

CRUZAMIENTOS ENTRE DIFERENTES ESPECIES DE PAPA Y ASOCIACIÓN ENTRE CARACTERES RELACIONADOS CON EL FRUTO BOTÁNICO

María E. González✉, Ana Estévez, J. Castillo, J. Salomón, Olivia Moré y Ursula Ortiz

ABSTRACT. A group of potato hybrid combinations were made under greenhouse conditions at the National Institute of Agricultural Sciences in 1999. The aim of this study was to know the ability of crossing between *Solanum* genotypes and the association among some characters related to potato berry. Three crossing groups were formed with parental genotypes from *Solanum tuberosum* (subsp. *tuberosum* and subsp. *andigena*) and one wild species. The decapitation method was used for crossing, and characters related to fruit berry were evaluated: seed number, fruit weight, length and width. The main parameters were estimated for the characters related to the fruit, the lineal correlations and path coefficients. A higher variability was observed at seed number per fruit, positive and highly significant correlation coefficients being recorded between fruit weight, length and width as well as between these two last characters. The greatest direct and indirect contribution to berry weight was given by fruit width in the three crossing groups.

Key words: potato, hybridization, genetic variation, statistical analysis

INTRODUCCIÓN

La necesidad de buscar e incorporar nuevas características de resistencia, adaptabilidad y rendimiento en los diferentes cultivos en el planeta, hace del mejoramiento un arma eficaz y necesaria para lograr la seguridad alimentaria a partir de los recursos genéticos vegetales (1).

De los métodos utilizados para incrementar el rendimiento de los cultivos, el mejoramiento genético ha sido sin dudas el de mayor contribución. Entre las razones fundamentales se encuentran los bajos costos en comparación con los altos beneficios económicos que pueden obtenerse, ya que se incrementa el rendimiento por área con pocos

RESUMEN. En el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas se realizaron en condiciones de invernadero durante el año 1999 un grupo de combinaciones híbridas, con el objetivo de conocer la posibilidad de cruzamiento entre genotipos de *Solanum* y la asociación entre algunos caracteres relacionados con el fruto botánico (baya). Se formaron tres grupos de cruzamientos donde se utilizaron como progenitores genotipos de *Solanum tuberosum* (subsp. *tuberosum* y subsp. *andígena*) y una especie silvestre. Se empleó el método de decapitación para la realización de los cruzamientos y se evaluaron caracteres relacionados con el fruto (baya): número de semillas, peso, largo y ancho de los frutos. Para los caracteres relacionados con el fruto, se estimaron los estadígrafos fundamentales, las correlaciones lineales y los coeficientes de sendero. Se pudo constatar que el número de semillas por fruto fue el carácter que presentó una mayor variabilidad, encontrándose coeficientes de correlación altos, positivos y altamente significativos entre la masa y el largo y ancho del fruto, y entre estos dos últimos caracteres. En los tres grupos de cruzamientos, el ancho del fruto fue el carácter que presentó una mayor influencia directa e indirecta en el peso de la baya.

Palabras clave: papa, hibridación, variación genética, análisis estadístico

gastos de insumos agrícolas adicionales (2); por otra parte, la obtención de variedades más estables y con mejor comportamiento ante plagas y enfermedades, reduce el consumo de pesticidas y produce cosechas más seguras.

Para la obtención de variedades de papa con mejores atributos que las existentes, se necesitan condiciones indispensables tales como una estrategia adecuada de mejoramiento y una amplia diversidad genética, lo que se puede lograr por el cruzamiento y la posterior selección de los mejores genotipos, teniendo en cuenta criterios y métodos de selección adecuados como son los coeficientes de sendero.

