

PARÁMETROS GENÉTICOS DE LOS FACTORES DE CALIDAD PARA PROCESAMIENTO EN PAPAS AUTOTETRAPLOIDES

1. GRAVEDAD ESPECÍFICA

Edgar Hernández C.*, Humberto Mendoza**, Ricardo Wissar**

RESUMEN

Para determinar los parámetros genéticos de gravedad específica en una población de papas autotetraploides se evaluaron 28 progenies en 1987 y 1988, en dos grupos de generación sexual y uno de generación asexual, en el Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima, Perú. Se utilizó un diseño dialélico 8x8 en bloques completos al azar.

En el primer ensayo con generación sexual la unidad experimental consistió en 24 plantas y en los otros dos ensayos con generación sexual y asexual fue de 20 plantas. La gravedad específica se determinó por el método de peso en aire y peso en agua.

La Habilidad Combinatoria General (HCG) fue altamente significativa en los tres grupos. La variabilidad genética de gravedad específica dependió de factores genéticos aditivos. La heredabilidad se estimó usando los componentes de variancia obtenidos por el método 4 de Griffing y los valores obtenidos en sentido restringido para los tres grupos de progenies fueron $h^2 = 0.74$ y $h^2 = 0.76$ con semilla sexual y $h^2 = 0.86$ con semilla asexual, evidenciando la facilidad para obtener rápidos progresos en el mejoramiento genético empleando el método de selección recurrente.

Al comparar la generación sexual con la asexual el valor estimado de la heredabilidad fue menor, existiendo una interacción de HCG con generación. En cambio la heredabilidad no interactuó con la época.

Palabras claves adicionales: *Solanum tuberosum*, mejoramiento genético, procesamiento, materia seca.

Aceptado para publicación: marzo 10, 1991

* Ing.Agr., M.Sc., Sección Tuberosas. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Tibaitata, Apartado Aéreo 151123 El Dorado, Santa Fe de Bogotá, Colombia.

** Ing.Agr., Ph.D. e Ing.Agr., M.Sc., respectivamente. Centro Internacional de la Papa (CIP). Apartado 5969, Lima, Perú.

SUMMARY

GENETIC PARAMETERS OF THE QUALITY FACTORS FOR PROCCES IN AUTOTETRAPLOID POTATOES 1. SPECIFIC GRAVITY

Genetic parameters of specific gravity were determined in autotetraploid potato populations at CIP, La Molina, Lima, Peru. A diallel design 8x8 in randomized blocks was used to evaluate 28 progenies in two sexual generation groups and one asexual generation group.

The experimental plot consisted of 24 plants in the first trial with sexual generation and 20 plants in the other two trials with sexual and asexual generations. Specific gravity was determined by the weight in air and weight in water method.

The general combining ability (GCA) was highly significant for the three groups. The genetic variability of specific gravity depended of additive genic effects. Heredability was estimated using the components of variance obtained with the Griffing 4 method, The estimates obtained for strict sense heredability for the three progeny groups were $h^2 = 0.74$ and $h^2 = 0.76$ with sexual seed and $h^2 = 0.86$ with asexual seed. This showed that the recurrent selection is a good method to obtain quick progress in this trait

A lower heredability was found when sexual and asexual generation were compared. There was an interaction between GCA with generation. Heredability did not change when sexual progenies were planted in different years.

Additional Index words: *Solanum tuberosum*, breeding, dry matter.

La papa se ha usado principalmente para consumo en forma fresca. Sin embargo, en los últimos años se ha incrementado su utilización para procesamiento industrial.

La papa para procesamiento en forma de hojuelas (chips) y en tiras (french fries) requiere otras características que no son exigidas para el consumo fresco. Además del tamaño, forma, carencia de daños y madurez se tiene en cuenta especialmente los contenidos de materia seca y de azúcares reductores (10, 11) que son factores altamente heredables, pero también son afectados por el ambiente (1).

El contenido de materia seca parece estar controlado por varios genes y se ha observado aumentos en las progenies resultantes de cruces entre padres con alto contenido de materia seca (3). Tubérculos con bajos niveles de sacarosa antes de la cosecha muestran ser superiores para procesamiento (12). Los azúcares reductores y el contenido de sacarosa son importantes para determinar el color de papas fritas durante el almacenamiento (5, 12) y cultivares con 0.15% o menos de azúcares reductores tienen potencial químico para satisfacer un buen color de hojuelas (9).

