

Heterosis en el tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill)

Resumen

Desde hace algunos años en el mundo se viene trabajando la línea de mejoramiento del tomate por hibridación y selección. En la época de los años 20 el objetivo fundamental era la obtención de líneas puras fijadas y a partir de 1933 se demostró la importancia de la heterosis en este cultivo, la que se manifiesta por un aumento del rendimiento del híbrido con relación a sus parentales.

En el Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova" se desarrolla un trabajo con el objetivo de recopilar información necesaria sobre la heterosis en el cultivo del tomate señalando que la heterosis se manifiesta de forma más neta en la medida que las condiciones del medio sean menos favorables. Tiene lugar sólo en aquellos híbridos cuyos parentales son suficientemente diferentes (los que se complementan) y puede ser casi nula entre líneas vecinas. Estos híbridos a veces se hacen para acumular caracteres dominantes de interés como son los genes de resistencia a enfermedades.

Para la obtención de semilla híbrida son necesarias tres etapas fundamentales:

- 1°. Castración del progenitor femenino
- 2°. Cosecha del polen del progenitor femenino
- 3°. Polinización

Los híbridos F_1 se justifican en el tomate por un cierto número de ventajas que presentan con relación a las variedades fijadas: Manifiestan un cierto efecto de heterosis; permiten acumular muy rápidamente cualidades como la precocidad, la forma y tamaño del fruto, la resistencia a enfermedades, las cuales están dispersas en diferentes variedades.

Palabras claves: tomate, hibridación, heterosis, rendimiento, híbrido, parentales, dominantes, genes, resistencia, enfermedades, semilla híbrida, Castración, progenitor, polen, polinización, precocidad.

Introducción

La producción de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) se ha incrementado espectacularmente en el mundo en el siglo XX, debido al aumento sostenido de su demanda. Este

se puede utilizar como producto fresco por la facilidad de su preparación o procesado, dada la posibilidad que tiene en forma de salsas de acompañar diversos alimentos cárnicos, pastas o a distintos cereales y tubérculos, a la vez que los enriquece y mejora su apariencia. Además de participar como ingrediente en platos «listos para consumir», tecnología esta en incremento en el mundo actual. (Gry, 1994). La preferencia que tiene el tomate a nivel mundial ha favorecido los esfuerzos encaminados a su abastecimiento en el mercado durante todo el año, para ello el hombre ha cambiado los sistemas productivos (López et al, 1991). Debido a la influencia desfavorable de los extremos climáticos en el crecimiento, desarrollo y rendimiento de muchas especies, entre ellas el tomate, el productor se ha visto obligado por una parte a la búsqueda de cultivares con adaptación climática y por la otra a la diversificación de los métodos de cultivo para modificar favorablemente el microclima, de ahí el surgimiento del cultivo protegido.

A partir de los años setenta, la utilización de cultivares híbridos F_1 de tomate se ha introducido poco a poco no sólo en las instalaciones de cultivo protegido, sino también en el resto de los sistemas productivos: tutorado a pleno campo, no tutorado para el mercado fresco y por último para la industria. Ello ha favorecido una fuerte creación varietal en la especie (Joubert, 1993).

La creación y obtención de nuevas variedades vegetales es una actividad de enorme trascendencia para el desarrollo agrario y económico de la sociedad. Gracias a ella, es posible resolver un gran número de problemas agrícolas, cuya importancia aumenta año tras año: calidad del producto, rendimientos, resistencia a enfermedades, así como a condiciones adversas, facilidad de mecanización, conservación de estanterías, y armonía de forma y colores entre otros. Un solo dato basta para apreciar la magnitud de tal contribución. Según datos de la FAO, el incremento de la producción agrícola en el mundo entre 1950-1990 puede evaluarse en más de un 140 %. Pues bien, al menos el 50 % de este incremento puede atribuirse, sin lugar a dudas, a un solo factor, las nuevas variedades vegetales. (Villarreal, 1999).

Con este trabajo tratamos de explicar al lector qué es un híbrido F_1 , cómo se produce y las posibilidades de su empleo en el caso del tomate, especie de gran preferencia en nuestro país.

Recursos Genéticos

El género *Lycopersicon* es originario de América del Sur, de una estrecha franja de la Costa del Pacífico, desde el Sur del Ecuador (0° de latitud) hasta el norte de Chile (30° de latitud) y del Océano Pacífico y las estribaciones de los Andes. Se incluyen las Islas Galápagos. El género comprende nueve especies, ocho de las cuales se han mantenido dentro de los límites de su lugar de origen. Una sola especie, *L. esculentum*, bajo su forma salvaje, cerasiforme, fue llevado hacia América Central por los indígenas en forma de maleza. Fue en México donde ocurrió la domesticación del tomate, especialmente en la zona tropical de Puebla y Veracruz. De aquí fue introducido en Europa en el siglo XVI donde por largo tiempo se consideró como venenosa, hace sólo unos 200 años que se comenzó a consumir por el hombre. (Philouze y Laterrot, 1995). Debido a su autogamia el tomate cultivado presenta una variabilidad reducida para determinados caracteres a pesar de su gran diversidad aparente.

