



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	馬鈴薯の生理、形態學的研究：第10報 馬鈴薯塊莖形成時に於けるアスコルビン酸の生理作用に就いて
Author(s)	田川, 隆; TAGAWA, Takashi; 岡澤, 養三 他
Citation	北海道大學農學部邦文紀要, 1(3), 240-245
Issue Date	1953-03-05
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/11521
Type	departmental bulletin paper
File Information	1(3)_p240-245.pdf



馬鈴薯の生理, 形態學的研究

第10報・馬鈴薯塊莖形成時に於けるアスコルビン酸の生理作用に就いて

田川 隆・岡澤 養三

(北海道大學農學部植物學教室)

Physiological and morphological studies on potato plants

Part 10. On the physiological behavior of ascorbic acid in the formation of potato tubers.

By Takashi Tagawa and Yoza Okazawa

(Botanical Institute, Faculty of Agriculture, Hokkaido University)

I. 緒 言

馬鈴薯塊莖は澱粉と共にアスコルビン酸の給源として重要な食物である事は衆知の事實である。而してアスコルビン酸はグルタチオン等と共に細胞内の酸化、還元現象及び呼吸作用の如き基本的生理機能に密接な關與を有するものであつて、これは植物体に於ては種子の發芽に際しての貯藏物質の分解、或は葉中で行われる光合成の過程に於ける同化産物と平行して形成されるものと考えられる^{2,9,14,15}。又一方アスコルビン酸は澱粉分解酵素、即ち α -アミラーゼ、 β -アミラーゼ等に阻害的に作用する事が多くの研究者に依つて報告されている^{5,7,10,12,13}。かくの如くアスコルビン酸は炭水化物の代謝に極めて密接な關係がある事が考えられる。

而して、馬鈴薯塊莖の形成期間のアスコルビン酸含量の變化に就いて、菅原¹⁷は塊莖の成熟に伴い増加するが、然しその増加率は成熟に従い減退すると述べている。

上記の諸事實より、馬鈴薯塊莖形成の際のア

スコルビン酸の増加が單なる蓄積ではなく、塊莖の肥大、澱粉の蓄積等に何等かの關係を有するものと考えられる。従つて本實驗は馬鈴薯の匍莖の發生より塊莖の完熟に至る間、時期別に塊莖部のアスコルビン酸含量を測定すると共に、併せて還元糖、非還元糖、澱粉の各含量をも定量的に追求し、以て馬鈴薯塊莖形成に際してのアスコルビン酸の生理的役割を究める目的で行つたものである。

II. 實驗材料並びに實驗方法

〔A〕 供試材料；農林省北海道廣島馬鈴薯原種農場昭和25年度産馬鈴薯「男爵薯」を用いた。

〔B〕 育成法；圃場は北海道大學附屬農場を用い、基肥として坪當り堆肥30kg、硫安60g過磷酸石灰20g、硫酸加里20gを施し、4月20日畦幅100cm、株間60cm、覆土10cmで全粒のまま播種した。その後の栽培管理は常法に従つて行つた。

〔C〕 測定法；

a) アスコルビン酸含量はビタミン標準定量法の藤田法³)に據つた。

b) 還元糖, 非還元糖の測定は前報¹⁸⁾に準じ又澱粉の測定はデアスターゼ法を用いた。分析値はいずれも試料生重量 1g 中の含量をmgを以て示した。

III. 實驗結果

馬鈴薯は播種後 20~30 日で萌芽するが, その後 10 日目頃に地下主莖の葉腋部より匍枝を發生し更にその後 1~2 週間の伸長期間を経て, 匍枝の先端が膨大し塊莖の形成を來たすものである。

今説明の便宜上塊莖の全成育期を匍枝伸長期(5月20日~6月10日), 塊莖形成期(6月10日~6月24日), 塊莖成熟期(6月24日~8月10日)の3期に分けた。

つこの期間, その急激な増加が認められたが, 他方非還元糖の含量は僅少で, その含量も顯著な變化は認められなかつた。

(2) 塊莖形成期(6月10日~6月24日)。

本期は匍枝の伸長停止と共に, その先端部の膨大, 更に小形の塊莖形成をみる期間である。而して本期間を通じ新塊莖の生長は極めて著明であるので, その間の變化を詳細に追求する目的で, 次の如く 2~4 日目毎に分析を行つた。

- a) 6月12日; 匍枝の伸長停止。
- b) 6月16日; 匍枝先端の白色不透明化。
- c) 6月18日; 匍枝先端の膨大開始。
- d) 6月20日; 匍枝先端, 更に肥大。
- e) 6月24日; 小塊莖の形成。