El mejoramiento tradicional es aún una fuente importante para obtener progenies con variabilidad y seleccionar genotipos deseados, ya que permite obtener familias que tienen la capacidad de producir rendimiento de tubérculos relativamente buenos con una uniformidad adecuada. Sin embargo, para mejorar la calidad y cantidad de producción es necesario la utilización de especies silvestres y cultivadas, que son fuentes de resistencia a estrés bióticos y abióticos (3, 4, 5, 6). En el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas se cuenta con un germoplasma de

Dr.C. María E. González, Investigador Auxiliar; Dra.C. Ana Estévez, Investigador Titular, Ms.C. J. Castillo, Investigador Agregado; J. Salomón, Investigador Agregado; Ms.C. Olivia Moré, Investigadora y Ursula Ortiz, Especialista del Departamento de Genética y Mejoramiento Vegetal, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, La Habana, Cuba.

✉ melena@inca.edu.cu

especies silvestres y cultivadas que ha sido evaluado en época óptima (noviembre-diciembre) y época temprana (septiembre), que sirve de base para el desarrollo del programa de mejoramiento.

Dada la necesidad de seleccionar combinaciones híbridas con buenos comportamientos y de esta forma poder seleccionar variedades con mayores atributos que las existentes, el objetivo del trabajo fue conocer la posibilidad de cruzamiento entre genotipos de *Solanum* y la asociación entre algunos caracteres relacionados con el fruto botánico.

MATERIALES Y MÉTODOS

En febrero de 1999, en el área central del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), se realizaron tres grupos de cruzamientos (Tabla I) en condiciones de invernadero, donde se utilizaron como progenitores genotipos de *Solanum tuberosum* subsp. *tuberosum* y subsp. *andígena* y la especie silvestre *Solanum chacoense*.

Tabla I. Características del fruto en cruces de *Solanum* sp.

Cruces	Largo de la baya (cm)	Ancho de la baya (cm)	Peso de la baya (g)	Número de semillas por baya
<i>Tuberosum</i> x <i>tuberosum</i>				
Carlita x Fontenot	1.5	1.7	3.2	144.1
Fontenot x Carlita	1.7	1.8	4.0	127.2
Chieftain x Desirée	1.5	1.7	2.9	20.2
Desirée x Chieftain	1.6	1.8	3.7	28.4
Desirée x Carlita	1.7	2.0	3.8	168.3
Carlita x Desirée	1.3	1.5	2.2	47.7
Santana x Desirée	1.2	1.3	1.8	18.4
Desirée x Santana	1.5	1.8	3.2	23.3
Desirée x Ajiba	2.0	2.3	6.3	70.3
Ajiba x Desirée	1.3	1.4	2.1	16.0
Carlita x 381221-10	1.0	1.3	1.5	16.6
Carlita x Chieftain	1.4	1.5	2.7	27.5
Krantz x Carlita	1.6	2.0	3.8	142.7
Krantz x Fontenot	1.6	2.0	4.6	135.7
Krantz x 390224-12	1.1	1.4	1.9	40.7
Santana x 390224-12	1.6	2.0	3.9	26.0
Santana x Ajiba	1.4	1.6	3.3	36.8
Santana x Carlita	1.4	1.7	2.9	56.0
Spunta x Santana	1.3	1.4	1.6	10.3
Fontenot x Santana	1.1	1.3	1.3	30.6
Desirée x Fontenot	1.5	1.8	3.8	140.7
Desirée x Krantz	1.3	1.5	2.3	19.6
Desirée x 399081-18	1.3	1.6	2.9	107.8
Desirée x 391218-36	1.6	1.9	4.3	174.0
Red Pontiac x Desirée	1.2	1.5	1.9	8.2
Ajiba x 4-12-93	1.2	1.4	1.8	13.3
391218-36 x Desirée	1.0	1.3	1.4	7.8
1-88-93 x Chieftain	1.1	0.9	0.9	6.2
13-48-93 x Ajiba	1.0	1.3	1.6	11.3
Desirée x 7-128-93	1.5	1.6	3.5	25.0
389064-06 x Ajiba	1.3	1.6	2.4	38.3
Saginaw Gold x Chieftain	1.3	1.6	2.0	2.3
391218-39 x Chieftain	1.0	1.3	1.4	14.2
<i>Tuberosum</i> x <i>andígena</i>				
Aninca x <i>Solanum stenotomum</i>	1.2	1.4	1.0	1.7
Aninca x <i>Solanum phureja</i>	1.2	1.2	0.7	1.2
Jorinca x <i>Solanum stenotomum</i>	1.5	1.6	1.5	6.2
Tuberosum x especie silvestre				
Jorinca x <i>Solanum chacoense</i>	1.4	1.6	1.5	2.2
Aninca x <i>Solanum chacoense</i>	1.4	1.6	1.5	2.2

