

## 水稻の出穂開花期に於ける燐酸の吸収移動に就て： 放射性燐を用いた実験

山田, 芳雄  
九州大学農学部農芸化学教室

内田, 好哉  
九州大学農学部農芸化学教室

河井, 直幸  
九州大学理学部物理学教室

平井, 敬藏  
九州大学農学部農芸化学教室

<https://doi.org/10.15017/21210>

---

出版情報：九州大學農學部學藝雜誌. 13 (1/4), pp.136-142, 1951-11. 九州大學農學部  
バージョン：  
権利関係：

# 水稻の出穂開花期に於ける燐酸の 吸収移動に就て

放射性燐を用いた実験

山田芳雄\*・内田好哉\*・河井直幸†・平井敬藏\*

Studies on the absorption and translocation of phosphate  
at the flower stage of rice plant: Experiment  
with radioactive phosphorous

Yoshio Yamada, Yoshiya Uchida,  
Naoyuki Kawai and Keizo Hirai

放射性同位元素は植物生理学の研究に新しい画期的な技術を導いた。特に戦後原子Pileにより大量に生産されるに至つてからは米国を中心に極めて多数の研究が行はれて見るべき成果を挙げている。1950年より、日本にも放射性同位元素が輸入され、著者等もその配分を受け研究を続けているが、先づ水稻の出穂開花期に与へた燐酸の結実過程中に於ける行動を追跡して、二三の知見を得たので以下に報告する。

## I. 実験方法並びに材料

### (1) Radioactivity の測定

$P^{32}$  を含んだ植物体及び抽出処理の残渣、沈澱は風乾後、硝酸マグネシウムと共にマッ

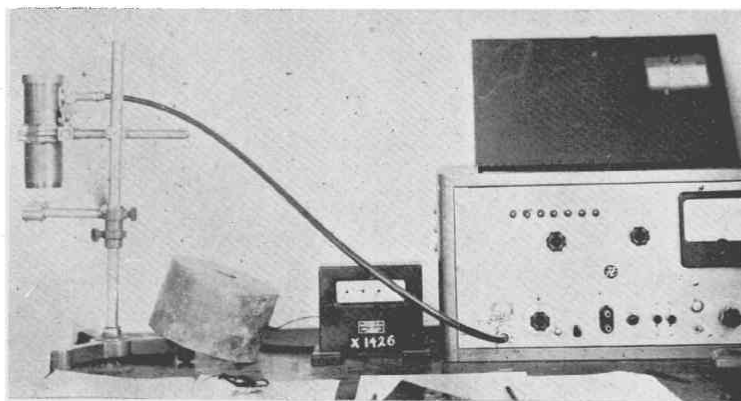


Fig. 1.

\* 九州大学農学部 農薬化学教室, † 九州大学理学部 物理学教室.

フル中に 550~600°C に 1~2 時間置いて完全に灰化した。抽出物は蒸発乾固後、有機物をとばす為に前同様に処理した。斯して得た Ash は直径 25 mm のシャーレ上に均一にのせた。放射能の測定は  $\beta$  線 Geiger-Müller Counter (Tracer Lab. TGC-I 型), Scale Of 128 (Nuclear Instrument and Chemical Corporation 製), Mechanical Recorder (科研製) を用いた。

Counter の窓は直径 28 mm で、2.0 mg/cm<sup>2</sup> の雲母をはつたもので、各試料は窓から定まつた距離 (2 cm 及び 5 cm) に置いた。従つて各試料に対する幾何学的条件の差異は少く無視出来る。各試料に対して測定は 5~20 分間行い、特に強度の弱い例外を除いて約 10,000 個を数へたので、Count の統計誤差は 1% 程度である。測定装置の誤差は更に小さい事を確めた。試料 (Ash) の厚みによる Self Absorption は Ash の総量の多いもので 0.1~0.2 g 程度である事、及び P<sup>32</sup> の  $\beta$  線は 1.72 Mev である事から試料の放射能強度の比較の際に大きな影響を与えぬものと考へ無視した。最後に各試料の Count を乾物 1 g, 1 分当りの Count に直し、P<sup>32</sup> の半減期 14.3 日を用いて次の式により補正した。

