



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	馬鈴薯の生理、形態學的研究 第5報 : 生育期間中に於ける馬鈴薯塊莖内窒素化合物の消長に就て
Author(s)	田川, 隆; 岡澤, 養三
Citation	札幌博物学会会報, 19(1-2), 16-23
Issue Date	1950-08-31
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/64371
Type	journal article
File Information	Vol.19No.1-2_003.pdf



馬鈴薯の生理、形態學的研究

第5報・生育期間中に於ける馬鈴薯塊莖内

窒素化合物の消長に就て

Physiological and morphological studies on potato plants

Part 5. Distribution of nitrogen fractions in the potato tubers

田川 隆・岡澤養三

Takashi Tagawa and Yozo Okazawa

北海道大學農學部植物學教室

〔I〕 緒 言

前報¹⁵⁾ 16) に於て、筆者等は馬鈴薯塊莖内に於ける炭水化物代謝に關し、その主要貯藏炭水化物たる澱粉と生活エネルギー源となる糖類との間に、生育期間並に休眠、貯藏期間を通じ兩者間の合成、分解が可逆的に行はれ、且アミラーゼ酵素、更に塊莖組織の水素イオン濃度等の關係と共にそれら相互間の有機的關係を明らかにした。

馬鈴薯は塊莖の營養繁殖に依り栽培が行われ、從つて萌芽に際し、その貯藏窒素化合物が複雑な分解合成を経て、新器官形成に必要な原形質蛋白、フォスファチッド、葉綠素、酵素等の含窒素諸物質の構成材料として用ひられる事は、貯藏炭水化物が力源的材料として用ひられる事と相俟つて重要な事實である。特に種子に依つて發芽する植物と異なる點は、夫等に比して多量の貯藏窒素化合物が唯に萌芽の際のみならず、地上莖葉部の完成後、更に新塊莖の形成に際しても著しい影響を及ぼす事は幾多の研究に依つても明かな處である。^{4) 5) 8) 9)}

斯く馬鈴薯塊莖は萌芽に際し窒素供給源として重要な役割を有するものであるが、更に新塊莖の形成に際し、之等貯藏窒素化合物の蓄積狀況に就いても一應考慮する必要がある。尙是に就ては Appleman²⁾ 及び Singh¹³⁾ 等に依りその概要は略ぼ明かにされたが、詳細に就いては幾多の問題が残されている。依つて本實驗に於ては馬鈴薯の生育期間中に於ける親、並に子塊莖内窒素化合物及び糖分の消長を生育期別に檢し、二三の結果を得たので茲に第5報として報告する。

猶本研究實施に當り實驗材料入手に就て御配慮を賜つた、農林省札幌農事改良實驗所島松試驗地、永田利男技官に深甚なる謝意を表する。尙本研究は文部省科學研究費の援助に依り施行せられたものの一部である。茲に同省に對し感謝の意を表する。

〔II〕 實驗材料並に實驗方法

〔A〕供試材料：實驗材料は馬鈴薯「男爵薯」（農林省札幌農事改良實驗所島松試驗地、昭和23年度産）を用ひた。試料は冬期地下貯藏したものを昭和24年4月20日に掘出し、之を800倍ウズブルン液にて30分間表面殺菌後、陰干しにした後種薯として使用した。

〔B〕育成法：上記種薯を5月4日全粒のまま圃場に播種し、肥料及び管理は前報¹⁶⁾ に準じて行つた。

〔C〕測定法：分析は重量法に依り、特に頂芽部並に側芽部に就き、下記の各態窒素に關し分析を行つた。先づ直徑10耗の木栓穿孔器で頂芽及び側芽部を貫通し、各々厚さ約3耗の圓盤狀の小組織片を採つた。此の場合10個の塊莖より各々1個計10個をとり、之を分析試料とし、蛋白態窒素、可溶性總窒素、アンモニア態窒素、アミド態窒素、硝酸態窒素、アミノ酸態窒素、還元糖、非還元糖を測定した。猶殘余窒素とは可溶性總窒素よりアミノ酸、アミド、アンモニア、硝酸の諸態窒素を差引いたもので、又蛋白態窒素及び可溶性態窒素との和を以て總窒素量とし、數字はいずれも塊莖生体重10瓦中に含まれる窒素を厘で示す。