Es a las especies silvestres donde el mejorador puede recurrir para aumentar la variabilidad de la especie, de hecho el tomate es la especie cultivada donde más han sido utilizadas las especies salvajes en los programas de selección. De ahí que todos los genes de resistencia a las enfermedades de cultivares actuales provengan de aquellas. Los cruzamientos interespecíficos tienen éxito cuando se utiliza *L. esculentum* como madre. (Philouze y Laterrot, 1992).

El tomate comenzó a mejorarse por hibridación y selección a partir de los años 20, en los EE.UU pero no fue hasta los 60 que la selección cobró un gran auge en diversos países. Hasta esa época el objetivo era la obtención de variedades (líneas puras fijadas) que variaban por su precocidad, forma y grosor de los frutos. A partir de 1933 Alabouvette y Titard mostraron la importancia de la heterosis en el tomate, la que se manifiesta por un aumento del rendimiento del híbrido con relación a sus parentales, lo que permitió considerar el cultivo de híbridos F_1 .

Interes de los híbridos f_1

La heterosis en el tomate se manifiesta de forma más neta en la medida en que las condiciones del medio sean menos favorables. El análisis de los componentes del rendimiento muestra que el mejoramiento del rendimiento en los híbridos está dado por una mejor fructificación (porcentaje más elevado de flores que dan frutos) y frutos más grandes, producto del aumento del número de semillas.

Si se analiza en detalle el fenómeno de la fructificación nos damos cuenta que en condiciones desfavorables, hay heterosis o dominancia para la cantidad de polen formado y para su calidad (estimada «in vitro» por coloración del acetocarmín) y heterosis para el factor fecundante de este polen (estimado «in vivo») para el número de granos producidos que polinizan flores castradas de un progenitor femenino dado en condiciones óptimas.

Los híbridos F_1 se justifican en el tomate por un cierto número de ventajas con relación a las variedades fijadas. Estas son:

1. Manifiestan un efecto de heterosis, aunque ésta es en general mucho menos espectacular en plantas autóгамas que en alógamas como el maíz.
2. Permiten acumular muy rápidamente cualidades tales como: precocidad, tipo de fruto, resistencia a enfermedades, y larga conservación de la maduración, en un solo genotipo.
3. Permiten la protección varietal y la rentabilidad del trabajo de selección.

¿Cómo se manifiesta la heterosis?

En general el número de frutos es mucho más elevado en los híbridos F_1 , de aquí que el rendimiento sea mayor. Esto no es debido a un mayor número de racimos, sino a una mejor fructificación.

En Europa, este mejoramiento de la fructificación en condiciones difíciles explica la rápida utilización de los híbridos en invernadero.

La heterosis se manifiesta sólo en aquellos híbridos cuyos parentales son suficientemente diferentes (los genes se complementan). La heterosis puede ser casi nula en híbridos entre líneas vecinas. Tales híbridos se hacen para acumular caracteres dominantes de interés como son los genes de resistencia a enfermedades.

En tomate, la resistencia ante muchas de las enfermedades importantes es debida a genes dominantes, tal es el caso, entre otros, de la resistencia a:

- *Verticillium dahliae* (gen Ve), proveniente de *Lycopersicon pimpinellifolium* (o ecotipos de *L. esculentum* var. ceraciforme).
- *Fusarium oxysporum* raza 0 y raza 1 (gen I), proveniente de *L. pimpinellifolium* y *L. peruvianum*.
- Nemátodos (*Meloidogyne incognita*) (gen Mi), proveniente de *L. peruvianum*.
- *Stemphylium solani* (gen Sm), proveniente de *L. pimpinellifolium*
- Virus del mosaico del tabaco (TMV)

Los genes Ve, I y Sm, están muy cerca en un mismo cromosoma.

Por ejemplo: Si cruzamos dos variedades:

Variedad A (Ve, I₀, I₁, Sm) x Variedad B (Mi)

Híbrido F₁ AB (Resistente a 5 patógenos)

Para lograr esto en una variedad se necesitaría un proceso de tres años, como mínimo, de duración; haciendo varias generaciones en un año.

En el caso de la resistencia a nemátodos hay una doble ventaja, ya que cuando se trata de una variedad fijada para el gen Mi (Mi / Mi) se han observado a menudo problemas de fecundación en situaciones difíciles (y en invernadero con poca luz), sin embargo en el híbrido heterocigótico para el gen Mi (Mi / Mi⁺) gracias al efecto de heterosis a nivel de fructificación, no se manifiesta el problema.

Técnicas de hibridación

La producción de semillas híbridas F₁ es costosa pues necesita la castración y la fecundación manual de flores que sirven de madres.

