



# HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	馬鈴薯の生理、形態學的研究：第15報 生育期間中に於ける窒素化合物並びに炭水化物代謝に及ぼす加里施與量の影響
Author(s)	田川, 隆; TAGAWA, Takashi; 酒井, 隆太郎 他
Citation	北海道大學農學部邦文紀要, 1(4), 420-426
Issue Date	1953-11-20
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/11544">https://hdl.handle.net/2115/11544</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	1(4)_p420-426.pdf



# 馬鈴薯の生理、形態學的研究

第15報・生育期間中に於ける窒素化合物並びに  
炭水化物代謝に及ぼす加里施與量の影響

田川 隆・酒井 隆太郎

(北海道大學農學部植物學教室)

## Physiological and morphological studies on potato plants

Part 15. Effects of potassium supplies on nitrogen and carbohydrates  
metabolisms of potato plants during the growing period

By

TAKASHI TAGAWA and RYUTARÔ SAKAI

(Botanical Institute, Faculty of Agriculture, Hokkaido University)

### I 緒 言

曩に第14報<sup>13)</sup>に於て、窒素及び加里の各種濃度の組合せで馬鈴薯植物を水耕栽培した結果、加里は馬鈴薯植物の生育狀況並びに形態的、特に塊莖の形成、肥大及び塊莖個數に關し顯著な影響を及ぼすと共に、更に葉、莖、塊莖部に於ける炭水化物の合成、移動、蓄積にも著明な影響がある事が觀測された。

従來の研究に依れば、加里缺乏に伴う炭水化物の蓄積は、窒素代謝が阻害された場合にのみ起る事が知られ<sup>14)</sup>、又窒素代謝に對する加里の生理的意義に關する研究の結果、加里は窒素代謝の或る過程に關與する事が明かにされた<sup>5)</sup>。本研究は前報<sup>13)</sup>に引つづき、植物体の構成並びに炭水化物の消長を更に詳細に追求すると共に、本植物に對する加里の生理作用を検討するため行つたものである。尙前報告<sup>13)</sup>の結果に基き、施與加里が植物体、特に塊莖の形成、肥大に顯著なる影響を示した窒素標準區(N<sub>2</sub>)に對し、加里缺乏(第I區)、標準(第II區)、過剩(第III區)の3組合せに於いて栽培した植物について實驗を行つた。

尙窒素化合物としては蛋白態-N、可溶性-N、アムモニア態-N、及び硝酸態-Nを、並びに炭水化

物としては澱粉、還元糖、及び非還元糖の消長を葉部、莖部、塊莖部の三部分に就き全生育期間を通じて分析を行つた。

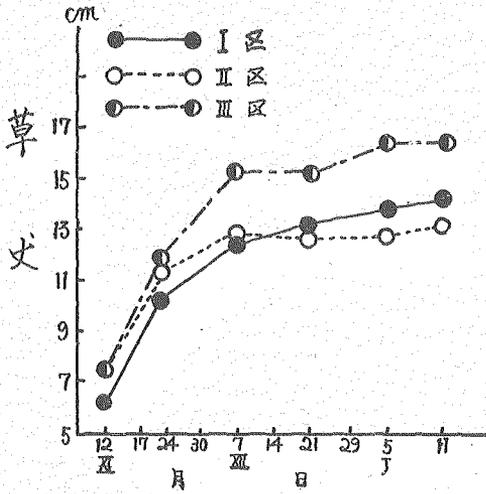
### II 實驗材料並びに實驗方法

〔A〕 實驗材料並びに育成法； 前報に準じて行つた。

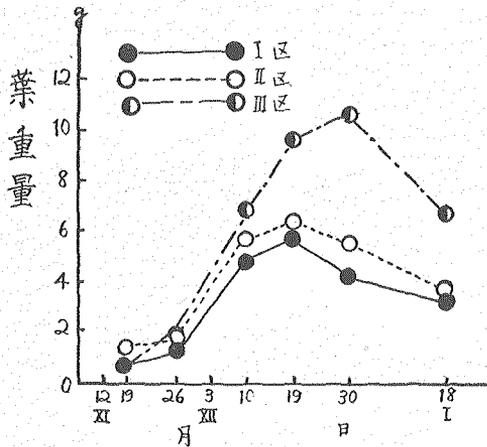
〔B〕 測定法； 移植より收穫に至る全期間を通じて生育調査並びに分析を行つた。分析は重量法に依つて行い、材料は晴天の午後1時に採取し、直ちに生育調査を行つた後、之を葉部、莖部、塊莖部に分ち細片として良く混合磨細した後濾過、殘渣に就いて蛋白態窒素及び澱粉を、濾液に就いて可溶性窒素、可溶性糖及び水溶性加里の測定をそれぞれ常法に従つて行つた。尙以下の表中に示す數字は何れも生重量1g中の所含窒素、糖、及び加里のmg量である。