〔Ⅲ〕 實驗結果及び考察

(1) 親塊莖内に於ける窒素代謝：馬鈴薯塊莖内の窒素化合物に就て朝井,³⁾ 佐藤¹¹⁾等は塊莖生重量の約2%は蛋白質であると述べ、吉村¹²⁾は塊莖の全窒素の64.5%が蛋白質であるとし、又田所¹³⁾は窒素化合物の $\frac{2}{3}$ は純蛋白質のチュベリンであるとしている。而して播種後の塊莖内窒素成分の變化に就いては古く Fittbogen,⁵⁾ 及び Jones⁷⁾ 等の研究により蛋白質、澱粉、脂肪その他の諸成分は播種後急激な減少をみるが、此等はいずれも相當後期まで生育に影響を及ぼすと述べている。更に Denny⁴⁾ は不溶性態窒素、可溶性窒素、アンモニア態窒素、アミド態窒素、アミノ酸態窒素、鹽基性態窒素等は發芽と同時に一樣に親薯から移動する事を確めた。而して本文に於ては下記諸實驗結果を綜合し、且つ説明の便宜上塊莖播種後萌芽が地上に萌出する時期までを萌芽前期とし、それ以後の時期を萌芽後期とし夫等兩期に於ける各態窒素の消長について論ずる(第1圖参照)。