El conocimiento de la herencia de estos factores puede contribuir a orientar el mejoramiento de la papa para diversificar la producción hacia nuevos propósitos, especialmente en países que necesitan implementar la actividad industrial buscando nuevos mercados principalmente en épocas de alta producción.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó bajo condiciones de campo y de invernadero en las instalaciones del Centro Internacional de la Papa (CIP) en La Molina, Lima, Perú. Se utilizaron 28 progenies obtenidas mediante cruzamientos entre ocho clones de la población del CIP del proyecto de mejoramiento de papa por adaptación a climas cálidos tropicales (7). Los progenitores empleados fueron los clones 378015.16, C 83-119, LT-7,1-1039, 377250.7, 377964.5 y 575049 y la variedad Katahdin.

La determinación de los parámetros se efectuó en dos grupos de generación sexual y uno de generación asexual. La unidad experimental de las progenies de semilla sexual sembradas en diciembre de 1987 consistió en 24 observaciones y las de las progenies de semilla sexual y asexual sembradas en septiembre de 1988 fue de 20 observaciones. Para el análisis genético se utilizó el método 4 de los diseños dialélicos de Griffing (2), que incluye sólo las cruces $p(p-1)/2$ F1s. El material se dispuso en el campo en un diseño de bloques al azar con tres repeticiones.

La gravedad específica se determinó 10 días después de la cosecha por el método de peso en el aire y peso en agua de los tubérculos de cada una de las plantas.

La heredabilidad se calculó de acuerdo con Mendoza (6). A partir del análisis de varianza se calcularon los componentes de variancia que permitieron hacer el estimado de heredabilidad en sentido restringido.

Los componentes de variancia genética en función de las covariancias entre individuos emparentados según Levings y Dudley (4) se presentan en la Tabla 1.

Si se asume que los efectos trigénicos, cuadragénicos y epistáticos son despreciables para el nivel tetraploide, se pueden obtener los siguientes estimados de variancia aditiva y digénica.

$$\sigma_g^2 = 1/4 \sigma_A^2 + 1/36 \sigma_D^2$$

$$\sigma_s^2 = 1/6 \sigma_D^2$$

$$\sigma_D^2 = 6\sigma_s^2$$

$$\sigma_A^2 = 4\sigma_G^2 - 2/3 \sigma_S^2$$

Tabla 1. Componentes de variancia del diseño dialélico expresado como función de los componentes de variancia genética, asumiendo herencia tetraploide, según Levings y Dudley (4).

| Variancia | Covariancia | σ_A^2 | σ_D^2 | σ_T^2 | σ_F^2 | σ_{AA}^2 | σ_{AD}^2 | σ_{DD}^2 |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| σ_g^2 | Cov. HS | 1/4 | 1/36 | 0 | 0 | 01/16 | 1/144 | 1/1296 |
| σ_s^2 | CovFS-2CovHS | 0 | 1/6 | 1/12 | 1/36 | 1/8 | 7/72 | 31/64 |

La heredabilidad en sentido restringido sería:

$$h^2 = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_{ph}^2} = \frac{4\sigma_g^2}{4\sigma_g^2 + 6\sigma_s^2 + \sigma_e^2}$$

$$\sigma_{ph}^2 = 4\sigma_g^2 + 6\sigma_s^2 + \sigma_e^2$$

La heredabilidad en el análisis combinado entre la generación sexual y asexual se calculó de la siguiente manera:

$$h^2 = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_{ph}^2} = \frac{4\sigma_g^2}{4\sigma_g^2 + 6\sigma_s^2 + 4\sigma_{gxgen}^2 + 6\sigma_{sxgen}^2 + \sigma_{e/r}^2}$$

La heredabilidad en el análisis combinado de la generación sexual en dos épocas, se calculó de la siguiente forma:

$$h^2 = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_{ph}^2} = \frac{4\sigma_g^2}{4\sigma_g^2 + 6\sigma_s^2 + 4\sigma_{gxep}^2 + 6\sigma_{sxep}^2 + \sigma_{e/r}^2}$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Estimación de la heredabilidad de gravedad específica en cada grupo de progenies.

Los análisis de variancia (Tabla 2) mostraron variabilidad genética en los tres grupos de progenies utilizando semilla sexual o asexual.

La variabilidad genética de gravedad específica está representada en su mayor parte por la variancia aditiva, expresada por la Habilidad Combinatoria General (HCG), mostrando que la herencia de esta característica es dependiente de una acción genética aditiva.

Los componentes de variancia hallados fueron similares en los tres grupos. Los valores estimados de heredabilidad en sentido restringido fueron $h^2 = 0.74$ y $h^2 = 0.76$ con semilla sexual en verano y primavera respectivamente y $h^2 = 0.86$ con semilla asexual. Estos valores de heredabilidad evidencian la facilidad para obtener rápidos progresos en el mejoramiento por esta característica.