$$\log_{10} \frac{N_0}{N} = \frac{0.6932}{T} \cdot t \cdot \log_{10} e$$

尚、Counter の感度の変動は RaE を用いて監視したが、測定期間中殆んど一様であつた。

## (2) 水稻の栽培方法

種子 (品種 旭) を塩水撰、ウスプルン消毒、52°C 温湯浸法後 5 月 13 日に清洗海砂上に播種育成し、6 月 13 日に出来るだけ均一に生育した苗を 3 本 1 株として 3 株を 2 万分の 1 反の Wagner pot に移植し水耕を行つた。水耕液は水道水に第 1 表にある様な塩類をとかしたもので、P<sup>32</sup> 供与まで隔日に更新した。P<sup>32</sup> 供与 1 週間前に Bryan 水耕容器に 1 株宛根を全く傷めぬ様に移し、4 株 1 区として、穂揃の 9 月 12 日に 1 株当り害作用のないと推定せられる<sup>1)</sup> 1.3  $\mu$ c/L の P<sup>32</sup> を供与し、一定時間吸収させた。P<sup>32</sup> は Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> の形にして用いた。この間減量水分は蒸溜水で補給した。

(3) 試料の採取 P<sup>32</sup> 供与後 24, 72, 192 時間して収穫し、株毎に穂、茎、葉に分け更に葉は止葉から数へて止葉、第 2 葉、第 3 葉、第 4 葉、第 5 葉、第 6 葉以下に分けた。ここで葉及び止葉等と呼ぶのは葉身のみを指し葉鞘の部分は便宜的に茎の中を含めた。次に直ちに 70°C の熱風乾燥を行ひ秤量し乾物重とし、一部はそのまま灰化し、他は各種含磷成分の分離並びに定量に供した。

Table 1.

		13th - 30th, June	1st, July - 31st, Aug.	1st - 19th, Sept.
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	N:	5 ppm	10 ppm	5 ppm
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :	2.5	5	2.5
	K <sub>2</sub> O:	1.5	3.5	1.5
FeCl <sub>3</sub> ·6aq	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> :	1.5	3.5	1.5

## (4) 各種含磷成分の分離並びに定量

上記試料を Michael<sup>2)</sup> 等及び藤原<sup>3)</sup> 等の分別法に従つて第2表の如く夫々分別し、灰化後放射能の測定を行ひ、磷酸は Briggs<sup>4)</sup> の方法で比色定量を行つた。

Table 2.

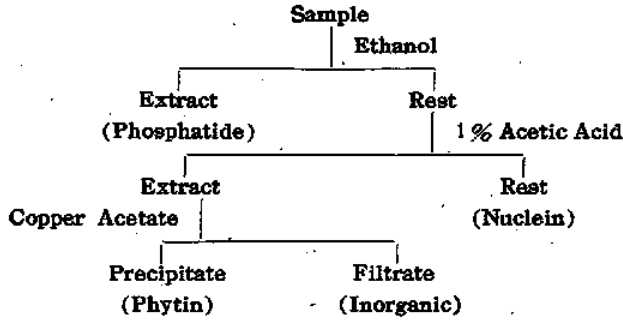


Table 3. Analytical results of several parts of rice plants.

	hours	ear	culm and leaf sheath	leaf blade	boot leaf blade	2nd leaf blade	3rd leaf blade	4th leaf blade	5th leaf blade	6th leaf blade
dry Weight (g)	24	4.75	26.81	12.51	2.18	2.25	2.34	2.43	1.87	1.44
	72	6.09	27.15	13.75	2.73	2.48	2.34	2.34	2.50	1.36
	192	11.50	27.28	13.92	2.62	2.36	2.40	2.64	2.58	1.32
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> content (%)	24	1.68	3.43	3.44	—	—	—	—	—	—
	72	1.99	3.05	2.64	—	—	—	—	—	—
	192	2.62	2.56	2.34	—	—	—	—	—	—
P <sup>32</sup> content (c/m/g)	24	190	585	545	810	678	584	407	380	329
	72	361	801	550	702	665	496	443	463	393
	192	602	772	409	506	495	459	348	309	224
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> content as phosphatide (%)	24	0.08	0.11	0.14	—	—	—	—	—	—
	72	0.12	0.10	0.12	—	—	—	—	—	—
	192	0.24	0.10	0.12	—	—	—	—	—	—
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> content as nuclein (%)	24	0.93	0.39	0.54	—	—	—	—	—	—
	72	1.24	0.33	0.40	—	—	—	—	—	—
	192	1.74	0.31	0.36	—	—	—	—	—	—
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> content as inorganic (%)	24	0.57	2.93	2.76	—	—	—	—	—	—
	72	0.49	2.61	2.15	—	—	—	—	—	—
	192	0.51	2.41	1.80	—	—	—	—	—	—
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> content as phytin (%)	24	0.10	0.01	0.00	—	—	—	—	—	—
	72	0.14	0.01	0.01	—	—	—	—	—	—
	192	0.13	0.01	0.02	—	—	—	—	—	—
P <sup>32</sup> content as phosphatide (c/m/g)	24	7	25	6	—	—	—	—	—	—
	72	18	35	11	—	—	—	—	—	—
	192	55	61	31	—	—	—	—	—	—
P <sup>32</sup> content as nuclein (c/m/g)	24	67	218	125	—	—	—	—	—	—
	72	160	321	235	—	—	—	—	—	—
	192	554	315	273	—	—	—	—	—	—
P <sup>32</sup> content as inorganic (c/m/g)	24	229	815	550	—	—	—	—	—	—
	72	433	1155	626	—	—	—	—	—	—
	192	735	1054	450	—	—	2.	—	—	—