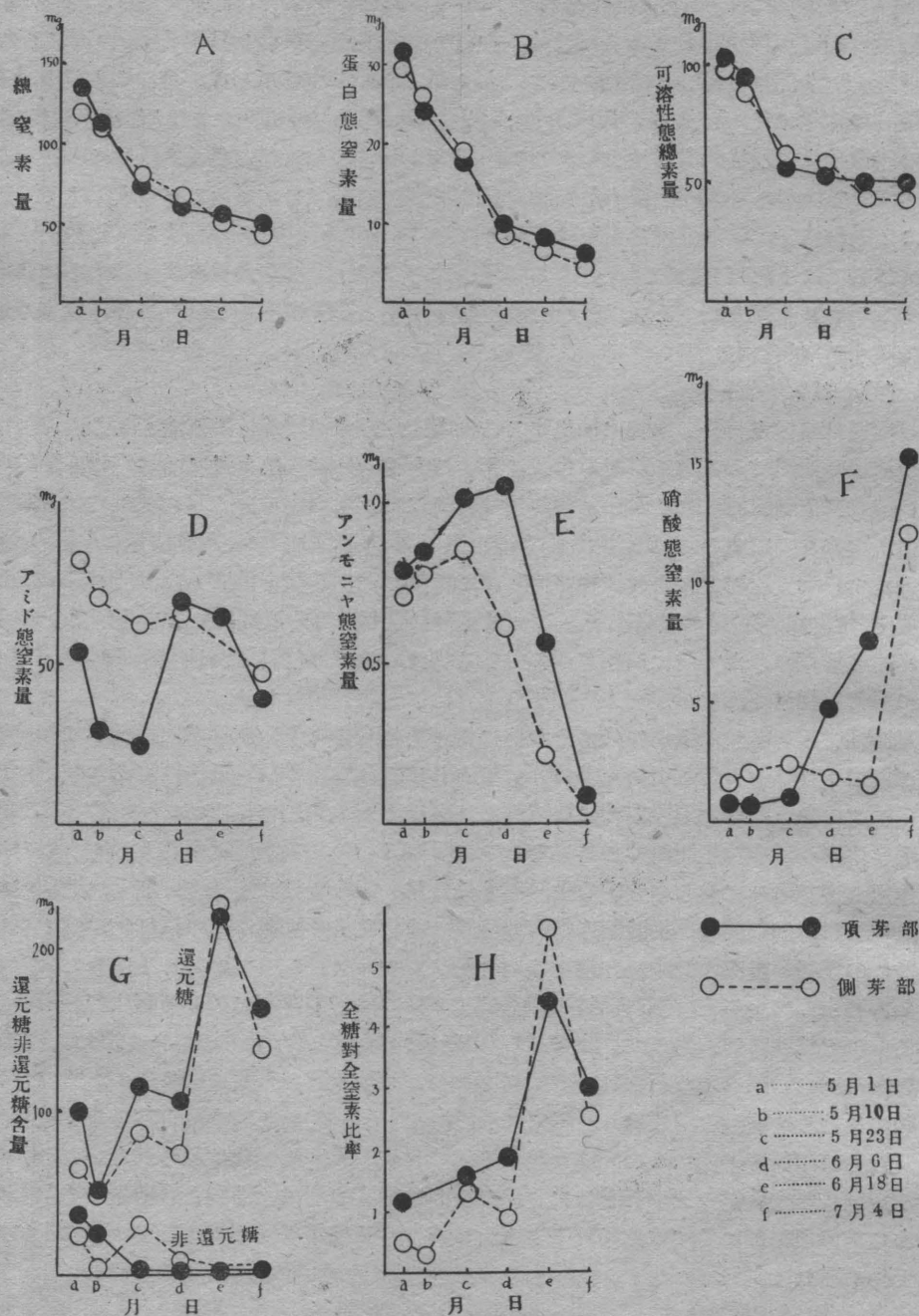
(a) 親塊莖萌芽前期

本期は播種後萌芽が地表に抽出するまでの間で、未だ葉綠素の形成もなく、光合成作用の営まれない期間である爲、萌芽の生長に要する力源的材料は第1報に示した如く、貯藏炭水化合物の消費に依つて行はれるが、萌芽の構成材料に必要な窒素成分も専ら塊莖内に貯藏されたものにおおぐものである。Denny⁴⁾もこの事實を認め、この間に塊莖乾物量の $\frac{1}{4}$ ~ $\frac{1}{3}$ が消失すると云ふ。本實驗結果によれば總窒素量はこの期間に約半量を消費した(第1圖,A)。殊に蛋白態窒素(第1圖,B)の減少は著しく、これは萌芽に際し蛋白分解酵素による分解によるもので、この作用は塊莖のうちで特に頂芽部が盛である。此の分解産物は可溶性窒素(第1圖,C)となり萌芽に移行し利用されるが、一方この型で塊莖内に一時蓄積される。而して本期にみられる塊莖内可溶性窒素含有量は蛋白の分解その他に由來する全量より、萌芽部に移動して新植物体の構成に利用されるものを差引いた差が分析値として表れてくる故、蛋白態窒素の減少に比しその含量はすくない。この期間中特に興味のある事は、可溶性窒素中アンモニア態窒素の増加と、アミド態窒素の減少が相對的である事である(第1圖,D,E)。前報¹⁶⁾に報じた如く、この期間は呼吸作用が盛であるに拘らず酸素の供給不十分な爲、糖の酸化は不完全となり、塊莖内に一時的に酸性物質、即ち乳酸、枸橼酸等の有機酸類の蓄積に依る組織搾汁の酸性化が認められた。それ故この期間、蛋白の急激な分解より生じたアンモニアは、前記の酸類と結合し、有機酸の鹽として存在しているとみられ、特に頂芽部に多いのは、頂芽部に於ける蛋白の分解の盛な事に因るものと思はれる。尙この期間に見られる一時的なアミドの減少は、一部は地上莖葉部構成材料としての該部への移行と、一部はアンモニア形成を伴ふ分解に因るものと思はれる。尙この間に於ける含糖量の消長は、前報¹⁶⁾に示した如く、一時的な減少後再び増加を見る時期であり、斯くて硝酸態窒素はこの間僅な増加を示すに留り顯著な變化は見られない(第1圖,F)。次に總窒素量と全糖量の比率を看るに、此の期間は窒素の急激な消費と含糖量の増加を見る時期である爲、頂芽部に於ては比率は1より大であり、又側芽部は小數下より次第に1に近づくことが認められた。

