

COMPARACIÓN DE PROGENIES DE PAPA PARA PRODUCCIÓN DE TUBÉRULO SEMILLA Y RENDIMIENTO COMERCIAL

COMPARISON OF POTATO PROGENIES FOR PRODUCTION OF SEEDLING TUBERS AND COMMERCIAL YIELD

Jorge I. Sarquís-Ramírez* y Norma A. Coria-Gil¹

¹ Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana. Km 1.5 Carr. Peñuela-Amatán de Los Reyes, C.P. 94500, Peñuela, Veracruz, México. Tel: 01 (271) 716-6383. Fax: 01 (271) 716-7840. Correo electrónico: jsarquis@uv.mx

* Autor para correspondencia

RESUMEN

Se establecieron dos experimentos en El Lindero, municipio de La Perla, Veracruz. El primero se llevó a cabo en invernadero para evaluar la producción de minitubérculos de siete progenies de papa. El segundo consistió en la evaluación del rendimiento de tubérculo en campo del tubérculo-semilla producido en invernadero en el ciclo anterior. En ambos experimentos, la mayoría de las progenies se comportaron favorablemente con respecto a las dos variedades testigo incluidas. Los análisis de varianza revelaron efectos genotípicos significativos para el rendimiento en invernadero y campo. En invernadero los mejores genotipos fueron TPS7xTPS67, MFIIxTPS67 y MFIxTPS13, con 520, 306 y 290 tubérculos/m², respectivamente y superaron al mejor testigo en 100, 30 y 23 %, respectivamente. En campo, aunque no hubo diferencias estadísticas entre las mejores progenies y las variedades testigo, sí se observó un comportamiento muy competitivo entre las progenies. En este caso, sobresalió H-2018, con rendimiento mayor a 23 t ha⁻¹; pero la variación entre progenies fue amplia y la que menos produjo fue LT8xTPS13, con menos de 10 t ha⁻¹. Los resultados muestran el potencial de la semilla botánica de papa para la producción de tubérculo-semilla de alta calidad que resulta ser una buena alternativa a la costosa semilla certificada; sin embargo, es indispensable la evaluación *in situ* de las progenies de semilla botánica para poder adoptar los mejores materiales en cada localidad.

Palabras clave: *Solanum tuberosum* L., semilla botánica, papa, progenie, rendimiento, tubérculo.

SUMMARY

Two experiments were established in El Lindero, La Perla county, Veracruz. The first experiment was conducted in a greenhouse to evaluate seedling tuber production by seven potato progenies. In the second experiment, the seedling tubers harvested in the greenhouse were evaluated under field conditions. In both experiments, most progenies compared quite favorably with check clones. The analyses of variance showed significant genotypic effects for the yield parameters considered. In the greenhouse, the best progenies were TPS7xTPS67, MFIIxTPS67 and MFIxTPS13, with 520, 306 and 290 tubers/m², respectively; thus overyielding the best check by 100, 30 and 23 %, respectively. In the field, although progenies were sta-

tistically similar to the checks, again the progenies compared quite favorably to the checks. The best ranking progeny was H-2018, which yielded over 23 t ha⁻¹; but there was wide variation among progenies, with LT8xTPS13 as the least yielding with less than 10 t ha⁻¹. These results show the potential of true potato seed for the production of high quality tuber seed, which in turn seems an adequate alternative to costly conventional certified tuber seed. However, it is important to conduct *in situ* evaluation of true seed progenies in order to select the best materials for each location.

Index words: *Solanum tuberosum* L., true seed, potato, progeny, yield, tuber.

INTRODUCCIÓN

Los países en desarrollo experimentan actualmente las tasas más altas de crecimiento en producción y consumo de papa (*Solanum tuberosum* L.) (Ezeta, 2002). En México, los acuerdos comerciales internacionales han favorecido la proliferación de cadenas de comida rápida que usan papa en forma intensiva en sus menús y el incremento en la importación de papa prefrita y congelada, lo que a su vez ha promovido el incremento del consumo anual *per capita* de 15 a 22 kg en la última década; este incremento ha sido posible debido a que la producción nacional anual se elevó de 600 000 a 1.3 millones de toneladas entre 1989 y 1999, aunque la superficie anual sembrada disminuyó de 100 000 a 54 000 ha en el mismo periodo (SIIAP, 2002).