### III 實驗結果

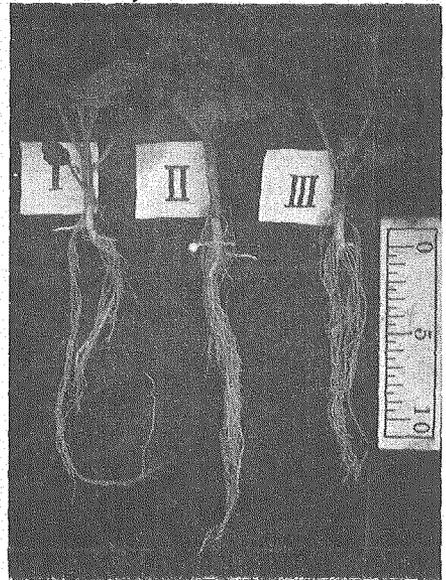
〔A〕 生育狀態； (第1, 2, 3圖參照) 今生育期別に各實驗區植物の生育狀況を觀察すると、移植後3週目迄は、各加里-level 區間には明らかな生育上の差異は認められず、葉數、莖の太さ、根部の生育狀態等いずれもほぼ同様であるが、3



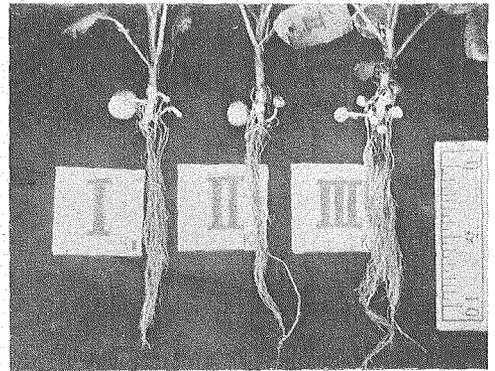
第1圖 生育各期に於ける各區塊莖重量の消長



第2圖 生育各期に於ける葉重量の消長



移植後3週目



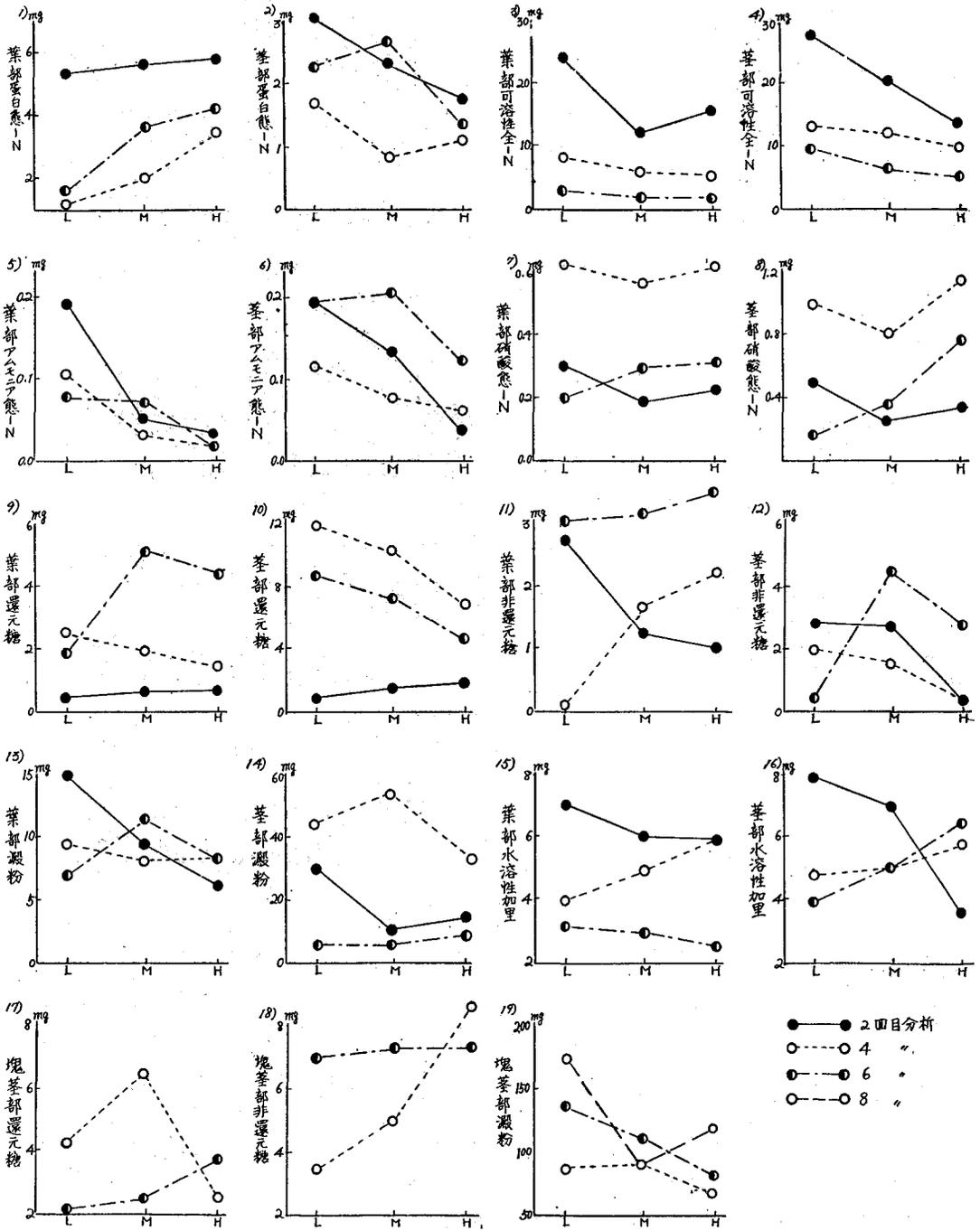
移植後8週目

第3圖 匍枝の生育状況

週目以後に至り、各區の生長度に差異が認められる。即ち各加里-level 區間に最初に葉色の差異が觀察され、加里過剩區に於ける葉色はやや黄綠色を呈し、之に對し加里缺乏區では暗綠色を呈する。又葉莖は加里過剩區でやや太く大形である。更に4週目以後の加里過剩區の生育は他區に比し著しく良好で、本期に於いて加里は特に草丈、葉面積、莖の太さに影響する事が明かに觀察された。又同時に匍枝の發生が見られるが、1, 2區の匍枝伸長開始期に比し3區では約1週間遅れて始まり、且つ短少で伸長は停止する(第3圖参照)。更に5週目以後3區は顯著な生育を續け、2區之に次ぎ、

