

FORMACION DE CUATRO GENERACIONES DE TUBERCULOS SIN FOLLAJE
EN « SOLANUM TUBEROSUM » L. ¹

POR FRANCISCO K. CLAVER ²

SUMARIO Y CONCLUSIONES. — En el presente trabajo se informa acerca de los experimentos realizados para verificar cuántas generaciones de tubérculos pueden formarse sin follaje, y determinar así si el estímulo o capacidad de tuberizar se agota por la falta de follaje.

Para tal fin se eligieron tubérculos de aproximadamente 300 g del cultivar Katahdin y se colocaron con un solo brote en cajones de madera cubiertos con vermiculita, en condiciones de $\pm 20^{\circ}\text{C}$ en oscuridad. La vermiculita se mantuvo húmeda mediante riegos periódicos. Una vez obtenidos los tubérculos de la primera generación se repitió la operación para obtener con igual procedimiento las siguientes generaciones.

Se lograron cuatro generaciones de tubérculos producidos sin follaje. En la Figura 1 se detalla el peso de los tubérculos.

En los tubérculos de la cuarta generación sin follaje, la brotación ocurría en forma normal. Luego de colocados en la vermiculita húmeda también presentaban el crecimiento de los brotes normales. Luego de aproximadamente tres meses en estas condiciones todos los tubérculos se ablandaron por hidrólisis de sus reservas y decaían completamente, no formando los tubérculos correspondientes a la quinta generación.

Se realizaron cortes anatómicos de los tubérculos y se trataron en una solución de yodo, yoduro de potasio. Como testigos se utilizaron cortes de un tubérculo de la primera generación sin follaje. En la Figura 2 se detallan los cortes realizados, en los cuales no se observa almidón en los de la cuarta generación, pero sí en los de la primera generación, que después forman tubérculos en los brotes.

Los resultados indicarían que la no formación de tubérculos de la quinta generación se debería a la ausencia de algún factor de la formación de almidón después que se han hidrolizado las reservas del tubérculo anterior, correspondiente a la cuarta generación sin follaje.

¹ Trabajo aceptado para su publicación el 15 de abril de 1971.

² Ingeniero agrónomo, Profesor adjunto de la cátedra de Fisiología Vegetal y Fitogeografía de la Facultad de Agronomía de La Plata.

Los resultados indicarían que la formación de tubérculos constituiría un proceso de dos etapas: la iniciación de la tuberización que se debería a la acción de una fitohormona, actuando sobre la polaridad de las células del rizoma, y la segunda etapa estaría internamente relacionada a los factores de la formación del almidón, enzimas, cofactores energéticos, etc.

SUMMARY AND CONCLUSIONS. — **Formation of four generations of tubers without foliage in « *Solanum tuberosum* » L., by F. K. CLAVER.** — The present paper deals with the research conducted to study the number of generations of potato tubers that can be formed without foliage, and also to find out whether the stimulus or tuberization capacity is exhausted by lack of foliage.

Tubers of the Katahdin cultivar of ± 300 g were chosen and placed with only one sprout in wooden trays on vermiculite, at room temperature $\pm 20^\circ\text{C}$, in darkness. Vermiculite was kept humid by periodic watering. Once the tubers of the first generation were obtained (after sprouting) the process was repeated to obtain further generations. Four generations of tubers without foliage were obtained. Fig. 1 shows the weight of the tubers of the four generations.

With tubers of the fourth generation without foliage the sprouting and growth of shoots were normal. After approximately three months of treatment all the tubers were softened by hydrolysis of their storage tissues and decayed, not forming the tubers corresponding to the fifth generation.

Tubers were sectioned and treated with an iodine solution. Sections of a tuber of the first generation without foliage were used as controls. Fig. 2 shows the thin sections in which starch was not present in the tubers of the fourth generation, but it was in those of the controls that afterwards formed tubers on the etiolated shoots.

The results would indicate that the non-formation of tubers of the fifth generation would be due to the lack of some factor of the starch formation after the storage tissues of the fourth generation without foliage had hydrolyzed.

With tubers formed with foliage under the action of light and photosynthesis Claver (1961) obtained six series of tubers of the first generation after the removal of those already formed. This would indicate the possibility of the need of some factor of light or photosynthesis for the tuberization or for the synthesis of starch. After four generations of tubers without foliage in darkness, the tubers will die.

This is related to the difference found in plants from true seeds and sprouts cultivated « in vitro ». It was demonstrated that sprouts are able to generate tubers under light and dark conditions. On the other hand, seedlings only form tubers under light conditions.

