

## PERSPECTIVAS DEL USO DE LA ANDROESTERILIDAD EN EL MEJORAMIENTO POR SELECCIÓN RECURRENTE DE TRIGO EN MÉXICO

### MALE STERILE FACILITATED RECURRENT SELECTION PERSPECTIVES ON WHEAT BREEDING IN MÉXICO

**Héctor Eduardo Villaseñor Mir<sup>1,2\*</sup>, Fernando Castillo González<sup>1</sup>, Eduardo Espitia Rangel<sup>2</sup>,  
Ranjaya Rajaram<sup>3</sup> y José Domingo Molina Galán<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Programa en Genética, Instituto de Recursos Genéticos y Productividad, Colegio de Postgraduados. Km. 36.5 Carr. México-Texcoco. C.P. 56230, Montecillo, Estado de México. Tel. y Fax. 01 (595) 952-0200. <sup>2</sup> Programa de Trigo de Temporal, Campo Experimental Valle de México, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, Apartado Postal 10. C.P. 56230, Chapingo, Estado de México. Correo electrónico: hevmir@mixmail.com Tel 01 (595) 954-2877. <sup>3</sup> Programa de Trigo, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. Apartado Postal 6-641, México, Distrito Federal.

\*Autor responsable

#### RESUMEN

La esterilidad genética masculina poco se ha empleado en el mejoramiento poblacional del trigo (*Triticum aestivum* L.) en México, a pesar de ser una técnica que facilita practicar esquemas de selección recurrente con la misma eficiencia teórica y con las ventajas que se logra en las plantas alógamas. El objetivo del presente trabajo es presentar resultados del uso de la androesterilidad en el mejoramiento poblacional de trigo en México y mencionar las perspectivas de su utilización. Empleando la técnica MSFRS (esterilidad masculina para facilitar la selección recurrente) se han logrado incrementos en el rendimiento de grano por ciclo hasta de 4.7 % en la evaluación de plantas individuales después de tres ciclos de selección y hasta de 6.8 % en la evaluación de familias F<sub>4</sub> después de dos ciclos de selección. Así mismo, con esa técnica se logra un ciclo de selección recurrente en un ciclo de cultivo, es rápida y efectiva para mejorar una base genética, y es económica y práctica la forma como se lleva a cabo la recombinación y el mejoramiento poblacional de caracteres poligénicos; además, la ganancia genética se espera mantener a través del tiempo al conservar la variabilidad dentro de las poblaciones. Las perspectivas del uso de la androesterilidad en la genotecnia de trigo en México están en el mejoramiento poblacional de caracteres cuantitativos mediante selección recurrente para generar genotipos superiores, obtener germoplasma élite androestéril para facilitar la fase de la recombinación genética y, por último, favorecer la cruce con germoplasma exótico de introducción para aprovechar en forma rápida y económica genes valiosos en los programas de mejoramiento.

**Palabras clave:** *Triticum aestivum* L., avance genético, rendimiento de grano, ciclo de selección.

#### SUMMARY

Genetic male sterility is a powerful tool for population improvement that enables the use of recurrent selection schemes in selfpollinated species with the efficiency and advantages of the crosspollinated species. However, this methodology has not been used extensively in wheat (*Triticum aestivum* L.) improvement in Mexico. The main objective of the present paper is to show results of the use of male sterility in the population improvement in this country and its perspectives. The results showed that using male sterility for population improvement, the genetic gains for grain yield were 4.7 % after three

recurrent selection cycles with individual plants, and 6.8 % after two recurrent selection cycles with F<sub>4</sub> families. Furthermore, this methodology increases relative efficiency with which polygenic traits in a population can be recombined and improved. Besides, the technique includes the feasibility to maintain a high response to selection, since recombination maintains the genetic variability in the population. Perspectives for the wheat improvement in México by male sterility are focused on population improvement of quantitative characters using recurrent selection schemes, formation of elite male sterile germplasm to facilitate genetic recombination, and fast and economical recombination of exotic germplasm.