El uso de semilla certificada, así como un manejo agronómico más eficiente del cultivo, sobre todo en el Norte y Noroeste del país, ha permitido que el rendimiento promedio nacional haya alcanzado 20 t ha⁻¹ al término de la década considerada (CONPAPA, 1999). Sin embargo, los costos de producción continúan incrementando y exceden ya de \$ 35 000.00 ha⁻¹ en zonas de temporal y de \$ 50 000.00 ha⁻¹ en zonas de riego (SIIAP, 2002), lo que ha

obligado a muchos agricultores de escasos y medianos recursos, sobre todo en las zonas de temporal en el Centro y Este del país, a abandonar el cultivo.

En Veracruz anualmente se siembran aproximadamente 5500 ha con papa en 16 municipios, entre los cuales principalmente están: Perote, Ayahualulco, Las Vigas, La Perla, Mariano Escobedo, Alpatlahuac, Coscomatepec y Calcahualco; en conjunto, en estos municipios se siembran casi 3000 ha al año, la gran mayoría con semilla de dudosa calidad, dada la carencia de semilla certificada que afecta al sector papero nacional en general y a los productores de zonas productoras de temporal en particular (Colin, 1995). De ahí el interés en la nueva tecnología de semilla sexual o botánica de papa (Accatino *et al.*, 1994). Durante la última década, esta nueva tecnología ha ganado aceptación entre los agricultores de los países en desarrollo por razones técnicas y por méritos socioeconómicos (Kadian *et al.*, 1995), principalmente la posibilidad de usar la semilla botánica para la producción de tubérculo-semilla de alta calidad sanitaria, a una fracción del costo que representa la utilización convencional de material obtenido mediante cultivo de tejidos *in vitro* (Santos y Kalazich, 1999).

Los objetivos del presente trabajo fueron: 1) Comparar el rendimiento de tubérculo-semilla de siete progenies de papa bajo un esquema de manejo intensivo en invernadero; 2) Comparar el rendimiento comercial de tubérculo en campo del tubérculo-semilla obtenido a partir de siete progenies semilla botánica de papa; y 3) Determinar del contenido de glicoalcaloides en los tubérculos comerciales de las mismas progenies.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se efectuó durante 2002 y 2003; consistió en dos experimentos, ambos realizados en la localidad de El Lindero, en el municipio de La Perla, en la región montañosa del centro de Veracruz, localizada geográficamente a 18° 56' LN y 97° 08' LW, a una altitud de 1620 m, con temperatura media anual de 16 °C y precipitación media anual de 2500 mm (Cuanalo *et al.*, 1989).

El material genético utilizado consistió de siete progenies de semilla botánica de papa: MFIxTPS13, MFIIxTPS67, SerranaxTPS67, LT8xTPS13, TPS25xTPS67, TPS7xTPS67 y H-2018. Las primeras seis progenies provienen del programa de semilla botánica de papa del Centro Internacional de la Papa (CIP) y la última, del Programa Nacional de Papa del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) de Chile. Todas las progenies son cruces simples entre *S. tuberosum* (2n = 4x) como hembra y *S. andigena* (2n = 4x) como macho. Las líneas parentales hembra, TPS7, TPS25, MFI y MFII, son

líneas desarrolladas por el Instituto Central de la Papa (ICP) en la India; la variedad Serrana es de origen argentino y se caracteriza por ser androestéril; LT-8 es una línea desarrollada por el CIP, seleccionada por adaptación a subtropical húmedo. Todas las líneas hembra fueron seleccionadas por aptitud combinatoria sobresaliente, tanto para características agronómicas como para amarre de fruto y semillas, al igual que para calidad de fruto y de semilla (Upadhy, 2002; Com. personal)¹. Las líneas macho, TPS13 y TPS67, fueron obtenidas a partir de material puro del grupo andigena en el CIP; ambas son sobresalientes por su aptitud combinatoria para características agronómicas y por su elevada resistencia a *Phytophthora infestans* (Upadhy, *op. cit.*). Como testigos se usaron las variedades Alpha y Norteña, cuyo tubérculo-semilla (40 ± 5 mm) fue obtenido en el Rancho Santa Martha en Cuapiaxtla, Tlaxcala.