Metabolic regulation of starch by light would be accomplished through photosynthesis. The concentration of phosphoglyceric acid (3-PGA) increases during photosynthesis and would activate the enzyme which produces an active form of glucose, adenosine diphosphoglucose (ADPG), and consequently starch. Ghosh and Preiss (1965).

Bodlaender and Marinus (1969) inform that the mother tuber is not necessary for the tuberization process. In the present work we have shown that the foliage is not indispensable for the formation of tubers up to the fourth gene-

ration, corroborating that tuberization is a normal phase in the development of potato plants.

The results also indicate that tuber formation is a two-stage process: initiation of tuberization, due to the action of the plant hormone on the change of polarity in the sub-apical region of the rhizomes (stolons) and secondly, a stage closely related to the factors of starch deposition, enzymes, energetic cofactors, etc.

Catchpole and Hillman (1969) conclude that ethylene plays a role in tuber initiation and that starch deposition occurs in a second stage.

INTRODUCCION

La formación de tubérculos es un proceso morfogénico de suma importancia para la agricultura. El conocimiento de los factores que determinan ese proceso posibilitaría la obtención de grandes rendimientos de tubérculos o raíces tuberosas de las plantas alimenticias que los generan.

Las investigaciones realizadas sobre plantas completas demostraron que la formación de tubérculos se debería a factores inductivos, condicionados por días cortos y bajas temperaturas nocturnas, Gregory (1956), Chapman (1958). En sus trabajos experimentales también exponen la existencia de un estímulo hormonal que se formaría en las hojas en condiciones ambientales inductivas, trasladándose a los rizomas, para la formación de tubérculos. El factor de la inducción puede ser transmitido por injertos, de un vástago inducido, sobre plantas en condiciones no inductoras. Claver (1951, 1956); Tagawa and Okazawa (1952) y Madec et Perennec (1955, 1959), demostraron que los tubérculos sin follaje son capaces de producir nuevos tubérculos y que la presencia del tubérculo madre influye en la aparición de los tubérculos.

Claver (1956) trabajando con cultivos "in vitro" obtuvo 3 generaciones de tubérculos sin follaje.

Bodlaender and Marinus (1969) demuestran que ni el tubérculo madre, ni los días cortos, son necesarios para la inducción de la formación de tubérculos y que ellos sólo aceleran la iniciación de la tuberización, en ciertas condiciones.

En el presente trabajo se informa acerca de los experimentos realizados para verificar cuántas generaciones de tubérculos pueden formarse sin follaje, o de otra manera determinar si el estímulo o capacidad de tuberizar se agota por la falta de follaje.

MATERIALES Y METODO

Para tal fin se eligieron 100 tubérculos grandes, de aproximadamente 300 gramos del cultivar Katahdin y se colocaron con un solo brote en cajones de madera cubiertos con vermiculita, en condiciones de $\pm 20^{\circ}$ C de temperatura en oscuridad. La vermiculita se mantuvo húmeda por medio de riegos periódicos. Una vez obtenidos los tubérculos de la 1ª generación y después de brotados, se repitió la operación para obtener las generaciones siguientes.

En un primer ensayo se obtuvieron 3 generaciones de tubérculos. Los tubérculos de la 3ª generación después de brotados, y antes de formar la 4ª generación, sufrían un proceso de ablandamiento por hidrólisis de sus reservas.

Presumiendo que la destrucción de los tubérculos podría deberse a la infección de hongos o bacterias, se repitió el ensayo con el mismo cultivar, desinfectando previamente los tubérculos con Granosán N° 3 (Hidroximercurinitrofenol 12 %, Hidroximercuriclorofenol 3 %) para evitar la infección por microorganismos.

Los tubérculos de las distintas generaciones después de los tratamientos con el Granosán N° 3 se colocaron en cámara fría a $2-4^{\circ}$ C. Al cabo de un tiempo se sacaron al ambiente del laboratorio en oscuridad, para que se produjera la brotación. Se colocaron en la vermiculita cuando todos los tubérculos tenían brotes de más o menos 2 centímetros.

La cosecha de los tubérculos hijos se realizó periódicamente cuando alcanzaron considerable tamaño, que coincidía con el decaimiento total del tubérculo madre. También se obtuvo un cierto número de tubérculos pequeños, debido a que el tubérculo madre decaía antes de alcanzar un tamaño grande.

