

Selección por peso específico en generaciones tempranas en el mejoramiento de la papa

Silvia Capezio*; Marcelo Huarte**; Liliana Carrozzi*

RESUMEN

En 1984 se entrecruzaron 25 clones y cultivares de papa con el objetivo de desarrollar un método para el tamizado de clones por alto peso específico (PE) en generaciones tempranas. Se midió el PE en tubérculos producidos por plántulas trasplantadas en macetas y a campo. Los clones seleccionados por alto PE se entrecruzaron en 1986 para originar el segundo ciclo de selección. La variabilidad registrada entre familias de medios hermanos en los dos ciclos fue altamente significativa ($p < 0.01$). Las heredabilidades en sentido estricto en el primer y segundo ciclo fueron 0.51 y mayor de 0.9 respectivamente. La heredabilidad en sentido amplio, estimada con familias no emparentadas, fue de 0.68, con escasa varianza aditiva.

La eficiencia de selección estimada por la coincidencia entre los clones seleccionados en macetas y a campo, y la coincidencia a nivel de familias, superó el 60 por ciento entre todas las generaciones clonales. La selección por peso específico (alta o baja) afectó en forma similar a la materia seca. Se halló un coeficiente de correlación de 0.84 entre materia seca y peso específico.

Palabras claves adicionales: tamizado precoz, mejoramiento genético, materia seca, calidad culinaria

Aceptado para publicación: abril 2, 1994

* Ingeniero Agrónomo, Fac. Ciencias Agrarias. UNMdP

** Ingeniero Agrónomo. Ph.D. EEA INTA Balcarce. CC 276, (7620) Balcarce, Bs. As. Argentina.

SUMMARY

Selection for Specific Gravity in Early Generation of Potato Breeding

Twenty five clones and potato cultivars were intercrossed in 1984 with the object of developing a method for early generation screening for high specific gravity. Specific gravity was measured in tubers produced by plantlets transplanted to pots and in tubers from the field. Clones selected for high specific gravity were intercrossed in 1986 to generate a second cycle of selection. The variability registered among half sib families in both cycles was highly significant ($p < 0.01$). Narrow sense heritability for the first and second cycles were 0.51 and above 0.9, respectively. Broad sense heritability estimated through non related families was of 0.68, with very low additive variance.

Selection efficiency, estimated by the coincidence between clones selected in pots and in the field, and the coincidence at the family level was above sixty percent among all clonal generations. The selection for specific gravity (high or low) caused a similar effect on the dry matter content. A 0.84 correlation coefficient between specific gravity and dry matter was obtained.

Additional index words: early screening, breeding, dry matter, cooking quality.

El contenido de materia seca (MS) es uno de los atributos que definen la calidad culinaria de la papa. Papas con mayor MS producen alto rendimiento del producto procesado y una mejor calidad del mismo. El peso específico (PE) ha sido utilizado en forma generalizada como un estimador de la MS.

En general los mejoradores tienden a seleccionar por calidad en generaciones avanzadas cuando la variabilidad de la población se redujo y ya se han descartado genotipos por otras características. Varios autores han discutido acerca de la efectividad de la selección temprana y han encontrado bajos coeficientes de correlación para varias características como rendimiento, número de tubérculos, vigor de planta, contenido de almidón, contenido de proteínas entre la primera y la segunda generación clonal (1, 7).

Uno de los parámetros que influye en la eficiencia de selección es la heredabilidad. La magnitud de la heredabilidad no sólo depende de la variación genética de la población sino de la variación no heredable. Si esta última se reduce, aumentaría la heredabilidad y por ende la eficiencia de selección (12).

Muchos autores han estudiado la heredabilidad del PE. Ruttencutter *et al* (8) obtuvieron nueve estimaciones de la heredabilidad en sentido estricto, las cuales variaron de 0.276 a 0.739 utilizando tres métodos para estimarla.

Sanford (9) concluyó que los efectos genéticos aditivos son importantes en determinar la respuesta a la selección por PE.

También resulta de interés el desarrollo de técnicas más eficientes de selección que permitan un avance genético significativo sin mayores inconvenientes prácticos. Por ello se deben evaluar los parámetros genéticos relacionados con caracteres indirectos, en este caso el PE, y sus interacciones con el carácter objetivo, la MS.