1區の生育は著しく衰える。既に本期初期1, 2區に於いて匍枝先端の肥大、並びに塊莖の肥大は極めて徐々に行われるが、8週目以後地上部の生育停止に伴い、塊莖の肥大は1, 2區に比し急速に行われる。又1區に於いては8週以後加里缺乏の症状を呈して生育は殆んど停止し、葉は尖形を呈して小さく、下葉より黄化し始め、且つ塊莖の肥大は著しく低下した。

〔B〕 含水量と加里施與量との關係； 各加里-level 區間に於ける葉部含水量の差異は明らかでないが、概して加里-level の低下に伴い多少含水量低下の傾向が認められる。生育初期に於ては



第4圖 生育各期に於ける各區窒素化合物並びに炭水化物の消長

加里-level の増大に伴い莖内含水量も増加するが、塊莖肥大開始後は加里過剩區の含水量は却つて減少する。一方塊莖含水量は加里-level の増大に伴い含水量の増加が明かに認められた。

〔C〕 各態窒素化合物と加里施與量との關係； 生育各期に於ける各加里-level の葉、莖部の各態窒素含量の消長は第4圖1~8、に示す如くである。本分析結果によると各生育期に於ける各區の傾向は異なるが、概して加里施與量が減少すると葉内蛋白態-N、及び莖内硝酸態-Nの減少が認められる。生育の経過に伴い各區間の各態窒素含量の差は顯著となる。尙一般に蛋白態-Nを除いては莖内各態-N含量は葉内より高い。第4圖に示すL、M、Hは加里-levelの缺乏、標準、過剩區を、2、4、6の各線はそれぞれ11月27日、12月10日、12月30日に於ける分析結果の數値を、縦軸の數字は各要素の所含mg量を示し、以て生育中の3期に於ける各加里-level間の消長を比較したものである。