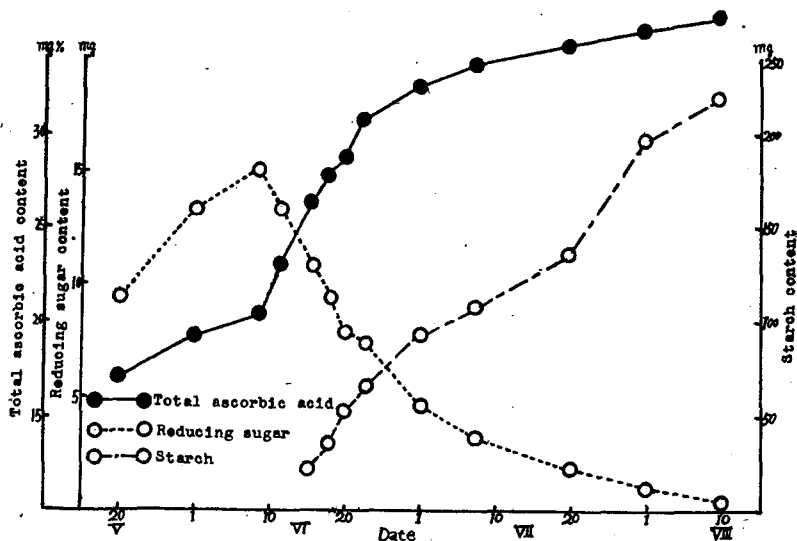


Figure 1. The variations of total ascorbic acid, reducing sugar and starch contents in the tips of potato stolon and tubers.

(1) 匍枝伸長期(5月20日~6月10日)。

本期間には匍枝は専ら伸長を行い, 先端の膨大は未だ起らない。而して第1圖に示す如く, 匍枝内のアスコルビン酸は次第に増加し, 總アスコルビン酸量は 17.14 mg %より 20.15 mg %に増加した。然し本期間にみられた還元型アスコルビン酸の増加率に比し, 酸化型アスコルビン酸の増加率はより大であるため, 従つて還元型對酸化型の比率は減少の傾向が認められた(第2圖参照)。一方炭水化物としては主に還元糖の形でみられ, 且

この期間, 各含量の變化は顯著であつて, 匍枝の伸長停止と共に, 還元糖の急減, アスコルビン酸の急増が見られ, 又以上の變化に相應じ匍枝の先端部に澱粉の蓄積開始がみられた。即ち匍枝の伸長停止と共に, 今迄 13.64 mgの含量を示していた還元糖は次第に減少し始め, 小塊莖形成時には 7.02 mgと約半量に減じた。他方總アスコルビン酸は 23.05 mg %より 30.77 mg %まで急激に増加を示した。而してこの際アスコルビン酸は還元型の増加と, 酸化型の減少が相反的に起るので,

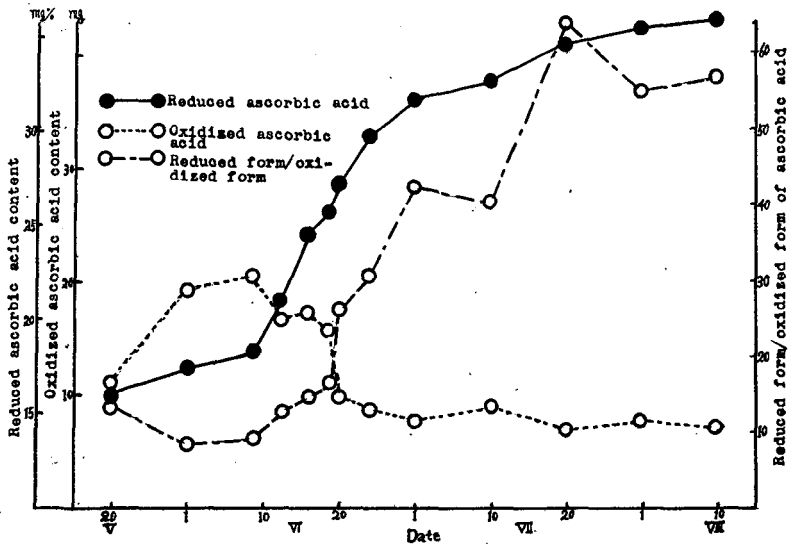


Figure 2. Variations of the reduced form, oxidized form and the reduced form/oxidized form of ascorbic acid in the tips of potato stolon and tubers.