(b) 親塊莖萌芽後期

この期間、地上部は生育の最も旺盛な時期で、綠葉に依る光合成作用と相俟つて、根系より無機窒素の吸収も盛んで、葉中で蛋白質の合成が盛に行はれ、親塊莖より全く獨立した榮養生活を営むものと考へられる。Denny⁴⁾に依ると、本時期の初期には尙未だ親塊莖の存否は收量に影響し、親塊莖内物質の80%までこの期間に失はれ、諸態窒素化合物は徐々に地上部

第1圖 親塊莖内諸態窒素量の變化



その他に移動する。而して末期に至つて塊莖の腐敗に依る有害物質が生長に悪影響を及ぼすと述べている。

本實驗結果から考察すると、總窒素、蛋白態窒素、可溶性窒素（第1圖A,B,C）はいずれも前期より減少度が緩徐になり、特に頂芽部が側芽よりやゝ多い事等は、地上部の獨立栄養の確立に依り、窒素源としての塊莖は補助的なものとなり、唯僅少乍ら徐々に地上部に移動する事が認められる。

併し一方可溶性態窒素中の諸態窒素の變化はなほ複雑であつて、一時蓄積したアンモニア態窒素は（第1圖, E）頂芽部、側芽部共に約 $1/10$ に急減し、且つアミド（第1圖, D）は再び一時的に増加を示し、特に頂芽部では初發量よりやゝ多量となつた。これは前報¹⁶⁾に示した如く、この時期には一時蓄積された有機酸類も消費され、組織搾汁の酸度も減少し、且つ還元糖の含量の増加等に依りアミドの形成は容易となり、且つ地上部への移動速度が緩くなつた爲、アンモニアはアミドに轉換、蓄積したものである。Schulze¹²⁾は塊莖中のアミドはアスパラギン及びグルタミンであることを證明している。硝酸態窒素（第1圖, F）はこの期間急激に増加を示している。 ^{15}N 率に就てみるとこの期間は總窒素量の緩慢なる減少と、還元糖の増加に依り常に1より大なる値を示し、この期間塊莖は地上部に對し補助栄養源としてではなく、Miller,⁹⁾ Seliber, Sikorski 等の述べる如く機械的に保水の役をなすものとみられる。