**Index words:** *Triticum aestivum* L., genetic gain, grain yield, cycle of selection.

#### INTRODUCCIÓN

Después de la introducción del trigo (*Triticum aestivum* L.) a México por los españoles, durante cerca de cuatro siglos los agricultores realizaron mejoramiento genético de manera empírica al seleccionar los mejores tipos dentro de los cultivares, lo cual era suficiente para mejorar las poblaciones criollas. En la década de los treinta se introdujeron variedades mejoradas de trigo de Canadá, Estados Unidos, Argentina, Italia y África. Sin embargo, no fue la solución para frenar el ataque devastador que en esos años causaban las royas (*Puccinia spp*), ni para evitar la importación en 1943 de 250 mil toneladas de grano para satisfacer la demanda nacional; un año después se decidió intensificar las acciones del mejoramiento genético para lograr la autosuficiencia nacional (Borlaug, 1969).

El mejoramiento genético se inició con los trigos criollos cultivados y con introducción de germoplasma con resistencia a roya del tallo (*Puccinia graminis f. sp. tritici*), como la variedad Hope (Rajaram, 1994), y las poblaciones segregantes se evaluaron en diferentes latitudes y

fotoperíodos (Borlaug, 1969). Posteriormente se continuó introduciendo genes nuevos, como por ejemplo: de la planta F<sub>2</sub> de la cruce Norim 10 x Brevor, de los trigos de hábito invernal (Rajaram, 1994) y de especies silvestres pertenecientes a la tribu *Triticeae*.

En los primeros 25 años de mejoramiento genético de trigo en México los resultados fueron espectaculares (Borlaug, 1969). Sin embargo, a partir de la segunda mitad de la década de los setenta el avance empezó a ser más lento y el rendimiento tendió a estabilizarse, situación muy frecuentemente observada en los programas de mejoramiento genético de especies autóгамas, ya que en éstos se aplican metodologías de trabajo que pueden concebirse como esquemas de selección recurrente, pero muy lentos y con estrecha base genética, lo que propicia que en unos cuantos años se llegue a limitar los avances por selección (Eslick, 1977).

De acuerdo con lo indicado anteriormente, es necesario diseñar estrategias en los programas de mejoramiento genético de especies autóгамas tales que permitan mantener e incluso aumentar la variabilidad genética para que se asegure progresos genéticos a largo plazo.

La selección recurrente se diseñó para aumentar la frecuencia de genes favorables y al mismo tiempo seguir manteniendo amplia la base genética en las poblaciones autóгамas, que bien podría aplicarse en plantas autóгамas con la misma eficiencia que se logra en las especies de polinización cruzada (Eslick, 1977), lo cual acarrearía ventajas como reducir el tiempo entre ciclos efectivos de selección (Jensen, 1970; Ramage, 1977); evitar o eliminar bloques de ligamiento (Jensen, 1970; Bockelman y Sharp, 1986); generar mayor variabilidad genética (Athwal y Borlaug, 1967; McProud, 1979; Busch y Kofoid, 1982), y lograr mayores avances en el mejoramiento poblacional de caracteres cuantitativos (Bockelman y Sharp, 1986; Ramage, 1987).

Los programas de mejoramiento de plantas autóгамas se han basado en la recombinación de progenitores sobresalientes para obtener, mediante la selección en generaciones segregantes y la evaluación y selección de líneas, mejores individuos que se convertirán en padres de la siguiente progenie (Jensen, 1970). Esta metodología puede concebirse como un esquema de selección recurrente (Eslick, 1977; McProud, 1979), que en ocasiones requiere mucho tiempo para lograr un ciclo de selección. Por ejemplo, McProud (1979) indica que en Dakota del Norte (U.S.A.), Holanda y Japón se requieren entre 7 a 11 años por ciclo de selección en cebada (*Hordeum vulgare* L); Skovman *et al.* (1992) presentan el esquema de cruzamientos para la obtención de la línea Kauz de trigo (que posteriormente dio

origen a la variedad Bacanora T88, recomendada para el noroeste de México), en el que se aprecia que se realizaron siete ciclos de selección en aproximadamente 35 años; por su parte, Villaseñor *et al.* (1989) invirtieron ocho años para obtener la línea que dio origen a la variedad Temporalera M87.

