

RELACIONES ENTRE LA EDAD FISIOLÓGICA Y EL CONTENIDO DE AZÚCARES
TOTALES Y REDUCTORES EN TUBÉRCULOS DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.)
DESTINADOS A NUEVA PLANTACIÓN¹ /

D. O. CALDIZ*, J. R. ALANIZ*, F. K. CLAVER**

Summary

It is well known that environmental conditions during seed crop growing and storage modify the physiological age of the potato tuber, but processes involved in such regulation are still unknown

In this work, attention was focussed on the effect of different planting dates upon the physiological age and sugar content of seed tubers, in an attempt to obtain further information on the possible mechanisms involved in such regulation

After harvest of the seed crop, the physiological age of the tuber was measured by its incubation period, as suggested by Claver and the total and reducing sugar content by the Cronin and Smith technique

Results obtained with four cultivars showed that physiologically old tubers contained a higher level of total and reducing sugars from sprouting onwards. It is proposed that these results are associated with senescent decay, in accordance with van Es and Hartmans's hypothesis

Introducción

Es bien conocido el hecho de que las condiciones ambientales durante el cultivo y el almacenamiento de los tubérculos simiente modifican su edad fisiológica (2, 4, 6); pero poco se conoce de los posibles mecanismos involucrados en tal regulación

Müller (15) y Reust (19) han demostrado que el contenido de sacarosa, ácido málico y ácido cítrico en la brotación, pueden resultar indicadores adecua-

dos de la edad fisiológica; en tanto que Wurr (21) sugirió que el mecanismo de control podría ser un incremento gradual en el nivel de reguladores de crecimiento, que eventualmente podría modificar el contenido de azúcares o la movilización de N dentro del tubérculo. Al respecto, Moreno (13) determinó que las distintas condiciones agroecológicas durante el cultivo de la simiente modificaban el nivel de compuestos nitrogenados en los tubérculos, resultando más aptos para nuevas plantaciones, aquellos con un mayor contenido de aminoácidos libres. Lowe y Ries (12) también encontraron, en semillas de trigo, que el contenido de proteínas tenía influencia sobre el crecimiento de la plántula y aún sobre el rendimiento de materia seca (11).

El objetivo de este trabajo es aumentar la información disponible acerca de los posibles mecanismos involucrados en la regulación de la edad fisiológica. Para lograr modificaciones de ésta, se realizaron plantaciones escalonadas con tubérculos simiente de cuatro cultivares, relacionando luego, en brotación, el contenido de azúcares con las variaciones experimentadas en aquel parámetro

¹ Recibido para publicación el 27 de agosto de 1985

Este trabajo es parte del Programa "Lecofisiología de Papa" (Ministerio de Asuntos Agrarios de la Provincia de Buenos Aires - Facultad de Agronomía, UNLP, La Plata) y recibió apoyo parcial de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires y de la Asociación Cooperadora de la Chacra Experimental de Miramar

* Instituto de Fisiología Vegetal, Facultad de Agronomía, UNLP, C.C. 31 (1900) La Plata, Argentina

** El Prof. Ing. Agr. Francisco K. Claver falleció el 31 de agosto de 1981

Materiales y métodos

Durante el año agrícola 1979/1980 se realizaron tres plantaciones escalonadas, en la localidad de Miramar ($38^{\circ}10' \text{ L S}$ y $58^{\circ}00' \text{ L O}$, 50 m sobre el nivel del mar), el 9 de noviembre, 15 de diciembre (1979) y el 5 de enero (1980). Se utilizaron tubérculos certificados de los cultivares cv Spunta, cv Kennebec (semitempranos), cv Huinkul MAG y cv Bonaerense La Ballenera MAA (semitempranos). Las plantaciones se realizaron en forma manual, con tubérculos cortados y encalados, en un suelo franco, con buen contenido de m o y con una densidad de 40 000 plantas por ha^{-1} a la cosecha. Mayores detalles experimentales se pueden encontrar en el trabajo de Pabelo *et al* (17), en tanto que los datos climáticos correspondientes al ciclo de cultivo se presentan en la Fig. 1

Determinación del contenido de azúcares

Los tubérculos provenientes de las distintas plantaciones se cosecharon en julio de 1980 y se almacenaron en la oscuridad a 17°C hasta la primera quincena de agosto, cuando se iniciaron las determinaciones del contenido de azúcares totales y reductores, de acuerdo a Cronin y Smith (1979). Se tomaron al azar muestras de 600 g de tubérculos por tratamiento; se lavaron y se extrajeron de 4-6 cilindros por tubérculo con un sacabocado de 10 mm de diámetro; luego se cortaron estos cilindros en discos de 2 mm de espesor. De estas muestras, se tomaron 10 g (tres repeticiones) para efectuar las determinaciones de azúcares y del peso seco, este último a 105°C hasta peso constante.