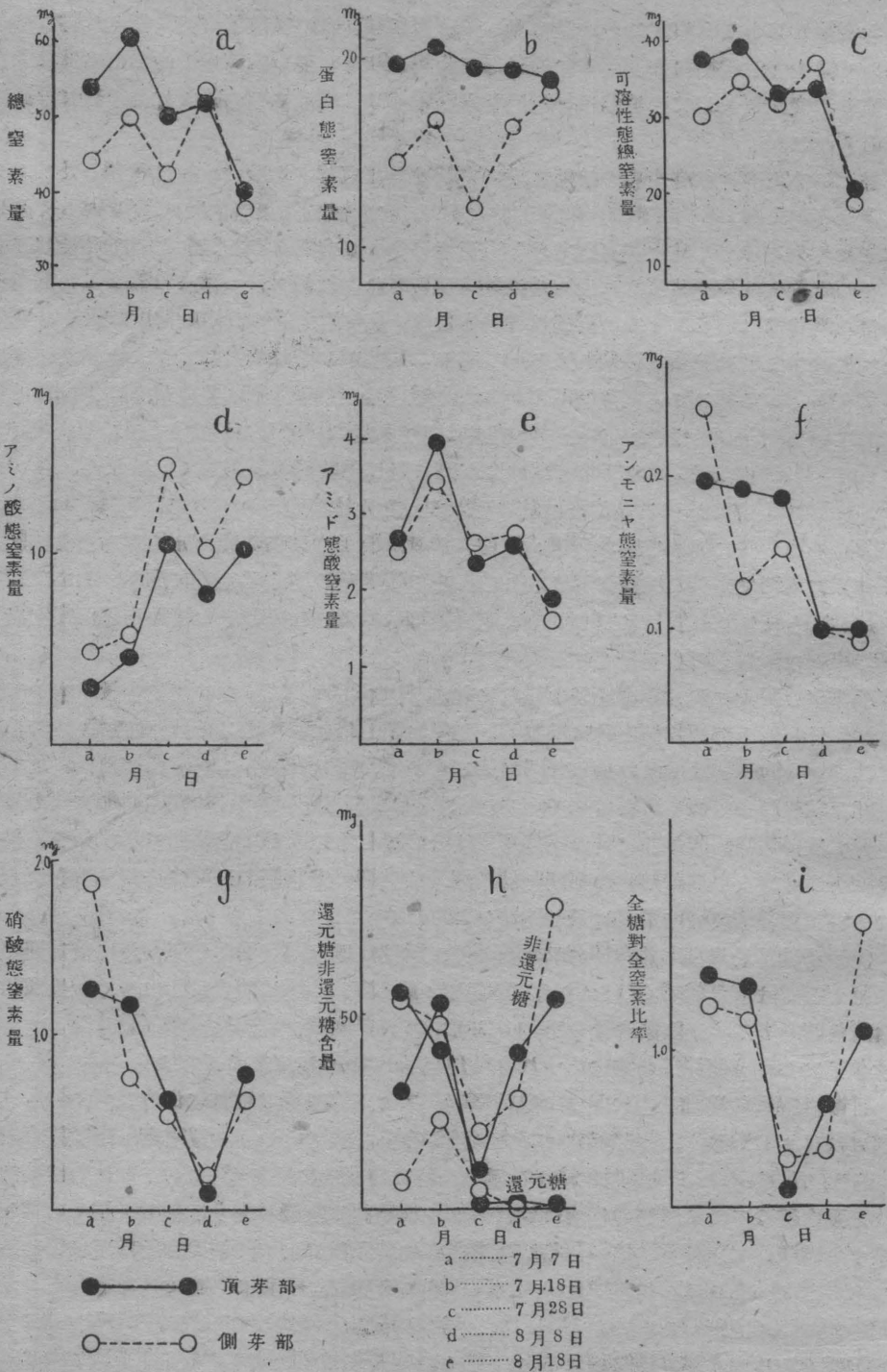
(2) 子塊莖内に於ける窒素代謝：播種後40日前後より匍枝の肥大開始がみられ、開花期（6月7日）には既に小型の塊莖が形成される。その後塊莖の肥大は急激に進み、次いで莖葉の枯凋開始がみられる8月初旬に至つてやゝ肥大速度は緩慢となり、その後地上部が完全に枯死するまで徐々ながらその生重量を増した。

子塊莖の肥大に伴ふ窒素成分の變化に就き Singh¹³⁾は、塊莖内の窒素含量は極めて僅少であるが、併し地上部の乾枯と共に増加し、完熟に際し僅に減少すると述べて居り、この減少に就ては Appleman²⁾は蛋白の加水分解に依るもので、これは充分生長を遂げた後、塊莖の完熟に重要な過程の一である事をのべている。本實驗に於ては、塊莖の休眠、萌芽に際し重要な役割を有する頂芽部、側芽部に就き諸態窒素成分の變化を追求して第2圖に示す如き結果を得た。尙説明の便宜上子塊莖形成の全期を幼年期、成熟期、完熟期の三期に分ち、それら各時期別に子塊莖内窒素成分の消長に就き論ずる。

(a) 子塊莖幼年期：前報¹⁶⁾に示した如く、本期は所謂開花期より開花後に亘る期間で、塊莖の肥大速度は未だ顯著ではないが、塊莖内の還元糖、非還元糖含量共に多く、生理的に極めて活潑な時である。又窒素含量の増加も顯著で蛋白態窒素、可溶性窒素（第2圖, b, c）は共に頂芽部に多く、側芽部と共にいずれも増加を示している。

