

ENDOGAMIA EN LA REPRODUCCIÓN DE MAÍZ POR CRUZAS EN CADENA

INBREEDING IN MAIZE REPRODUCTION BY CHAIN CROSSES

Fidel Márquez-Sánchez*

Centro Regional Universitario de Occidente, Universidad Autónoma Chapingo. 44950.
Rosario Castellanos 2332, Colonia Residencial La Cruz, Guadalajara, Jalisco. México.
(fidelmqz@hotmail.com).

RESUMEN

La polinización de maíz (*Zea mays* L.) por medio de cru-
zas en cadena, como cualquier otro método de reproduc-
ción artificial, produce un incremento de la endogamia en
la población del caso, al cabo de varias generaciones. Para
saber cuál es su efecto es necesario conocer la endogamia
del método en la primera generación y de ahí extrapolarla
hacia las siguientes. En esta investigación se concluye que la
endogamia es la misma que la de familias de medios herma-
nos, y que en un compuesto balanceado de 10 líneas y 20
plantas por línea, al cabo de diez generaciones la endogamia
es alrededor de 4 %. Se exponen también las ventajas que el
método ofrece a los mejoradores del maíz.

Palabras clave: *Zea mays* L., coeficiente de endogamia, cru-
zas en cadena, endogamia.

INTRODUCCIÓN

La polinización artificial de maíz por medio de
cruzas en cadena es un método sumamente
sencillo porque se hace conforme las plantas
van floreciendo. Como su objetivo fundamental es
la reproducción de germoplasma es necesario saber
cuánta endogamia se genera y cómo se compara con
otros métodos de incremento de germoplasma para
estar en condiciones de decidir cuál método seguir:
será el que cause menos endogamia o una cantidad
similar a la de esos métodos. Por otra parte, en las
polinizaciones que producen familias de hermanos
completos o de medios hermanos, es necesario que
al momento de polinizar la mayor parte de las plan-
tas ya se encuentren floreciendo, lo que no es siem-
pre posible sobre todo cuando se trata de variedades
originales.

*Autor responsable ❖ Author for correspondence.

Recibido: Enero, 2009. Aprobado: Febrero, 2010.

Publicado como NOTA en *Agrociencia* 44: 183-186. 2010.

ABSTRACT

The pollination of maize (*Zea mays* L.) by chain crosses,
as any other method of artificial reproduction produces an
increase of inbreeding in the population of the case after
several generations. To know what its effect is, it is necessary
to know the inbreeding of the method in the first generation
and then extrapolate it to the next generations. In this
research, it is concluded that the inbreeding is the same as
that of families of half sibs, and that in a balance composite
of 10 lines and 20 plants per line, after ten generations
the inbreeding is about 4 %. The report also presents the
advantages that the method offers to maize breeders.

Key words: *Zea mays* L., inbreeding coefficient, chain crosses,
inbreeding.

INTRODUCTION

The artificial pollination of maize by chain
crosses is a very simple method because it
is carried out as plants are blooming. As its
primary goal is the reproduction of germplasm it is
necessary to know how much inbreeding is generated
and how it is compared with other methods of
increase of germplasm to be able to decide which
method to follow: will be the one that causes less
inbreeding or an amount similar to that of those
methods. Moreover, in pollinations that produce
full-sib or half-sib families, it is necessary when
pollinating that most plants are already blooming
what is not always possible especially when plants
come from an original variety.

The value of the inbreeding coefficient in the
increase of a line or in the composite of several
lines with the method of chain crosses has not been
calculated. Therefore, the objectives of this writing
are the calculation of the inbreeding which is
generated and compare it with the inbreeding that

No se ha calculado el valor del coeficiente de endogamia en el incremento de una línea ni en el compuesto integrado por varias líneas con el método de cruza en cadena. Por lo tanto, los objetivos del presente escrito son el cálculo de la endogamia que se genera y compararla con la endogamia que se genera con los métodos de incremento conocidos de cruza de hermanos completos y de cruza de medios hermanos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las cruza en cadena (*CEC*) es un método de reproducción de germoplasma en donde la primera planta se cruza como macho con la segunda, ésta con la tercera y así sucesivamente. Si la cadena es cerrada, la última planta se cruza como macho con la primera; si la cadena es abierta la última planta ya no se cruza como macho.