El objetivo de este trabajo es estudiar la variabilidad del PE en dos ciclos de selección y la eficiencia de selección para dicho carácter y la MS.

MATERIALES Y METODOS

En 1984 se entrecruzaron 25 clones y cultivares de papa con segregación para PE originando un primer ciclo de selección recurrente simple. Los clones serie 1984 seleccionados por alto PE se entrecruzaron en 1986 para formar el segundo ciclo de selección. En los dos ciclos de selección se midió el PE en tubérculos producidos en macetas a partir de plántulas originadas de semilla botánica. Con los datos obtenidos se estimó la heredabilidad del PE a partir del análisis de varianza de familias de medios hermanos.

Los componentes de varianza fueron estimados de la siguiente forma (3):

$$CM \text{ entre familias} = \sigma_F^2 + K\sigma_w^2$$

$$CM \text{ dentro de familias} = \sigma_w^2$$

$$\sigma_F^2 \text{ varianza de familias}$$

$$K\sigma_w^2 \text{ varianza dentro de familias}$$

Los coeficientes genéticos de la covarianza de medios hermanos dependen del grado de ploidía (6).

Para un tetraploide se estiman los siguientes componentes de la varianza de familias:

$$\sigma^2_F = 1/4\sigma^2_A + 1/36\sigma^2_D + 1/16\sigma^2_{AA} + 1/144\sigma^2_{AD} + 1/1246\sigma^2_{DD}$$

σ^2_A : varianza aditiva

σ^2_D : varianza debida a dominancia

σ^2_{AA} , σ^2_{AD} , σ^2_{DD} : varianza debida a epistasis

Para el cálculo de la heredabilidad en sentido estricto las proporciones debidas a dominancia y epistasis no se tuvieron en cuenta, por lo tanto:

$$h^2 = \sigma^2_A / \sigma^2_P \quad \sigma^2_P: \text{varianza fenotípica}$$

$$\sigma^2_P = \sigma^2_F + \sigma^2_w \text{ y si } \sigma^2_F = 1/4 \sigma^2_A$$

$$h^2 = 4\sigma^2_F / (\sigma^2_w + \sigma^2_F)$$

En 1990 se transplantaron plántulas provenientes de semilla botánica en un ensayo en macetas agrupadas con diez familias no emparentadas y el testigo Huinkul, en un diseño en bloques completos aleatorizados, con cuatro repeticiones. El testigo se utilizó para la estimación independiente de la varianza ambiental. La varianza entre familias estimó la varianza genética total y la varianza de clones dentro de familias estimó la covarianza de hermanos enteros; de esta forma se pudieron obtener estimaciones de heredabilidad en sentido amplio y estricto para el PE.

Ciento ochenta y dos clones seleccionados por alto y bajo PE (5% de los clones de cada familia con el más alto PE y 5% de los clones de cada familia con el más bajo PE) en la primera generación clonal (1 planta por clon) fueron evaluados por dicho atributo en la segunda y tercera generación clonal (5 plantas por clon en ambos casos) para comparar el ordenamiento de las medias de PE de familias en las tres generaciones clonales. Para tal fin se utilizó la prueba del signo jerarquizado. Se determinó la coincidencia entre generaciones clonales para clones seleccionados por alto PE.

Treinta clones seleccionados el primer año por alto y bajo PE fueron evaluados por PE y MS. Mediante un análisis de correlación se estimó la relación entre PE y MS para ese grupo de clones. Se realizó una comparación entre los valores de PE de los clones en las tres generaciones clonales. Se estimó la eficiencia de selección como la coincidencia en selección en la primera generación clonal por alto o bajo PE con alta o baja MS en la tercera generación clonal. Se consideró alta MS a valores mayores de 20,5%, intermedia a valores entre 19% y 20,4% y baja a valores menores de 19%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1, se presenta el análisis de varianza para el PE de 27 familias de medios hermanos del primer ciclo de selección (Serie 1984). La varianza de familia (σ_F^2) calculada fue de 0.0000863 y la heredabilidad (h^2) de 0.51.