可溶性窒素の増加は主にアミノ酸態窒素、アミド態窒素の増加に依り、（第2圖, d, e）頂芽部にはアミドが多く、側芽部にはアミノ酸が多い。唯アンモニア態窒素と硝酸態窒素（第2圖, f, g）はいずれもこの間急激な減少を示し、特に側芽部に於て著しい。これらは葉内で合成された蛋白質はアミノ酸等の可溶性物質として塊莖内に移動し來り、他方又根その他の器官に由來する硝酸、アンモニア等の無機窒素も同様に塊莖内に於て諸種の合成作用に用ひられるに因るものと考へられる。前報¹⁶⁾及び本實驗結果に依るも、本期には還元糖含量多く、又 Singh¹³⁾の示す如く呼吸作用も盛である爲、硝酸の還元、アンモニアよりアミド、更にアミノ酸合成が盛であるべき事が豫想されるが、特にこの期間は頂芽部にアミドの蓄積が大なる事は興味ある事實である（第2圖, e）。これは硝酸の還元により生じたアンモニア及び他より移動

第2圖 子塊莖内諸態窒素量の變化



し來つたアンモニアが糖の分解等により生じた無窒素有機化合物と結合し、アミノ酸生成の途上、一時的にアミドとして蓄積したものと考へられる。

(b) 子塊莖成熟期

本期は7月中旬より7月下旬に至る間で、最も旺盛な塊莖肥大時期であり、これは主に主貯藏物たる澱粉含量の増加に依る事は前報¹⁰⁾に依り明で、且つ又糖分の急激な減少はこれを裏附けるものである。この期間硝酸態窒素は更に減少し硝酸の還元が盛な事を示す(第2圖, g)。アンモニア態窒素は側芽部では7月28日に若干の増加を示すが、その後再び減少し、又頂芽部は前期と同様減少した(第2圖, f)。而してアミド態窒素は頂芽、側芽兩部共に急激に減少した。これに反しアミノ酸態窒素は著しい増加を示した(第2圖, d, e)。而して全体として可溶性窒素、蛋白態窒素は共に若干の減少を示した。これ恐らく Appleman²⁾ 及び Glynn⁹⁾ 氏等の實驗結果から考ふるも、塊莖皮層部に於ける窒素含量の此の時期にみられる減少は、成熟に伴ふ窒素分の中心髓部への移行に因るものと思推される。一方アミド態窒素の減少と、アミノ酸態窒素の増加は、Schluzer¹²⁾の示す如く、アミノ酸が馬鈴薯塊莖の貯藏窒素化合物として示す主要性の點より、一時的に蓄積されたアミドは、アミノ酸合成への一時的待機型であると同時に、アミノ酸の蓄積は塊莖の成熟過程が更に進んだ事を示すものである。

(c) 子塊莖完熟期

本期は8月初旬より中旬に至る間で、地上部莖葉の枯凋開始より、全く枯凋倒覆に至る期間で、塊莖はこの間に成熟を遂げる。今此の間に於ける諸態窒素化合物に就てみると、アンモニア態窒素は更に減少し、遂に頂芽部、側芽部共にほぼ等しい一定値を示すに至る(第2圖, f)。一方硝酸態窒素は頂芽部、側芽部共に更に減少するが、地上部が全く枯凋すると兩部共若干の増加がみられた(第2圖, g)。

アミド態窒素は完熟に先んじて再び若干の蓄積を見、この間アミノ酸窒素もやゝ減少を示したが、完熟期に入りアミド態窒素は減少し、アミノ酸態窒素は再び高い値を示したが、特に側芽部に多い(第2圖, d, e)。以上より可溶性窒素全体はこの間、兩部共僅か増加したが、最後に再び減少した。これは非蛋白窒素は皮層部より髓部に多いと云ふ Stuary の結果より、この間髓部への移動による可溶性窒素の減少が考へられる。蛋白態窒素に就ても頂芽部は初期より減少しており、側芽部に於てもその増加は僅少である事より、芽の部分は蛋白態窒素の貯藏といふ點では大なる意義を有さないものとみられる。

