

# 炎光分光光度計による植物無機成分の研究

(第一報) 種子発芽中に於る加里含量の変化について

清水純夫・内田格

Studies on the Minerals of Plants by Flame Spectrophotometer  
Part. 1 On the Change of Potassium Contents in Germinating Seeds

S. SHIMIZU and I. UCHIDA

## I 緒 言

種子発芽の際に於る代謝については有機成分の側からの研究は多数報告されているのであるが、無機成分については、これが缺くべからざるものであるという点についてはよく知られているものゝ、内部変化に関する詳細な研究は少い。無機成分の中で加里は植物生育にとって極めて重要な意義を有することは既に周知の通りである。元来加里は新しい組織、新葉、新根の形成される部分に多く存在すると報告されているが<sup>(1)</sup>、その代謝機構の詳細な点については不明の点が少ない。この原因の一つとして加里の定量法が考へられる。

即ち従来種々の定量法が発表されて来た<sup>(2)</sup>、がこれらの方法はすべて微量の試料に対して正確且迅速に行う方法とは云へなかつたという点にあると考へられる。最近に至り、植物生理学的分野に於る微量の加里の定量法として、アイソトープによる方法と、フレームスペクトロフオトメーターによる方法とが、各方面で取上げられるに至つている<sup>(3)</sup>、前者によれば外部から吸収された加里の移動状態を追跡することが出来る。然しながら我々は後者による方法を行つているので、外部から加里を全く供給せず自らの貯蔵する加里が発芽と共にどの様に子葉から生長点へ移動して行くであろうかその過程をベツクマン D. U 型フレームスペクトロフオトメーターを用いることにより追跡した結果興味ある現象を認めたので次にその詳細を報告する。

## II 実験方法

### A 実験試料及び栽培方法

- (i) 品 種……燕は「コイワイカブ」、大根は「ショウゴイン」を用い、ともに信大附属農場に於て前年(昭29年)採種されたもので、容積ほど中程度の色沢深く出来るだけ均一のものを撰別して用いた。
- (ii) 栽培方法……内径3寸のシャーレーに湿した濾紙を附したものと、酸及びアルカリで処理し後充分水洗して中性に至つた砂を用いるものと二法を併用し、15日までの生育のものは前者、15日以後の生育試料とするものは後者によつた。
- (iii) 播種期……1954年10月29日、研究室々内。
- (iv) 播種量……各シャーレーにコイワイカブ種子30粒、ショウゴイン20粒を密度  $1\text{cm} \times 1.2\text{cm}$  にて播種した。
- (v) 施肥区……無肥料区に於ては種子自らの貯蔵加里の移動を追跡するのが本研究の目的であるが栽培期間を約1ヶ月としたため加里を除いた他の成分の影響をみるべく無肥料区に対し、施肥区を対照試験区として併行栽培した。蔬菜に対しては春日井博士等の各種の培養液があるが、加里を全く外部から供給しない場合を目標としている本実験に於ては、N成分として  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  を、磷酸成分として  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  を用いた。蒸溜水 1 l 中に、前者約 0.383g 後者 0.0573g を溶解し

pH=6.5 に調製したものを 2 倍に稀釈して使用した。無肥料区の場合は、給水を毎日 9 時に行ひ、施肥区の方は 4 日おきに培養液を更新した。

## B 分析試料の調製<sup>(1)</sup>

### (i) 発芽種子の分析試料調製

分析試料調製に於る作物の撰択は各シャレーの発芽総数のうち茎丈、茎の太さ、葉面積、葉色その他生育概要が正常で平均的とみられるものをコイワイカブ 20 本、シヨウゴイン 15 本、撰抜し、20cc の蒸溜水で供試作物に附着している爽推物を洗ひ去り、乾燥濾紙で軟く水分を除き、良く切れる刃で茎と子葉の附着部分を切断し子葉のみを供試作物とした。(第一葉が発生した場合勿論第一葉は分解試料には用いない。)

かくして得られた試料は一夜濃硝酸 3cc, 30% 過酸化水素液 2cc の混液の中に浸す。後兩者各 2cc の混液 4cc を用ひ、湯煎上にて分解を行う。蒸発乾固せば再び前記の混液 4cc を加へること 3 回に至ると分解は終了する。この様に行へば試料は黒色から褐色、黄褐色を経て淡黄色に至る。かくして硝酸加里の形態に導いた後蒸溜水を用いて 10cc に満すと無色の溶液となり、このものを次に記する炎光分光分析に用いた。

### (ii) 種皮の加里含量測定

種皮のみを単独に分解することは微量のため誤差を生じ易い恐れがあると考へられるので、各生長期の種皮を有する種実の全含量から、種皮を除いた種実の含量を差引く方法によつた。