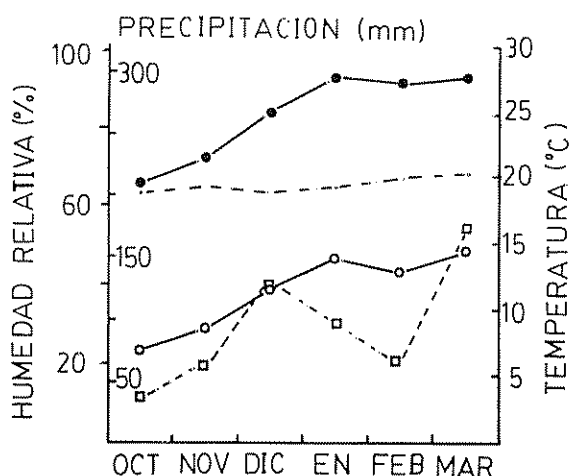


Fig 1 Temperaturas, precipitaciones y humedad relativa durante el ciclo de cultivo 1979/1980 en Miramar.

Temperaturas media mínima (— ○) y máxima (— ●); precipitaciones (--- □) y humedad relativa (---).

Determinación de la edad fisiológica

Luego de la cosecha, un lote de 25 tubérculos (cinco repeticiones) por tratamiento se colocó en las condiciones descritas por Claver (5, 6) a fin de determinar el inicio de la brotación y la duración del periodo de incubación, que se daba por finalizado cuando el 80% de la muestra había formado nuevos tubérculos sobre los brotes. La duración del periodo se utilizó como una medida de la edad fisiológica de los tubérculos, de acuerdo a los lineamientos propuestos por Claver (5, 6), pues indica el grado de avance en el estado fisiológico de los mismos; de este modo, cuánto más corto resulta el periodo, los tubérculos se consideran fisiológicamente más envejecidos.

Los datos de ambas determinaciones se analizaron estadísticamente mediante un análisis de varianza en factorial ($4 \times 3 \times 3$ y $5 \times 4 \times 3$), considerándose las diferencias al nivel de significancia del 0.05, según Tukey.

Resultados y discusión

Los tubérculos de los cultivares cv Spunta y cv Kennebec, provenientes de la primera plantación, iniciaron la brotación a fines de agosto. A mediados de setiembre, se inició la brotación de los tubérculos de cv Spunta y cv Kennebec de segunda plantación y cv Huinkul MAG y cv Ballenera MAA de primera plantación. Hacia fines del mismo mes, se produjo la brotación de los tubérculos de estos dos últimos cultivares, provenientes de la segunda y tercera plantación.

Las plantaciones tardías (diciembre y enero) también produjeron tubérculos simiente fisiológicamente más jóvenes que los obtenidos de las plantaciones de noviembre (Cuadro 1). El atraso en la época de plantación modificó el inicio de la tuberización y consecuentemente la edad cronológica de los tubérculos, lo cual determinó las diferencias en brotación ya mencionadas. Las distintas condiciones ambientales en las cuales se formaron los tubérculos (Fig 1) también modificaron la edad fisiológica (5, 6) y en mayor medida cuando las temperaturas fueron más elevadas (4); en consecuencia, las modificaciones en el periodo de incubación resultan de la influencia de ambos factores.

En líneas generales, cv Huinkul MAG y cv Ballenera MAA resultaron fisiológicamente más jóvenes que el resto (Cuadro 1), lo cual demuestra una respuesta diferencial de los genotipos, tal como lo mencionan Reust (19) y Caldiz *et al* (13). Estas modificaciones en la edad fisiológica estuvieron asociadas a las variaciones que se registraron en el contenido de

azúcares totales y reductores (Cuadros 2 y 3); resultó menor para los tubérculos simiente fisiológicamente más jóvenes, ya sea al considerar las distintas variedades o por el atraso en la época de plantación, como sucedió en forma significativa con cv Spunta