〔D〕 炭水化物含量と加里施與量との關係； (第4圖、9~14) 加里-levelの低い實驗區では生育期前半、葉、莖部に還元糖が蓄積するが、特に葉部に於いてこの傾向は著明である。然し後半期に到つて逆に葉内還元糖は減少する。

非還元糖含量は大体還元糖の消長と反對の傾向を示すが、各加里-level間に於ける關係は明らかには認められない。次に澱粉は移植後5週目迄は加里-levelが低い場合、特に葉部に多く蓄積するが、以降加里-levelの増大に伴い葉莖内に澱粉の蓄積増加が認められた。

又塊莖に於いては葉莖部と反對に、加里-levelが高くなると澱粉含量の減少を認めるが、之は塊莖肥大並びに塊莖個數の増加によると考えられる。

〔E〕 水溶性加里含量と加里施與量との關係； (第4圖、15~16参照) 水溶性加里含量は生育初期、移植後2週目迄は、加里-levelの低い7區は他區に比し葉部に多いが、以後全期間を通じ加里施與量の増加に伴い葉、莖部の加里含量は増加を示した。

#### IV 考 察

〔A〕 以上の實驗結果より考察するに、馬鈴薯植物体の生育に及ぼす加里の影響は前報とほぼ同様であつて、移植後3週目に到り各區間に葉色の差異が認められた。次いで草丈伸長に於いて各區間に著明な差を生ずる。即ち加里缺乏區の草丈は、葉色の差が觀察される頃より徒長し、草丈に於いて標準區より高いが、莖部發育は纖弱、且つ生氣なく、葉面積、葉重量は他區に比し著しく劣り、又葉莖部の硬化がみられる。

然るに加里-levelの高い實驗區のものは、移植後3週目迄の間に著明な草丈、葉莖重、根重量の増加がみられ、次いで移植後8週目には各區間の差は最高に達した。一方匍枝の發生及び塊莖の肥大は、加里-levelの低い1、2區で3週目以後認められ、加里過剩區に於ては更に1週間遅れたが、之は前報に報じた如く加里缺乏にもとづく葉莖内炭水化物の蓄積が、匍枝並びに塊莖の形成を早期に促したと考えられる。然しそれ以降に於ける匍枝の伸長及び塊莖の肥大は、加里缺乏區では地上部葉莖の諸代謝の弱화에伴つて劣るが、然し標準區の之等の生長は最良を示した。他方加里過剩區は更に活潑な葉莖部の營養生長を續ける爲、塊莖の肥大は遅れる。又加里-levelの増大が塊莖個數を増加する事も前報<sup>12)</sup>に示す如くである。従つて塊莖數少なく、且つ塊莖肥大を早期に開始した加里缺乏區の1株當り塊莖重量の増加は、肥大期前半は加里-levelの低い程大であるが、後半期に到つて加里-levelの高い區に於て塊莖の肥大及び重量の増加がみられる。一方移植後8週目頃より1區の葉莖部に顯著な加里缺乏症狀が認められ、且つ塊莖の肥大は殆んど停止する。要するに本植物の栽培上、葉莖の生育完成、塊莖の形成、肥大の各時期及び塊莖の個數を最適ならしめる如き比率で加里を施與する場合最高收穫を挙げ得るのである。

〔B〕 炭水化物； 從來多くの研究により加里は植物体の炭水化物代謝に關與する事が報告されており、且つ夫等の實驗結果は植物の種類により多少の相違はあるが、例えば NIGHTINGALE<sup>9)</sup>

その他の研究者<sup>2),4),6),9)</sup>によれば、加里缺乏植物に於ては生育初期にその体内に著しく炭水化物が蓄積するが、然し加里缺乏状態が長期續くと爾後却つて、その減少を來す事が認められている。本實驗結果によれば、移植期より8週目頃迄は加里-levelが低い場合、葉部に還元糖が蓄積する傾向が認められ、殊に加里缺乏區(1區)は、塊莖形成期に2,3區に於てその減少がみられる時期に却つて増加を示し、以後莖内還元糖の減少に續いて急速に低下する。此の時期に於ける1區還元糖の減少は、加里-levelが先ず地上部の生育に影響し、ひいては之が炭水化物代謝の低下を來たさしめる事によるものと考えられる。又非還元糖については葉内非還元糖含量と加里-levelの間には明らかな關係は認められなかつた。