Tabla 1. Análisis de varianza para el peso específico de 27 familias de medios hermanos del primer ciclo de selección (Serie 1984).

FV	GL	SC	CM	F
e/flia	26	0.0574	0.00221	3.75**
d/flia	485	0.2852	0.00059	
Total	51	0.343		

En la Tabla 2, se presenta el análisis de varianza para el PE de 24 familias de medios hermanos del segundo ciclo de selección (Serie 1986). La varianza de familia fue de 0.0000846 y la heredabilidad mayor a 0.9.

Los valores de h^2 estimados indican que mediante selección se puede esperar un progreso consistente para mejorar el PE. En la Tabla 3, se presenta el análisis de varianza para el PE de once familias no emparentadas. La varianza entre familias fue de 0.0002112 y la varianza dentro de familia fue de 0.000002995. La heredabilidad en sentido amplio fue de 0.68 y en sentido estricto de 0.019, por lo que pareciera que los componentes aditivos son casi inexistentes en este segundo grupo de familias. La h^2 en sentido amplio aumenta si se considera a la varianza del testigo como estimador de la varianza ambiental ($h^2= 0.9$) pero no tiene mayor influencia sobre la heredabilidad en sentido estricto ($h^2= 0.03$).

De la información obtenida se desprende que si bien la estructura familiar de las poblaciones a seleccionar afectó en buen grado a las proporciones de los componentes de la varianza genética, las heredabilidades estimadas en sentido amplio estimadas fueron siempre altas. Por un lado, este resultado podría explicar las diferencias presentes en la literatura (4, 5, 8, 11) y por otro lado, es consistente con la obtención de avances en la selección por PE en papa. En este cultivo se pueden aprovechar las ventajas que le confiere su tipo de reproducción (sexual y asexual) para hacer uso de la aptitudes combinatorias general y específica, según el caso.

Tabla 2. Análisis de varianza para el peso específico de 24 familias de medios hermanos del segundo ciclo de selección (Serie 1986).

FV	GL	SC	CM	F
e/flia	23	0.1740	0.007563	32.44**
d/flia	2072	0.4823	0.000233	
Total	2095	0.6571		

Tabla 3. Análisis de varianza para el peso específico de 11 familias no emparentadas.

FV	CL	SC	CM	F
Rep	3	0.0004648	0.0001549	1.59
e/flia	10	0.0098597	0.0009859	10.11**
d/flia	189	0.0266512	0.0001410	1.45**
error	442	0.0430891	0.0000975	
Total	644	0.0800647		

La Tabla 4 muestra los valores medios de PE de 21 familias en tres generaciones clonales. Según la prueba del signo jerarquizado ($T_c = 62$ $T_t = 58$) no existen diferencias significativas en el ordenamiento de las medias de PE de familias entre la primera, la segunda y la tercera generación clonal. Además se encontró una coincidencia del 60.7 por ciento ($A = 54/89$) entre las primeras dos generaciones clonales, de 61.1 por ciento ($B = 58/95$) entre la segunda y la tercera generación clonal y de 61.8 por ciento ($C = 55/89$) entre la primera y la tercera generación clonal. El valor de coincidencia para la selección en la primera generación clonal con respecto a las siguientes generaciones refleja niveles aceptables de repetitividad del carácter y de eficiencia de selección para esa etapa temprana del proceso de mejoramiento.

En la Tabla 5, se presentan los valores de PE en tres generaciones clonales, atributos de selección, materia seca en la tercera generación y la eficiencia de selección de treinta clones seleccionados por alto o bajo PE. Se observa que doce clones seleccionados por alto PE en la primera generación clonal dieron alto contenido de MS en la tercera generación clonal (aciertos) y un clon seleccionado por alto PE dio baja MS (error). Además siete clones con bajo PE en la primera generación clonal se correspondieron con alta MS en la tercera generación clonal (errores) y tres clones con bajo PE dieron baja MS (aciertos). Siete clones se encontraron en una situación intermedia no atribuible a coincidencia o a falta de ella entre el PE y la MS. De estos datos se desprende que un 50 por ciento de los clones seleccionados por alto y bajo PE en la primera generación clonal mantuvieron el atributo de selección para

el carácter de interés, la MS, luego de tres generaciones clónales. Si se atribuye una distribución al azar de los clones en situación intermedia (50 por ciento con coincidencia y 50 por ciento con falta de ella), la eficiencia de la selección sería del 60 por ciento (coincidencia general). La eficiencia aumenta considerablemente (del 60% al 85%) si sólo se considera la selección por alto PE. El método de selección indirecta para alta o baja MS utilizando al PE en la primera generación clonal demuestra ser tan efectivo como la selección para PE.