Existió una notable tendencia a que el contenido de azúcares fuera menor cuanto más jóvenes eran los tubérculos, aunque recientemente van Es y Hartmans (9) determinaron que durante el envejecimiento el contenido de glucosa disminuye a temperaturas de 12° a 20°C, en tanto que el de sacarosa se incrementa, particularmente en el tejido que rodea al brote

El mayor nivel de azúcares totales estuvo relacionado con la brotación, como ya fue demostrado por Bailey *et al* (1) El avance en la edad fisiológica de los tubérculos, que se demuestra por un inicio precoz de la tuberización (Cuadro 1), indicaría, al menos parcialmente, un grado mayor de senescencia, lo cual determina una mayor fragilidad de las membranas de los amiloplastos (10, 16), permitiendo que el gránulo de almidón esté expuesto a la acción de enzimas degradativas que originan sacarosa. Esta por acción de la invertasa (18) se descompone en glucosa y fructosa, azúcares solubles fácilmente utilizados por los brotes en crecimiento, que tienen grandes requerimientos

Cuadro 1. Edad fisiológica de los tubérculos, expresada en función de la duración del período de incubación (en días).

Cultivares	Épocas de plantación 1979/1980		
	Noviembre	Diciembre	Enero
Spunta	91 c	122 b	133 c
Kennebec	91 c	88 c	151 b
Huinkul MAG	108 b	127 b	152 b
Ballenera MAA	136 a	135 a	183 a

C V : 6.3%

Los promedios de una misma columna, seguidos de letras iguales, no difieren entre sí (P < 0.05)
 Los promedios unidos por líneas continuas difieren entre sí (P < 0.05)

Cuadro 2. Contenido de azúcares totales en los tubérculos provenientes de las tres épocas de plantación. Expresado en mg g⁻¹ de peso seco.

Cultivares	Agosto			Setiembre			Octubre		
	Época previa de plantación								
	Nov.	Dic.	En.	Nov.	Dic.	En.	Nov.	Dic.	En.
Spunta	8.4 b	5.6 b	7.2 a	29.3 a	21.3 a	15.8 a	18.5 a	10.1 a	9.5 a
Kennebec	9.0 b	4.7 b	5.0 a	19.4 b	18.8 a	14.1 a	10.1 b	6.0 b	6.4 a
Huinkul MAG	16.6 a	15.5 a	—	30.0 a	18.3 a	—	12.2 a	14.1 a	—
Ballenera MAA	7.1 b	6.9 b	7.6 a	20.8 b	19.2 a	17.1 a	9.6 b	7.1 a	9.4 a
Promedio mensual		8.5			20.3			10.2	

C V : 6.6%

Los promedios de una misma columna, seguidos de letras iguales, no difieren entre sí (P < 0.05).
 Los promedios unidos por líneas continuas difieren entre sí (P < 0.05)

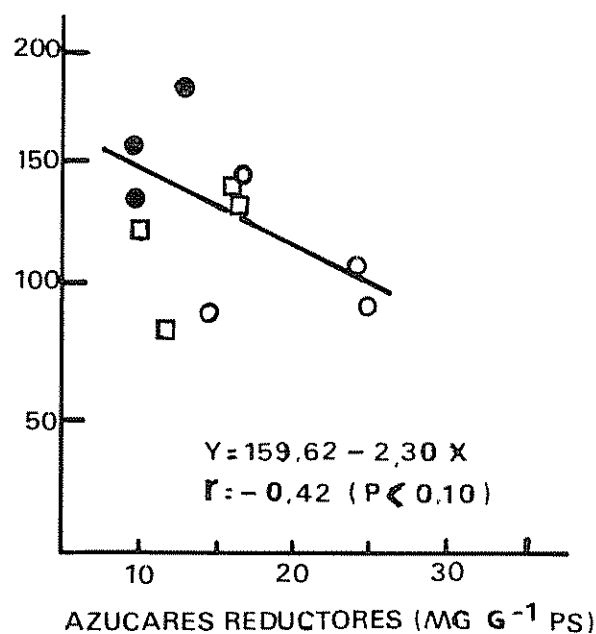
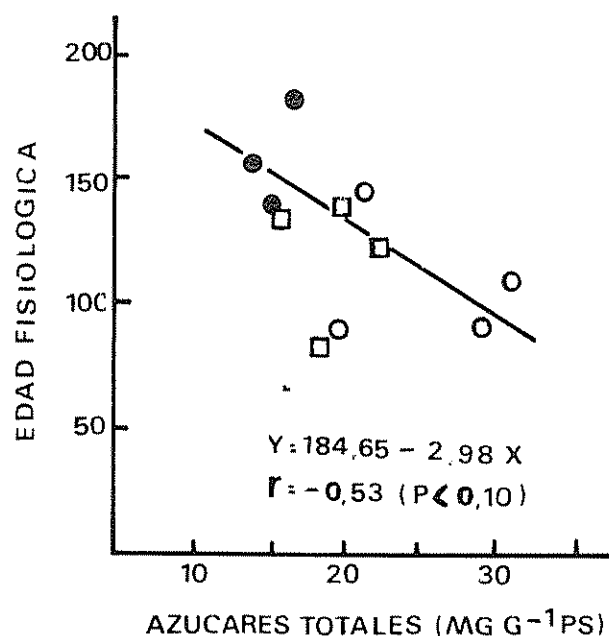