En las diferentes cosechas de las distintas generaciones se eligieron 10 tubérculos de los mayores, se pesaron y se obtuvo el peso promedio.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la tabla se consignan las fechas de brotación, de colocación de los tubérculos en la vermiculita húmeda en oscuridad y cosecha.

Brotación	En vermiculita para formar tubérculos	Cosecha	Generación sin follaje
20-5-65	30-5-65	10-11-65	1 ^a
10-2-66	19-5-66	5-10-66	2 ^a
15-2-67	30-2-67	30- 9-67	3 ^a
19-2-68	29-3-68	18-10-68	4 ^a
8-1-69	5-4-69		

En la figura 1 se detallan las fotografías de los tubérculos y el peso correspondiente.

En los tubérculos de la 4^a generación sin follaje, la brotación ocurría en forma normal. Luego de colocados en la vermiculita húmeda también presentaban el crecimiento de brotes normales. Después de más o menos 3 meses en estas condiciones, todos los tubérculos se ablandaban por hidrólisis de sus reservas y decaían completamente, no formando los tubérculos que corresponderían a la quinta generación.

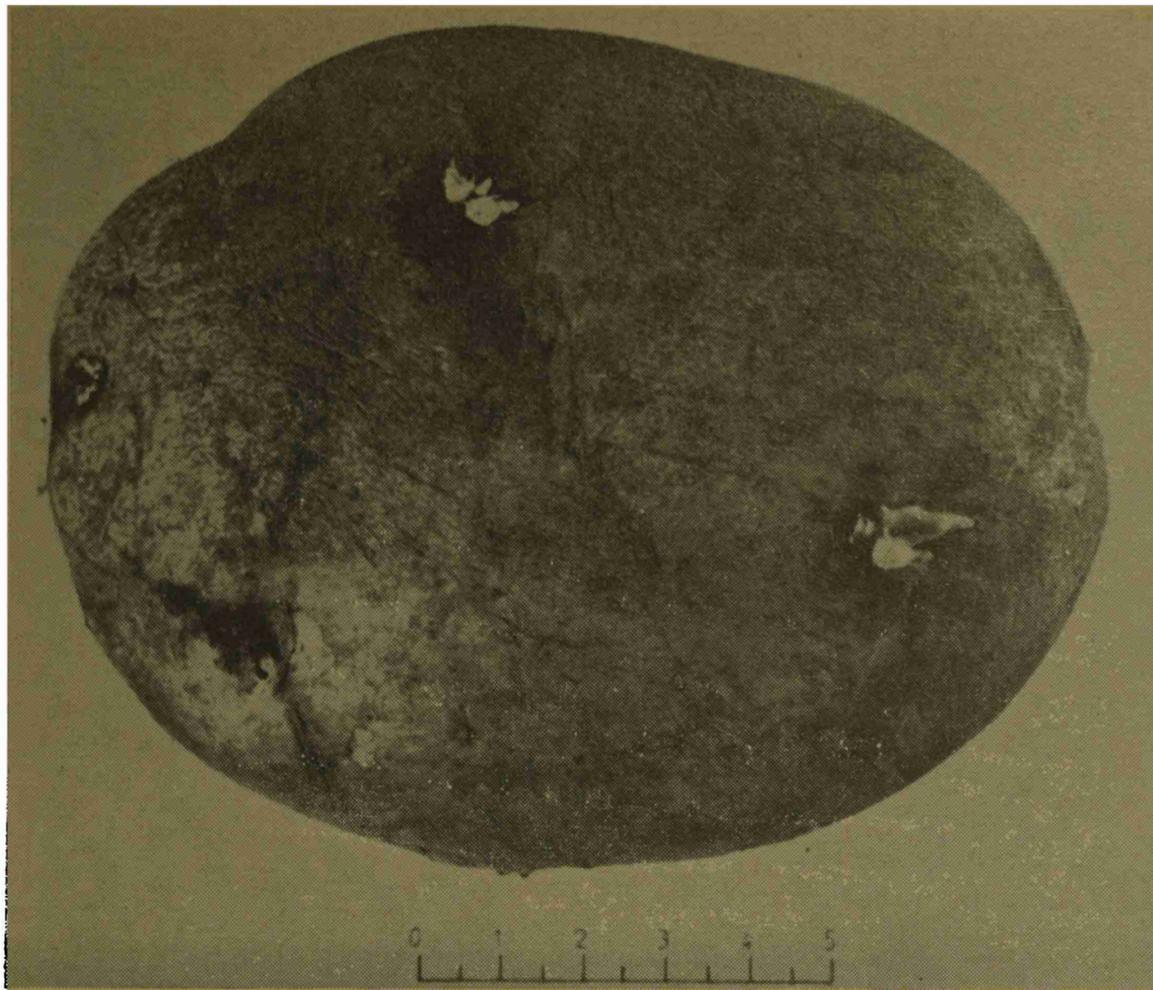
Se realizaron cortes de los tubérculos y se trataron con una solución de yodo, yoduro de potasio. Como testigos se utilizaron cortes de un tubérculo de la 1^a generación sin follaje proveniente de otro ensayo.

