

LI. Bosch, F. Casañas, F. Nuez

**PRODUCCION DE SEMILLA HIBRIDA DE MAIZ A PARTIR DE PARENTALES
DE DISTINTO CICLO**

Separata ITEA

INFORMACION TECNICA ECONOMICA AGRARIA, **59** (21-26), 1985

PRODUCCION DE SEMILLA HIBRIDA DE MAIZ A PARTIR DE PARENTALES DE DISTINTO CICLO

Ll. Bosch

F. Casañas

Departament de Biologia

Escola d'Enginyeria

Técnica Agrícola de Barcelona

Urgell, 187

08036 Barcelona

F. Nuez

Cátedra de Genética

E.T.S. Ingenieros Agrónomos

Camino de Vera, 14

46022 Valencia

RESUMEN

Se revisan los métodos disponibles para la producción industrial de semilla híbrida cuando se usan parentales que difieren en su ciclo de floración. Se hace énfasis en el número de días que salva cada método así como en las modificaciones que se introducen en otros caracteres también importantes en la producción de semilla híbrida. Además, se aportan datos originales sobre la posibilidad de utilizar el mutante pg11 pg11 pg12 pg12 para la misma finalidad.

Introducción

Para la obtención industrial de semilla híbrida de maíz, es conveniente que los parentales, líneas puras o híbridos simples, sean del mismo ciclo, a fin de que florezcan simultáneamente la marzorca del parental femenino y el penacho del parental masculino. Sucede que, híbridos de alto rendimiento no pueden ser producidos comercialmente debido a la diferencia de ciclo vegetativo de los parentales (CLONINGER *et al.*, 1974). Por tanto, para permitir una más completa utilización de líneas superiores, es útil disponer de métodos prácticos que permitan sincronizar el período de floración, en materiales originalmente de ciclo vegetativo distinto.

Existen diversos métodos mediante los cuales es posible disminuir, en parentales de distinto ciclo, la diferencia de días a la floración, en una extensión que, entre

otras cosas, depende del propio método. Para hacerse una idea cabal de la importancia relativa de la disminución que consigue cada método, es conveniente señalar que las diferencias máximas que se encuentran entre líneas productoras de los híbridos más precoces y de los más tardíos, sembrados en España, son de unos 20 días.

Estos métodos pueden ser clasificados en dos categorías: 1) Siembras, de ambos parentales, separadas en el tiempo. 2) Siembra simultánea de ambos parentales con: a) Aplicación de tratamientos de "stress" que provocan un diferencial de floración entre parentales, b) Aplicación de tratamientos que retrasan la germinación, c) Aplicación de tratamientos que aceleran la germinación y el crecimiento temprano de las plantas y d) Utilización de sistemas genéticos que afectan a la precocidad de floración.

El objeto de este trabajo es hacer una revisión crítica de los métodos ya conocidos, y aportar datos sobre un nuevo método estudiado por los autores, basado en un carácter genético que afecta a la precocidad de floración.

Siembras de ambos parentales separadas en el tiempo

El método consiste en sembrar primero el parental de ciclo largo y más tarde el parental precoz. Al sembrarse los parentales en surcos distintos, la segunda siembra es técnicamente posible. Este ha sido y continúa siendo el método más utilizado para sincronizar ciclos que difieren considerablemente (CRAIG 1977). El intervalo entre siembras se mide en base a estimadores tales como días, estadios de crecimiento (generalmente aparición de una hoja determinada) o unidades de calor acumuladas desde el día de la primera siembra. A menudo se utilizan combinaciones de dichos estimadores (CRAIG, 1977).

El uso de este método tiene dos limitaciones importantes: 1) Ocurre a menudo que la segunda siembra (parental precoz) ha de retrasarse excesivamente debido a exceso de humedad del suelo (BAUMAN, 1967). 2) La dificultad de sincronizar las floraciones, debido a las interacciones genotipo x ambiente que hacen difícil el cálculo del retraso de la segunda siembra (SHAVER y PPRIOR, 1975; DAVID, 1982). El primer híbrido cultivado a gran escala cuyos parentales diferían grandemente en ciclo de floración fue el INRA 260 (DAVID, 1982) saliendo al mercado francés en 1961. Se trata de un híbrido de 3 vías cuyos parentales difieren 15 días en la floración, siendo necesario, en Francia, un desfase de 25-30 días entre siembras de ambos parentales para conseguir

una floración simultánea (DAVID, 1982). Diferencias mayores en la floración hacen difícil la producción industrial de semilla híbrida debido a que las mencionadas interacciones con el ambiente son tanto más fuertes cuanto más importante es la diferencia de ciclos, sobre todo con respecto a la temperatura atmosférica durante el período de crecimiento. Según DAVID, en 1961 pocos técnicos creían en la viabilidad de la producción a gran escala del híbrido INRA 260; posteriormente algunas firmas han dejado de producirlo, sustituyéndolo por otros con parentales de floración más pareja.