Fig 2 y

3 Relaciones entre la edad fisiológica, expresada en función del período de incubación, y el contenido de azúcares totales y reductores

Primera (○), Segunda (◻) y Tercera (●) plantación

energéticos (20) De allí los altos niveles de estos compuestos que se encontraron en los tubérculos fisiológicamente envejecidos, que provenían de la plantación de noviembre (Cuadro 3).

A partir de estos resultados, se sugiere que uno de los factores intervinientes en la regulación de la edad fisiológica de los tubérculos es la integridad de las membranas, la cual está asociada a fenómenos de decaimiento que implican un avance en la senescencia y un desbalance en las membranas y enzimas, el cual se refleja en el aumento de azúcares solubles (Figs 2 y 3)

Estas sugerencias coinciden con los resultados de Moreno y García (14), quienes determinaron que los tubérculos preferidos para las nuevas plantaciones por los agricultores de Huasahuasi (Perú) provenían de la zona alta de Chirás y Cayán, y poseían un menor contenido de azúcares totales que aquellos provenientes del Valle de Huacas. Esto indica, evidentemente, que existe una relación entre el contenido de azúcares y el potencial simiente de los tubérculos. De allí que resulte importante conocer el estado fisiológico de la simiente, a fin de predecir, al menos parcialmente, el patrón de crecimiento del cultivo y optimizar la productividad por medio de las prácticas que correspondan en cada caso (fechas de plantación, dosis de fertilizantes, riego adicional, cultivos más densos etc.)

Resumen

Relaciones entre la edad fisiológica y el contenido de azúcares totales y reductores en tubérculos de papa (*Solanum tuberosum* L.) destinados a nueva plantación

Es bien conocido que las condiciones ambientales durante el cultivo y el almacenamiento de los tubérculos simiente modifican su edad fisiológica; empero, los procesos que determinan esa regulación aún permanecen desconocidos

En este trabajo, se prestó atención al efecto de diferentes épocas de plantación sobre la edad fisiológica y el contenido de azúcares de los tubérculos, en un intento por obtener mayor información sobre los posibles mecanismos involucrados en tal regulación.

Luego de la cosecha de los tubérculos simiente, se midió la edad fisiológica, de acuerdo al período de incubación, tal como fue sugerido por Claver (6) y el contenido de azúcares totales y reductores según la técnica de Cronil y Smith (7).

Los resultados obtenidos con cuatro cultivares demostraron que los tubérculos fisiológicamente envejecidos alcanzaron un mayor nivel de azúcares totales y reductores a partir de la brotación. Se sugiere que estos resultados están asociados a fenómenos de decaimiento por senescencia, de acuerdo a la hipótesis de van Es y Hartmans (9).

Cuadro 3. Contenido de azúcares reductores en los tubérculos provenientes de las tres épocas de plantación. Expresado en mg g⁻¹ de peso seco.

Cultivares	Agosto			Setiembre			Octubre		
	Nov.	Dic.	En.	Epoca previa de plantación			Nov.	Dic.	En.
				Nov.	Dic.	En.			
Spunta	71 a	41 a	51 a	25.2 a	11.6 a	10.2 a	12.0 a	6.7 a	5.6 a
Kennebec	5.3 a	1.9 a	1.9 a	14.6 b	12.0 a	10.0 a	5.9 a	3.3 a	3.3 a
Huinkul MAG	9.4 a	10.9 a	—	24.9 a	15.9 a	—	4.9 a	10.0 a	—
Ballenera MAA	4.5 a	4.2 a	5.5 a	16.4 b	15.2 a	13.1 a	4.0 b	4.6 a	5.3 a
Promedio mensual		5.4			15.3			5.9	