La figura 2 muestra los cortes realizados el 5-VIII-69 en la cual no se observa almidón en los tubérculos de la 4^a generación sin follaje, pero sí en el testigo de la 1^a generación sin follaje, que después formaron tubérculos en sus brotes.

Los resultados del trabajo indicarían que la no formación de tubérculos de la 5^a generación, se debería a la ausencia de algún factor para la síntesis del almidón después que se han hidrolizado las reservas del tubérculo anterior, correspondientes a la 4^a generación sin follaje.

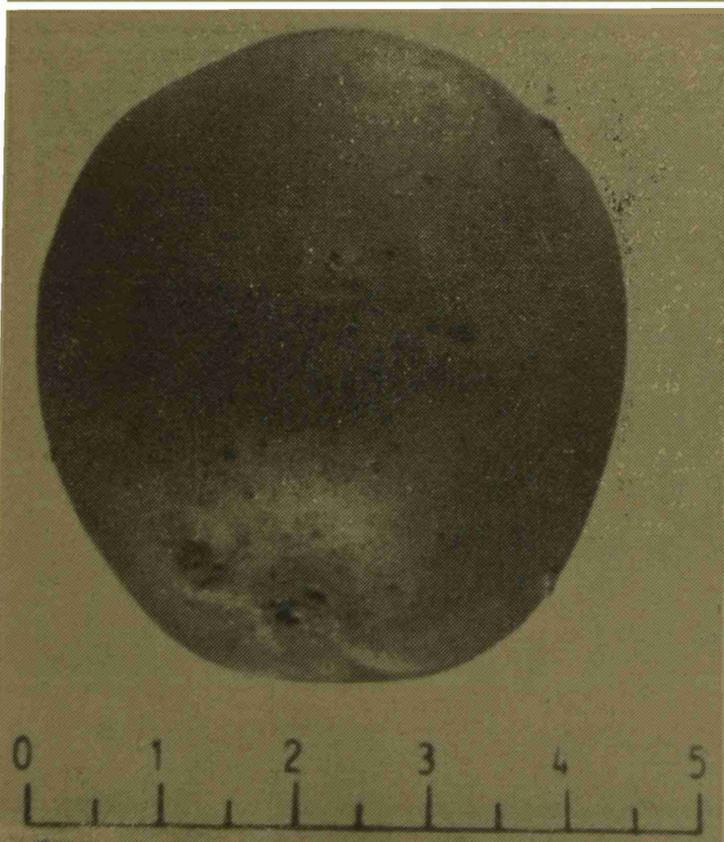
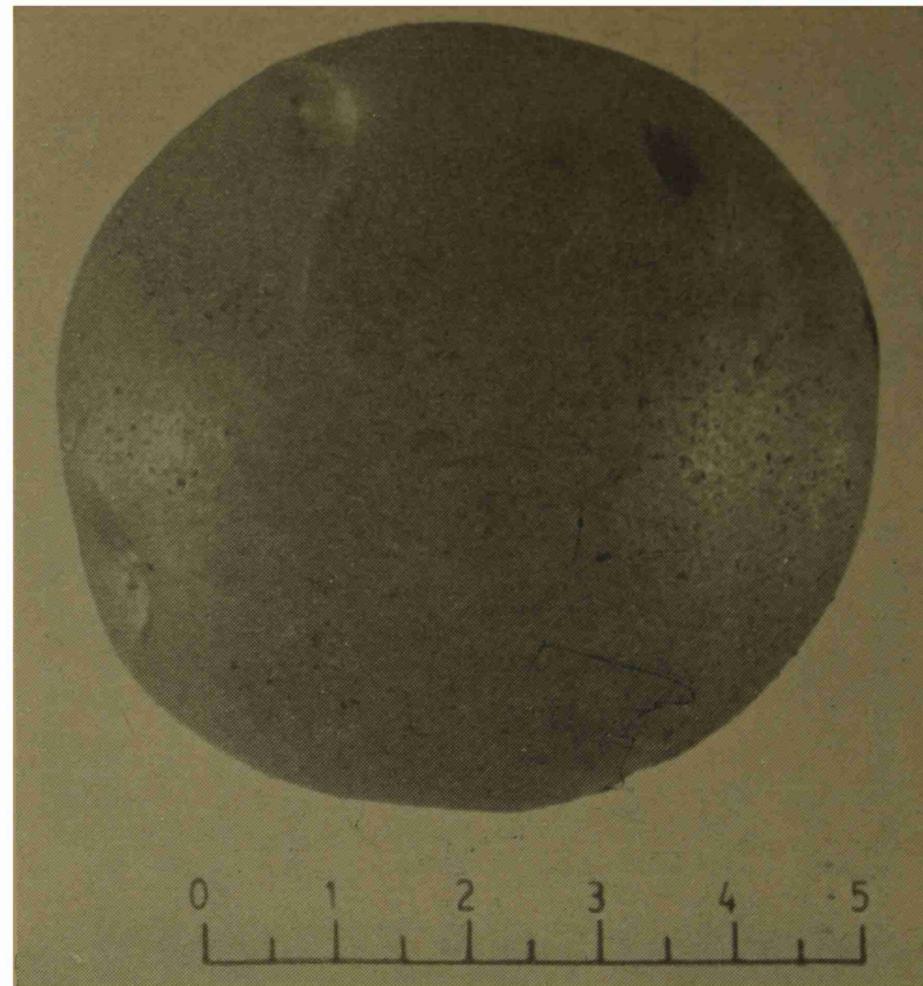
Con tubérculos producidos con follaje bajo la acción de luz y fotosíntesis, Claver (1961) demostró la capacidad de formar seis series de tubérculos de 1^a generación después de la extracción de los ya formados.