Los mejoradores de especies autóгамas han analizado las limitaciones que se tienen para practicar la selección recurrente con la misma eficiencia que se logra en las plantas de polinización cruzada. Entre las dificultades destacan: 1) su sistema de reproducción, que hace impráctica y cara la recombinación genética (Ramage, 1977; Trotter, 1988), y 2) la ausencia en forma natural de poblaciones de amplia base genética (Athwal y Borlaug, 1967; Ramage, 1977; Bockelman y Sharp, 1986). Además, es necesario considerar que cuando se practica la selección recurrente en autóгамas empleando la recombinación manual, la base genética es por lo general relativamente reducida (Ramage, 1977), ya que es difícil manejar, por lo impráctico y costoso, poblaciones recombinantes de tamaño grande (Eslick, 1977; Ramage, 1987).

Ante estas limitaciones, los mejoradores de autóгамas han evaluado diferentes metodologías o técnicas para realizar selección recurrente; para ello, han probado la formación de cruces compuestas y el uso de la esterilidad genética masculina para ampliar la base genética de las poblaciones y hacer más intensa la recombinación (Ramage, 1977).

Las cruces compuestas (CC) son mezclas híbridas que se puede obtener mediante un sistema de cruzamientos en cadena, en pirámide (Thomas *et al.*, 1991) o mediante la aplicación de un diseño genético de apareamiento. Ramage (1987) indica que la primera cruce compuesta la formó Harlan en 1957 y dio origen a tres variedades de cebada; en trigo la primera cruce compuesta la formaron Suneson *et al.* (1963).

La androesterilidad genética que más se ha explotado para realizar selección recurrente en especies autóгамas es debida a un gene recesivo, aunque también puede ser causada por un gene dominante, por dos o más genes recesivos o por una deficiencia cromosómica (Sherman, 1979). Cualquiera que sea la causa de la esterilidad, ésta se debe a la mal formación o aborción de los granos de polen, lo cual impide que sean viables y puedan fecundar al óvulo (Jensen, 1988). Esta situación convierte a la androesterilidad en una herramienta muy valiosa en el mejoramiento poblacional de autóгамas, ya que permite intensificar de manera práctica la recombinación y posibilita aplicar metodologías de mejoramiento que han sido en su mayoría exclusivas de las autóгамas (Ramage, 1977; Driscoll, 1977; Sasakuma *et al.*, 1978; Jensen, 1988).

Diferentes alternativas surgieron en torno a la solución de las limitaciones en las plantas autógamias para realizar selección recurrente con la eficiencia que se logra en las especies de polinización cruzada. Esas alternativas fueron consideradas por F. Eslick (citado por Ramage, 1975), quien las integró y sugirió el término "Male Sterile Facilitated Recurrent Selection" (MSFRS) a la metodología de mejoramiento poblacional en las autógamias que involucrara esterilidad masculina, cruces compuestas y selección recurrente.

El objetivo del presente escrito es revisar una serie de antecedentes en torno a la selección recurrente en plantas autógamias, citar algunos resultados obtenidos en trigo con la aplicación de esta metodología en diversas partes del mundo y en particular en México, expresar las ventajas de la técnica que involucra la Esterilidad Masculina para Facilitar la Selección Recurrente (MSFRS) en comparación con la técnica de recombinación por emasculación y polinización, y por último, señalar las perspectivas que presenta la androesterilidad en el mejoramiento genético de trigo en el país.

### LOGROS DE INVESTIGACIÓN EN TRIGO

En diversas partes del mundo se ha practicado esquemas de selección recurrente en trigo con dos técnicas de recombinación, que son: emasculación con polinización manual y el uso de la androesterilidad. A continuación se presentan resultados de algunos trabajos de investigación basados en la androesterilidad.