Para la realización de los cruzamientos se utilizó el método de decapitación. Los tallos con inflorescencia se cortaron en el campo en horas de la mañana y se trasladaron al invernadero, dejándoles de dos a tres hojas funcionales y colocándose en pomos con agua y sulfato de estreptomocina, con el objetivo de disminuir la incidencia de bacterias y hongos en el tallo. El material se dejó recuperar y posteriormente se eliminaron las flores abiertas y botones inmaduros, procediendo a la emasculación con la ayuda de pinzas y agujas. Inmediatamente se realizó la polinización, identificándose los cruzamientos mediante una tarjeta donde se refleja la combinación realizada, el número de flores cruzadas, el día y la hora en que se realizó el cruzamiento y el nombre de la persona que lo realizó.

Los frutos (bayas) se cosecharon entre los 30 y 35 días después de la polinización y se hizo la extracción de las semillas. De las combinaciones híbridas realizadas, se seleccionaron al azar 20 bayas y se les evaluaron el peso promedio (g), largo (cm), ancho (cm) y número de semillas.

Se estimaron la media, la varianza y el coeficiente de variación. También se hallaron las correlaciones lineales y los coeficientes de sendero, considerándose un esquema causal donde:

efecto: peso de la baya

causas: largo de la baya, ancho de la baya y número de semillas por baya.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El resultado de las evaluaciones de las características del fruto de los tres grupos de cruzamientos realizados entre genotipos de la subsp. *tuberosum*, subsp. *tuberosum* x subsp. *andígena* y subsp. *tuberosum* x *S. chacoense*, para el largo, ancho, peso y número de semillas por baya se presenta en la Tabla I. Se alcanzó el mayor largo de la baya en el cruce Desirée x Ajiba, así como los mayores anchos en Desirée x Ajiba, Desirée x Carlita, Krantz x Carlita, Krantz x Fontenot y Santana x 390224-12.

Con respecto al peso de la baya, los mayores valores se encontraron en las combinaciones híbridas Desirée x Ajiba, Krantz x Fontenot, Desirée x 391218-36 y Fontenot x Carlita.

Presentaron número de semillas por baya superiores a 100, los cruzamientos Desirée x 391218-36, Desirée x Carlita, Carlita x Fontenot, Krantz x Carlita, Desirée x Fontenot, Krantz x Fontenot y Fontenot x Carlita, destacándose las combinaciones híbridas Desirée x 391218-36 y Desirée x Carlita con valores de 174 y 168.3 respectivamente. Según lo señalado por algunos autores (7, 8, 9), a través de cruces entre parentales tetraploides se puede obtener variabilidad por locus y seleccionar progenies con buenas características.

En las combinaciones híbridas realizadas entre variedades de la subsp. *tuberosum* se aprecian cruces con pocas semillas por baya, lo cual pudo estar dado por problemas genéticos o por las condiciones ambientales adversas, las cuales pueden causar la no funcionalidad polínica (10, 11, 12, 13), lo que está en dependencia del genotipo. También es bloqueada la diferenciación y el crecimiento del esporofito es reducido.