Este hecho plantearía la posibilidad que es necesario algún factor, inducido por la luz o por la fotosíntesis, para la tuberización o para la síntesis del almidón, y que luego de cuatro generaciones de tubérculos formados sin follaje en oscuridad, se agotaría.



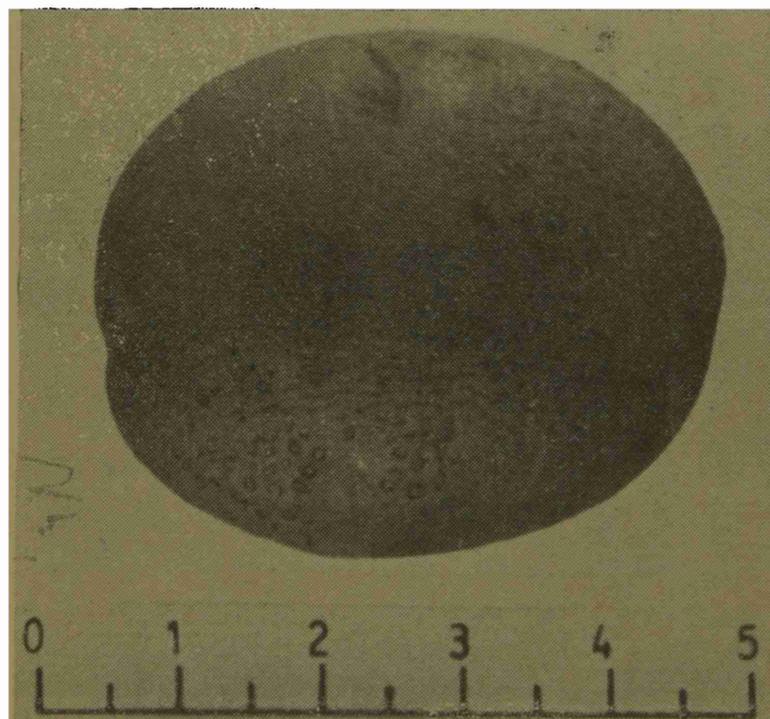