Además se sustenta lo reportado por Stevenson *et. al.* (13), quienes expresan que cruces entre dos variedades, una de las dos o ambas altas en gravedad específica dan progenies con valores más altos que cuando ambos padres son bajos en esta característica.

2. Estimación de la heredabilidad de gravedad específica comparando familias de generación sexual y asexual.

De acuerdo al análisis de variancia combinado presentado en la Tabla 3, la gravedad específica presentó variabilidad genética cuando se compararon la generación sexual y asexual dependiendo en mayor proporción de la variancia aditiva.

El valor de la heredabilidad $h^2 = 0.31$ aunque no es tan alto como cuando se estimó a partir de los grupos individuales indica que la selección en la generación sexual puede ser promisorio para esta característica, ya que se estarían señalando genotipos de alto valor de gravedad específica, que según lo reportado por Stevenson *et. al.* (13) y los estimados de variancia aditiva encontrados, también darían progenies de alto o mayor valor. Pero debe tenerse en cuenta que existe interacción de HCG x generación y puede presentarse una respuesta diferente a nivel clonal, por lo que se hace necesario efectuar pruebas de progenie para aumentar la seguridad en la selección por gravedad específica en generaciones tempranas.

Tabla 2. Análisis de variancia y parámetros genéticos para gravedad específica en tres grupos de 28 progenies:

A= Familias de semilla sexual, verano
B= Familias de semilla sexual, primavera
C= Familias de semilla asexual, primavera

| Fuentes | | CUADRADOS MEDIOS | | |
|--------------|-----------|------------------|---------|----------|
| Variación | G.L. | A | B | C |
| Bloques | 2 | 29.76** | 125.43* | 34.62 |
| Familia | 27 | 37.0** | 26.50* | 69.33** |
| HCG | 7 | 120.25** | 74.71** | 214.94** |
| HCE | 20 | 7.86* | 9.63 | 18.36 |
| Error | 54 | 4.27 | 14.11 | 20.85 |
| TOTAL | 83 | | | |

** Nivel de significancia 0.01

* Nivel de significancia 0.05

| | | | |
|---------------------|-------|--------|-------|
| CV | 0.33 | 0.61 | 0.74 |
| $\frac{-}{\bar{X}}$ | 1.062 | 0.0021 | 1.075 |
| | | 0.037 | 1.065 |
| | | | 0.045 |

PARÁMETROS GENÉTICOS EN TRES GRUPOS DE PROGENIES

| | A | B | C |
|------------|-------|-------|--------|
| σ_g | 18.73 | 10.72 | 10.85 |
| | | | 6.67 |
| | | | 32.76 |
| | | | 19.17 |
| σ_s | 3.58 | 2.62 | 0 |
| | | | 0 |
| σ_A | 72.54 | 21.33 | 43.39 |
| | | | 12.92 |
| | | | 131.05 |
| | | | 37.9 |
| σ_D | 21.50 | 4.62 | 0 |
| | | | 0 |
| σ_e | 4.27 | 0.82 | 14.11 |
| | | | 2.71 |
| | | | 20.85 |
| | | | 4.01 |
| h | 0.74 | 0.086 | 0.76 |
| | | | 0.11 |
| | | | 0.86 |
| | | | 0.08 |

Tabla 3. Análisis de variancia combinado y parámetros genéticos de gravedad específica en dos generaciones, sexual y asexual.

| Fuentes | | | |
|------------------|-------------|----|-------------------------|
| Variación | G.L. | | CUADRADOS MEDIOS |
| Generaciones | 1 | | 630.14** |
| Rep/gen | 4 | | 40.01 |
| Familias | 27 | | 37.42** |
| HCG | | 7 | 118.20** |
| HCE | | 20 | 9.15 |
| Fam x gen | 27 | | 10.50 |
| HCG x gen | | 7 | 26.63** |
| HCE x gen | | 20 | 4.85 |
| Error | | | 8.74 |
| TOTAL | 167 | | |

** Nivel de significancia 0.01

* Nivel de significancia 0.05

CV = 0.68

XI = 1.075 (generación sexual)

X2 = 1.065 (generación asexual)

PARÁMETROS GENÉTICOS COMPARANDO GENERACIÓN SEXUAL Y ASEXUAL

| | | | |
|-------------------------|-------|---|------|
| σ_g | 3.03 | | 1.76 |
| σ_s | 0.068 | | 0.52 |
| $\sigma_{g \times gen}$ | 5.96 | | 4.76 |
| $\sigma_{s \times gen}$ | | 0 | |
| σ_A | 12.07 | | 3.49 |
| σ^1_D | 0.408 | | 1.27 |
| σ_e | 0.74 | | 1.19 |
| h | 0.31 | | 0.09 |

3. Estimación de la heredabilidad de gravedad específica comparando familias de generación sexual en dos épocas: verano y primavera.