〔IV〕 結 語

(1) 本實驗は馬鈴薯植物の生育期間中、萌芽後の親塊莖内含窒素化合物の變化、及び子塊莖形成に伴ふ貯藏窒素化合物の移動、蓄積を明かにする目的で行つたものである。

(2) 塊莖萌芽に際し先づ蛋白態窒素の急減に依りアンモニア態窒素の増加がみられ、更にその減少と相俟つてアミド態窒素の蓄積がみられた。

(3) 塊莖内に於ける是等變化と共に、可溶性窒素は萌芽へ急速に移動するが、特に萌芽の地表抽出後、莖葉の展開により、且つ根系の完全な發達に依り、新植物体が獨立營養を営むに至る迄は、塊莖は萌芽の窒素供給源として極めて重要である。

(4) 子塊莖形成の際の窒素化合物の貯藏過程は、炭水化合物の貯藏の場合と異り、その大半は塊莖形成の比較的初期に既に蓄積される。即ちアミノ酸態窒素は主として頂芽部、側芽部に、その他の窒素分は主に中心部に移動、蓄積されるものと思はれる。而してアミドはアミノ

酸合成への待機形として成熟初期に多く、完熟に従ひ減少を示す。又アンモニア態並に硝酸態窒素は共に完熟と同時に減少を示した。

引用文献

- (1) Appleman, C. O., Bot. Gaz., 61 (1916) 265-294.
- (2) Appleman, C. O. & Miller, E. V., Jour. Agr. Res., 33 (1926) 565.
- (3) 朝井勇宜. 醸造學雜誌, 16 (1938) 671.
- (4) Denny, F. E., Bot. Gaz., 87(1929), 157-194.
- (5) Fittbogen, J., Grolnland, J. u. Fraude, G., Landw. Jahrb., 55 (1876) 597-611.
- (6) Glynn, M. D. & Jackson, V.G., Jour. Agr. Sci., 9 (1920) 237-258.
- (7) Jones, H. & Rosa, J. T., Truck crop plant. New York., (1928).
- (8) Ludwig, O., Beitr. Biol. Pflanzen., 15 (1927) 263-274.
- (9) Miller, A., Landw. Versuchstat., 36 (1889) 265-267.
- (10) Pucher, K., Planta., 24 (1935) 78-129.
- (11) 佐藤勘之助. 丸田一郎. 松見敏雄. 村井正志, 農化, (1937) 989.
- (12) Schluze. & Barbieri, Land. Vers. sta., 24 (1880) 167.
- (13) Singh, B. N. & Mathur, P. B., Ann. Appl. Biol., 26 (1937) 169-174.
- (14) 田所哲太郎, 食品化學.
- (15) 田川隆, 岡澤養三, 酒井隆太郎, 寒地農學. 2 (1948), 39-55.
- (16) 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), 1-15.
- (17) 吉村清尚, 岩田武志, 日化 53 (1932), 103.

Résumé

In order to obtain some information on the variation of the nitrogen compounds in the mother tubers at the sprouting stage and of the translocation and storage of nitrogen fractions in the young tubers during an entire growing season of the potato plants, the present investigation was undertaken.

The experimental results obtained may be summarized as follows;

1. Shortly after the sprouting, the increase of ammonia-N was ascertained according to the decrease of protein-N, and then concomitant with these changes, the accumulation of amido-N in the tubers was resulted. Being accompanied with these changes, the rapid translocation of the total soluble-N from the mother tubers to the sprouting tissues was recognized. Judging from the results obtained, it appeared reasonable to consider that the role of mother tuber as an organ for nitrogen supply is very important until the stage of vigorous development at which the sprout becomes entirely independent of the mother tuber.
2. With respect to the transference and accumulation of the various forms of nitrogen in the newly developing tubers different behaviors were seen as compared with that of the carbohydrates. Namely the large portion of nitrogen compounds were accumulated at the early stage of the tuber development, while that of the carbohydrates happened at the later stage of development of the tuber.

As to the distribution of nitrogen fractions in the young tubers, the amino-N were stored mainly in the vicinity of terminal and lateral buds and other forms of

nitrogen were reserved in the pith of the young tubers. The contents of amido-N which may be assumed to be utilized for the amino acid synthesis were rich at the early stage of tuber maturity, followed by the gradual decrease according to the complete maturity. Upon attaining a maturity the ammonia- and nitrate-N contents in the young tubers declined gradually.