1

2



3

4



5

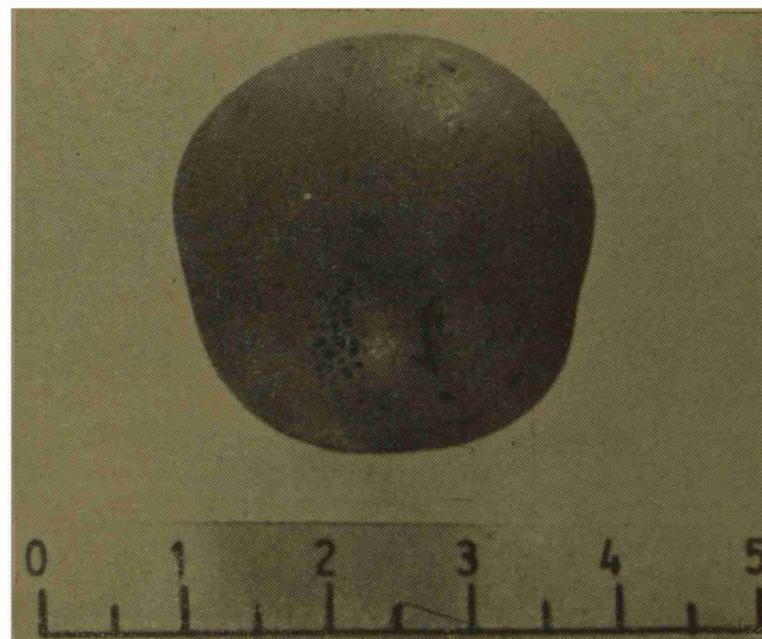
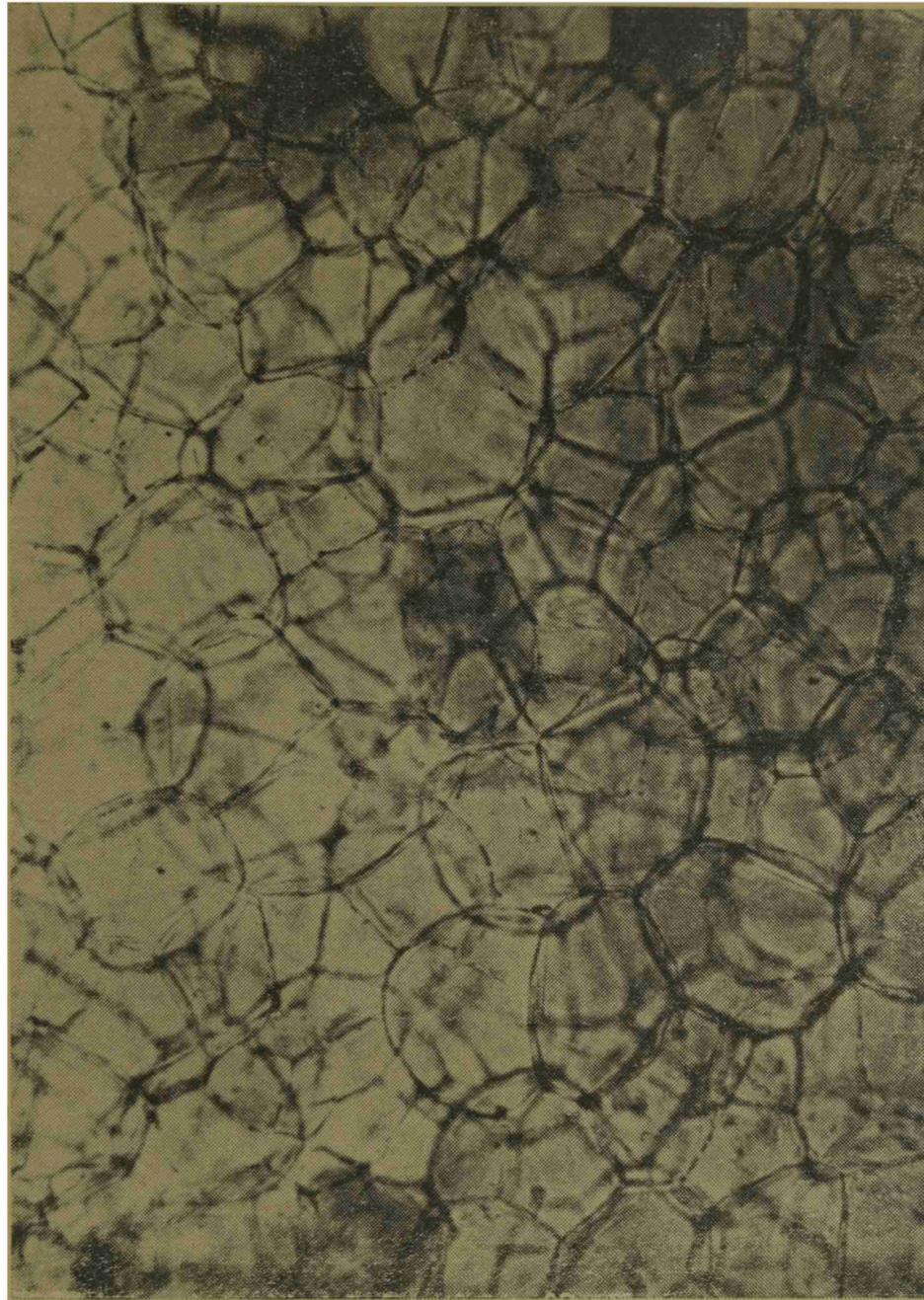
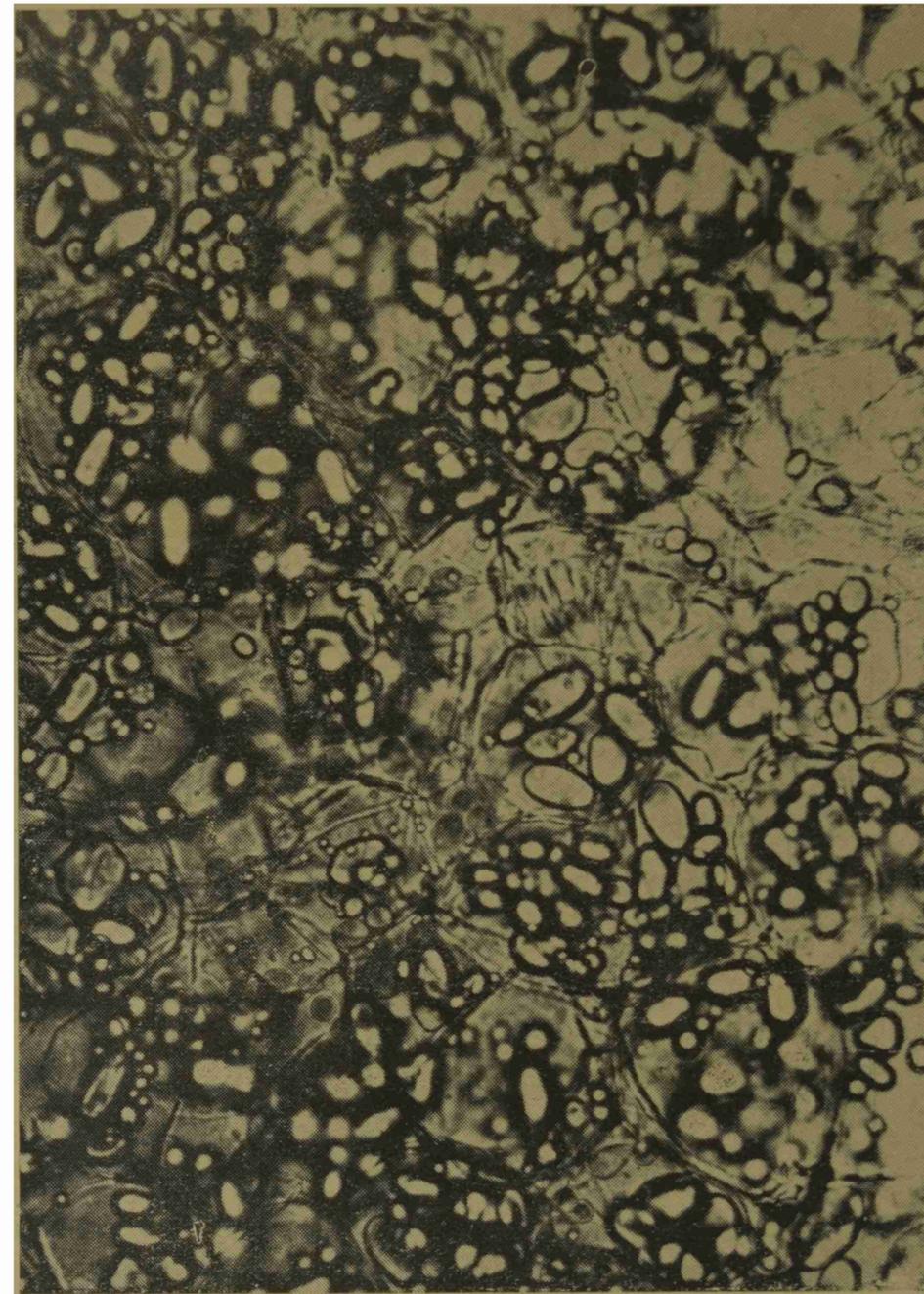


