

ANDROESTERILIDAD GENETICO-CITOPLASMÁTICA EN SORGO.

EMPLEO DE LOS CITOPLASMAS A2 Y A3 (1)

MARIA SHAW, (2) C.E. SHAW (3) y J.B. GOLDENBERG * (4)

Recibido: 19- 9-88

Aceptado: 23-11-88

RESUMEN

En la producción de híbridos de sorgo, el uso continuo de un mismo citoplasma (Milo), ocasiona reducción de la variabilidad genética, pues todas las madres de los híbridos comerciales deben poseer dicho citoplasma. Se ha confirmado la existencia de citoplasmas diferentes al Milo (A1) como promotores de androesterilidad en sorgo (denominados A2 y A3).

En este trabajo se evaluó la reacción de diez líneas puras de sorgo, usadas comúnmente en la producción de híbridos comerciales, sobre los citoplasmas A1, A2, y A3. Los resultados mostraron que las líneas mantenedoras de la androesterilidad en A1, también se comportaron como mantenedoras en los sistemas A2 y A3. En cuanto a las líneas recuperadoras en A1, se observó que algunas líneas se comportaron como mantenedoras y otras como recuperadoras en el citoplasma A2. Este fenómeno ampliaría la variabilidad genética así como también agregaría flexibilidad a los programas de multiplicación.

Con respecto al citoplasma A3 se observó que todas las líneas se comportaron como mantenedoras. Se señala como ventaja la posibilidad de androesterilizar las líneas padres de los híbridos comerciales mas comúnmente utilizados y de esta manera se comportarían como hembras en los tests de aptitud combinatoria ganando muchos años en caso que los resultados no sean los esperados.

Palabras clave: sorgo, androesterilidad, citoplasmas, mejoramiento.

CYTOPLASMIC MALE STERILITY IN SORGHUM. USE OF CYTOPLASMS A1, A2 AND A3

SUMMARY

In the production of sorghum hybrids, the continuous use of the same cytoplasm (Milo) causes a genetic variability reduction, since all the females used commercially should have it. The presence of cytoplasms different from Milo has been recognized (A2 and A3) as male-sterile promoters. The reaction of ten lines, used usually in the sorghum hybrids production, was tested in A1, A2 and A3 cytoplasms. The results shown that the maintainer lines on A1, A2 cytoplasms are also maintainers in A2 and A3 cytoplasms. On the other hand, some restorer lines in A1 are maintainers and others are restorers on A2 cytoplasms. This phenomena should be used to spread the genetic variability and should and flexibility to the breeding programs.

It was observed that all the lines tested are maintainers on the A3 cytoplasm. It is pointed out as an advantage the possibility of sterilizing the most common male lines used in hybrids, in this way they should be females in the combining ability tests, winning many years in the case that the results should not be the expected.

Key words: sorghum, male sterility, cytoplasms, breeding.

(1) Trabajo de intensificación para optar al título de Ingeniera Agrónoma.

(2) (4) Cátedra de Genética. Facultad de Agronomía. UBA. Avda. San Martín 4453. (1717) Buenos Aires. - Argentina -

(3) Fitomejorador a cargo del cultivo de sorgo. Criadero Morgan de Sta. Ursula SA. Buenos Aires. - Argentina -

(4*) + Fallecido 28-03-88.

INTRODUCCION

El sorgo granífero (*Sorghum bicolor*), conjuntamente con maíz, trigo, avena y arroz, es uno de los cinco cereales más importantes del mundo. Todos los sorgos son nativos de Asia y Africa, donde se los cultivan desde hace 2.000 años. Pero sólo hace treinta ha tomado importancia en países como Estados Unidos, Argentina y México, debido a la producción de híbridos comerciales, que rinden 40% más que las variedades antiguamente utilizadas (Quimby, 1974).

Debido a que el sorgo es una especie monoica con flores hermafroditas, hasta el año 1932 sólo se podían obtener híbridos comerciales mediante la castración manual de las flores, siendo esta una tarea muy engorrosa. En 1933 comienza a difundirse el uso de agua a 48°C que afecta sólo a los granos de polen, sin dañar a los óvulos. (Quimby, 1980).

J.C. Stephens encontró en 1929 en una raza de sudangrass el primer sorgo androesteril (Quimby, 1974). Pero esta androesterilidad era consecuencia de pistiloidía (transformación de anteras en carpelos), además varias de las semillas se formaban en flores que no poseían lodículos. El mismo autor en 1935 encontró que el cultivar Blackhull Texas Kaffir poseía androesterilidad de origen genético. Observó que las semillas eran normales ya que provenían de flores normales excepto por el pobre desarrollo de las anteras y la falta de polen viable. El problema de esta androesterilidad fue que también era parcialmente femenina y se perdieron mucho años tratando de mejorar el cuajado de los granos, pero finalmente se abandona.