従つて還元型對酸化型の比率は増加の傾向を示した。又、以上の變化にやや遅れ澱粉は匍枝の伸長停止と共に、先端部皮層の最内側の内皮の部分に小澱粉粒として蓄積を開始し、次いで漸次全組織を通じその分布が見られる様になつた。

(3) 塊莖成熟期(6月24日~8月10日)。

本期は開花期を過ぎ、塊莖の肥大が最も盛に行われる期間であり、アスコルビン酸の増加と還元糖の減少が引き続き行われ、一方澱粉の蓄積は益々盛になる事が認められた。即ち、前期に於いて急激に増加したアスコルビン酸は漸次その増加率を減少するが、收穫期まで、その含量は増加の一途を示し 36.46 mg % となつた。且つ、この増加は主に還元型アスコルビン酸の増加に依るもので、還元型對酸化型の比率は 58.87 に増大した。

以上の結果より全期間を通じ、塊莖形成期に於けるアスコルビン酸の増加、特に還元型アスコルビン酸の増加が成熟期に於ける澱粉の蓄積に間接的に何らかの関係があると考えられる。尙、これに關して、成熟塊莖の皮層部、髓部に於けるアスコルビン酸各含量の變化を示すと第3圖、第4圖の如くである。即ち、7月以降塊莖の肥大の盛んな期間は各含量はいずれも皮層部に多く、又還元糖、非還元糖の減少、澱粉の増加は前報¹⁸⁾と同

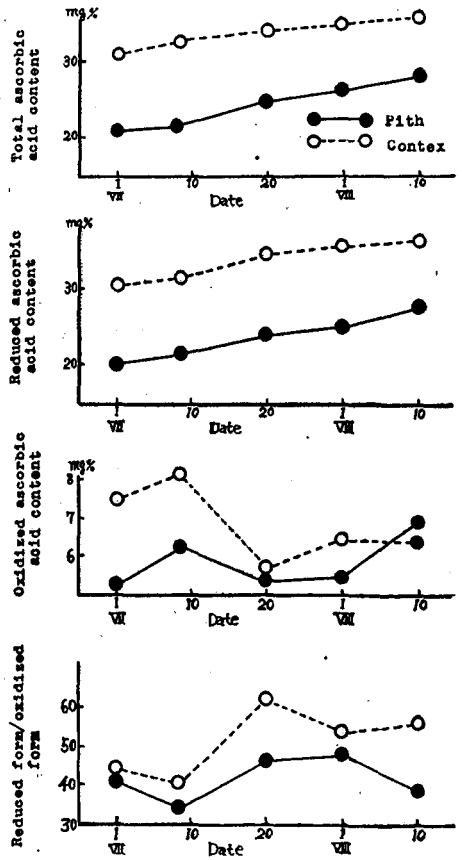


Figure 3. The variations of ascorbic acid contents in the pith and cortex of the potato tubers on its development.

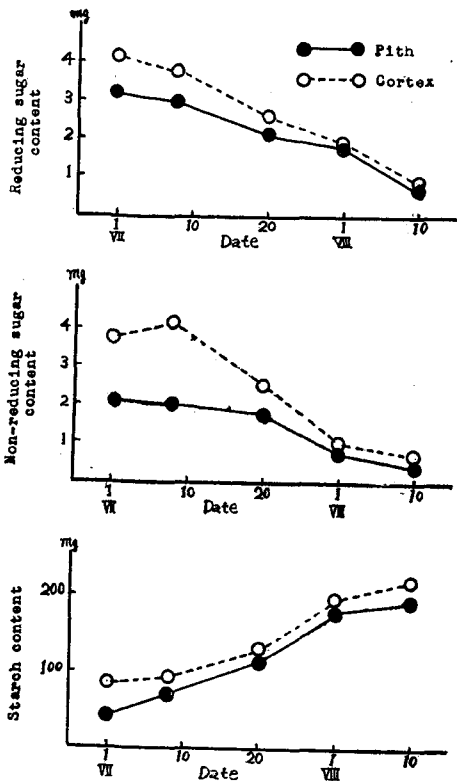


Figure 4. The variations of carbohydrates in the pith and cortex of potato tubers on its developments.