Siembra simultánea de ambos parentales

1. Aplicación de tratamientos de "stress" que provocan un diferencial de floración entre parentales.

En general, a medida que mejoran las condiciones ambientales aumenta la precocidad de floración (LARSON y HANWAY, 1977). Se deduce que sometiendo a ambos parentales a un diferencial de "stress" se pueden compensar en alguna medida diferencias de floración.

Un método utilizado consiste en la mutilación de plántulas. DUNGAN y GAUSMAN (1951) decapitan plantas de diferentes estados de crecimiento, a alturas distintas medidas desde el suelo, en híbridos dobles, simples y líneas puras. De los resultados obtenidos destacan los siguientes aspectos: 1) En general, no hay diferencias importantes entre los tres tipos de material, 2) El retraso de floración y la disminución de rendimiento son tanto mayores a) cuanto más severamente se mutile la planta y b) cuanto más crecida esté la planta, 3) El mayor retraso en la floración fue de 6,5 días comportando una merma en el rendi-

miento del 50%, y 4) Observaciones no cuantificadas, de los autores, estiman que el descenso en la producción de polen es por lo menos tan importante como el de la producción de grano. CLONINGER *et al.* (1974) por medio de tratamientos semejantes llegan a resultados parecidos. Hallan además que hay diferencias de comportamiento entre híbridos para los caracteres retraso de floración y porcentaje de supervivencia y que existen fuertes interacciones año x híbrido para estos mismos caracteres. Estos autores, al igual que DUNGAN y GAUSMAN (1951) sugieren que este método solo es utilizable para retrasar la floración del parental masculino. Esta estrategia ha sido utilizada con éxito cuando la siembra del parental más precoz ha tenido que retrasarse más de la cuenta debido a las condiciones climatológicas (CRAIG, 1977; DUNGAN y GAUSMAN, 1951).

El flameado en estado de plántula es otro método que ha sido estudiado. Sin embargo los resultados obtenidos son poco satisfactorios, con un retraso máximo conseguido de 2,6 días, una mortalidad de plantas tratadas que llegó al 9% y un descenso significativo de rendimiento (GREEN, 1949). Este mismo autor detectó además interacciones línea x tratamiento sugiriendo que las líneas deberían ser probadas antes de utilizar el método de forma extensiva. El flameado de plántulas ha sido utilizado en campo para la obtención de semilla híbrida (GREEN, 1949), probablemente en casos en que la segunda siembra se ha tenido que retrasar por exceso de lluvia.

Las diferencias de abonado permiten ajustes limitados (CRAIG, 1977; DUNGAN y GAUSMAN, 1951). Sin embargo ninguno de estos autores aporta datos más precisos ni cita fuentes bibliográficas que hayan cuantificado estos ajustes.

2. *Aplicación de tratamientos que retrasan la germinación*

El retraso de la germinación puede lograrse encapsulando la semilla con productos que deceleren la germinación. BAUMAN (1967) en un experimento utilizó diversos productos obteniendo los mejores resultados con pintura de asfalto B y barniz de poliuretano. El primero retrasó 2,3 días la antesis en las líneas puras, obteniendo valores ligeramente inferiores en los híbridos. Para el barniz de poliuretano se obtuvieron retrasos de 1 día aplicando una sola capa de barniz y 6 días aplicando 2. Ningún otro autor presenta datos de este método a partir de 1967.

3. *Aplicación de tratamientos que aceleran la germinación y el crecimiento temprano de las plantas*

Estos tratamientos tienen como objeto aumentar la temperatura del suelo y mantener una humedad óptima, desde la siembra hasta varias semanas después del nacimiento de las semillas. Se consigue con la aplicación de una capa continua o impermeable, en la superficie del suelo sembrado. Los materiales utilizados son el mulch de petróleo y el acolchado plástico.

El mulch de petróleo es un producto líquido viscoso de color negro, resultante de la destilación del petróleo bruto (ANÓNIMO, 1963-1964). Estas propiedades le permiten ser aplicado a la superficie del suelo con un pulverizador, quedando un film protector que favorece un mayor calentamiento y reducción de evaporación del suelo (ANÓNIMO, 1963-1964). En 1980 (ANÓNIMO, 1980) se ensayaron, en el Sur de Francia, con mulch de petróleo 6 líneas puras obteniendo los siguientes resultados respecto a las mismas

líneas no tratadas: 1) un avance de emergencia de plantas de 2 a 4 días. 2) Un avance en la floración, de 1 a 3 días para la antesis y de 1 a 6 para la emisión de estilos. 3) Un incremento de rendimiento de polen entre 0 y 30%, y 4) un incremento de rendimiento de grano entre el 3 y 45% siendo las líneas más favorecidas la W182E (45%), W117 (33%) y F2 (30%). Este tipo de tratamientos consigue diferencias de floración apreciables y tiene la ventaja de inducir una mayor producción de polen y semilla. Se ha utilizado con cierta extensión en Francia; sin embargo, su empleo va en franca regresión en razón al coste del producto y debido a dificultades de aplicación del producto (DAVID, comunicación personal).