Fig. 1. — Formación de 4 generaciones de tubérculos sin follaje en oscuridad originados de un tubérculo con follaje. 1, Formado con follaje. Peso, 350 g. 2, 1ª generación sin follaje. Peso, 101 g. 3, 2ª generación sin follaje. Peso 54 g. 4, 3ª generación sin follaje. Peso, 34 g. 5, 4ª generación sin follaje. Peso 19.5 g.



4ta. generación sin follaje. No se observan granos de almidón después de brotados



1ra. generación sin follaje. Se observan numerosos plástidos

Fig. 2. — Cortes de parénquima de tubérculos de la 4ta. y 1ra. generación sin follaje tratados con solución de yodo-yoduro de potasio

Esto se relaciona con la diferencia encontrada en plantas provenientes de semillas verdaderas y brotes de papa cultivados "in vitro". Se demostró que los brotes son capaces de generar tubérculos ya sea en oscuridad o en luz; en cambio las plántulas solamente los forman en condiciones de luz (Claver, 1967).

La regulación del metabolismo del almidón por la luz sería a través de la fotosíntesis. La concentración del ácido fosfoglicérico aumenta durante la fotosíntesis y activaría la enzima que da lugar a una forma activa de la glucosa, adenosina difosfato glucosa (ADPG), necesaria para la síntesis del almidón. (Ghosh and Preiss, 1965). Bodlaender and Marinus (1969) informan que el tubérculo madre no es necesario para la tuberización. En nuestro trabajo hemos demostrado que el follaje no es indispensable para la formación de tubérculos hasta la 4ª generación, ratificando que la tuberización es una fase normal del desarrollo de las plantas que forman tubérculos.

Además los resultados indicarían que la formación de tubérculos constituiría un proceso de dos etapas: la iniciación de la tuberización que se debería a la acción de las fitohormonas sobre el cambio de la polaridad de las células del rizoma, y la 2ª etapa que estaría internamente relacionada a los factores de la formación de almidón, enzimas, cofactores energéticos, etc. Corroborando esta posibilidad Catchpole and Hillman (1969) indican que el etileno interviene en la iniciación de la tuberización, y que la deposición del almidón ocurre en una etapa separada.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- BODLAENDER, K. B. A. and J. MARINUS. 1969. *The influence of the mother tuber on growth and tuberization of potatoes*. Neth. J. Agric. Sci. 17 : 300-308.
- CATCHPOLE, A. H. and J. HILLMAN. 1969. *Effect of ethylene on tuber initiation in « Solanum tuberosum » L.* Nature 223 (5213), 1387.
- CHAPMAN, H. W. 1958. *Tuberization in the potato plant*. Physiol. Plantarum 11 : 215-224.
- CLAVER, F. K. 1951. *Influencia de luz, oscuridad y temperatura sobre la incubación de la papa*. Phytion. 1 : 3-12.
- 1956. *Observaciones sobre la tuberización de brotes de papa y Ullucus cultivados « in vitro »*. Rev. Fac. Agron. Univ. Nac. La Plata (3ª época), 32 (1), 111-122.
- 1961. *Ensayos sobre incubación de plantas tuberosas*. Rev. Fac. Agron. Univ. Nac. La Plata (3ª época), 37 (1-2), 73-95.

- 1967. *Influencia de la longitud del día y temperatura sobre la tuberización de brotes y plántulas de papa*. Rev. de Inv. Agrop. (INTA), Serie 2 ; 4 (12), 223-230.
- GHOSH, H. P. and J. PRÆISS. 1965. *The biosynthesis of starch in spinach chloroplast*. Jour. Biol. Chem. 240 (2), 960-961.
- GREGORY, L. P. 1956. *Some factors for tuberization in the potato plant*. Am. J. Bot. 43 : 281-288.
- MADEC, P. et P. PERENNEC. 1955. *Les possibilités d'évolution des germes et leurs conséquences*. Ann. Amélior, Plantes 5 : 555-574.
- 1959. *Le rôle respectif du feuillage et du tubercule mère dans la tubérisation de la pomme de terre*. Europ. Potato J. 2 : 22-49.
- TAGAWA, T. and Y. OKAZAWA. 1952. *Physiological and morphological studies on potato plants. Part 8 : Especially on the senility of potato tuber and its abnormal sprouting*. Memories Fac. Agric. Hokkaido Japan 1 : 185-193.