Tabla 4. Promedio de peso específico de familias serie 1986 y coincidencia entre clones seleccionados en tres generaciones clónales.

Familia	Generación clonal			Coincidencia		
	1 ^{ra}	2 ^{da}	3 ^{ra}	A	B	C
86.620	1.0649	1.0719	1.0787	2/4	3/4	2.5/4
86.621	1.0592	1.0626	1.0734	1/2	2/2	1/2
86.622	1.0500	1.0625	1.0700	5/6	4/7	4/6
86.624	1.0695	1.0664	1.0823	4/5	4/6	3.5/5
86.625	1.0624	1.0574	1.0764	5.5/8	5/8	5/8
86.626	1.0600	1.0601	1.0717	3/8	5/8	4.5/8
86.627	1.0670	1.0534	1.0686	2/3	2/4	2/3
86.628	1.0828	1.0500	1.0747	2/3	2.5/4	1.5/3
86.629	1.0611	1.0627	1.0746	2/6	5/6	2/6
86.630	1.0675	1.0588	1.0746	2/3	1/3	0/3
86.631	1.0767	1.0570	1.0718	2/3	1/3	1/3
86.632	1.0557	1.0630	1.0727	2.5/5	2.5/5	2.5/5
86.633	1.0680	1.0626	1.0778	3/4	2/5	3/4
86.634	1.0667	1.0611	1.0724	2/4	2/5	4/4
86.635	1.0680	1.0700	1.0760	3/4	1/4	2/4
86.636	1.0676	1.0590	1.0782	3/4	4/4	3/4
86.638	1.0717	1.0750	1.0751	1/2	2/2	1/2
86.639	1.0645	1.0628	1.0772	2/3	1.5/3	2.5/3
86.640	1.0700	1.0525	1.0665	2/4	3/4	3/4
86.641	1.0807	1.0725	1.0834	4/5	4.5/5	5/5
86.642	1.0650	1.0628	1.0768	1/3	2/3	2/3
TOTAL				54/89	58/95	55/89

- A: Número de clones que mantuvieron su condición de selección (alto RE.) en la 2^{da} generación clonal/ N° de clones seleccionados por alto P.E. en la 1^{ra} generación clonal.
- B: Número de clones que mantuvieron su condición de selección (alto P.E.) en la 3^{ra} generación clonal/ N° de clones seleccionados por alto P.E. en la 2^{da} generación clonal.
- C: Número de clones que mantuvieron su condición de selección (alto P.E.) en la 3^{ra} generación clonal/ N° de clones seleccionados por alto P.E. en la 1^{ra} generación clonal.

Tabla 5. Peso específico en tres generaciones clonales, atributos de selección, materia seca en la tercera generación clonal y eficiencia de selección para treinta clones seleccionados por alto o bajo PE.

CLON	PESO ESPECIFICO			AT	MAT.	EFICIENCIA
	1ºGEN.CL	2ºGEN.CL	3ºGEN.CL	SEL	SECA 3º GEN.CL.	DE SELECCIÓN
1	1.094	1.075	1.086	A	24.59	+
2	1.024	1.072	1.089	B	22.61	-
3	1.032	1.954	1.082	B	21.49	-
4	1.072	1.066	1.072	A	20.54	+
5	1.051	1.083	1.084	A	22.14	+
6	1.011	1.045	1.087	B	23.13	-
7	1.041	1.053	1.072	B	20.12	X
8	1.036	1.052	1.078	B	20.85	-
9	1.035	1.056	1.058	B	19.06	X
10	1.022	1.071	1.065	B	18.22	+
11	1.042	1.054	1.069	B	19.24	X
12	1.092	1.053	1.077	A	20.05	X
13	1.111	1.062	1.072	A	22.32	+
14	1.047	1.051	1.071	B	20.35	X
15	1.041	1.051	1.078	B	20.59	-
16	1.052	1.058	1.076	A	22.92	+
17	1.035	1.058	1.065	B	17.94	+
18	1.041	1.068	1.078	B	22.19	-
19	1.096	1.089	1.087	A	23.65	+
20	1.094	1.061	1.079	A	21.61	+
21	1.016	1.094	1.073	B	18.41	+
22	1.091	1.065	1.088	A	24.11	+
23	1.047	1.053	1.069	B	20.09	X
24	1.045	1.082	1.082	B	21.43	-
25	1.085	1.061	1.088	A	21.82	+
26	1.101	1.074	1.082	A	22.51	+
27	1.041	1.053	1.072	B	19.91	X
28	1.111	1.069	1.081	A	22.08	+
29	1.092	1.052	1.085	A	23.59	+
30	1.093	1.076	1.067	A	18.74	-