Trottet (1988) utilizó la fuente de esterilidad recesiva aislada a partir de la variedad Probus para recombinar 50 líneas con diferente grado de resistencia a *Leptosphaeria nodorum*; en la F<sub>1</sub> hizo una retrocruza hacia las líneas y posteriormente formó un compuesto balanceado a partir del cual aplicó un ciclo de selección recurrente; logró reducir en 2 % la altura de planta, aumentar en 2.3 % el peso de 1000 granos, incrementar significativamente el nivel de resistencia de la población y generar suficiente variabilidad para lograr grandes avances genéticos al aplicar alta presión de selección en los subsecuentes ciclos de selección. Huang y Deng (1988) emplearon la fuente de esterilidad dominante causada por el mutante *Taigu 1 (Ta-1)* y 10 variedades para formar tres poblaciones diferentes, en las que, después de realizar cinco ciclos de selección recurrente lograron incrementar en promedio el contenido de proteína de 11 a 16 %, aumentar en 38 % el rendimiento de grano en condiciones de salinidad y mejorar el nivel de resistencia a roya amarilla (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*); los autores concluyeron que la MSFRS es una técnica de mejoramiento poblacional que permitió mejorar en trigo

diferentes características simultáneamente en las diferentes poblaciones.

Abdalla *et al.* (1989) utilizaron la esterilidad dominante aislada a partir de la variedad Chris para recombinarla con 33 variedades con el objeto de formar una población élite y realizar dos ciclos de mejoramiento para resistencia a cenicienta (*Erysiphe graminis* f. sp. *tritici*); evaluaron la respuesta a la selección estimándola a través del cálculo del área bajo la curva de progreso de la enfermedad y obtuvieron ganancias de 35 %; concluyeron que con la MSFRS se generó mayor variabilidad genética, se rompió o eliminó bloques de genes ligados y se redujo el tiempo entre ciclos de selección recurrente. Lee (1984) empleó la fuente de androesterilidad aislada de la variedad mexicana Siete Cerros y un grupo de líneas coreanas para conformar una población recombinante y realizar tres ciclos de selección recurrente para ciclo corto; sus resultados indican que se redujo el ciclo a madurez fisiológica en 4.5 días e indirectamente se incrementó la altura de planta y el número de espigas por planta, aunque el rendimiento de grano se redujo.

La fuente de esterilidad aislada a partir de la variedad mexicana Siete Cerros está gobernada por una deficiencia cromosómica, que tiende a comportarse como la expresada por un gene simple recesivo (Sherman, 1979) y es adecuada para practicar esquemas de mejoramiento poblacional (Ramage, 1977). En México, Villaseñor (1996) usó esta fuente de esterilidad y conformó una población androestéril utilizando las variedades comerciales Pavón F76, Seri M82, Gálvez M87, Temporalera M87, Arandas F90 y Batán F96, con el objeto de realizar selección recurrente. La F<sub>1</sub> producto de la recombinación de esas variedades con plantas androestériles fue fértil, y con la semilla F<sub>2</sub> se formó un compuesto balanceado en el que se practicaron dos metodologías de selección visual recurrente para rendimiento de grano que fueron: selección masal con el control de ambos progenitores (HM) o también conocida como selección individual, y selección masal con control sólo de las hembras (H) o también identificada como selección masal (Márquez, 1985). Los avances genéticos se estimaron a dos niveles: durante el verano de 1994 y en dos localidades mediante la evaluación de plantas individuales sin endogamia después de realizar tres ciclos de selección recurrente, y durante el invierno de 1994-95 y en cuatro localidades a través de la evaluación de familias F<sub>4</sub> bajo condiciones de competencia después de practicar dos ciclos de selección recurrente.

En el Cuadro 1 se presentan los avances genéticos para rendimiento de grano en la evaluación de plantas individuales obtenidos por Villaseñor (1996). Ahí se observa que después de tres ciclos de selección recurrente los progresos

promedio de las dos localidades y considerando la población en su totalidad fueron 4.76 y 4.09 % por ciclo cuando se controló a ambos progenitores y sólo a las hembras, respectivamente. Cuando la comparación se realizó con solamente 10 % de las plantas más productivas de cada población, los avances genéticos fueron, aunque de menor magnitud, más importantes cuando se controlaron ambos progenitores (3.09 % vs 0.95 %), lo que confirma que con esta metodología es posible aumentar la frecuencia de genes favorables al tener mayor control de los genotipos recombinantes (Márquez, 1985). Por otra parte, se encontró en las dos metodologías que después de tres ciclos de selección recurrente la variabilidad genética en las poblaciones no se redujo, información que permitió inferir que los avances genéticos obtenidos se podrán mantener a través del tiempo.