又葉、莖部の澱粉含量の消長は、何れも加里levelの高低と平行關係を示した。即ち還元糖の消長と同様に、生育初期加里-levelが低い場合、葉、莖内澱粉含量は増加し、又加里-levelが一定濃度を越えて高い場合も同様に増加する。斯くの如く加里缺乏區、及び過剩區に於いて著しく葉内澱粉含量が變化するに對し、加里標準區(2區)の夫は、ほぼ一定含量を保持し、更に7週目より増加する。此の増加は葉、莖部の炭酸同化作用が他區に比し活潑に行われた事によるものと思われる。尙GILLBERT, DROSDOFF<sup>4)</sup>等はTung seedlingで加里-level増大に伴ない葉莖内の澱粉含量は増加し、殊に莖内澱粉含量は此の傾向が顯著である事を認めている。而して本植物に於ける炭水化物、特に澱粉の蓄積は匍枝の發生、伸長及び塊莖の肥大を促すと考えられ、従つて加里缺乏區に於ける之等炭水化物の蓄積は、早期に匍枝の生育を促すものと考えられる。尙加里缺乏植物に於いて炭水化物が蓄積する機作に就いては種々の説があるが、その一として加里が缺乏すると、窒素代謝の過程に於て有機態窒素の形成、就中蛋白質形成が阻害され、當然可溶性-N即ちアムモニア態、硝酸態、アミド態、並びにアミノ態窒素の増加を來たす事が知られているが、本植物の場合にも加里供給量の低下に伴なつて可溶性窒素の増加が認められた。又塊莖内澱粉含量は生育初期に於ては加里缺乏植

物体内にその蓄積量が多いが、生育後期に到るに従つて、加里-levelが高いほど澱粉の蓄積も多い。此の事は加里缺乏植物に於て早期に塊莖部に炭水化物の移動が見られる事、及び塊莖個數が少數である事に依つて、生育初期に於ける澱粉の蓄積を結果したものである。

以上に依り見ると、加里は移植期より8週間は植物体窒素代謝への影響を通じ、体内炭水化物の増減を來たすが、以後は加里の施與量にもとづく植物体生育の程度が、炭酸同化作用に大きく影響する。又本植物の匍枝の發生及び塊莖の肥大は、既に移植後5週目に於いて始まり、塊莖個數はほぼ一定し、以後は葉莖部の同化作用の増減により塊莖の澱粉含量、塊莖重量の増減を來たすと考えられるので、5週目迄の生育如何が收穫量に密接なる關係がある事が認められた。

〔C〕 窒素代謝； 從來植物の窒素代謝に及ぼす加里の影響に關しては多くの報告があるが<sup>2),3),6),8)</sup>、一般的結論として加里は有機態窒素の形成に何等かの關係ある事を指示すると共に、又之等の研究者は殆んど加里缺乏植物では可溶性窒素が増大する事を認めている。

本實驗結果より見ると、葉部と莖部では各態窒素含量の消長を異にするが、先ず可溶性全窒素に關しては移植後3週目頃より各加里-level間に含量の差を認めた。即ち加里缺乏區は葉、莖部共全生育期間を通じ3區中最大の可溶性窒素の蓄積量を示した。又加里-levelの増大に伴ない可溶性-Nの減少を見るが、一定濃度以上になると再び増加が見られる。移植後5週目に到ると各加里-level間の可溶性窒素含量の差は無くなる。之は2區、續いて3區に於ける葉、莖部の生育が殆んど停止するに伴なつて起るものと考えられる。以下諸態窒素の消長についてみるに、硝酸態-Nは5週目迄は加里-levelの低下に伴ない葉内硝酸態-Nは増加するが、各加里-level間の差は僅少である。又葉内NO<sub>3</sub>-N含量は葉内還元糖含量に平行して増減するのが認められた。莖部NO<sub>3</sub>-N含量は5週目迄は葉部NO<sub>3</sub>-Nと同様に、加里缺乏區で増加するが、生育の後半加里-levelの低下は莖内NO<sub>3</sub>-N含量を減少せしめる。他方加里過剩區では顯著な蓄積が