Entre los cruces directos y recíprocos efectuados se alcanzaron los mejores resultados cuando se utilizó la variedad Desirée como progenitor femenino, evidenciándose esto de forma más marcada cuando se emplearon como progenitores a las variedades Desirée y Carlita. En estudios realizados (8, 9) en familias híbridas de papa entre diferentes genotipos de la subsp. tuberosum, se han encontrado los mejores comportamientos donde se usó la variedad Desirée como progenitor femenino. Estas diferencias podrían ser debidas a efectos citoplasmáticos y/o interacciones génico-citoplasmáticas.

En los cruzamientos entre las subespecies tuberosum ($2n=4x=48$) y andígena ($2n=2x=24$), se alcanzaron valores bajos para el número de semillas por baya. La combinación Jorinca x *Solanum stenotomum* alcanzó los mayores valores con 6.2 semillas por baya. En cruces entre la subsp. tuberosum y la subsp. andígena, se encontró divergencia genética entre estos y un posible efecto heterótico (14), así como una gran variabilidad para el número de semillas por baya, y se indicó que cuando se utiliza la subsp. andígena como progenitor masculino en los cruzamientos, hubo un incremento en la formación de bayas.

incrementándose la diversidad alélica y obteniéndose una máxima heterocigocidad (20).

Los estadígrafos fundamentales de los caracteres evaluados al fruto (Tabla II), evidenciaron una media similar para el largo y ancho de los frutos en los tres grupos de cruzamiento. Sin embargo, para el peso de la baya y número de semillas por baya, los valores encontrados para los cruces entre la subsp. tuberosum fueron superiores. Se pudo observar la existencia de variabilidad en todos los caracteres del fruto, destacándose el número de semillas por fruto con coeficientes de variación de 98, 90.8 y 31.4 % respectivamente, lo que indica que hay una segregación para los caracteres en las progenies. Estos resultados son similares a los encontrados por otros autores (21, 22), quienes informaron la existencia de variabilidad en poblaciones híbridas de papa.

La variabilidad genética es un aspecto esencial en cualquier programa de mejoramiento genético clásico (23).

Tabla II. Estadígrafos fundamentales de cruces de *Solanum* sp

	Largo de baya (cm)			Ancho de baya (cm)			Peso de baya (g)			Número de Semillas/baya		
	txt	txa	txs	txt	Txa	txs	txt	txa	txs	txt	txa	txs
Media	1.4	1.3	1.4	1.6	1.4	1.6	2.9	1.1	1.5	56.1	3.0	1.4
DE	0.2	0.2	0.0	0.3	0.2	0.0	1.2	0.4	0.0	54.9	2.7	0.6
CV (%)	17.4	13.3	0.0	17.9	14.3	0.0	24.1	37.9	0.0	98.0	90.8	41.4
Valor mínimo	1.0	1.2	1.4	0.9	1.2	1.6	0.9	0.7	1.5	2.3	1.2	1.4
Valor máximo	2.0	1.5	1.5	2.3	1.6	1.6	6.3	1.5	1.5	174.0	6.2	2.2

t-subsp. tuberosum

a-subsp. andina

s-especie silvestre

Hay que señalar que el resultado de las polinizaciones depende de la influencia de varios factores que pueden influir determinantemente en el número de semillas obtenidas (15, 16) y en su calidad (17).

Las combinaciones híbridas realizadas entre la subsp. tuberosum y la especie silvestre *Solanum chacoense* mostraron valores bajos y muy similares, a pesar que las bayas presentaron tamaños similares en los tres grupos de cruzamientos, lo cual es lógico pues las especies silvestres y cultivadas de papa tienen barreras de cruzamientos con sistema de incompatibilidad, que en la mayoría de los casos es gobernada por un locus con una serie de alelos S (18). Hay barreras estilares que impiden la fertilización por detener o crecer muy lentamente el tubo polínico; hay esterilidad masculina genético-citoplasmática, así como barreras del endospermo que impiden que ocurra el normal desarrollo de la semilla.