El análisis de variancia combinado (Tabla 4) para gravedad específica comparando dos épocas, verano y primavera muestra la variabilidad genética presente en los grupos de familias, confirmándose la acción aditiva para esta característica y, en este caso, no interactúa con la época. El valor de heredabilidad $h^2 = 0.67$ así lo demuestra.

De acuerdo con Midmore (8), temperaturas altas hacen descender los valores de gravedad específica, lo que se confirma en este estudio, donde los menores promedios se presentaron en verano.

Tabla 4. Análisis de variancia combinado y parámetros genéticos de gravedad específica en dos épocas, verano y primavera.

| Fuentes Variación | G.L. | CUADRADOS MEDIOS |
|--------------------------|-------------|-------------------------|
| Época | 1 | 1146.45** |
| Rep/época | 4 | 38.80 |
| Familias | 27 | 26.69** |
| HCG | 7 | 90.66** |
| HCE | 20 | 4.30 |
| Fam x época | 27 | 5.06 |
| HCG x época | 7 | 6.82 |
| HCE x época | 20 | 4.44 |
| Error | 108 | |
| TOTAL | 167 | |

** Nivel de significancia 0.01

CV = 18.38

Xv = 1.062 Promedio de verano

Xp = 1.075 Promedio de primavera

PARÁMETROS GENÉTICOS COMPARANDO PROGENIES DE GENERACIÓN SEXUAL EN DOS ÉPOCAS

| | | |
|----------------------------------|------|------|
| σ_g | 2.33 | 1.34 |
| σ_s | 0 | |
| $\sigma_{g \times \text{época}}$ | 0.79 | 0.22 |
| $\sigma_{s \times \text{época}}$ | 0 | |
| σ_A | 9.32 | 2.66 |
| σ^1_D | 0 | |
| σ_e | 4.60 | 0.62 |
| h | 0.67 | 0.22 |

CONCLUSIONES

La variabilidad genética de gravedad específica está representada en su mayor proporción por la variancia aditiva mostrando que la herencia de esta característica es dependiente de una acción génica aditiva.

Los valores estimados de heredabilidad en los tres grupos de progenies estudiados en diferentes épocas y en dos generaciones, sexual y asexual permiten predecir progresos rápidos en el mejoramiento o gravedad específica, con un método de selección recurrente fenotípica en esta población.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Gray, D.; Hughes, J.C. 1978. Tuber quality. In: The Potato Crop, P.M. Harris (ed.). p. 404-455. London: Chapman and Hall.
2. Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. Australian J. Biol. Se. 9:463-493.
3. Howard, H.W. 1978. The production of new varieties. In: The Potato Crop. P.M. Harris (ed.). p. 607-646. London: Chapman and Hall. Cap, 15

4. Levings III, C.S.; Dudley, J.W. 1963. Evaluation of certain mating designs for estimation of genetic variance in autotetraploid alfalfa. *Crop Sc.* 3:532-535.
5. Mazza, G. 1983. Correlations between quality parameters of potato during growth and long-term storage. *Am. Potato J.* 60:145-159.
6. Mendoza, H.A. 1972. Inheritance of quantitative characters in the cultivated potato (*Solanum tuberosum* L.). Dept. of Genetics. N.C.S.U.
7. Mendoza, H.A.; Sawyer, R.L. 1984. The breeding program at the International Potato Center, Lima-Perú. In: *Plant Breeding Reviews*. Volume 1:117-137.
8. Midmore, D.J. 1987. Fisiología de la planta de papa bajo condiciones de clima cálido. Documento de tecnología especializada 24. CIP. Lima, Perú. p. 14.
9. Nelson, D.C.; Sowokinos, J.R. 1983. Yield and relationships among tuber size, sucrose and chip color in six potato cultivars on various harvest dates. *Am. Potato J.* 60:949-958.
10. Ross, H. 1986. Breeding for quality. In: *Potato Breeding, problems, perspectives*. p. 97-102.
11. Smith, O. 1975. Effect of cultural and environmental conditions on potatoes for processing. In: *Potato processing*. The AVI Publishing. Westport, Connecticut, U.S. Chapter 4:67-125.
12. Sowokinos, J.R. 1978. Relationship of harvest sucrose content to processing maturity and storage life of potatoes. *Am. Potato J.* 55:333-344.
13. Stevenson, F.J.; Akeley, R.V.; Cunningham, C.E. 1964. The potato. Its genetic and environmental variability. *Am. Potato J.* 41:46-53.