様の傾向を示し、いずれも皮層部に於て顕著な變化が見られる。一方アスコルビン酸含量の増加は主にその還元型によるものであるが、然し還元型酸化型いずれも皮層部の含量が著明である。只、酸化型は皮層部に於いて生育の初期多かつたのが末期には髓部より少くなつた。これは髓部の酸化型アスコルビン酸は末期に若干の増加を示した事によるものである。従つてアスコルビン酸の還元型對酸化型の比率は皮層部に大きく、而も收穫期に於いて皮層部の増加と髓部の減少が認められた。

IV. 考 察

馬鈴薯塊莖はアスコルビン酸(ビタミンC)の給源として極めて重要なものであり、従つてこれに關する研究も多く報告されている。馬鈴薯塊莖は生育中に於いて總アスコルビン酸含量の増加を來たす事は菅原¹⁷⁾が報告している。併し同氏はアスコルビン酸含量の増加と澱粉の蓄積に關しては

何等言及していない。本實驗結果に於いては塊莖の形成前よりアスコルビン酸の急激な増加と、還元糖の急激な減少が認められた。此の場合、アスコルビン酸の増加は塊莖内で生成されたものか、或はアスコルビン酸の形で葉部より轉流したものであるかに就いては猶今後の研究に俟つところであるが、Brown及びMorris¹⁾、Ray¹³⁾、菅原¹⁶⁾、伊藤⁹⁾並びに西田¹⁰⁾等により、一般にアスコルビン酸はその前驅物質として六單糖、特に葡萄糖、マンノース等が擧げられている。従つて塊莖形成時に起る還元糖の激減は澱粉の合成材料として用いられる一方、その一部はアスコルビン酸の合成に用いられる事は豫想に難くない。而して更にPett¹¹⁾は塊莖の萌芽に際し、塊莖内のアスコルビン酸含量の増加を報告しており、又Guthrie¹⁴⁾は塊莖のエチレンクロールヒドリン處理に依りアスコルビン酸含量の増加を認めている。更に菅原¹⁷⁾も亦同様に肥大中の塊莖内でアスコルビン酸が合成されることを暗示している。以上の諸事實から考察するとき、塊莖形成時の匍枝先端部に於てアスコルビン酸が増加することは、葉部よりアスコルビン酸として轉流して來ると共に、一部はこの部分で糖より合成される事が考えられる。次いで塊莖は成熟期に到るとアスコルビン酸含量は約30mg%となり、その後の増加率は著しく減少した。一方澱粉の蓄積は塊莖の形成初期より、むしろ成熟後期に盛である事は本實驗並びに前報¹⁵⁾より明かなところである。従つて澱粉の蓄積の最盛期はアスコルビン酸含量が一定値以上になつた後に來る事が認められる。又塊莖個体内に於けるアスコルビン酸の分布をみるに第3, 4圖に示す如く、髓部よりもアスコルビン酸含量に富む皮層部が糖、及び澱粉に富む事も認められるので、従つてアスコルビン酸は塊莖内の澱粉蓄積に何等かの關係をもつことが考えられる。

一方Purr¹²⁾、Hanes⁵⁾、西田¹⁰⁾等は植物のアミラーゼ糖化力は還元型アスコルビン酸に依り阻害されることを報じ、Janicki⁷⁾は酸化型のアスコルビン酸に依り阻害されると述べている。

又富田¹⁹⁾²⁰⁾²¹⁾は甘藷の塊根を用いて同様な事を認めている。筆者等も前報に於て、馬鈴薯塊莖

の成熟と共にアミラーゼ作用力が減少することを報告した。更に本実験に於いて、塊莖の成熟と共にアスコルビン酸含量の増加が認められた事は馬鈴薯塊莖に於てもアスコルビン酸に依るアミラーゼ作用力の阻害が推測される。従つてアミラーゼ作用力の減少はフォスフォリラーゼ⁶⁾に依る澱粉の合成に對しても何らかの影響を及ぼすものと思われる。

V. 摘 要

本研究は生育中の馬鈴薯の匍枝並びに新塊莖内のアスコルビン酸、還元糖、非還元糖、澱粉等の生育時期別による含量の變化を追求すると共に特に塊莖の形成、並びに澱粉の蓄積とアスコルビン酸含量の變化の相互關係を明かにする目的で馬鈴薯「男爵薯」を用いて行つたものである。本實驗結果を要約すれば次の如くである。