## II. 結 果

$P^{32}$  を供与 24, 72, 192 時間後の水稻の乾物重, 各種形態の磷酸含量, 各器官, 各成分への  $P^{32}$  の分布を第 3 表に平均値を以て示し, 第 2 図以下にこれをグラフで示した.

## III. 考 察

### (1) 穂揃期に与えた $P^{32}$ の各器官への移動と分布

以下図に就て考察を行ふ. 第 2 図の実線は Total の  $P_2O_5$  を % で示したもので, 穂で増加, 茎葉で減少の傾向を示し, 茎葉の磷が穂へ移行している事が分る. 点線は  $P^{32}$  の吸収量を Count/m/g で示し, 第 3 図は葉位による分布を表はした. 即ち止葉に最も高濃度

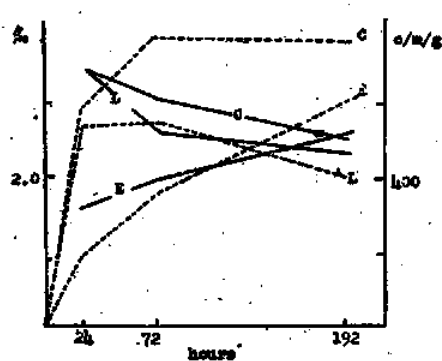


Fig. 2.  $P_2O_5$  and  $P^{32}$  content.

E: ear, C: culm and leaf sheath,  
L: leaf blade.

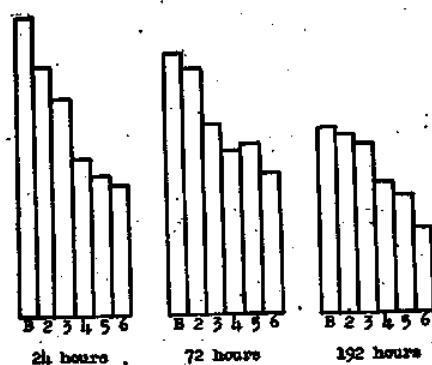


Fig. 3. Distribution of  $P^{32}$ .

B: boot leaf blade,  
2: 2nd leaf blade.

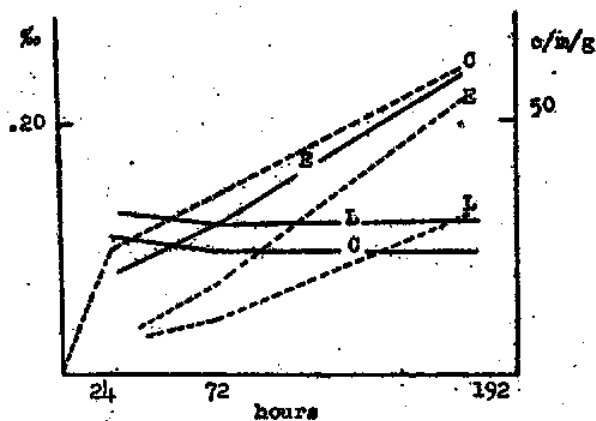


Fig. 4.  $P_2O_5$  and  $P^{32}$  content as phosphatide.