A: Seleccionado por alto PE en la 1ra generación clonal

B: Seleccionado por bajo PE en la 1ra generación clonal

+: Acierto en seleccionar en la 1ª generación clonal por PE y coincidencia con el % de MS en la 3ª generación clonal

-: Error en seleccionar en la 1ª generación clonal por PE y falta de coincidencia con el % de MS en la 3ª generación clonal

X: Situaciones intermedias

Por medio de un análisis de correlación se halló un $r= 0.84$ entre PE y MS en la tercera generación clonal, similar a los hallados en la bibliografía (2,10). La correlación entre el PE de la primera generación clonal y la MS de la tercera generación clonal fue intermedia ($r= 0.46$), confirmando los valores de coincidencia general mencionados anteriormente. El método de tamizado por peso específico en macetas en la primera generación clonal demuestra ser una herramienta eficiente para la selección por alto PE.

Con los resultados obtenidos se puede inferir que existe variabilidad genética para el PE en las poblaciones bajo estudio, la que sigue siendo significativa después de dos ciclos de selección con un método práctico de tamizado precoz.

El PE en generaciones tempranas puede ser utilizado como estimador de la MS de generaciones clónales avanzadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Brown, J.; Caligari, P.D.S.; Mackay, G.R.; Swan, G.E.L. 1987. The efficiency of visual selection in early generations of a potato breeding programme. An. Appl. Biol. 110:357-363
2. Cole, C.S. 1975. Variation in dry matter between and within potato tubers. Potato Research 18: 28-37
3. Kempthorne, O. 1957. An introduction to genetic statistics. John Wiley & Sons, Inc., New York
4. Killick, R.J. 1977. Genetic analysis of several traits in potatoes by means of a diallel cross. Ann. Appl. Biol. 86:279-289
5. Landeo, J.A.; Hanneman, Jr R.E. 1982. Genetic variation in *Solanum tuberosum* group *andigena* haploid. Theor. Appl. Genet. 62:311-315
6. Levings III, C.S.; Dudley, J.W. 1963. Evaluation of certain mating designs for estimation of genetic variance in autotetraploid alfalfa. Crop Science 3:532-535
7. Neele, A.E.F.; Barten, J.H.M.; Louwes, K.M. 1988. Effects of plot size and selection intensity on efficiency of selection in the first clonal generation of potato. Euphytica S: 27-35.

8. Ruttencutter, G.; Haynes, EL.; Moll, R. H. 1979. Estimation of narrow-sense heritability for specific gravity in diploid potatoes (*Solanum tuberosum* subsp *phureja* and *stenotomun*). Am Potato J 56: 447-454
9. Sanford, L.L. 1979. Effect of random mating on yield and specific gravity in two *Solanum tuberosum* subsp *tuberosum* populations. Am. Potato J. 56:597-607.
10. Shippers, P.A. 1976. The relationship between specific gravity and percentage dry matter in potato tubers. Am. Potato J. 53:111-122.
11. Yildirim, M.B.; Caliskan, C.F. 1985. Genotype x environment interactions in potato (*Solanum tuberosum*). Am. Potato J. 62:371-375.
12. Tai, G.C.C.; Young, D. A. 1984. Early generation selection for important agronomic characteristics in a potato breeding population. Am. Potato J. 61:419-433.