En estudios realizados (19) se ha demostrado que en cruces de tetraploides con diploides se obtienen progenies tetraploides con una gran variabilidad,

Las correlaciones lineales entre caracteres relacionados con el fruto de los tres grupos de cruzamientos (Tabla III) ponen de manifiesto la existencia de asociaciones positivas y altamente significativas entre el peso, largo y ancho de la baya. Para el número de semillas por fruto solo se presentó asociación para los cruces entre la subsp. tuberosum, aunque con valores medio. En estudios realizados en diferentes niveles de floración, se encontró asociación positiva entre el tamaño de la baya y número de semillas por baya (15).

Los resultados de los análisis de coeficientes de sendero de los tres grupos de cruzamientos (Tabla IV), evidenciaron que el carácter ancho de la baya fue el que presentó una mayor contribución al peso de la baya, tanto de forma directa como indirecta a través de los restantes caracteres, lo que pone de manifiesto que las correlaciones encontradas para el largo y número de semillas con el peso de la baya se debieron a la contribución indirecta a través del ancho de la baya.

Tabla III. Correlaciones entre caracteres relacionados con el fruto de *Solanum sp*

Caracteres		Peso de la baya	Largo de la baya	Ancho de la baya
Largo de la baya	txt	0.939**		
	txa	0.923**		
	txs	0.931**		
Ancho de la baya	txt	0.945**	0.921**	
	txa	0.937**	0.867**	
	txs	0.982**	0.958**	
Número de semillas por baya	txt	0.596**	0.571**	0.616**
	txa	0.350	0.375	0.312
	txs	0.577	0.337	0.453

Tabla IV. Coeficientes de sendero de caracteres relacionados con el fruto en cruces de *Solanum sp*

		Largode la baya	Ancho de la baya	Número de semillas por baya	Correlación con el peso de la baya
Largo de la baya	txt	0.453	0.473	0.013	0.939**
	txa	0.440	0.478	0.005	0.923**
	txs	0.091	0.780	0.060	0.931**
Ancho de la baya	txt	0.418	0.515	0.012	0.945**
	txa	0.382	0.551	0.004	0.937**
	txs	0.087	0.815	0.090	0.982**
Semillas por baya	txt	0.258	0.315	0.019	0.596*
	txa	0.165	0.172	0.013	0.350
	txs	0.031	0.369	0.177	0.577

Efecto residual (txt) = 0.274

Efecto residual (txa) = 0.260

Efecto residual (txs) = 0.114

t- subsp. tuberosum

a- subsp. andígena

s- especie silvestre

Según los resultados encontrados, se pudo constatar que los mayores números de semillas por baya se presentaron en las combinaciones Desirée x 391218-36, Desirée x Carlita, Carlita x Fontenot, Krantz x Carlita, Krantz x Fontenot, Fontenot x Carlita y Desirée x 399081-18, con valores superiores a 100.

Se puso de manifiesto que cuando se utiliza como progenitor femenino a la variedad Desirée, los valores obtenidos para los caracteres estudiados fueron superiores.

Se evidenció que el ancho de la baya es el carácter que presentó una mayor influencia directa en el peso del fruto.

REFERENCIAS

1. FAO. Draft report on the state of the world's. Plant Genetic Resources. Roma, 1996, p. 35.

2. Rojas, E. Función de las áreas diferenciales en el abastecimiento de la papa semilla en la Argentina. En: Jornada Técnica de la semilla de papa para latinoamérica. (3:1996 feb14-16: Mendoza). p. 35. 1996.

3. Estévez, A. /et al./ Obtención y evaluación de progenies de semillas sexual de papa. Parte I. *Cultivos Tropicales*, 1996, vol. 17, no. 1, p. 60-64.

4. Bradshaw, J. E. /et al./ Applied Potato Genetics Breeding: potato improvement by multitrail genotypic recurrent selection. Scottish Crop Reserach Institute. *Annual Report*, 1998-1999, p. 92-96.