## C 炎光分光光度計による加里の定量法

ベツクマン D. U 型分光光度計にフレームアタツチメントを装置し酸素、水素焰を使用して行つた。瓦斯圧力酸素 14 psi, 水素 4 psi 波長は 768m $\mu$ , スリット巾 0.1mm とした。標準検量線作成には、Merck 製 KCl を用いた。この場合に於て試料濃度に相当する 10-100ppm の間では、殆んど直線状であつた。試料の測定は三回行ひ、その平均を求め、検量線から加里含量を K<sub>2</sub>O として算出した。

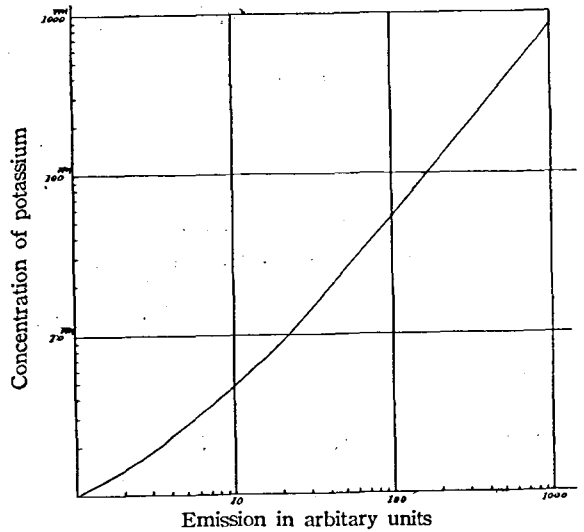


Fig 1. Calibration curve of Potassium.  
Wavelength 768m $\mu$ , slit 0.1mm

## II 実験結果及び考察

### A 種子中に含まれる加里含量

種子の形状別加里含量の差をみるため、大中小の三区に分けて測定を行つた結果は次の通りであつた。

第1表 コイワイカブ

30粒の重量 mg	形状	K <sub>2</sub> O (PPM)	種実100g中の K <sub>2</sub> O (mg)	平均 mg
160.0	大	308.9	1931	1732
130.0	中	237.1	1823	
129.2	中	214.3	1687	
125.5	中	211.8	1687	
81.0	小	170.2	2094	

第2表 聖護院大根

20粒の重量 mg	形状	K <sub>2</sub> O (PPM)	種実100g当り K <sub>2</sub> O (mg)	平均 mg
298.8	大	84.36	2827	2793
218.5	中	605.2	2654	
210.3	中	602.7	2866	
203.0	中	580.0	2857	
128.5	小	353.0	2750	

この結果によれば、出芽種子の形状の大・中・小の相違により加里含量に影響が認められるので、発芽種実のみは全部、中を用いコイワイカブ 100g 当り  $K_2O$  平均 1732mg, ショウゴイン 100g 当り  $K_2O$  平均 2793mg を平均含量とした。

### B 種皮中に含まれる加里含量

種皮は、発芽が進むにつれて加里が代謝に関係あるならば、その含量は増減すべきである。この点を明らかにするべく測定した結果は、第3表の如くであつた。

右表の結果によれば、明らかに発芽と共に加里分は種皮から他の部分に移動するため漸減の傾向があることが認められる。

第3表 種皮中の加里含量の変化

播種経過日数	コイワイカブ種皮60個中の加里含量 <sup>7</sup>	聖護院種子30個中の加里含量 <sup>7</sup>
3日	378	401
6日	301	366
9日	227	252
12日	151	132

### C 発芽種子々葉中に於ける加里含量の変化

加里が生長盛んな部分に集中するか否かを確認する方法として、生長点部分を採取して直接定量する方法もあるが、子葉に残存する加里分量を定量することにより間接に行うことも出来る筈である。試料の採取量の誤差から考えると、後者による方法の方が誤りが少いと考えられる。本報告では、前項に於て中粒種子に含まれる加里全含量を平均的に求めてあるので、他から加里の供給のない状態に於ては、この全含量より子葉に残存せる含量を差し引きしたる値は他の部分に移動した加里量を示すものと考えられる。「コイワイカブ」及び「ショウゴイン」の二種についての結果を表示すると、第4表及び第5表の如くであつた。(但し第四表、第五表中の PPM は各分析試料 10cc の濃度。)

第4表 コイワイカブ子葉中の加里含量と発芽日数 (無肥区)