El acolchado plástico se está experimentando en Francia (DAVID, comunicación personal). Los resultados de ensayos con líneas puras efectuados en 1981, son parecidos a los obtenidos con el mulch de petróleo: emergencia más precoz de plantas, incremento de precocidad de floración entre 3 y 7 días, efecto benéfico sobre los rendimientos de polen entre 125 y 300% y de grano entre 1 y 63% según líneas (ANONIMO, 1981). DAVID (1981) realizó un estudio de los costes totales del tratamiento, estimando un gasto suplementario de 2.500 FF/ha en relación al cultivo convencional. Estima que este incremento de costos quedaría compensado con un incremento de rendimiento del 20 al 30%. El acolchado plástico no se usa todavía, pero en Francia parece en vías de aplicación, precisando de tecnología especial para siembra y emergencia de plántulas (DAVID, 1981). El mismo autor señala que este método puede contribuir a producir híbridos muy productivos, pero difíciles de fabricar, y a la vez permitir a Francia permanecer líder en el dominio de los

híbridos, cuyos parentales difieren mucho en floración.

4. Utilización de sistemas genéticos que afectan a la precocidad

La ventaja de la siembra simultánea, sin posterior aplicación de tratamientos especiales, es evidente. La corrección del desfase por medio de la introducción de genes simples recesivos, sería un método muy limpio. Varios autores (SHAVER y PRIOR, 1975) se han referido a estos sistemas llamándoles criptoprecoces (o criptotardíos), para significar que las correspondientes fenotipos son precoces (o tardíos), pero no así su descendencia híbrida.

El gen más estudiado para esta finalidad es el *id* (indeterminate growth), de herencia recesiva mendeliana. Plantas homocigóticas *id/id*, sin modificadores efectivos de precocidad, resultan vegetativamente indeterminadas y no producen mazorca (SHAVER y PRIOR, 1975). Estos mismos autores encuentran que haciendo selección para fertilidad y precocidad consiguieron fertilidad adecuada en la línea B37 *id/id*, con un retraso en la floración de 23 días respecto a la línea testigo B37. Sin embargo, el genotipo *id/id* no ha podido ser utilizado en la práctica debido a la necesidad de estar acompañado de genes específicos de precocidad y emisión de mazorca.

Nosotros mismos hemos efectuado algunos experimentos en conexión con el tema de la sincronización de floraciones, demostrando que el mutante mendeliano clorofila deficiente *pg11/pg11 pg12/pg12* —dobles factores recesivos— resulta ostensiblemente más precoz que los genotipos normales (Cuadro 1). Este sistema podría ser utilizado para el fin propuesto incorporándolo al parental más tardío, si

bien las pruebas efectuadas señalan que el mutante modifica la expresión de otros caracteres además del ciclo de floración. Los resultados de dichos experimentos (BOSCH *et al.*, 1979; BOSCH, 1984) indican que el mutante reduce mucho la producción de semilla, motivo por el cual sería utilizable únicamente como productor de polen. Otros resultados significativos para la utilización práctica del carácter (BOSCH, 1984) se exponen a continuación (Cuadro 1): 1) El incremento de precocidad depende del fondo genético, siendo mayor cuanto más tardío es el material. 2) La reducción en la producción de polen, medida por el número de ramificaciones del penacho, es importante. Esto podría presentar inconveniencias en caso de parentales de bajo número de ramificaciones. 3) La reducción media de altura en los mutantes es explicada satisfactoriamente por disminución del ciclo de floración —ambos

caracte están positivamente correlacionados con coeficientes del orden de 0,80 (CHASE y NANDA, 1967; CASAÑAS, 1984)—.

Para que el sistema fuera perfecto, el mutante inductor de precocidad, no tendría que reducir la altura ni la producción de semilla y de polen, en relación a su nuevo ciclo. Actualmente estamos trabajando en un programa de obtención de tales mutantes, a partir de líneas puras tratadas con el mutágeno etil metil sulfonato.