Producción de tubérculo semilla a partir de semilla botánica

En el primer experimento, realizado de agosto a noviembre de 2002, los nueve genotipos se sembraron bajo un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones, en parcelas experimentales de 1 m² establecidas dentro de un invernadero de estructura tubular, cubierto con plástico UV 640 en el techo y malla antiáfido por los cuatro costados. Las parcelas experimentales se establecieron en dos camas de 1.2 x 30 m cada una. En cada cama el sustrato consistió del suelo franco arenoso propio del lugar mezclado con "sámago", composta de hojarasca del bosque, triturada y tamizada para lograr material de una textura granular fina y uniforme. Previo a la siembra, el sustrato de las camas fue desinfectado con agua hirviendo y las parcelas fueron marcadas con una cuadrícula metálica de 1 m² con puntas cada 10 cm, con las cuales quedaron estampados los puntos de siembra sobre la superficie del sámago húmedo.

Se sembró el 7 de agosto de 2002, a una densidad de 100 plantas/m², al colocar una o dos semillas por cavidad, que fueron cubiertas con una capa de 0.3 a 0.5 cm de sámago. Se irrigó cada 6 d con el fin de mantener condiciones óptimas de humedad en el sustrato durante todo el ciclo del cultivo. El deshierbe se realizó continua y manualmente durante los primeros 40 d después de la siembra (DDS). Para la fertilización, durante los primeros 40 d se empleó semanalmente la fórmula comercial Polyfeed[®] (15N-45P-11K) a razón de 5 g L⁻¹ que se aplicó mediante riego. A los 40 y 55 DDS se asperjó una mezcla de los

¹ Dr. Mahesh Upadhy, fitomejorador de papa retirado. Jefe del Programa de Fisiología y Mejoramiento de Semilla Botánica de Papa del CIP hasta 2002.

reguladores del crecimiento Biozyme® y Raizal® (2.5 mL L⁻¹ y 10 g L⁻¹, respectivamente) al follaje. A los 65 DDS, cuando los estolones ya estaban bien desarrollados, se agregó sámago a las camas para cubrir el tercio basal de los tallos, con el fin de proporcionar una cobertura adecuada a los tubérculos y evitar su enverdecimiento. Durante el crecimiento de los tubérculos (a partir de los 67 y hasta los 93 DDS) se aplicó fertilizante foliar Foltron Plus® (5 g L⁻¹) dos veces por semana. El follaje se cortó a los 95 DDS y la cosecha se realizó manualmente a los 110 DDS, el 25 de noviembre de 2002. Durante la cosecha se registró el número y peso de tubérculos, así como la distribución de tamaños de tubérculo de cada progenie por metro cuadrado. Los tubérculos cosechados se almacenaron cubiertos con una lona opaca durante el invierno.

Producción de papa a partir del tubérculo semilla proveniente de semilla botánica

El segundo experimento, realizado de marzo a julio de 2003, consistió en la siembra en campo del tubérculo semilla obtenido en el invernadero durante el ciclo anterior. El experimento se sembró bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con nueve tratamientos y tres repeticiones; los bloques se orientaron transversalmente al gradiente de pendiente del terreno y se dejó 1.0 m de separación entre uno y otro; las parcelas experimentales consistieron de cinco surcos de 5.0 m de largo y a 1.0 m de distancia entre ellos. La distancia entre plantas fue de 25 cm, para lograr una densidad de siembra de 40,000 plantas ha⁻¹. La parcela útil consistió de los tres surcos centrales de cada parcela experimental.

El suelo del lote experimental es de textura franco arenosa, profundo, con 3 % de materia orgánica, pH 5.8, bien aireado y una pendiente de 5 %. La preparación del terreno consistió de un barbecho, seguido de un paso de rastra y otro de nivelación, todo mediante tracción animal. La siembra se realizó el 28 de marzo de 2003, cuando los tubérculos tenían brotes vigorosos de 10 a 15 mm de longitud. La profundidad de siembra fue de 15 a 20 cm. Previo a la siembra, la semilla fue tratada por inmersión durante 20 min en una mezcla de los fungicidas Bavistin® (Carbendazim) 1 L, Captam® 1 kg, y Tecto® (Tiabendazol) 1 L, en 200 L de agua. Para el control de malezas se aplicó el herbicida Sencor® (Metribuzin, 1.5 kg ha⁻¹). El control de plagas y enfermedades se logró mediante la aplicación preventiva, al menos una por semana, desde la emergencia hasta los 90 DDS, de una mezcla de los insecticidas Taltar® (Bifentrina), Ambush® (Permetrina), o Diazinon®, y los fungicidas Ridomil Bravo® (Metalaxil M y Clorotalonil), Tecto® o Mancozeb®, en las dosis recomendadas por el fabricante. Se fertilizó con la fórmula 100N-150P-160K, al aplicar al momento de la siembra 100 % de P, 50 % de

N y 50 % de K; la segunda aplicación se realizó con el resto del fertilizante, a los 40 DDS. A los 30 y 40 DDS se asperjó el follaje con el bioestimulante Biozyme (1.5 g L⁻¹). El follaje se cortó a los 110 DDS y la cosecha se hizo a los 120 DDS, el 26 de julio de 2003. Se cosecharon todas las plantas de los tres surcos centrales de cada parcela (60 plantas) y el rendimiento de tubérculos se convirtió a t ha⁻¹. El contenido de solanidina, α -solanina, y α -chaconina se determinó en tubérculos con la metodología descrita por Sarquís *et al.* (2000); para ello, de cada familia y de cada clon se tomó un tubérculo al azar de cada surco central; los tres tubérculos se maceraron juntos y de la mezcla resultante se pesaron 10 g para obtener una muestra compuesta. La determinación se realizó en muestras triplicadas.

Análisis de datos

Los resultados de ambos experimentos fueron sometidos a análisis de varianza con el programa computarizado STATISTICA. En su caso, la comparación de medias se llevó a cabo mediante la prueba de diferencia mínima significativa (DMS). En el segundo experimento, la calificación de los parámetros de uniformidad del tubérculo se realizó con la escala del CIP (Malagamba y Pallais, 1996) de 1 a 9, en la cual 1 corresponde a la menor uniformidad y 9 la mayor; estos datos no fueron analizados estadísticamente y se incluyen como descriptores complementarios de la comparación entre genotipos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción de tubérculo semilla a partir de semilla botánica

El análisis de varianza (Cuadro 1) detectó diferencias genotípicas significativas para el número de tubérculos/m² ($P \leq 0.01$) y para peso de tubérculo/m² ($P \leq 0.05$). El número de tubérculos por planta, en generaciones tempranas de selección, depende de las condiciones inductoras de la tuberización que experimenta el follaje -que es donde se forma el estímulo de la tuberización- durante su desarrollo, principalmente: longitud del fotoperiodo, temperatura del aire y calidad espectral de la luz, además del tamaño y la calidad del tubérculo- semilla característica de cada variedad (Menzel, 1985; Snyder y Ewing, 1989; Ewing, 1990).

Como lo sugiere el valor relativamente bajo del coeficiente de variación (CV) para este caso, el follaje no parece haber experimentado un marcado gradiente en cuanto a los estímulos por condiciones de temperatura del aire, fotoperiodo o calidad espectral de la luz dentro del invernadero, de modo que las diferencias genotípicas se hicieron claras. En contraste, el crecimiento de los tubérculos

depende, además de los factores ya mencionados, de una diversidad de factores del suelo (Redulla *et al.*, 2002). En cuanto al valor del CV, dado que el ciclo de siembra a cosecha fue el mismo para todos los materiales evaluados, evidentemente la variación se debió a la segregación entre y dentro de familias, así como con respecto a las variedades comerciales; sin embargo, las diferencias fueron detectadas y podrían ser interpretadas con relación a la longitud del ciclo hasta la maduración de los tubérculos (Dwelle *et al.*, 1981; Fennell y De Jong, 1996).

Con todo, la pretensión de este estudio es validar el empleo de la semilla botánica para producción de tubérculo semilla. En este sentido, el aspecto más relevante es, sin duda, la producción del mayor número posible de tubérculos por unidad de superficie y es relativamente secundario el peso de los mismos; aunque se debe tomar en cuenta que la evidencia presentada en diversos estudios indica un marcado efecto genotípico del tamaño del tubérculo semilla sobre el vigor de la planta resultante (Rykbost y Locke, 1999), particularmente durante las etapas iniciales del desarrollo.

Cuadro 1. Cuadrados medios del análisis de varianza para dos variables de rendimiento en nueve genotipos de papa cultivados en invernadero para producción de tubérculo semilla.

FV	GL	Variable	
		No. De tubérculos/m ²	Peso de tubérculos (kg m ⁻²)
Genotipo	8	33746**†	0.54*
Error	18	428	0.21
C V (%)		8	25.4

†*, **, Significativo y altamente significativo a los niveles de probabilidad de 0.05 y 0.01, respectivamente. C V = Coeficiente de variación.

Las progenies variaron ampliamente en productividad, donde destacan TPS7xTPS67 con 520 tubérculos/m² y más de 2.7 kg m⁻², en promedio (Cuadro 2); la menos productiva fue LT8xTPS13, con 175 tubérculos/m² y 1.2 kg m⁻², en promedio. Con respecto al número de tubérculos/m², excepto para TPS25xTPS67, las progenies evaluadas tendieron a superar a la variedad testigo Alpha en proporciones variables entre 3.5 y 300 %, aunque la diferencia no fue significativa entre esta variedad y los híbridos LT8xTPS13 o H-2018. Adicionalmente, al menos cuatro progenies superaron a la variedad testigo Norteña, tres de ellos en forma significativa; con rendimientos desde 6 hasta 220 % mayores.

En cuanto a la media para peso de tubérculos/m², solamente TPS7xTPS67 se distinguió con respecto al resto de los materiales evaluados, entre los cuales no hubo diferencia significativa. En general, estos datos son similares a los obtenidos en otros experimentos, en los que se ha observado mayor número de tubérculos producidos a partir de semilla botánica, en comparación con variedades comerciales (Dam y Ho, 1995; Kadian *et al.*, 1995). Como ha sido re-

portado por Sarquís y López-Jacinto (1999) y por Roy *et al.* (1995), el patrón de distribución de tamaños de tubérculo obtenido en progenies de semilla botánica en el presente estudio, mostró mayor abundancia de tamaños pequeños a medianos, y sólo una pequeña proporción de tubérculos de 40 mm o más (Cuadro 2), en comparación con las variedades Norteña y Alpha, las cuales se caracterizaron por producir 24 y 33 % de tubérculos mayores a 40 mm, respectivamente; mientras que la progenie híbrida que produjo más tubérculos de esa categoría, SerranaxTPS67, apenas alcanzó 19 %. En contraste, Alpha y Norteña produjeron consistentemente proporciones mínimas de tubérculos de tamaño pequeño, en tanto cinco de las siete progenies evaluadas produjeron tubérculo de esa categoría entre 15 y 18 %.

La productividad de las progenies evaluadas en este estudio, contrastan con los resultados obtenidos en otras evaluaciones de los mismos genotipos en condiciones semejantes de manejo intensivo (Roy *et al.*, 1995; Sarquís y López-Jacinto, 1999; Singh *et al.*, 1995). Este comportamiento contrastante de las progenies de semilla botánica sugiere interacciones genotipo ambiente que probablemente limitan su adaptabilidad, lo cual destaca la importancia de evaluar *in situ* cada una de ellas, para definir los mejores materiales para cada zona productora y sus condiciones específicas de producción.

Evaluación de progenies de semilla botánica en campo

Sarquís y López-Jacinto (1999) evaluaron 25 híbridos experimentales del programa de semilla botánica de papa del CIP, en condiciones de secano, en el Valle de Toluca-Tenango, en el Estado de México. Seis de esos híbridos ya se producen comercialmente en la India. El híbrido H-2018 es producido comercialmente por el INIA de Chile desde 2001 y no había sido evaluado antes fuera de ese país (Kalazich, 2002; Com. personal)².

El análisis de varianza mostró efecto genotípico significativo para rendimiento (Cuadro 3). Este resultado era de esperarse, dada la diversidad de origen genético de las líneas parentales de las progenies incluidas en el presente trabajo, como lo demostraron Dam y Ho (1995) y Singh *et al.* (1995) en sus estudios con semilla híbrida de papa en el sureste asiático. Un coeficiente de variación de 16.4 % para rendimiento no es inusual en experimentos de campo

² Dr. Julio Kalazich, Director del Programa Nacional de Papa del INIA . Estación Experimental Remehue, Osorno, Chile.

Cuadro 2. Rendimiento de tubérculo de progenies híbridas de papa (*S. tuberosum* x *S. andígena*) para producción de tubérculo semilla en invernadero.

Progenie	No. de tubérculos/m ²	km m ²	% de Tubérculos de tamaño X		
			X 40 > mm	15 < X > 40	X < 15mm
TPS7xTPS67	520 a [†]	2.77 a	13±6 [†]	71±10	16±3
MFIIxTPS67	306 b	1.88 b	10±7	72±12	18±5
MFIXTPS13	290 bc	1.87 b	11±9	74±10	15±5
SerranaxTPS67	249 cd	1.57 b	19±3	73±15	8±6
Norteña	235 d	1.74 b	24±5	73±12	3±4
TPS25xTPS67	223 de	1.53 b	12±8	73±8	15±3
H-2018	215 def	1.90 b	15±9	70±8	15±2
LT8xTPS13	175 ef	1.20 b	17±7	76±13	7±4
Alpha	169 f	1.85 b	33±10	64±10	3±1
DMS	48.6	0.78			
Media	264.6				
C V (%)	7.8	25.4			

[†] Medias con letras iguales son estadísticamente iguales (DMS, 0.01).

[‡] Los valores porcentuales de distribución de tamaños no fueron sometidos a análisis estadístico, se presentan valores medios ± desviación estándar. C V = Coeficiente de variación.

con papa en un diseño experimental de bloques completos al azar, e indica que el experimento se llevó a cabo en forma adecuada.

El rendimiento promedio de los nueve genotipos incluidos en el estudio fue de 16.7 t ha⁻¹; valor que fue superado por ambas variedades clonales y tres de las progenies de semilla botánica, las cuales se ubicaron entre 4.8 % (Alpha) y 40.1 % (H-2018) por arriba del mismo (Cuadro 4). Las dos mejores progenies TPS7xTPS67 y H-2018, rindieron igual que las variedades testigo. LT8xTPS13, mostraron rendimientos inferiores a los de las variedades clonales, y las tres últimas fueron significativamente inferiores al mejor clon (Norteña). Las mismas cuatro progenies no lograron alcanzar el nivel del rendimiento económico marginal del cultivo, que de acuerdo con las condiciones del mercado mexicano de la papa (SIIAP, 2002), es de 17 t ha⁻¹ para las zonas de producción de temporal en el oriente del país.

Las calificaciones para forma y el color de tubérculo fluctuaron entre 7.2 y 8.8, por lo que los nueve genotipos resultaron prácticamente iguales en estos aspectos; esto se explica en virtud de que, como lo mostró Clulow *et al.* (1995), la forma y el color de tubérculo son características genéticamente menos complejas que aquéllas que determinan, por ejemplo, el rendimiento.

Cuadro 3. Cuadros medios del análisis de varianza para el rendimiento (t ha⁻¹) de nueve genotipos de papa cultivados en campo a partir de tubérculo semilla proveniente de semilla botánica.

FV	GL	Rendimiento (t ha ⁻¹)
Bloques	2	133.5** [†]
Genotipo	8	55.6
Error	16	7.5
C V (%)		16.4

[†] *, **, Significativo y altamente significativo a los niveles de probabilidad de 0.05 y 0.01, respectivamente, c v Coeficiente de variación.

No es de extrañar que así como forma y color del tubérculo mostraron la mayor uniformidad en todas las progenies, la uniformidad de tamaño de tubérculo haya sido la característica que obtuviera las menores calificaciones.

A pesar de ello es claro el avance logrado en el trabajo de mejora genética de los materiales de semilla botánica de papa, pues las progenies con menor calificación en cuanto a uniformidad de tamaño, obtuvieron promedios mínimos superiores a 6.0 en una escala de 1 a 9. Cabe destacar que la variabilidad experimental afectó negativamente la significancia de las posibles diferencias entre cualquiera de los materiales incluidos en el estudio, como se observa por la magnitud de la desviación estándar. Cabe anotar que la progenie MFIIxTPS67 mostró una uniformidad de tamaño de tubérculo intermedia entre la que mostraron las variedades testigo. Los resultados brindan soporte a las conclusiones de Santini *et al.* (2000) con respecto a la gran uniformidad de forma y color de las progenies híbridas de semilla botánica de papa disponibles en la actualidad.

Cuadro 4. Rendimiento de siete progenies de semilla botánica y dos variedades clonales de papa sembradas en campo. El Lindero, Mpio. de La Perla, Veracruz.

Progenie	Rendimiento (t ha ⁻¹)	Uniformidad de tubérculo		
		Forma	Color	Tamaño
H-2018	23.4 a [†]	8.1±2.0	8.5±0.3	7.3±1.2
TPS7Xtps67	20.1 ab	8.0±1.0	8.6±0.2	7.2±1.0
Norteña	20.0 ab	8.8±0.5	8.7±0.1	7.7±0.6
MFIIxTPS67	18.5 abc	8.3±1.7	8.5±0.3	7.9±1.0
Alpha	17.5 abc	8.7±0.2	8.6±0.1	8.3±0.4
TPS25xTPS67	15.1 bcd	8.4±1.1	8.3±0.6	6.7±1.5
MFIXTPS13	13.3 cd	7.6±1.0	8.3±0.4	7.1±1.0
SerranaxTPS67	12.8 cd	7.2±1.1	8.1±0.5	6.5±1.7
LT8xTPS13	9.8 d	8.3±0.4	7.2±1.2	6.2±1.2
DMS	6.5			
Media	16.7			
C V (%)	16.4			

[†] Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (DMS, 0.01). C V = Coeficiente de variación.

El contenido de glicoalcaloides en tubérculos (datos no mostrados) fue evaluado únicamente en tubérculos cosechados en campo. No se encontró variación significativa entre genotipos ni parece que los alcaloides evaluados sean causa de preocupación, pues en ningún caso se encontró un contenido total de alcaloides superior a 0.1 mg g⁻¹, ya que la norma internacional de salud humana establece como límite un contenido de 0.2 mg g⁻¹ de tejido fresco de tubérculo (Coria *et al.*, 1998).

CONCLUSIONES

Se detectaron diferencias significativas entre genotipos para rendimiento tanto en invernadero como en campo. La uniformidad en forma y color de tubérculo de las progenies evaluadas fue semejante a la de las variedades testigo. Las progenies de semilla botánica más prometedoras para la región de estudio fueron TPS7xTPS67 y MF1IxTPS67. En rendimiento comercial destacó el híbrido chileno H-2018.

AGRADECIMIENTOS

Al INIA de Chile y al CIP su generosa donación de los materiales de semilla botánica de papa utilizados en esta investigación. Asimismo, se agradece el apoyo brindado por las autoridades del Municipio de La Perla y por la Delegación Regional SAGARPA en Orizaba, Veracruz.

BIBLIOGRAFÍA

Accatino P L, V Larenas, J Santos (1994) Tecnología para Producir Papa con Semilla Botánica. INIA-CIP, Serie La Plantina No. 57. Santiago. 25 p.

Clulow S A, J Mcnicoll, J E Bradshaw (1995) Producing commercially attractive, uniform true potato seed progenies –the influence of breeding scheme and parental genotype. *Theor. Appl. Genet.* 90:519-525.

Colin J P (1995) Diversidad regional y crisis de la producción de papa en Puebla y Veracruz. *In: Agroeconomía de la Papa en México.* A Biarnes, J Colin, M J Santiago-Cruz (eds). ORSTOM. Colegio de Posgraduados. Montecillo, México. pp:35-66.

Confederación Nacional de Productores de Papa de la República Mexicana, CONPAPA (1999) Producción de la papa en México. *En: Puras Papas.* F J Sánchez de Lima (ed). CONPAPA, México. pp:6-7.

Coria N A, J I Sarquís, I Peñalosa, M Urzua (1998) Heat-induced damage in potato (*Solanum tuberosum*) tubers: membrane stability, tissue viability and accumulation of glycoalkaloids. *J. Agric. Food Chem.* 46:4524-4528.

Cuanalo de la C H, E Ojeda-Trejo, A Santos-Ocampo, C A Ortiz-Solorio (1989) Provincias, Regiones y Subregiones Terrestres de México. Colegio de Posgraduados. Montecillo, México. 622 p.

Dam N D, T V Ho (1995) Potato production and TPS utilization in Vietnam. *In: Production and Utilization of True Potato Seed in Asia.*

M D Upadhy, B Hardy, P C Gaur, S G Llangantileke (eds). CIP-ICAR, India. pp:55-65.

Dwelle R B, G E Kleinkopf, R K Steinhorst, J J Pavek and P J Hurley (1981) The influence of physiological processes on tuber yield of potato genotypes (*Solanum tuberosum* L.): stomatal diffusive resistance, stomatal conductance, gross photosynthetic rate, leaf canopy, tissue nutrient levels, and tuber enzyme activities. *Potato Res.* 24:33-47.

Ewing E E (1990) Induction of tuberization in potato. *In: The Molecular and Cellular Biology of the Potato.* M E Vaydr, W Park (eds). Biotechnology Agriculture 3. Academic Press, NY. pp: 25-41.

Ezeta F (2002) Tendencia Mundial en Producción y Consumo de Papa. Reporte Anual 2002, CIP. Lima. pp:1-6.

Fennell J F M, R W De Jong (1996) Effect of seed production location on the performance of Russet Burbank clones in southern Australia. *Amer. Potato J.* 73:569-575.

Kadian M S, K C Thakur, M D Upadhy (1995) True potato seed utilization and transfer of technology in South and West Asia. *In: Production and Utilization of True Potato Seed in Asia.* M D Upadhy, B Hardy, P C Gaur, S G Llangantileke (eds). CIP-ICAR, India. pp:77-84.

Malagamba P, N Pallais (1996) True potato seed verification trial. *In: True Potato Seed Production Manual.* CIP, Lima. pp:20-35.

Menzel C M (1985) Tuberization in potato at high temperatures: interaction between temperature and irradiance. *Ann. Bot.* 55:35-39.

Redulla C A, J R Davenport, R G Evans, M J Hattendorf. A K Alva, R A Boydston (2002) Relating potato yield and quality to field scale variability in soil characteristics. *Amer. J. Potato Res.* 79:317-323.

Roy A K, A K Chakravorty, S K Bardhan (1995) Using true potato seed to produce seedling tubers. *In: Production and Utilization of True Potato Seed in Asia.* M D Upadhy, B Hardy, P C Gaur, S G Llangantileke (eds). CIP-ICAR, India. pp:107-110.

Rykbost K A, K A Locke (1999) Effect of seed piece size on performance of three potato varieties in the Klamath Basin of Oregon. *Amer. J. Potato Res.* 75:75-82.

Santini M, E L Camadero, O N Marcellan, L E Erazzú (2000) Agronomic characterization of diploid hybrid families derived from crosses between haploids of the common potato and wild tuber bearing species. *Amer. J. Potato Res.* 77: 211-218.

Santos J, J Kalazich (1999) Semilla botánica de papa, promesa tecnológica para el siglo XXI. Tierra Adentro. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Ministerio de Agricultura, Chile. 9:16-18.

Sarquís, J I, N A Coria, I Aguilar, A Rivera (2000). Glycoalkaloid content in *Solanum* species and hybrids from a breeding program for resistance to late blight (*Phytophthora infestans*). *Amer. J. Potato Res.* 77:1-8.

Sarquís, J I, F López-Jacinto (1999) Evaluación de progenies de semilla sexual de papa en valles centrales de México. *Rev. Asoc. Latinoamericana de la Papa* 10:12-20.

Singh A N, S Chandra, R Sinha (1995) Utilization of TPS for potato production and strategies for technology transfer in Bihar. *In: Production and Utilization of True Potato Seed in Asia.* M D Upadhy, B Hardy, P C Gaur, S G Llangantileke (eds). CIP-ICAR, India. pp:91-96.

Sistema Integral de Información Agroalimentaria y Pesquera, SIAP (2002) Panorama Mundial de la Papa: Situación de la Producción y el Consumo de Papa en México y su comercio Exterior. SIAP, SAGARPA. México. pp:1-18.

Snyder R G, E E Ewing (1989) Interactive effects of temperature, photoperiod and cultivar on tuberization of potato cuttings. *HortScience* 24:336-338.