播種後経過日数	種子数(粒)	種子重量(mg)	含種皮 $K_2O$ (PPM)	種皮別 $K_2O$ (PPM)	供試種子重量100gに対する $K_2O$ (mg)	移動した $K_2O$ (mg)	茎の長さ(cm)
4	20	81.6	105.9	94.6	1174	517	0.2
5	20	86.6	111.0	99.6	1150	527	0.4
6	20	85.1	129.9	119.8	1281	284	0.5
7	20	85.1	103.4	103.4	1214	477	0.6
9	20	86.8	83.2	83.2	965	719	1.0
11	20	86.5	85.7	85.7	992	699	1.3
13	20	87.3	85.7	85.7	1098	593	1.2
15	20	89.7	95.8	95.8	1214	477	1.2
18	15	68.2	88.3	88.3	1291	404	1.2
21	15	56.5	45.4	45.4	810	881	1.2
27	10	42.2	41.6	41.6	985	706	1.2

(N, P 添加区)

播種後経過日数	種子数(粒)	種子重量(mg)	含種皮 $K_2O$ (PPM)	種皮別 $K_2O$ (PPM)	供試種子重量100gに対する $K_2O$ (mg)	移動した $K_2O$ (mg)	茎の長さ(cm)
4	20	93.8	105.9	94.6	1021	668	0.3
5	20	80.0	94.6	83.2	1055	636	0.4
6	20	88.4	141.2	113.1	1357	334	0.5
7	20	77.3	73.1	73.1	946	745	0.7
9	20	82.3	80.7	80.7	980	711	1.0
11	20	83.6	104.5	104.5	1211	479	1.3
13	20	91.0	121.0	121.0	1325	366	1.3
15	20	87.6	124.8	124.8	1417	274	1.3
18	15	64.0	98.4	98.4	1527	164	1.3
21	15	63.7	64.3	64.3	1016	675	1.3
27	10	46.2	54.2	54.2	1161	530	1.3

第5表 「ショウゴイン」子葉中の加里含量と発芽日数（無肥区）

播種後の経過日数	種子数(粒)	種子重量(mg)	含種皮 K <sub>2</sub> O (PPM)	種皮別 K <sub>2</sub> O (PPM)	供試種子重量100g に対する K <sub>2</sub> O (mg)	移動した K <sub>2</sub> O (mg)	茎の長さ (cm)
5	15	150.5	244.6	225.7	1499	1293	0.5
6	15	158.1	306.4	306.4	1929	989	0.6
7	15	155.8	264.8	264.8	1691	1126	1.0
9	15	157.0	252.2	252.2	1607	1069	1.4
11	15	154.0	247.2	247.2	1604	1188	1.8
13	10	109.1	185.3	185.3	1701	1091	1.6
15	10	120.5	229.5	229.5	1904	888	1.6
18	10	109.0	108.4	108.4	995	1920	1.7
21	10	117.5	145.0	145.0	1233	1685	1.7
27	10	117.7	191.6	191.6	1628	1164	1.8
34	10	108.0	194.2	194.2	1798	994	1.8

(N, P 添加区)

播種後の経過日数	種子数(粒)	種子重量(mg)	含種皮 K <sub>2</sub> O (PPM)	種皮別 K <sub>2</sub> O (PPM)	供試種子重量100g に対する K <sub>2</sub> O (mg)	移動した K <sub>2</sub> O (mg)	茎の長さ (cm)
5	15	156.8	266.0	247.1	1567	1224	0.5
6	15	154.0	290.0	290.0	1883	909	0.6
7	15	149.2	252.2	252.2	1691	1100	1.4
9	15	144.5	271.1	271.1	1876	915	1.8
11	15	146.7	273.4	273.4	1880	918	1.5
13	10	94.2	245.8	245.8	2207	585	1.7
15	10	97.2	239.5	239.5	2459	333	1.7
18	10	93.5	161.4	161.4	1724	943	1.7
21	10	102.1	192.9	192.9	1888	904	1.9
27	10	93.5	201.7	201.7	2159	633	1.9
24	10	95.0	223.2	223.2	2348	443	2.0

第四表、第五表の結果のうち、種実の子葉中に残存した K<sub>2</sub>O の含量を播種当初の乾燥種実 100g に相当する発芽種実に含まされている全加里量のうち生長点に移動しなかつた量と考えて図示すれば第二図、第三図の如くである。

「コイワイカブ」も「ショウゴイン」もともに子葉中に於る含量のピークは、二つ認められる。最初発芽期に最高となり、次いで第一子葉発生直前に第二の山が認められる。この傾向は N, P を与えた場合に於いても同一である。但し、N, P を与えたものは、含量曲線が兩者とも上廻っている点が注目される。即ち、種子発芽中に於て、K の移動に対し N, P がかなり影響を示すものであることが、