見られた。一方  $\text{NH}_3\text{-N}$  に就いては加里缺乏植物の葉部に於ては全生育期間を通じ明らかに蓄積を示した。又莖内に於いても、匍枝伸長期を除き、加里缺乏區で多量の蓄積を認めた。WALL<sup>16)</sup> 及び高橋、竹山<sup>9)</sup> は加里缺乏植物にてはアムモニアの蓄積により有害作用を受ける事を報告しているが、本植物に於ても、加里缺乏區のアムモニア含量は3週目最高に達し、同時に葉莖部の生育が著しく阻害された。併しこのようにアムモニア及び硝酸が、加里缺乏植物に蓄積する原因については未だ明らかでなく、加里の缺乏は植物体の窒素代謝の過程中、硝酸からアムモニアへの過程に於て阻害が起るとし<sup>2)</sup>、或いはアミノ酸から蛋白質の合成に阻害があると<sup>15)</sup> 報告されているが、本實驗結果では、生育初期に於いて加里-level が最も著しく体内各態窒素、並びに炭水化物含量に影響する時期に於いて、硝酸含量差が餘り認められず、本期以後葉、莖生育の差が植物の代謝作用に影響すると同時に、各區間に硝酸含量の差が著しく認められた事は、加里は硝酸よりアムモニアへの過程に對しては影響する所少なく、むしろアムモニアが蓄積する點より、これより以後の窒素代謝の過程に影響するものと考えるが、WALL<sup>11)</sup> も Tung seedling で同様の事を認めている。次に蛋白態-N に就いては葉部と莖部で蓄積傾向を異にする。先ず葉内蛋白態-N は5週目迄各區間の含量には著明な差は認められないが、以後加里缺乏植物の含量は著しく低下するに反し、加里-level の高い植物に於ては蛋白態-N 含量の増加がみられた。然るに加里過剩區では反對に減少を示した。之に對し莖部の蛋白態-N 含量は、塊莖肥大期に到る迄の期間は加里 level が低いほど増加し、葉部と逆の傾向を示した。

加里缺乏植物の生育後半期に於ける葉部蛋白質の減少は、主として葉部の生育阻害に伴ない炭酸同化作用の低下に依る炭水化物含量の減少が、著しく葉内蛋白質の新生を阻害する爲と、又同期に塊莖の肥大が顯著なる事は葉内蛋白質が炭水化物の著しい減少に依つて一部塊莖に移行すると考えられる。

[D] 水溶性加里；加里缺乏植物は生育初期、特に莖内に高い加里含量を示すが、以後は加

里の施與量と平行關係があり、加里-level の高い區に於いて最高量を示した。PENSON<sup>9)</sup>、JAMES<sup>7)</sup> は馬鈴薯植物体内に於ける加里の分布は蛋白質の分布と一致する事を觀察しているが、本實驗に於ても葉部蛋白態-N 含量の消長は加里量と共に變化する事が認められた。

## 摘 要

1) 本研究は加里濃度を缺乏、標準、過剩の3 level として組合せた培養液で馬鈴薯植物を水耕栽培し、各加里-level 區植物の生育状態、窒素化合物、炭水化物の消長を追求する目的で行つた。窒素化合物としては蛋白態、可溶性、硝酸態、アムモニア態窒素を、炭水化物としては還元糖、非還元糖、澱粉を葉部、莖部、塊莖部について定量した。

2) 各加里-level 區間に於ける生育上の差異としては、最初葉色の點が認められ、加里缺乏區で暗綠色、加里過剩區では黄綠色を呈した。此の頃より各加里-level 間に窒素化合物及び炭水化物の含量の變化が著明に認められる。

以後加里缺乏の植物は葉莖の生育が悪く、且つ草丈は加里-level の減退に伴ない低下する。又匍枝の伸長及び塊莖肥大は加里-level の低い區より始まり、加里-level の増大に伴ない塊莖數を増加した。

3) 炭水化物については、生育初期加里-level が低い場合、葉莖内の還元糖、非還元糖、澱粉含量は増加するが、澱粉は塊莖の肥大が始まる頃より減少する。然し以後は加里-level の増大に伴ない澱粉蓄積量は増加する。一方塊莖の澱粉については生育初期加里缺乏區のそれに高い含量がみられるが、以後葉莖部生育停止と共に減少する。

4) 加里の缺乏は本植物体の窒素代謝を阻害する事が認められた。即ち生育初期加里-level の低下に伴ない可溶性全-N、アムモニア態-N、硝酸態-N の蓄積がみられた。而し莖部硝酸態-N は加里-level の低下に伴ない減少するのが認められた。又葉部蛋白態-N は加里-level 増大に伴ない増加するが、然し加里-level が一定濃度を越えて増大すると再び減少する。