Para calcular el coeficiente de endogamia (F) de las cruza en cadena de una línea, se hace el cálculo de la coancestría (C) promedio entre los pares de plantas que tienen un progenitor común en la generación 1, de manera que la coancestría en esta generación es igual a la endogamia de la generación 2. La endogamia de generaciones posteriores se obtiene por extrapolación del coeficiente de endogamia de la generación 2.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cruza en cadena en una línea

Sea una línea de la generación 0 constituida por tres plantas no endogámicas ni emparentadas: a , b y c en las cuales se van a llevar a cabo las cruza en cadena.

En la cadena abierta las cruza son $ab-bc$ con a como macho de b , y b como macho de c ; y por lo que se ha asentado atrás la endogamia en esta generación es $F_0=0$. En la generación 1, si bien las plantas ya están emparentadas aún no son endogámicas por lo que $F_1=0$. En la generación 2 la endogamia es de una familia de medios hermanos de fórmula $F_2 = (1/8)(1 + 6F_1 + F_0)$, cuyo valor es $1/8$.

En la cadena cerrada en la generación 0 las cruza son ab , bc y ca , en las que puede apreciarse que cada planta es común en dos cruza. Para el cálculo del coeficiente de endogamia de la cadena cerrada, se usa la coancestría promedio en la generación 1; ésta es igual a la endogamia de la generación 2.

is generated with the known methods of increase of full-sib crosses and half-sib crosses.

MATERIALS AND METHODS

The chain crosses (*CEC*) is a reproduction method of germplasm where the first plant is crossed as male with the second, this with the third plant and so on. If the chain is closed, the last plant is crossed as male with the first; if the chain is open the last plant is not already crossed as male.

To calculate the inbreeding coefficient (F) of chain crosses of a line, the average coancestry (C) is calculated between the pairs of the plants that have a common progenitor in the generation 1, in such a way that coancestry in this generation is equal to the inbreeding of the generation 2. The inbreeding of later generations is obtained by extrapolation of the inbreeding coefficient of generation 2.

RESULTS AND DISCUSSION

Chain crosses in a line

Let's take a line of generation 0 made up by three not inbred and not related plants: a , b , and c in which the chain crosses will be carried out.

In the open chain the crosses are $ab-bc$ with a as male of b , and b as male of c ; and, as it was mentioned above, in this generation inbreeding is $F_0=0$. In generation 1, although plants are already related are not yet inbred so $F_1=0$. In generation 2 the inbreeding is of a half-sib cross of formula $F_2 = (1/8)(1 + 6F_1 + F_0)$, whose value is $1/8$.

In the closed chain in generation 0 the crosses are ab , bc , and ca , in which can be seen that each plant is common in two crosses. To calculate the inbreeding coefficient of the closed chain, the average coancestry will be used in generation 1; this is equal to the inbreeding of generation 2.

$$C(CEC \text{ closed})_1 = (1/3)[(ab/bc) + (ab/ca) + (bc/ca)]$$

The value of each coancestry inside the brackets (identified with $/$) is the corresponding to half-sibs: $(1/8)(1 + 6F_1 + F_0)$, so that in generation 2:

$$F(CEC \text{ closed})_2 = (1/3)[3(1/8)(1 + 6F_1 + F_0)] = (1/8)(1 + 6F_1 + F_0) \quad (1)$$

$$C(CEC \text{ cerrada})_1 = (1/3)[(ab/bc) + (ab/ca) + (bc/ca)]$$

El valor de cada coancestría dentro de los corchetes (identificada con *l*) es el correspondiente a medios hermanos: $(1/8)(1 + 6F_1 + F_0)$, por lo que en la generación 2:

$$F(CEC \text{ cerrada})_2 = (1/3)[3(1/8)(1 + 6F_1 + F_0)] = (1/8)(1 + 6F_1 + F_0) \tag{1}$$

De acuerdo con Falconer (1961), para la generación *t*, la Ecuación 1 se extrapola a:

$$F(CEC \text{ cerrada})_t = (1/8)(1 + 6F_{t-1} + F_{t-2})$$

Con más de tres plantas en la línea se aplica el mismo principio que para tres plantas, de manera que tanto para cruzas en cadena cerrada como abierta, la fórmula endogámica es la misma que para familias de medios hermanos.

Cruzas en cadena en un compuesto de *n* líneas

La reproducción por polinización manual involucra hacer un compuesto balanceado mecánico con semilla de varias líneas; este compuesto se hace con las *m* plantas de cada una de las *n* líneas, se siembra y la polinización se lleva a cabo entre las *nm* plantas.