(1) 匍枝の伸長期には總アスコルビン酸、並びに還元糖の増加が認められた。

(2) 塊莖形成期に於ては匍枝先端部に於いてアスコルビン酸、特にその還元型の増加と、還元糖の減少が顯著に認められた。

(3) 塊莖成熟期に到り還元型アスコルビン酸の増加率の減退と共に、澱粉蓄積の増加が認められた。

(4) 新塊莖内に於けるアスコルビン酸は皮層部に多く髓部に少ない。澱粉の組織別分布状況も

これと平行關係を示した。

(5) 新塊莖内のアスコルビン酸は澱粉の蓄積に對して何らかの關係を有する事が思推される。

参 考 文 献

- 1) Brown, H. T. and G. H. Morris: Jour. Chem. Soc., 57(1890), 458-528.
- 2) Clark, W. G: Bot. Gaz., 99(1937), 116-123.
- 3) 藤田秋治: ビタミン標準定量法, (1948), 80-88.
- 4) Guthrie J. D: Contr. Boyce. Thompson. Inst., 9 (1947), 17-39.
- 5) Hanes, C. S: Biochem. Jour., 29(1935), 2588-2603.
- 6) 伊藤信夫, 水野利雄: 農學, 2(1948), 382-384.
- 7) Janicki, J: Enzymologia., 7(1937), 182-192.
- 8) 丸尾文治: 日農化誌, 23(1950), 271-274.
- 9) 松岡富治: 日農化誌, 12(1936), 1203-1210.
- 10) 西田泰二: 生化學, 23(1951), 59-63.
- 11) Pett, L. B: Biochem. Jour., 30(1936), 1228-1232.
- 12) Parr, A: Biocem. Jour., 28(1934), 1241-1148.
- 13) Ray, S. N: Biochem. Jour., 28(1934), 996-1003.
- 14) Sugawara, T: Jap. Jour. Bot., 10(1939), 141-150.
- 15) ———: ———, 10(1939), 325-333.
- 16) ———: ———, 11(1941), 147-165.
- 17) 菅原友太: 農及園, 21(1946), 465-468.
- 18) 田川隆, 岡澤養三: 北海道馬鈴薯採種組合連合會資料 No. 5 (1949), 1-13.
- 19) 富田翔子: 醸酵工學雜誌, 28(1950), 432-437.
- 20) ———: ———, 29(1950), 437-440.
- 21) ———: ———, 29(1951), 137-142.

Résumé

This investigation is one of a series of experiments carried out under the title of physiological and morphological studies on potato plants. It has long been known that potato tubers are an important source for the supply of ascorbic acid (Vitamin C) as a dietary essential for human nutrition. Although a great number of studies on the ascorbic acid contents in potato tubers have recently been reported by many investigators, few data concerning the influence of ascorbic acid on the tuberization and maturity of the potato tubers, especially on the accumulation of starch in the new tubers, are available. In the present investigation, in extending the work on the carbohydrate metabolism of potato tubers, particular attention was given to a study on the physiological interrelationship between the accumulation of starch and the variation of ascorbic acid content in the potato tuber during the time of its development. The analysis was carried out on the following fractions, namely, total ascorbic acid, reduced ascorbic acid, oxidized ascorbic acid, reducing sugar, non-reducing sugar, and starch during the period from late May to the beginning of August. The experimental results obtained may be summarized as follows;

- 1) The ascorbic acid metabolism during the stolon elongation stage.

The stolon arises in the axils of underground main stem soon after the germination. The total ascorbic acid and the reducing sugar contents in the stolon increase with the development of the stolon. At this stage, however, the amount of ascorbic acid, especially in the reduced form, in the stolon tips was less than that of the following stage; the decline of the ratio of reduced form/oxidized form of ascorbic acid may be pointed out as a characteristic feature at this stage.

2) The ascorbic acid metabolism during the tuberization stage. The duration of this stage is very short, from the middle of June to late in June. The tips of the stolons began to swell into a spindle shape as soon as the elongation ceased and then gradually became tuberous through the deposition of starch in them. As a characteristic feature at this stage a conspicuous increase of ascorbic acid content and a decrease of reducing sugar content in the stolon tips were recognized. When reviewing the works of Purr, (1934), Hanes (1935) and Nishida (1951) which state that the ascorbic acid is very effective for inhibiting amylase activity, it is very interesting to assume that the ascorbic acid in the potato tubers may act as an activator in the formation of starch in the stolon tips. In the previous paper, the authors have reported the fact that the amylase activity declined rapidly with the development of new tuber. This experimental evidence reported by the authors added confirmatory support to the previous assumption of inhibitory effect of the ascorbic acid upon the amylase activity. At any rate, a close relationship between the accumulation of starch and the increase of the ascorbic acid content in the new tubers is supposed to exist.

(3) The ascorbic acid metabolism during the tuber maturing stage.

When the tubers attained maturity the leaves gradually died, and the onset of ripening of the new tubers roughly coincided with the yellowing and drying up of the vines. With the increasing maturity of the tuber the rate of increase of the ascorbic acid content in the new tuber slackened gradually. With respect to the detailed ratio of the constituents of ascorbic acid, an increase of the reduced form and a decrease of the oxidized form were recognized. Accordingly the ratio of reduced form/oxidized form of ascorbic acid also rose. Concomitant with these changes of the ascorbic acid content according to the tuber maturity, the starch content in the new tuber increased steeply.