Poehlman (1959) menciona que J.C. Stephens en el año 1948 estudia la androesterilidad en Day Milo y llega a la conclusión que la misma es genética y que es posible emplearla en la producción de híbridos. Cuando la misma estaba a punto de utilizarse a gran

escala se descubre la androesterilidad genético-citoplasmática la cual es de más simple uso y más segura en cuanto a su respuesta.

En 1948 Stephens y Holland (1954) realizan cruzamientos recíprocos de Milo y Kafir buscando androesterilidad genético-citoplasmática. La primer generación de ambos cruzamientos fue fértil, pero se encontró androesterilidad en la segunda generación del cruzamiento Milo X Kafir y cuanto más se retrocruzaban por Kafir más androestériles se originaban. En el año 1952 se confirma que la androesterilidad genético-citoplasmática existe en sorgo. Los primeros híbridos realizados con este sistema se obtuvieron cruzando Day Milo X Combine Kafir 60. Este sistema de androesterilidad se denominó A1 (Schertz y Pring, 1982) y consiste en la interacción de los genes nucleares de Kafir con el ADN de las organelas del citoplasma Milo. La restauración de la fertilidad se produce por la presencia de un gen dominante y son las líneas Milo las que lo poseen. Este es el sistema que se utiliza actualmente en la producción de híbridos y todos los híbridos poseen citoplasma Milo sin importar la línea que se utilice como padre.

El uso continuo de un mismo citoplasma ocasiona reducción de la variabilidad, pues muchas madres de híbridos se parecen ya que deben esterilizarse en el citoplasma Milo. Otro problema es que los padres se restringen a aquellos que restauren la fertilidad. Resulta por lo tanto de sumo interés estudiar otros sistemas de androesterilidad y agregar flexibilidad a los programas de multiplicación mediante nuevas combinaciones entre líneas. Actualmente, sólo el 30% de las líneas de la colección mundial funcionan como madres.

Rao (1972) informa sobre una nueva fuente de androesterilidad genético-citoplasmático. Tripathi et al. (1980) los designa tentativamente como A2 y A3 ya que por análisis del ADN mito-

condrial y de cloroplastos se determinó que diferían en la formación de polipéptidos con respecto al Milo (A1).

Webster y Singh (1964) descubrieron el citoplasma 9E como fuente de androesterilidad la que se mantenía en cruzamientos por Kafir y también con Milo. Por análisis de ADN mitocondrial y de cloroplastos se concluyó que el citoplasma 9E era diferente al Milo.

Schertz y Pring (1982) resumen la experiencia acumulada en el Departamento de Agricultura de Texas, EE.UU. Utilizando las líneas de otros países y las provenientes del programa de conversión, realizaron estudios que se centraron en dos direcciones: 1) Uso de isofleas que difieren sólo en sus citoplasmas, en cruzamientos con un grupo de líneas testigo, para evaluar la respuesta en la F1. 2) Análisis de ADN mitocondrial y de cloroplastos realizados con una endonucleasa de restricción y analizados por electroforesis. Estos estudios permitieron identificar dos citoplasmas probablemente diferentes al Milo: A2 que proviene de IS 1266 2C y A3 que proviene de IS 1112 C.

Quimby (1982-1985) presenta su teoría de la interacción de los genes nucleares y el citoplasma en la expresión del sexo en sorgo. El supone que los genes y el citoplasma influyen en los niveles de las hormonas masculinas y femeninas y que las flores perfectas se desarrollan cuando ambas hormonas están balanceadas. Siendo el sorgo una especie alotetraploide (Endrezzi y Morgan, 1955), Quimby supone que habrá dos citoplasmas inductores de femeneidad y dos inductores de masculinidad, y además habrá un citoplasma neutral, que no promueva ni masculinidad ni femeneidad. En sus trabajos Quimby supone que el citoplasma A1 (Milo) es un citoplasma neutral y los citoplasmas A2 y A3 son promotores de femeneidad. El citoplasma A2 brinda la suficiente cantidad de hormonas femeninas como para compensar la presencia de un gen recesivo *Fsc* (codifica para producción

de hormona femenina) y el A3 brinda lo suficiente para compensar que los dos genes sean recesivos.

El presente trabajo tiene como objetivo identificar nuevas líneas mantenedoras y recuperadoras de la androesterilidad en los nuevos citoplasmas A2 y A3 en sorgo. Dichas líneas podrían utilizarse como madres de híbridos comerciales ampliando así el espectro de las mismas. Para llevar a cabo este objetivo se evaluó la reacción de diez líneas puras de sorgo, usadas comúnmente en la producción de híbridos comerciales, sobre los citoplasmas A1; A2 y A3.