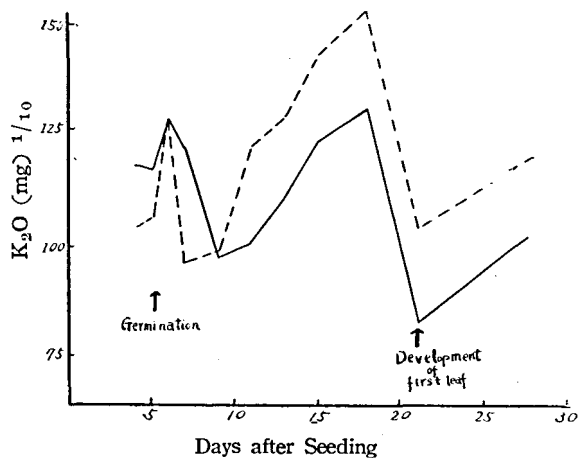


Fig. 2. The change of potassium contents in turnip cotyledon: the dotted line shows the addition of nitrogen and phosphoric acid.

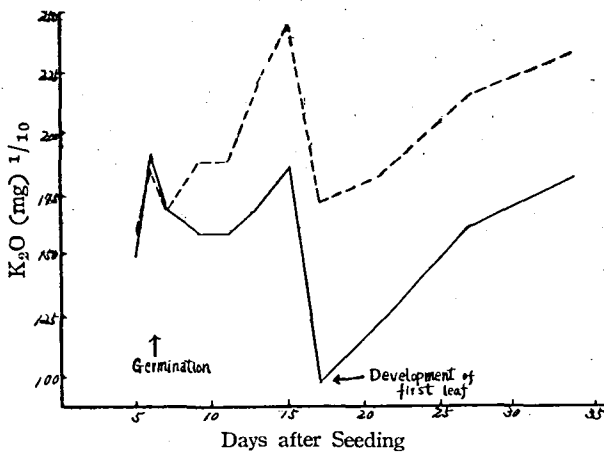


Fig. 3. The change of potassium contents in radish cotyledon: the dotted line shows the addition of nitrogen and phosphoric acid

故、今後の実験に於てこの点を更に考察したいと考へる。

### 摘 要

1. 炎光分光光度計により、「コイワイカブ」及び「ショウゴインダイコン」の種実の全加里量を定量した。その結果、大・中・小の形状に分類して定量すると、「ショウゴイン」の場合には、その差は僅少であるが、「コイワイカブ」に於ては若干の差を認めた。中粒に於る全加里量の平均は、「コイワイカブ」1.73%、「ショウゴインダイコン」2.79%であつた。
2. 両者とも種皮中に於る全加里量は、発芽とともに減少の一路をたどる傾向を認めた。
3. 子葉中に於る加里含量は、発芽経過日数とともに、著しい変化を示す。即ち「コイワイカブ」及び「ショウゴインダイコン」の両者とも第1のピークは、発芽直後根毛側根毛発生の前であり、第2のピークは、第一子葉発生の直前であつた。この傾向は、外部からN及びPのみを与へた場合に於ても同様に認められた。
4. 本実験に関するかぎり発芽初期に於る子葉は加里に対する貯蔵庫的性格の役割を演じている様に認められた。

### 引 用 文 献

- 1) 奥貫一男 植物生理化学 21, (1954); 田所哲太郎 植物栄養化学. 無機篇 112 (1934)
- 2) 東京大学農化学教室篇, 実験農芸化学 上巻 (1952) 25
- 3) 日本分光学会. 日本分析化学会共篇 炎光分析法 (1954)
- 4) Snyder. Proc. Okla. Acad. Sci. 31 134 (1950); C. A. 46 6549 (1952); 富田安雄, 太田直一: 分光研究 No. 4 18 (1953)

### Summary

1. The potassium contained in turnip and radish seeds was investigated by the flame spectrophotometric method.
2. The average  $K_2O$  content contained in turnip seeds of middle size was 1.73%, and that in radish ones, 2.79%.
3. A remarkable change of  $K_2O$  content was found in the germinating seeds in the case

of the turnip as well as of the radish. The first peak of  $K_2O$  content in the cotyledon was found immediately before the formation of root, and the second peak was followed by the development of the first leaf. (Fig. 2, Fig. 3)

This tendency did not seem to vary by the addition of nitrogen and phosphoric acid.

4. The potassium in seed coats decreased gradually in proportion to the days elapsed after germination.

5. From the results above mentioned, the cotyledon seemed to be the depot for potassium during the first stage of growth of the turnip and the radish.