A modo de resumen, se puede afirmar que actualmente el método más utilizado para sincronizar parentales de distinto ciclo de floración, en la producción de semilla híbrida de maíz, consiste en el retraso de la siembra del parental precoz. El acolchado plástico salva como máximo diferencias de floración de 7 días, a pesar de ello, y debido a los incre-

CUADRO 1

DIFERENCIAS ENTRE PLANTAS NORMALES (VERDES) Y MUTANTES (CLOROFILA DEFICIENTE) EN 4 LINEAS PURAS SEGREGANTES PARA LOS LOCI PALE GREEN-11 PALE GREEN-12

Línea	Días desde la siembra a la floración			Nº de ramificaciones del penacho			Altura total de la planta		
	Fenotipo normal (N)	Fenotipo mutante (M)	N-M	Fenotipo normal (N)	Fenotipo mutante (M)	N-M	Fenotipo normal (N)	Fenotipo mutante (M)	N-M
(40-4) Ur T	84,45	70,90	13,55*	19,61	10,81	8,80*	110	89	21*
(40-4) Ur P	76,45	68,35	8,10*	15,00	4,58	10,42*	103	71	32*
(40-31) Ur	76,20	69,20	7,00*	17,79	10,75	7,04*	126	110	16*
Ur	71,65	67,95	3,70*	11,14	4,81	6,33*	86	53	33*

*P < 0,05

mentos de producción de semilla que se presenta en algunos casos, su utilización práctica parece probable en un futuro próximo. No existe en la actualidad ningún método genético disponible para ser aplicado a nivel industrial; el sistema pg11/pg11 pg12/pg12, estudiado por los autores, induce deficiencia en la producción de semilla y por tanto no es utilizable en el parental femenino. Dado que también reduce la producción de polen, tendría que comprobarse la capacidad polinizadora particular de las líneas transformadoras. En cuanto a los restantes métodos, debido a los problemas que comporta su aplicación y/o al reducido número de días que salvan, no se utilizan para el fin que nos ocupa. La mutilación de plantas y el abonado diferencial se han empleado como recurso de emergencia para corregir desviaciones no deseadas, en el proceso de sincronización de floraciones (Por ejemplo cuando la siembra del parental precoz se retrasa más de la cuenta por motivos climáticos).

Bibliografía

- ANONIMO., 1963-1964, Mulch INRA 260. A.G.P.M. Pau. Francia.
- ANONIMO., 1980, Essay mulch. A.G.P.M. Pau. Francia.
- BAUMAN, L.F., 1967, Seed coating to delay emergence. 22nd. Hybrid Corn Industry-research Conf.
- BOSCH, LI., BLANCO, M., ALVAREZ, A., BLANCO, J.L., 1979, Relationship between pg11: pg12, earlines and modification of some parts of the plants. *Maize Gen. Coop. News Letter* 53: 8-9.
- BOSCH, LI., 1984, El sistema genético pale green -11 pale green-12 en el maíz: Sincronización de ciclos para la producción de semilla híbrida, por medio del genotipo pg11 pg11 pg12 pg12. Tesis Doctoral. Universidad Literaria de Valencia. Valencia, 1984.
- CASAÑAS, F., 1984, Genética de caracteres cuantitativos en una población de polinización abierta y cruces entre líneas de maíz. Tesis Doctoral. Universidad Literaria de Valencia. Valencia, 1984.
- CHASE, S.S., NANDA, D.K., 1967, Number of leaves and maturity classification in *Zea mays* L. *Crop Science* 7: 431-432.
- CLONINGER, F.D., ZUBER M.S., HORROCKS., R.D., 1974, Synchronization of flowering in corn (*Zea mays* L.) by clipping young plants. *Agronomy J.* 66: 270-272.
- CRAIG, W.F., 1977, Production of Hybrid Corn Seed. En *Corn and Corn Improvement*, 671-719. Editado por G.F. Sprague, *Agronomy* 18. Amer. Society of Agron. Madison.
- DAVID, S., 1981, Production de semences de maïs: que peut-on attendre du paillage plastique? A.G.P.M. Pau. Francia.
- DAVID, S., 1982, Techniques de semis en production de semences, *Agromais* 7: 7-8.
- DUNGAN, G.E., GAUSMAN, H.W., 1961, Clipping corn plants to delay their development. *Agron. J.* 43: 90-93.
- GREEN, J.M., 1949, Effect of flaming on the growth of inbred lines of corn. *Agron. J.* 41: 144-146.
- LARSON, W.E., HANWAY, J.J., 1977, Corn production. En *Corn and Corn Improvement*, 625-699. Editado por G.F. Sprague, *Agronomy* 18. Am. Soc. of Agron., Madison.
- SHAVER, D.L., PRIOR, C.L., 1975, Cryptic earliness in maize. *Maize Gen. Coop. News Letter.* 48: 24-26.