MATERIALES Y METODOS

Líneas puras: se trabajó con diez líneas comúnmente usadas en la producción de híbridos comerciales: BTx 378 y BTx 399 utilizadas como madres de híbridos en el citoplasma A1 (Milo); RTx 430, RTAM 428, RTx 433, RTx 434, RTx 432, SC 103-12, RTx 2767, RTx 2737 utilizadas como padres de híbridos en los citoplasmas A1, ya que actúan como recuperadores de la androesterilidad sobre dicho citoplasma.

Fuentes de citoplasma: las líneas utilizadas, A1: A1Tx 398; A2: A2Tx 398 y A3: A3Tx 398, corresponden a las usadas por el Dr. R.L. Schertz en el Departamento de Agricultura de los E.E.U.U. (USDA). Con el propósito de obtener dos generaciones en un mismo año, el trabajo se realizó en dos localidades, Laguna Blanca (Formosa) y Colón (Buenos Aires).

Para obtener una buena coincidencia de floración entre las líneas androestériles y polinizadoras, la siembra de las líneas fuentes de citoplasma se realizó en Formosa los primeros días de marzo, mientras que la siembra de las líneas puras a probar se realizó una semana después.

La floración se produjo a mediados-fines de mayo. Cada una de las

líneas a probarse se cruzó por las tres fuentes de citoplasma y la cosecha se realizó en junio. En los primeros días de noviembre este material fue sembrado en Colón, Prov. de Buenos Aires.

En el momento de panojamiento se procedió a tapar diez panojas de cada surco con sobres de papel madera, para evitar la polinización externa.

A los 25 días se descubrieron las panojas y se determinó la reacción del padre del cruzamiento realizado en Formosa (líneas puras a probar). Las situaciones posibles son las siguientes: 1) si todas las flores polinizadas producen grano, se considera a la línea pura como recuperadora de la androesterilidad en ese citoplasma. 2) Si hay una producción parcial de grano, la línea correspondiente se considera como parcialmente recuperadora. 3) Si no hay producción de granos la línea pura se comporta como mantenedora de la androesterilidad en dicho citoplasma.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos se presentan en el Cuadro N° 1, en el que se observa que las líneas BTx 378 y BTx 399 se comportaron como estériles en los tres citoplasmas. Esto confirma porque son utilizadas como mantenedoras en el citoplasma A1, en la producción de los actuales híbridos comerciales. Basándose en la teoría de Quimby (1982) estos resultados eran de esperar, ya que siendo el citoplasma A1 neutral, cualquier línea que sea estéril en ese citoplasma, lo será en los otros dos. Esto se debe a que los citoplasmas A2 y A3 aportan hormonas femeninas como para compensar genes nucleares recesivos *Fac*, y en estas condiciones nunca se llegará al equilibrio hormonal que origine flores perfectas.

También puede verse en el Cuadro N° 1 líneas que fueron fértiles en A1 y estériles en A2 y A3. Este es el caso

de las líneas RTx 430; RTAM 428, RTx 433; RTx 434 y RTx 2767. Quimby (1982) atribuye este fenómeno a un desbalance hormonal. Nuevamente los resultados explican porque son usadas estas líneas como padres de híbridos comerciales en el citoplasma A1. Con respecto a las líneas RTx 432 y SC 103-12 puede observarse que se comportaron como recuperadoras tanto en el citoplasma A1 como A2. Este fenómeno también parecería deberse al desbalance hormonal mencionado por Quimby en su teoría. Esto último brinda la posibilidad de realizar nuevas combinaciones de líneas para la producción de híbridos comerciales utilizándose como líneas recuperadoras en el citoplasma A2 a las líneas RTx 432 y SC 103-12.

Sería factible realizar híbridos comerciales como por ejemplo:

RTx 430 x RTx 432

RTAM 428 x SC 103-12

los cuales no eran posibles con el sistema Milo.

Por otra parte, la línea RTx 2767 se comportó como parcialmente estéril en el citoplasma A2. Este fenómeno se podría atribuir a la presencia de genes modificadores aunque también se podría deber a un efecto ambiental. Schertz y Pring (1982) mencionan que la reacción de la androesterilidad depende de la temperatura. A elevadas temperaturas se produce una disminución de la androesterilidad.

En algunas líneas androesterilizadas en el sistema A2 el porcentaje de recuperación aumenta en sucesivas retrocruzas (Dr. F. Miller, comunicación personal) aspectos estos que deberán confirmarse en futuros trabajos como asimismo el efecto de la interacción ambiental.