C.V. : 19.5%

Los promedios de una misma columna, seguidos de letras iguales, no difieren entre sí (P < 0.05)

Los promedios unidos por líneas continuas difieren entre sí (P < 0.05)

Literatura citada

- BAILEY, K.M.; PHILLIPS, I.D.J.; PITT, D. 1978. The role of buds and gibberelin in dormancy and the mobilization of reserve materials in potato tubers. *Annals of Botany* 42:649-657.
- CALDIZ, D.O.; CLAVER, F.K.; ESCANDE, A.R. 1984. Effect of harvesting time and storage system on the quality of seed potato tubers (*Solanum tuberosum* L.). *Turrialba* 34(3):287-290.
- CALDIZ, D.O.; PANELO, M.; CLAVER, F.K.; MONTALDI, E.R. 1984. The effect of planting dates on the physiological age and yielding potential of seed potatoes grown in a temperate climate in Argentina (sin publicar).
- CARLS, J.; CAESAR, K. 1979. Influence of storage and growth temperature on the physiological age and yield of the progeny of seed potatoes under tropical conditions. *Potato Research* 22:87-99.
- CLAVER, F.K. 1973. Influence of temperature during the formation of tubers in relation with their incubation state (physiological age) and seed value. *Experientia* 30:97-98.
- CLAVER, F.K. 1975. Influence of temperature during the formation of potato tubers and its effects on the first progeny. *Phyton* 33:1-5.
- CRONIN, D.A.C.; SMITH, S. 1979. A simple and rapid procedure for the analysis of reducing, total and individual sugars in potatoes. *Potato Research* 22:99-105.
- ES, A. van; HARTMANS, K.J. 1981. Aspects and preliminary results of physiological ageing. Some biochemical aspects. Abstracts Conference Papers 8th Trienn Conf EAPR, München p. 74.
- ES, A. van; HARTMANS, K.J. 1984. Some aspects of changes in chemical composition of tubers and sprouts during physiological aging. Abstracts Conference Paper 9th Trienn Conf EAPR, Interlaken 231-232.
- ISHERWOOD, F.A. 1976. Mechanism of starch-sugar interconversion in *Solanum tuberosum*. *Phytochemistry* 15:33-41.
- LOWE, L.B.; AYERS, G.S.; RIES, S.K. 1972. Relationship of seed protein and amino acid composition to seedling vigor and yield in wheat. *Agronomy Journal* 64:604-611.

- 12 LOWE, L.B.; RIES, S.K. Effects of environment on the relation between seed protein and seedling vigor in wheat. *Canadian Journal Plant Science* 52:157-164.
- 13 MORENO, U. 1970. Physiological studies on the potato plant with special reference to different environments. Ph.D. Thesis, Cornell University, Ithaca, N.Y.
- 14 MORENO, U.; GARCIA, M. 1973. Citado por Moreno, U. In: Primer Curso Internacional de Mejoramiento de Semillas de Papa. Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú. 18 p.
- 15 MULLER, K. 1975. Analytisch fassbare Indikatoren für die Qualität der Kartoffel. Abstracts Conference Papers 6th Trienn Conference EAPR, Wageningen. 4-5.
- 16 OHAD, I.; FRIEDBERG, I.; NE'EMAN, Z.; SCHRAMM, M. 1971. Biogenesis and degradation of starch. I. The fate of the amyloplast membranes during maturation and storage of potato tubers. *Plant Physiology* 47:465-477.
- 17 PANELO, M.; CALDIZ, D.O.; CLAVER, F.K. 1982. La tuberización y el rendimiento de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) cultivados en Miramar, Argentina. *Revista Facultad de Agronomía, La Plata* 58:99-120.
- 18 PRESSEY, R.; SAW, R. 1966. Effect of temperature on invertase inhibitor and sugar in potato tubers. *Plant Physiology* 41:1657-1661.
- 19 REUST, W. 1982. Contribution à l'appréciation de l'âge physiologique des tubercules de pommes de terre (*Solanum tuberosum* L.) et étude de son importance sur le rendement. These Dr. Sc. Techniques Ecole Polytechnique Fédérale Zürich. 113 p.
- 20 SMITH, O.E. 1968. Potatoes: Production, storing and processing. Avi Pub. Corp. Westport, Connecticut. 642 p.
- 21 WURR, D.C.E. 1978. Seed tuber production and management. In: *The Potato Crop*. Ed. by P.M. Harvis. Chapman and Hall, London. 730 p.