Cuadro 1. Avance genético promedio y comparación porcentual en rendimiento de grano en la evaluación de plantas individuales con tres ciclos de selección recurrente y en la evaluación de familias F<sub>4</sub> con dos ciclos de selección recurrente empleando la androesterilidad en poblaciones de trigo.

Germo-plasma	C0	Control H - M			Control H		
		b	AG (%)	%	b	AG (%)	%
Plantas	27.12	1.29**	4.76	14.6	1.11**	4.09	13.1
10 % RG	51.11	1.58**	3.09	10.1	0.49	0.95	3.9
Familias	4.21	0.29	6.88	14.0	0.13	3.08	6.2
20 % RG	4.98	0.34	6.82	13.8	0.14	2.81	5.6

H - M = Control de hembras y machos; H = Control sólo de hembras.

Plantas, rendimiento en g/planta; Familias rendimiento en t/ha.

10 % RG = Rendimiento de grano de 10 % de las plantas más rendidoras de cada población; 20 % RG = Rendimiento de grano de 20 % de las familias F<sub>4</sub> más rendidoras de cada población; AG (%) = (b/C0)100.

b = Coeficiente de regresión; C0 = Media de la población ciclo cero;

\*\* = Significativo a 1 %.

En el Cuadro 1 también se presentan los avances genéticos obtenidos por Villaseñor (1996) en la evaluación de 45 familias F<sub>4</sub> en cada una de las poblaciones, en donde se observa que después de dos ciclos de selección visual recurrente para rendimiento de grano los progresos promedio de las cuatro localidades fueron de 6.88 y 3.08 % por ciclo cuando se controló ambos progenitores y solamente a las hembras, respectivamente. Cuando se comparó las familias más productivas (20 % de cada una de las poblaciones), el progreso genético se mantuvo con la metodología control de ambos progenitores, la cual fue más efectiva que la basada en el control sólo de las hembras.

Villaseñor (1996) también reporta que controlando ambos progenitores y después de dos ciclos de selección recurrente, las nueve familias F<sub>4</sub> con mayor productividad (20 %) superaron el rendimiento promedio de las variedades testigo más rendidoras que se cultivan en las áreas irrigadas de México, y que ese grupo de familias prácticamente lograron igualar la productividad de las mejores familias de las cruas dialélicas (testigos) entre las seis variedades

comerciales tomadas como progenitoras para recombinarlas con la fuente de androesterilidad; además, con el uso de la esterilidad genética masculina y controlando ambos progenitores se generó mayor frecuencia de familias F<sub>4</sub> con variabilidad genética dentro, que amplían aún más las posibilidades para obtener líneas superiores.

De acuerdo con los resultados obtenidos en torno a su investigación, Villaseñor (1996) generó las siguientes conclusiones:

La selección recurrente con el uso de la androesterilidad (MSFRS) es una técnica efectiva para mejorar el rendimiento de grano en trigo, lo cual sugiere que puede emplearse en el mejoramiento poblacional de caracteres cuantitativos y mantener las ganancias genéticas a través del tiempo debido a que se mantuvo la variabilidad en las poblaciones, circunstancia que la ubica por encima de la técnica de emasculación y polinización manual que requirió el doble de tiempo por ciclo efectivo de selección recurrente; además de quedar evidenciada la bondad que tiene la androesterilidad para mejorar en forma rápida una base genética, con el simple hecho de introducirle genes favorables y posteriormente, mediante la selección y recombinación, aumentarle la frecuencia de los mismos para lograr genotipos superiores.

#### PERSPECTIVAS DEL USO DE LA ANDROESTERILIDAD EN TRIGO

Los resultados obtenidos por Villaseñor (1996), aunados con los reportados también en trigo en la evaluación de plantas individuales por Busch y Kofoid (1982), Loffler *et al.* (1983), Huang y Deng (1988) y Abdalla *et al.* (1989), y a los obtenidos en esa especie al evaluar familias o líneas bajo condiciones de competencia por Busch y Kofoid (1982), Loffler *et al.* (1983), Lee (1984), Trotter (1988) y Brabant *et al.* (1991), son fundamentos sólidos importantes para apoyar las ideas que han propuesto para realizar selección recurrente en trigo autores como Athwal y Borlaug (1967), Ramage (1977), Eslick (1977), Bockelman y Sharp (1986), Ramage (1987) y Jensen (1988).