Para cualquier método de polinización en la reproducción de germoplasma, por ejemplo de una variedad de polinización libre, la endogamia se va acumulando a lo largo de las generaciones, causando un cambio negativo de las características cuantitativas de la variedad, como es el rendimiento.

Para las cruzas en cadena de un compuesto balanceado, con tres plantas progenitoras en las que un macho se cruza con dos plantas hembra, la fórmula del coeficiente de endogamia para este tipo de familias es la de medios hermanos (Márquez-Sánchez, 1999):

$$F(PMH)_t = [(m-1)(m-2) / 8(nm-1)(nm-2)] \{1 + 8[[(nm-1)(nm-2) / (m-1)(m-2)] - 1] F_{t-1} + 6F_{t-2} + F_{t-3}\}$$

According to Falconer (1961), for generation *t*, Equation 1 is extrapolated to:

$$F(CEC \text{ closed})_t = (1/8)(1 + 6F_{t-1} + F_{t-2})$$

With more than three plants in the line the same principle is applied as for three plants, so that for both closed and open chain crosses, the inbreeding formula is the same for half-sib crosses.

Chain crosses in a composite of *n* lines

Reproduction by manual pollination involves making a balance mechanical composite with seeds of various lines; this composite is made with the *m* plants of each one of the *n* lines, it is sown, and pollination is carried out among the *nm* plants.

For any method of pollination in the reproduction of germplasm, for example an open-pollinated variety, the inbreeding is accumulated over generations, causing a negative change of the quantitative characteristics of the variety, such as yield.

For the chain crosses of a balance composite, with three progenitor plants in which a male is crossed with two female plants, the formula of the inbreeding coefficient for this type of family is that of half-sib crosses (Márquez-Sánchez, 1999):

$$F(PMH)_t = [(m-1)(m-2) / 8(nm-1)(nm-2)] \{1 + 8[[(nm-1)(nm-2) / (m-1)(m-2)] - 1] F_{t-1} + 6F_{t-2} + F_{t-3}\}$$

If the composite is made of 10 lines and 20 plants per line, which is a common situation in genetic improvement, inbreeding after 10 generations is around 4 %, a result much lower than if the composite were increased by full-sib crosses whose value is around 34 %.

If the inbreeding generated by chain crosses is equal to that of half-sib crosses, why many breeders prefer to carry out the increase through chain crosses? This method of pollination is carried out as plants are blooming, and it is not necessary to have numerous plants to make half-sib crosses, the loss of functionality of tassels and stigmas.

Si el compuesto está hecho con 10 líneas y 20 plantas por línea, lo que es una situación común en el mejoramiento genético, la endogamia al cabo de 10 generaciones es alrededor de 4 %, resultado mucho más bajo que si el compuesto se polinizara por medio de cruza de hermanos completos cuyo valor es alrededor de 34 %.

Si la endogamia generada por las cruza en cadena es igual a la de medios hermanos, ¿por qué entonces muchos de los fitomejoradores prefieren hacer el incremento por medio de cruza en cadena? Con este método la polinización se realiza conforme las plantas florecen, y no es necesario tener numerosas plantas para hacer los cruzamientos de medios hermanos, y la pérdida de la funcionalidad de espigas y estigmas.

CONCLUSIONES

El método de polinización por cruza en cadena tiene una endogamia igual a la que se genera en el sistema endogámico de familias de medios hermanos. Esto es válido tanto para el incremento de germoplasma de una línea como para un compuesto germoplásmico integrado por varias líneas que generalmente es una variedad de polinización libre. La explicación de la preferencia de los fitomejoradores en hacer cruza

CONCLUSIONS

The method of pollination by chain crosses has an inbreeding equal to that generated in the inbreed system of half-sib crosses. This is true both for the increase of germoplasm of a line and for a germoplasmic composite comprising several lines that, generally, is an open-pollinated variety. The explanation for the preference of breeders to make chain crosses, is because it is easier and more efficient the use of plants as they are blooming.

—End of the English version—



en cadena, se debe a que es más fácil y eficiente el aprovechamiento de las plantas conforme éstas están floreciendo.

LITERATURA CITADA

- Falconer, D. S. 1961. Introduction to Quantitative Genetics. The Ronald Press Company. New York. 92 p.
Márquez-Sánchez, F. 1999. Accumulated inbreeding in maize germoplasm reproduction. *Maydica* 46: 259-261.