5. IPGRI. The New Strategy of The International Plant Genetic Resources Institute. Diversity for Development, 1999, 87p.

6. Estrada, N. R. La biodiversidad en el mejoramiento genético de la papa. Lima: CIP, 2000, 372 p.

7. Chujow, S. A.; MC Nicoll, J. y Bradshaw, J. E. Producing commercially attractive, uniform true potato seed progenies. *Theoretical and Applied Genetics*, 1996, vol. 90, no. 3-4, p. 519-525.

8. González, M. E. Mejoramiento por hibridación de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en Cuba. [Tesis de Doctorado]. La Habana, INCA, 1998.

9. Estévez, A.; González, M. E.; Castillo, J. y Ortiz, E. Estudio de genotipos de papa procedentes del germoplasma foráneo. En: Compendio de exposiciones del Taller Nacional de Producción de papas en los Trópicos. (3:1999:La Habana), p. 57-58.

10. Bamberg, J. B. Screening potato (*Solanum*) species for male fertility under stress. *Am. Potato Journal*, 1995, vol. 72, no. 1, p. 23-33.

11. Huaman, Z. Técnicas citológicas para determinar el número cromosómico y la fertilidad de las papas: Guía de investigación. *CIP Circular*, 1995, vol. 10, p. 30.

12. Trognitz, B.R. Female fertility of potato Dihaploids. *Euphytica*, 1995, vol. 81, no. 1, p. 27-33.

13. Maine, M. J. de. The male fertility og primary and further generation dihaploids of *Solanum tuberosum*. *Potato Reserach*, 1998, vol. 40, no. 1, p. 59-68.

14. Pandey, S. K. y Gupta, P. K. Studies on character association for selection on TPS populations. *Jour. Indian Pot. Assoc.*, 1996, vol. 23, no. 1, 2, p. 15-19.

15. Almekinders, C. J. M. On flowering and Botanical seed Production in Potato (*Solanum tuberosum* L.) [Tesis de Doctorado]. Wageningen, Netherland, 1995, 133 h.

16. Almekinders, C. J. M.; Chilver, A. S. y Renia, H. M. Current status of the TPS Tecnology in the wold. *Potato Research*, 1996, vol. 31, no. 1, p. 289-293.

17. Pallais, N. y Hanneman, R. E. Genetics of self-compatibility in a self-incompatible wild diploid potato species *Solanum chacoense*. 1. Detection of and S. Locus inhibitor (Sli) gene. *Euphytica*, 1998, vol. 99, p. 191-197.

18. Hosaka, H. y Hanneman, R. E. Genetics of self-compatibility in a self-incompatible wild diploid potato species *Solanum chacoense*. 1. Detection of an S locus inhibitor (Sli) gene. *Euphytica*, 1998, vol. 99, p. 191-197.

19. Hutten, R. C. B. /et al./ Comparative performance of diploid and tetraploid progenies from 2x x 2x crosses in potato. *Euphytica*, 1995, vol. 81, no. 2, p. 187-192.

-
20. Magahes, M.; Pereira, P. Selection for yield tuber specific gravity and high 2n pollen production in potato hybrids between *Solanum tuberosum* L. and wild species *Solanum chacoense* Bill. *Brazilian Journal of Genetics*, 1996, vol. 19, no. 3, p. 459-463.
21. Golmirzaie, A. M.; Ortiz, R. Aspectos relacionados con la genética y el mejoramiento cuando se utiliza semilla (sexual) de papa. Lima : CIP, 1988, 26 p.
22. Golmirzaie, A. M.; Tenorio, J. y Serquen, F. Evaluación de progenies provenientes de esquemas de apareamiento 4x-4x y 4x-2x. En: XV Reunión de la Asociación Latinoamericana de la papa. (15:1991 sep 8-14: Lima) p. 71.
23. Kumar, A. Somaclonal variation. En: *Potato Genetic*. Wallingford, CAB International, 1994, p. 197-212.

Recibido: 26 de febrero del 2001

Aceptado: 23 de abril del 2001