (Márquez, 1989), y tomando en cuenta que el método del coeficiente de homocigosis sólo considera la endogamia obtenida hasta la última generación del sistema de que se trate, sólo coinciden los resultados en ambos enfoques cuando en las ecuaciones recurrentes tal es el caso (en la autofecundación y en la endogamia generada por muestreo). En consecuencia, puede concluirse que el método de ecuacio-

nes recurrentes tiene validez general, no así el del coeficiente de homocigosis.

BIBLIOGRAFIA

Falconer, D.S. 1983. Introducción a la Genética Cuantitativa. 2a. Ed. Trad. F. Márquez S. AGT Editor, México.

Márquez S., F. 1982. Modifications to cyclic hybridization in maize with single-eared plants. Crop Sci. 22:314-319.

_____. **1988.** Genotecnia Vegetal. Tomo II. AGT Editor, México.

_____. **1989.** Problemas con líneas endogámicas. I. Incremento de semilla con dos y cuatro plantas progenitoras. Rev. Fitotec. Mex. 12: