

NOTA TÉCNICA

ANÁLISIS DE CRECIMIENTO EN SIETE VARIEDADES DE PAPA
(*Solanum tuberosum* L.)¹Fernando Borrego², José M. Fernández³, Alfonso López², Víctor M. Parga⁴, Margarita Murillo², Adrián Carvajal²

RESUMEN

Análisis de crecimiento en siete variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.). Se evaluaron siete variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) Norteña, Gigant, Mondial, Snowden, Alpha, Atlantic y Russett Burbank, bajo criterios de eficiencia y productividad del análisis de crecimiento (seis muestreos, cada 18 días en promedio), como la tasa de crecimiento del cultivo (TCC), tasa de crecimiento relativo (TCR), tasa de crecimiento relativo foliar (TCRF), relación de área foliar (RAF), índice de área foliar (IAF) y tasa de asimilación neta (TAN). Se encontraron diferencias ($p \leq 0,01$) para las variables en estudio (a excepción de la TAN), para las fuentes de variación de muestreos (seis a lo largo del ciclo) siendo mayor la TCC en el cuarto muestreo con las variedades Norteña y Russett Burbank. La TCR fue mayor en Norteña, Russett Burbank y Alpha, habiendo un incremento considerable del quinto al sexto muestreo. En la RAF, los mejores genotipos fueron Atlantic y Snowden, mostrando Russett Burbank un pronunciado declive del quinto al sexto muestreo, por la senescencia del follaje. Por lo que respecta al IAF, los mejores genotipos fueron Norteña y Gigant, estableciéndose el máximo del cuarto al sexto muestreo, sin senescencia hasta ese muestreo. En la TAN, no se encontraron diferencias entre genotipos, mostrando superioridad la Norteña, siguiendo las otras cinco un patrón de comportamiento muy semejante.

ABSTRACT

Growth analysis in seven potato varieties (*Solanum tuberosum* L.). Seven potato (*Solanum tuberosum* L.) genotypes were evaluated, Norteña, Gigant, Mondial, Snowden, Alpha, Atlantic and Russett Burbank, under growth analysis efficiency and productivity criteria (six samples, every 18 days) like crop growth rate (CGR), Relative Growth Rate (RGR), Relative Leaf Growth Rate (RLGR), Leaf Area Ratio (LAR), Leaf Area Index (LAI) and Net Assimilation Rate (NAR). Differences were found ($p \leq 0.01$) for variables in study (except for NAR), for sample variation differences (six along the cycle) being higher CGR in forth sample with Norteña and Russett Burbank genotypes. Norteña, Russett Burbank and Alpha were higher on TCR, showing a considerable increment on fifth and sixth sample. The best genotype on LAR were Atlantic and Snowden, showing Russett Burbank a pronounce decrement on fifth and sixth sample, because of foliar senescence. Respect to LAI, the best genotypes were Norteña and Gigant, being higher on forth and sixth sample, without senescence until this sample. For NAR, no differences were found between genotypes, Norteña was a little bit higher, showing the other five genotypes a similar behavior.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento y productividad en papa, es el resultado de dos grandes determinantes: la conformación genética de la planta (genotipo) y su ambiente circundante. El genotipo es esencialmente constante en comparación con cambios ambientales que experimentan.

Sin embargo, la expresión (fenotipo) de la información genética, es influenciada ampliamente por los cambios regulares e irregulares del ambiente de crecimiento (Moreno, 1985). La longitud del ciclo de crecimiento del cultivo de papa, depende del tipo de siembra e inicio de tuberización, rapidez inicial de tuberización y pendiente de la curva de tuberización, durante la época

¹ Parte de Tesis de Grado de Doctorado, Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". México.

² Depto. de Fitomejoramiento. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 25315

³ Depto. Botánica, UAAAN.

⁴ INIFAP-CESIA, Saltillo, Coahuila, México. 25090.

de llenado de tubérculos (Wissar y Ortiz, 1987) siendo afectado fuertemente por el ambiente: longitud del día, temperatura y la interacción de los factores más importantes, que pueden modificar la longitud del ciclo de crecimiento.

Se han realizado intentos para expresar la producción en términos de crecimiento. El análisis de crecimiento ha tratado de explicar matemáticamente las variaciones en peso seco y área foliar de los organismos, en función del tiempo. Para estimar los índices de eficiencia en el crecimiento, o parámetros fisiotécnicos, es necesario obtener el peso seco de plantas y órganos y el área foliar, en intervalos de tiempo durante el desarrollo del vegetal (Radford, 1967; Hunt, 1981 y Beadle, 1988). Lo cual brinda información más precisa de la eficiencia con que las plantas acumulan y traslocan fotosintetizados, que la sola medición de características agronómicas como número de tallos, altura, cobertura, etc. Los objetivos del presente trabajo: fueron evaluar siete genotipos de papa bajo criterios de eficiencia y productividad del análisis de crecimiento y determinar los índices de eficiencia de crecimiento que mejor reflejen el potencial de rendimiento de los genotipos en estudio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del área de estudio

El experimento de campo se realizó en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" (UAAAN) en Buenavista, Saltillo, Coahuila, y el estudio de laboratorio, en el Laboratorio de Fisiotecnia de la misma Universidad. Las características principales del área son: 25°22' latitud N, 101°03' longitud W y altitud 1743 msnm. La temperatura media anual es de 19,8°C. Los meses más cálidos son junio, julio y agosto, con temperaturas que alcanzan hasta 39°C, mientras que en los meses de diciembre y enero, se registran las temperaturas más bajas, de hasta -13°C, presentándose heladas regulares en el período de noviembre a marzo. La precipitación media anual es de 350 a 450 mm, siendo los meses más lluviosos julio, agosto y septiembre; en la época de invierno, las lluvias que se presentan son moderadas. Tipo de clima : BWhw (x')(e): clima muy seco, semicálido, con invierno fresco, extremoso, con lluvias de verano y precipitación invernal al 10% del total anual. El fotoperíodo medio anual es de 11,99 horas.

Variedades en estudio

Alpha, Mondial, Norteña, Gigant, Atlantic, Snowden y Russet Burbank. Soto (1997) describe estas variedades a detalle.

La parcela experimental constó de tres surcos de cinco m de largo, sembrándose a una densidad de 40,000 plantas ha⁻¹. El manejo agronómico se realizó bajo las recomendaciones regionales.

El análisis estadístico se realizó en un diseño de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones, con los diferentes arreglos (normal, Parcelas Divididas o Parcelas Subdivididas, según los factores en estudio) y la diferencia de medias por la prueba de Tukey al 0,05 de probabilidad (Steel y Torrie, 1980).

El análisis de crecimiento se realizó de acuerdo con la metodología propuesta por Radford (1967) y Hunt (1981) con seis muestreos de peso seco y área foliar, cada 18 días en promedio, a lo largo del ciclo.

El área foliar se determinó con el integrador electrónico LI-3000 (Li-COR Inc. Nebraska, U.S.A.).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas ($P \leq 0,01$) entre muestreos para todas las variables evaluadas excepto RAF y TAN. Entre genotipos hubo diferencias significativas ($P \leq 0,01$) para las variables: área foliar, peso seco total, TCR, TCRF y IAF. En la interacción muestreos por genotipos hubo diferencias significativas para área foliar, peso total, TCR y IAF. Lo anterior refleja la influencia que presentan los factores ambientales, a lo largo del ciclo del cultivo, con el potencial genético de los genotipos (Li, 1985).

En la Figura 1, se presentan las tendencias de los siete genotipos, para la TCC, siendo mejores los genotipos Norteña y Russett Burbank en el cuarto muestreo con un nivel de significancia A, según Tukey al 0,05. La TCC es el incremento de material de la planta por unidad de tiempo (Valverde y Sáenz, 1985). Esta tasa es la que indica la velocidad de crecimiento del cultivo, en $g \text{ día}^{-1}$. De las variedades en estudio, Gigant y Snowden mostraron el menor comportamiento. Para el quinto muestreo, todos los genotipos mostraron un pronunciado decremento causado por la senescencia de las hojas inferiores, estimulando esta caída, al parecer, el crecimiento de más ramas y hojas para el siguiente muestreo.

En la Figura 2, se presenta la TCR para los siete genotipos en estudio, en $g \text{ g}^{-1} \text{ día}^{-1}$, siendo el muestreo dos nivel B-C y el muestreo seis, nivel A de significancia, según Tukey al 0,05, mostrando la mejor respuesta el genotipo Norteña. Este parámetro proporciona una integración conveniente del desarrollo combinado de

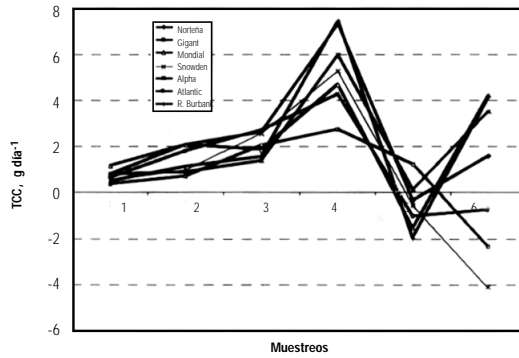


Fig. 1. Tasa de crecimiento del cultivo (TCC) de siete genotipos de papa (*Solanum tuberosum* L.) considerando seis muestreos. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

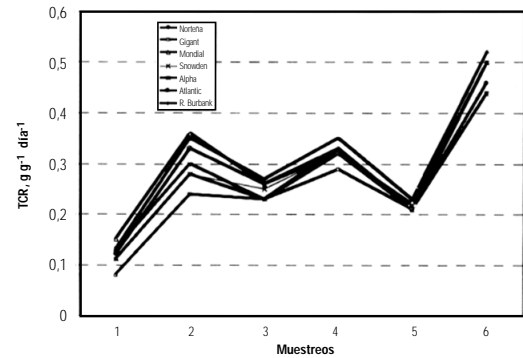


Fig. 2. Tasa de crecimiento relativo (TCR) de siete genotipos de papa (*Solanum tuberosum* L.) considerando seis muestreos. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

varias partes de la planta (Hunt, 1981); es útil especialmente cuando las necesidades se incrementan para comparar especies y diferentes tratamientos sobre bases uniformes. Este parámetro indica la acumulación de biomasa presente, por unidad de biomasa producida, por unidad de tiempo.

En la Figura 3, se presenta la TCRF, se consideró sólo el tamaño presente del sistema asimilatorio, por unidad producida anteriormente, por unidad de tiempo ($\text{cm}^2 \text{cm}^{-2} \text{t}^{-1}$), la cual siguió una tendencia un tanto similar a la TRC al presentar un mayor pico en el segundo muestreo, lo que no indicó la TRC. Lo anterior debido a una mayor succulencia y extensión del follaje en etapas de crecimiento vegetativo acelerado, la cual disminuyó una vez que se inicia la tuberización y llenado del tubérculo.

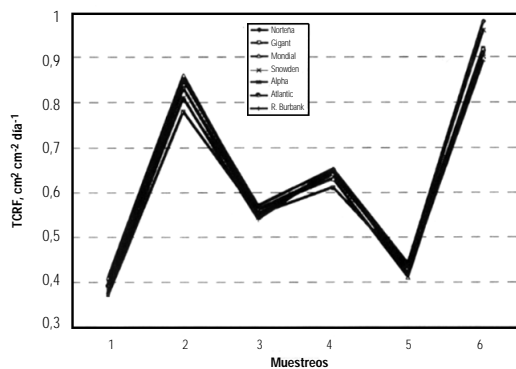


Fig. 3. Tasa de crecimiento relativo foliar (TCRF) de siete genotipos de papa (*Solanum tuberosum* L.) considerando seis muestreos. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

En la figura 4, se presenta la RAF, en $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$, los mejores genotipos fueron Atlantic y Snowden. El del Russett Burbank mostró un marcado descenso para el sexto muestreo. Lo que refleja una pronunciada pérdida del sistema asimilatorio, al prevalecer el peso de ramas y tallos. Fakorede y Mock (1980) utilizaron la TRCF y RAF, en la evaluación de ciclos de selección en maíz y encontraron una tendencia similar, aunque en la TRCF se obtuvieron valores negativos a partir del cuarto muestreo, hasta el séptimo y último muestreo.

En la Figura 5, se observa la tendencia del IAF, presentando el genotipo Norteña el nivel A en el cuarto y sexto muestreo, con un valor de siete, seguido por el Alpha y el Russett Burbank con niveles de seis y cinco, respectivamente. Hay (1989) reporta valores de IAF que van desde tres hasta ocho en distintas variedades de

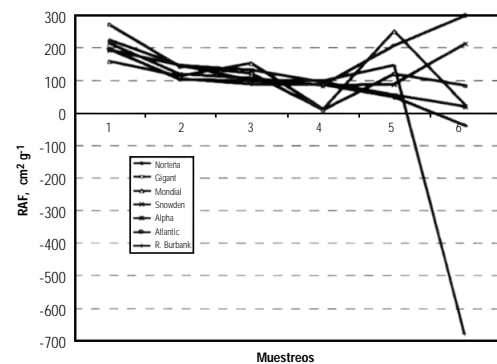


Fig. 4. Relación del área foliar (RAF), en siete genotipos de papa (*Solanum tuberosum* L.) considerando seis muestreos. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

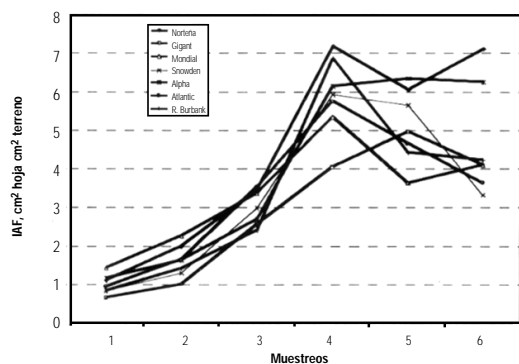


Fig. 5. Índice de área foliar (IAF) de siete genotipos de papa (*Solanum tuberosum* L.) considerando seis muestreos. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

papa en Inglaterra, enfatizando la necesidad de evaluar en diferentes localidades y años, puesto que el área foliar se ve afectada por enfermedades y granizadas. Así mismo, menciona que se ha encontrado poca ventaja en el rendimiento en altos IAF, debido a que los estratos medios e inferiores no reciben suficiente luz para la función fotosintética.

En la Figura 6, se presenta la TAN para los siete genotipos, en donde se observa un patrón muy similar para seis genotipos, presentando una TAN superior el genotipo Norteña, en el quinto y sexto muestreo. Esta superioridad no fue suficiente para reflejar diferencias estadísticas en el análisis de varianza.

El análisis de crecimiento involucra características complejas, muestreo destructivo de plantas a intervalos de tiempo durante la temporada de crecimiento, consumiendo tiempo y recursos con una aplicación muy limi-

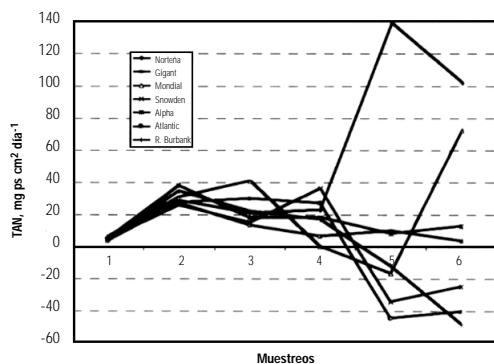


Fig. 6. Tasa de asimilación neta (TAN), para siete genotipos de papa (*Solanum tuberosum* L.) considerando seis muestreos. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

tada en fitomejoramiento de papa (Khedher y Ewing, 1985; Rechciogl, 1982 y Manrique y Batholomew, 1991).

CONCLUSIONES

- El análisis de crecimiento permitió detectar los genotipos de papa más eficientes en su acumulación de biomasa y tamaño del sistema asimilatorio, con respecto al ciclo del cultivo.
- Los índices de eficiencia que mejor utilidad mostraron fueron el IAF y la TAN.
- Los genotipos de papa más eficientes fueron el Norteña y el Russet Burbank.
- Se recomienda la utilización del análisis de crecimiento en las etapas iniciales y finales de programas de fitomejoramiento.

LITERATURA CITADA

- BEADLE, C.F. 1988. Análisis del crecimiento vegetal. *In:* Coombs, J., D.O. Hall, S.P. Long y J.M. Scurlock (Eds.). Técnicas en fotosíntesis y bioproduktividad. Colegio de postgraduados. Chapingo, Edo. de México, México.
- FAKOREDE M.A.B.; MOCK, J.J. 1980. Growth analysis of maize variety hybrids from two recurrent selection programmes for grain yield. *New Phytol.* 85:393-408.
- HAY R.K.M.; WALKER, A. 1989. An introduction to the physiology of crop yield. Longman Scientific & Technical. New York.
- HUNT, R. 1981. Plant growth analysis. By Edward Arnold (Publishers) Ltd. The institute of biology's. studies in biology N° 96. London, England. 67 p.
- KHEDHER, B.M., EWING, E. 1985. Growth analysis of eleven potato cultivars grown in the greenhouse under long photoperiods with and without heat stress. *American Potato Journal.* Vol. 62:537-554.
- LI, P.H. 1985. Potato physiology. Academic Press, Inc. Harcourt Brace Jovanovich, Publishers.
- MANRIQUE L.A.; BATHOLOMEW, D. 1991. Growth and yield performance of potato grown at three elevations in Hawaii: II. Dry matter production and efficiency of partitioning. *Crop Sci.* 31:367-372.
- MORENO, U. 1985. Environmental effects on growth and development of potato plants. *In:* Li, P.H. (De.) Potato Physiology. Academic Press Inc. U.S.A.

- RADDFORD, P.J. 1967. Growth analysis formula - their use and abuse. *Crop Sci.* 7(3): 171-175.
- RECHCIGL M. JR. 1982. Handbook of agricultural productivity. CRC Series in nutrition and food. CRC Press incorporation. Boca Raton, Florida.
- SOTO, G.L.F. 1997. Evaluación de variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) con criterios morfológicos y de rendimiento. Tesis Lic. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.
- STEEL, R.G.D.;TORRIE,J. 1980. Principles and procedures of statistics with special preference to the biological sciences. Mc Graw Hill Book Co. Inc. New York, U.S.A.
- VALVERDE, E.; SÁENZ,M. 1985. Análisis de crecimiento de chayote (*Sechium edule* Sw.) Turrialba 35: 395-402
- WISSAR, R.; ORTIZ,R. 1987. Mejoramiento de la papa en el CIP por adaptación a climas cálidos tropicales. Doc. de Tecnología Especializada N° 22. Lima, Perú.