La respuesta a la selección es importante en la elección de una metodología de mejoramiento genético; sin embargo, también lo es el tiempo que se requiere para lograr un ciclo efectivo de selección y los recursos técnicos y económicos necesarios para practicarla eficientemente.

Son notorios, como ya se indicó, los avances genéticos logrados en México con la MSFRS por Villaseñor (1996), que bien podrían resumirse en términos porcentuales por año (dos ciclos de selección recurrente por año) en 9.5 y 13.7 % en la evaluación de plantas individuales y de

familias F<sub>4</sub>, respectivamente, con la metodología control de ambos progenitores, ganancias que son muy superiores a las reportadas por Waddington *et al.* (1986) que fueron del orden de 1.1 % por año en la evaluación del programa de mejoramiento genético de trigo en México durante el periodo 1950 a 1982.

Un problema importante en las especies autóгамas para realizar selección recurrente convencionalmente es el tiempo que se requiere para lograr un ciclo de selección (Eslick, 1977; McProud, 1979). Con el uso de la androesterilidad, una vez que se conforma la población base, se reduce a un ciclo agrícola el tiempo empleado para lograr un ciclo de selección recurrente (Ramage, 1977; Villaseñor, 1996). Esto da idea que en los programas de mejoramiento genético de trigo en México se pueden lograr hasta dos ciclos de selección recurrente por año, si se considera que se pueden realizar dos siembras anuales, una en el ciclo de invierno y otra en el de verano (Villaseñor y Moreno, 1991). Lo anterior es una estrategia que haría aún más eficiente a la MSFRS en relación con la metodología de mejoramiento que tradicionalmente se ha utilizado en México por más de 50 años, misma que en términos porcentuales por ciclo efectivo de selección ha arrojado avances del orden de 5.5 a 7.7 % (Waddington *et al.*, 1986), de menor magnitud que los reportados por Villaseñor (1996), pero sin dejar de ser importantes.

El mejoramiento de trigo en México vivió una etapa de consolidación y desarrollo entre 1943 y 1980, gracias al apoyo económico y técnico que se le brindó (González, 1992), convirtiéndose en una actividad altamente rentable que indujo beneficios por 460 millones de dólares anuales en ese periodo (Hanson *et al.*, 1982). Sin embargo, a partir de 1982 el apoyo financiero a la investigación en México se ha reducido; por ejemplo, el presupuesto ejercido por el INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias) en 1987 se redujo en 55 %, en comparación al ejercido en 1981 (González, 1992), y prácticamente desapareció el presupuesto federal para gastos de operación en 1995. Esta situación también ha afectado el apoyo técnico en forma negativa, tanto en la cantidad como en la calidad del personal que labora en las actividades de investigación (Villaseñor y Moreno, 1991).

Ante esta falta de apoyo económico y técnico, son evidentes las perspectivas que presenta la utilización de la MSFRS en el mejoramiento genético de trigo, debido a que una de las ventajas que se logra con esta técnica es precisamente el ahorro de recursos económicos y técnicos, fundamentales para practicar el método de pedigrí que tanto éxito ha tenido en el mejoramiento genético de trigo en México, ya que se evita el registro laborioso del germoplasma y prácticamente el investigador puede realizar la

fase de selección y recombinación sin tanto esfuerzo, lo que aumenta notablemente la eficiencia (Ramage, 1977).

Después de haber indicado cuáles son las ventajas que se logran desde el punto de vista genético, de tiempo, económico y técnico para realizar selección recurrente con el uso de la esterilidad genética masculina en trigo, es conveniente señalar qué otra manera también podría emplearse la androesterilidad en un programa de mejoramiento genético. Al respecto se plantean las siguientes posibilidades:

Emplear la MSFRS para realizar el mejoramiento poblacional de una base genética élite a partir de la cual se deriven líneas avanzadas y variedades en el menor tiempo posible de una manera efectiva, práctica y económica.