Con respecto al citoplasma A3 puede observarse que no se encontró ninguna línea recuperadora de la androesterilidad de dicho citoplasma. Según Quimby (1982) este sistema es recuperado

Cuadro N° 1: Reacción de las líneas puras sobre los diferentes citoplasmas.

LINEA PURA	CITOPLASMA A1	CITOPLASMA A2	CITOPLASMA A3
BTx 378	estéril	estéril	estéril
BTx 399	esteril	estéril	estéril
RTx 430	fértil	estéril	estéril
RTAN 428	fértil	estéril	estéril
RTx 433	fértil	estéril	estéril
RTx 434	fértil	estéril	estéril
RTx 432	fértil	fértil	estéril
SC 103-12	fértil	fértil	estéril
RTx 2767	fértil	estéril	estéril
RTx 2737	fértil	parc.estéril	estéril

solamente por líneas que poseen el genotipo *ffmm*. Parecería, por lo tanto, que ninguna de las líneas utilizadas posee este genotipo. A pesar de esto, el A3 posee varias ventajas. Entre ellas, su uso en la producción de sorgos forrajeros, que al no producir grano producirían mayor cantidad de material verde aprovechable para el ganado. Además, los sorgos en el citoplasma A3 pueden ser útiles para aislar los campos de producción de híbridos, pues al no producir polen se vería aumentado el porcentaje de pureza de la semilla producida. Pero tal vez el uso más importante de este sistema consistiría en la androesterilización de las líneas padres de los híbridos comerciales más comunmente utilizadas y de esta manera se comportarían como plantas femeninas en los tests de aptitud combinatoria ganando muchos años de trabajo en caso que las líneas madres de híbridos testadas no dieran los resultados esperados.

CONCLUSIONES

Como ya ha sido mencionado las líneas mantenedoras de la androesterili-

dad en el sistema A1 (Milo) también se comportan como mantenedoras en los otros dos citoplasmas. Esto no representa un avance en cuanto a la flexibilidad de multiplicación. Sin embargo, el uso de los citoplasmas A2 y A3 en las líneas estériles en A1 representaría un avance en cuanto a la vulnerabilidad citoplasmática. Con respecto a las líneas recuperadoras en A1, se ha observado que las mismas se comportan como estériles o fértiles en el sistema A2. Este fenómeno ampliaría la variabilidad genética, así como también agregaría flexibilidad a los programas de multiplicación.

Todas las líneas utilizadas en el experimento se comportaron como estériles en el sistema A3.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Dr. Carlos A. Naranjo (Director del Instituto Fitosécnico de Santa Catalina. UNLP) por la lectura crítica del manuscrito y apoyo brindado.

BIBLIOGRAFIA

- 1) ENDRIZZI, J.E. and D.R. MORGAN. 1955. "Chromosome interchanges and evidences of duplications in haploid *Sorghum vulgare*" *J. Hered.* 46:201-208.
- 2) POEHLMAN, J.M. 1959. "Breeding fields crops". New York, USA. Holt-dryden.

- 3) QUIMBY, J.R. 1974. *Origin of hybrids sorghum. Chapter II: Shorghum improvement and the genetic of growth* pg. 9-17
- 4) QUIMBY, J.R. 1980. "Interaction of genes and cytoplasm in male sterility in sorghum" American seed trade association (ASTA). Chicago, Illinois. USA. 175-184.
- 5) QUIMBY, J.R. 1982. "Interaction of genes and cytoplasm in male-sterility in sorghum". ICRISAT. *Sorghum in the eighties: Proceeding of the International Symposium on Sorghum, 2-7 nov.181. Patancheru, India.* 385-392.
- 6) QUIMBY, J.R. 1985. *Sorghum Newsletter*. 28:77. University of Arizona USA.
- 7) RAO, N.G.P. 1972. "Sorghum breeding in India. Recent developments". *Sorghum in seventies. New Delhi. India.* 101-142.
- 8) SCHERTZ, K.F. and D.R. PRING. 1982. "Cytoplasmic sterility systems in sorghum" (ICRISAT) *Sorghum in the eighties: International Symposium on Sorghum, 2-7 nov.181. Patancheru, India.* 373-384.
- 9) STEPHENS, J.C. and R.F. HOLLAND. 1954. "Cytoplasmic male-sterility for hybrid sorghum seed production". *Agron. J.*, 46:20-23.
- 10) TRIPATHI, D.P.; S.L. MEHTA; B.S. RANA and G.G.P. RAO. 1980. "Characterization of diverse cytoplasmic genetic male-steriles in sorghum" *Sorghum Newsletter*, 23:107-108.
- 11) WESTER, O.J. and S.P. SINGH. 1964. "Breeding behavior and histological structure of a nondehiscent anther character in *Sorghum vulgare*". *Crop. Sci.*, 4:656-658.