5) 水溶性加里は葉、莖を通じ、いずれも加里-level の増大に伴ないその含量は増加した。

6) 加里は馬鈴薯植物の生育、窒素代謝及び炭素代謝に關係し、之に依つて塊莖の形成及び肥大、個數、收量、澱粉含量に著しく影響する事を明らかにした。

### 引用文献

- 1) BURREL, R. C. : Bot. Gaz. 82 (1926), 320-392.
- 2) ECKERSON, S. H. : Bot. Gaz. 77 (1924), 377-391.
- 3) GASSNER, G. and GOEZE, G. : Berd. deut. bot. Ges. 50 (1932), 412-482.
- 4) GILLBERT, S. G. and DROSDOFF, M. : Plant Physiol. 25 (1950), 394-412.

- 5) 石塚喜明 : 寒地農學, No. 1 (1946), 71-89.
- 6) JANSSEN, G. and BARTHOLOMEW, R. P. : Amer. Jour. Agr. Res. 38 (1929), 447-465.
- 7) JAMES, W. O. and PENSON, N. L. : Ann. Bot. 47 (1933), 279-293.
- 8) NIGHTINGALE, G. T. : Bot. Gaz. 98 (1937), 725-734.
- 9) PENSON, N. L. : Ann. Bot. 45 (1931), 673-691.
- 10) RICHARDS, F. T. and TEMPLEMAN, W. G. : Ann. Bot. 50 (1936), 376-402.
- 11) 田川 隆・酒井隆太郎 : 北大農學部邦文紀要 1 (1951), 22-28.
- 12) ————— : 北大農學部邦文紀要 1 (1953),
- 13) 高橋達郎・竹山賢治 : 秦野たばこ試験場報告36(1952), 77-118.
- 14) WALL, M. E. : Soil Sci. 49 (1940), 315-331.
- 15) ————— : Soil Sci. 49 (1940), 393-409.

### Résumé

In the preceding paper (1933) the authors have reported the facts that the amount of potassium supplied was found to affect the number of tubers on each potato plant, and that when the potato plants did not receive adequate supplies of nitrogen and potassium at balanced levels, lowering of the contents of storage starch in the new tubers and of the total yields of the tubers resulted. In the present investigation, extending the work on nitrogen and carbohydrate metabolisms of potato plants, particular attention was given to a study on the role of potassium in those metabolisms of potato plants during an entire growing period.

In the present research, young seedlings of potatoes were transplanted from the nursery bed to Wagner pots filled with culture solutions. The culture solutions were so designed as to contain 3 varied levels of potassium, keeping a moderate level of nitrogen in each pot.

The experimental results obtained may be summarized as follows :

1. The first visible symptoms as the effect of three varied levels of potassium supplies were changes in leaf colour and in the size of potato plants of the three experimental lots. The leaf colour of the potassium deficient plants was dark green with leaves small in size, while that of plants having access to abundant potassium were yellow-green with tall stems.

2. At the early stage of growth, the plants cultured with low level of potassium were rich in reducing sugar, sucrose and starch in the leaves and the stems, but the accumulation of starch progressively became less with the advance of growth stage. The contents of reserve starch in the tuber of the plants which received low level of potassium were rich, in contrast to that with high level of potassium at the early stage of tuber development, but the accumulation of starch became smaller at the later stage of the tuber development due to the retardation of growth of the tops of plants in consequence of potassium deficiency.

3. It has also been shown in the present experiments that in the early stage of potassium deficiency, total soluble nitrogen, ammonia-, nitrate-nitrogen, and carbohydrates accumulated, while protein decreased in potato plants growing under conditions of low potassium supply. Judging from these results, it is assumed that the potassium deficiency checks at some certain point the nitrogen metabolism of potato plants.

4. The contents of soluble potassium both in the leaves and stems increased in proportion to the increase of the levels of potassium supply in the culture solutions.

5. The data obtained in the present investigation add confirmatory support to the conclusion stated above at the beginning of this résumé. That is to say, the potassium supplied to the potato plants is supposed to be concerned with the growth of plants, the nitrogen and carbohydrates metabolisms, by which control there result significant influences upon the formation, growth, numbers, the contents of storage starch and the total yield of the new tubers.