Obtener, por medio de retrocruzas, genotipos androes-teriles isogénicos de germoplasma élite con el objeto de aprovecharlos al máximo en recombinaciones controladas con otras fuentes germoplásmicas, evitando la emasculación en esta etapa del mejoramiento genético.

Aprovechar la alta capacidad de recombinación que se logra con la MSFRS para romper, eliminar o evitar bloques de ligamiento y aumentar la frecuencia de genes de efectos menores que gobiernan la resistencia poligénica a patógenos, la tolerancia a factores abióticos adversos y elevar el rendimiento.

Acelerar el mejoramiento de fuentes germoplásmicas de introducción, con el objetivo de fijar y aprovechar rápidamente genes de interés al programa de mejoramiento genético.

Facilitar la recombinación con especies cercanas o compatibles al trigo, con el objeto de transferir mediante retrocruzas caracteres favorables de una forma rápida y económica.

## CONCLUSIONES

La selección recurrente mediante el uso de la androesterilidad, es una técnica que por sus ganancias genéticas, es factible de ser utilizada en el mejoramiento poblacional de caracteres cuantitativos de trigo en México con la misma ventaja que se logra en las especies alógamas. Además, con la garantía de ser más eficiente con respecto a la selección recurrente practicada con la técnica de recombinación por emasculación y polinización manual o en comparación con el esquema tradicional de mejoramiento genético utilizado en México a través del tiempo, por lo económica, práctica y menor tiempo que requiere para realizar un ciclo de selección.

Por otra parte, el uso de la androesterilidad en el mejoramiento genético de este cereal es una herramienta valiosa para hacerlo más eficiente, ya sea para facilitar la recombinación de germoplasma élite, para incorporar en forma rápida y económica genes de introducción o para facilitar la recombinación y aprovechamiento del acervo genético de especies emparentadas compatibles con trigo.