Para la obtención de semilla híbrida son necesarias tres etapas fundamentales:

- 1º. Castración del progenitor femenino
- 2º. Cosecha del polen del progenitor masculino
- 3º. Polinización

Castración del progenitor femenino.

La flor normalmente se autofecunda, de ahí que sea necesario quitarle todos los estambres antes de que el polen esté maduro; esta operación puede hacerse con una pinza fina, con cuidado de no dañar el estigma para que sea receptivo al polen de la planta masculina; sin embargo en

la práctica se hace a mano, pueden quitarse dos pétalos y después el conjunto de estambres.

La castración se hace antes de que la flor se abra completamente, a finales de su etapa de botón floral, cuando los pétalos forman un ángulo de 30° a 45° respecto a los estambres para evitar la autofecundación.

Todas las flores en un racimo floral deben estar castradas, o de lo contrario eliminar las que queden si están muy avanzadas.

Esto implica que el cultivo sea tutorado y celosamente deshijado y que se le castrate todos los días o cada dos días a medida que vayan abriéndose las flores.

En la producción de campo la emasculación se efectúa temprano en la mañana del día en que tendrá lugar la hibridación.

Es claro que este laborioso proceso podrá simplificarse en gran medida usando una línea femenina con órganos masculinos estériles, ya se están empleando algunas.

Cosecha del polen del progenitor masculino

Usualmente el progenitor masculino se siembra unos 21 días antes que las plantas femeninas, para asegurar que haya suficiente polen para una máxima fertilización de la planta hembra.

Normalmente la relación entre la población de plantas masculinas y la población de plantas femeninas se usa en una proporción de 1:5 (una planta masculina por cada cinco plantas femeninas).

El polen debe cosecharse en el lugar. Cada flor se sacude con el vibrador eléctrico o bien se puede cosechar una cantidad de flores a las cuales se les cosecha el polen. Al momento de la utilización, el polen se reparte en finos tubos de vidrio o en unas copitas.

El acopio del polen del progenitor masculino y su disposición sobre los estigmas de las flores femeninas tiene que hacerse a mano.


Polinización

La estructura de la flor del tomate asegura una estricta autogamia (pistilo encerrado en el cono de los estambres, dehiscencia interna de los estambres). La frecuencia de polinización cruzada en el mismo es baja, el viento es un factor poco eficiente para la transferencia de polen, este contribuye solo en la autofecundación. El porcentaje de polinización cruzada que puede producirse se debe casi siempre a la acción de los insectos.

La dimensión de su flor es adecuada para realizar híbridos. En este caso la polinización se hace a mano, el estigma de cada flor castrada se sumerge en polen. La polinización se hace el mismo día de la castración o al otro día, y ella puede volverse a hacer uno o dos días después. La polinización también puede hacerse utilizando un pincel.

Las flores fecundadas se identifican tradicionalmente con etiquetas de colores, pero los productores experimentados también retiran la mitad del cáliz de la flor para tener evidencia a la hora de la cosecha de que ese fruto en particular contiene semilla híbrida.

Errores más frecuentes en la producción de los híbridos F_1

- En ocasiones se escapan flores de la castración o se castran demasiado tarde, en este caso se obtiene semilla híbrida y semilla autofecundada a la vez.
- La producción de semillas se hace a partir de flores castradas, el pistilo queda desprotegido y se puede caer, las flores se castran jóvenes, a menudo la polinización ocurre cuando el estigma no está en su óptimo de receptividad.
- El hecho de manipular todos los días las plantas, favorece la transmisión de algunas enfermedades como el virus del mosaico del tabaco (TMV) que se transmite por contacto y a través de la semilla 

Bibliografía

- Alabouvette, L. y A. Titard.
1993 Sur la possibilité d' utiliser dans la culture de la tomate des dyhibres de premiere generation. Le selectionneur 2, 11-14.
- Gry, L. 1994. La tomate en revolution permanente. Semences et progrès. N° 78. p. 20-34.
- Joubert, G. 1993. Ctifl Balandran. Les tomates « longue conservation ». Fruit & Legumes. N° 106. 199. p. 65-66.
- López, J.; J. Naredo; J. Sánchez y N. Castella. 1991. The improvement of the low cost «Almería» green type technical economical possibilities. Plasticulture (90): 4 -14.
- Philouze, J. y H. Laterrot. 1992. La tomate. En Amelioration des espèces végétales cultivées. INRA. Paris. p 379.
- Philouze, J. y H. Laterrot. 1995. Origine et diversité de la tomate. INRA Mensuel. N° 81. Avignon.
- Raoult, P. 1988 a. Martinique. Situation des cultures protégées. Revue Horticole. 9(284): 45-50.
- Villarreal, A. 1999. Aspectos legales de la protección de variedades vegetales. Horticultura internacional. 24 Mayo/99: 44-45.

Gisela Rodríguez Rodríguez

Mayte Piñón Gómez

Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana

Dimitrova"