### BIBLIOGRAFÍA

- Abdalla A R, W R Coffman, M E Sorrells, G C Bergstrom (1989)** Modified half-sib and phenotypic recurrent selection for resistance to powdery mildew in winter wheat. *Crop Sci.* 29:1351-1357.
- Athwal D S, N E Borlaug (1967)** Genetic male sterility in wheat breeding. *Indian J. Gen. Plant Breed.* 27:136-142.
- Bockelman H E, E L Sharp (1986)** Development of disease resistant germplasm in barley utilizing recurrent selection techniques. *RACHIS. Barley and Wheat Newsletter* 5 (2):17-24.
- Borlaug N E (1969)** Mejoramiento de trigo: Su impacto en el abastecimiento mundial de alimentos. Serie de traducciones y sobretiros No. 2. CIMMYT, México. 39 p.
- Brabant P, J Kervella, G Doussinault, E Picard, M Rousset (1991)** Influence du premier cycle de sélection récurrente appliquée à une population de blé tendre d'hiver. *Agronomie* 11:473-482.
- Busch R H, K Kofoed (1982)** Recurrent selection for weight in spring wheat. *Crop Sci.* 22:568-572.
- Driscoll C J (1977)** Registration of Cornerstone male sterile wheat germplasm. *Crop Sci.* 17:190.
- Eslick R F (1977)** Male sterile facilitated recurrent selection advantages and disadvantages. *Proc. 4th Regional Winter Cereal Workshop (Barley)*. Vol. II pp: 84-91.
- González E A (1992)** Aspectos económicos de la investigación agrícola en el cultivo de trigo en México. *In: I Conf. Nal. de Trigo* 88. SARH, INIFAP, CIFAP-SON. Cd. Obregón, Son. pp: 530-550.
- Hanson H, N E Borlaug, R B Anderson (1982)** Trigo en el Tercer Mundo. CIMMYT, México. CIMMYT, México. 66 p.
- Huang Y Y, J Y Deng (1988)** Preliminary analyses of the effectiveness of utilization of Taigu genetic male sterile wheat in recurrent selection and complex crossing. *In: Proc. Seventh Intnatl. Wheat Genetics Symp.* Cambridge, U.K. pp: 1105-1108.
- Jensen N F (1970)** A diallel selective mating system for cereal breeding. *Crop Sci.* 10:629-635.
- \_\_\_\_\_. (1988) *Plant Breeding Methodology*. Ed. John Wiley and Sons. New York. 659 p.
- Lee B A (1984)** Efficiency of male sterile facilitated recurrent selection for earliness in wheat breeding. *Research Reports, Office of Rural Development, S. Korea. Crop* 26(2): 61-77.
- Looffler C M, R H Busch, J V Wiersma (1983)** Recurrent selection for grain protein percentage in hard red spring wheat. *Crop Sci.* 23:1097-1101.
- Márquez S F (1985)** *Genotecnia Vegetal*. Tomo I. AGT Editor, S.A. México. 357 p.
- McProud W L (1979)** Repetitive cycling and simple recurrent selection in traditional barley breeding programs. *Euphytica* 28:473-480.
- Rajaram S (1994)** Wheat germplasm improvement: Historical perspectives, philosophy, objectives, and missions. *In: S. Rajaram, and G.P. Hettel (eds.). Wheat Breeding at CIMMYT: Commemorating 50 Years of Research in Mexico for Global Wheat Improvement*. CIMMYT, Mexico. pp: 1-10.
- Ramage R T (1975)** Techniques for producing hybrid barley. *Barley Newsletters* 18:62-65.
- \_\_\_\_\_. (1977) Varietal improvement of wheat through male sterile facilitated recurrent selection. *ASPAC. Tech. Bull. No. 37*. Republic of China. 13 p.
- \_\_\_\_\_. (1987) A history of barley breeding methods. *In: J. Janick, (ed). Plant Breed. Rev.*, Vol. 5 Van Nostrand Reinholds Company, New York. pp: 95-135.
- Sasakuma T, S S Maan, N D Williams (1978)** EMS-induced male-sterile mutants in euplasmic and alloplasmic common wheat. *Crop Sci.* 18:850-853.
- Sherman R A (1979)** The cytogenetic of male sterility in wheat (*Triticum aestivum* L.). Thesis of Master of Science. University of Arizona. Arizona, U.S.A. 47 p.
- Skovman B, G Varughese, G P Hettel (1992)** Los Recursos Genéticos de Trigo en el CIMMYT: Su Conservación, Enriquecimiento y Distribución. México, D.F. CIMMYT. 19 p.
- Suneson W, K Pope, N F Jensen, J M Poehlman, G S Smith (1963)** Wheat Composite Cross I. Created for breeders everywhere. *Crop Sci.* 3:101-102.
- Thomas G, M Rousset, M. Pichon, M Trottet, G Doussinault, E Picard (1991)** Méthodologie de l'amélioration de blé tendre (*Triticum aestivum* L.). I. Création par croisements et analyse d'une population artificielle à 16 parents, base de cette étude méthodologique. *Agronomie* 11:359-368.
- Trottet M (1988)** Use of genic male sterility for breeding wheat lines resistant to *Leptosphaeria nodorum* Muller: Results of a first cycle and prospect. *In: Proc. Seventh Intnatl. Wheat Genetics Symp.* Cambridge, U.K. pp: 1199-1202.
- Villaseñor M H E, R Moreno G, S Solano H (1989)** Temporalera M87, Nueva Variedad de Trigo para Siembras de temporal. Folleto Técnico No. 13. INIFAP, CIFAP-MEXICO. Chapingo, México. 24 p.
- \_\_\_\_\_. (1991) Trigo. *In: 10 Años de Investigación Agrícola en la Región Central de México*. SARH, INIFAP, CIFAP-MEX. Chapingo, Méx. pp: 50-65.
- \_\_\_\_\_. (1996) Selección recurrente en una población de trigo de apareamiento aleatorio mediante el uso de la androesterilidad. Tesis de Doctor en Ciencias. IREGEP. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 196 p.
- Waddington S R, J K Ransom, M Osmanzai, D A Saunders (1986)** Improvement in the yield potential of bread wheat adapted to northwest Mexico. *Crop Sci.* 26:698-703.