に次で第2葉、第3葉と整然と低下し、Biddulph<sup>5)</sup> がインゲン豆で行った実験結果より更に顯著に上位葉への分布が認められた。上位葉程蒸散が大きい事を考へれば蒸散流のつて導管中を上昇すると云ふ Biddulph<sup>5)</sup>, Arnon<sup>6)</sup> 等の指摘の正しさが認められる。穂へは24時間では僅かが移行し、72時間でかなり増加した。

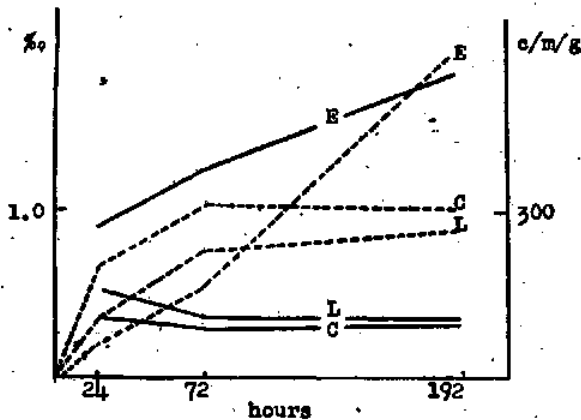
葉の  $P^{32}$  の動きを見ても穂へ直接移行する量は僅かで一度葉を経て穂に至る様に思はれた。192時間では穂への移行が猶顯著にみられ、濃度に於ても止葉を凌駕するに至つた。穂の乾物重が開花後級数的に増加している事を考へると新に吸収した  $P^{32}$  も相当量が子実の構成材料となつた事が明である。この関係を第4表に示した。即ち吸収  $P^{32}$  の分布の割合を絶対量で比較した結果によると吸収  $P^{32}$  の20.55%が192時間の内に穂へ移行した事になる。

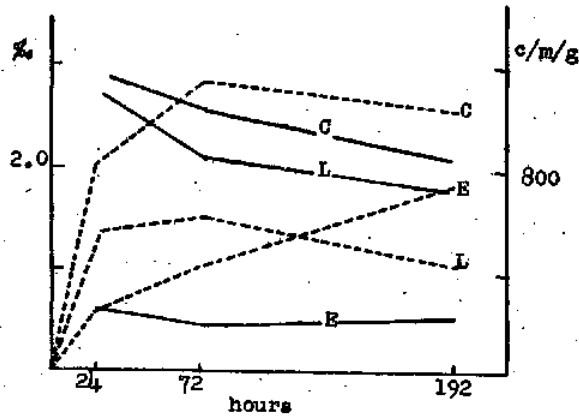
Table 4.

hours	Total counts (c/m)			Distribution of $P^{32}$ (%)		
	24	72	192	24	72	192
ear	903	2,198	6,923	3.86	6.80	20.55
culm and leaf sheath	15,684	21,747	21,060	67.01	69.02	62.54
leaf blade	6,818	7,563	5,693	29.13	24.18	16.91

## (2) 吸収 $P^{32}$ の形態

第4図以下は前と同様実験は各種形態の  $P_2O_5$  を%で示し、点線は  $P^{32}$  の各成分への分布を Count/m/g で示した。但し強度が成分によつては極めて弱いので Geiger-Tube との距離を小さくつてある為に(1)で考察した結果との比較は直接には出来なかつた。Phytin 態はいつれの場合も192時間内では  $P^{32}$  による形成が認められなかつた。即ち Background と誤差の範囲内で一致し検出出来なかつた。貯蔵養分としての性格からも此の時期で形成の極めて少い事は当然であらう。

Fig. 5.  $P_2O_5$  and  $P^{32}$  content as nucleicn.

Fig. 6.  $P_2O_5$  and  $P^{32}$  content as inorganic.

Phosphatide 態も極めて僅かであつた為に特に 24 時間の穂と葉の Count は Phytin 同様誤差の範囲内であつた。然し 192 時間では明かに確認出来た。Nuclein 態は 24 時間後早くも形成され 72, 192 時間と漸増している。穂の Nuclein 態の増加は特に大きく、192 時間後遂に茎、葉の濃度を越えた。Inorganic 態は 72 時間以後茎葉中で減少し、穂で増加を示した。即ち、一部は他の形態に変化し、或ひは直接穂への給源をなしていると考えられる。恐らくこの間穂に於ける炭水化物の蓄積に大きな役割を果しているものであらう。

茎葉中では Inorganic, Nuclein, Phosphatide 態共この期間にあつては減少の傾向をとる事が認められているが<sup>3)</sup>、著者等の結果もこれに一致している。唯だ新に吸収された  $P^{32}$  が早くから Nuclein, Phosphatide 態として現はれ、又この間増加の傾向を見せる事は注意すべきで Vickery<sup>7)</sup> が窒素で認め推定したと同様に比較的安定と考へられる<sup>8)</sup>。これら形態のものが、分解合成の新陳代謝を行つているか、或ひは磷の原子又は磷酸基が絶えずこれら形態の磷原子、磷酸基と交換反応を行つているかの、何れかで、特に Nuclein の動きは興味がある。

要するにこの時期に吸収された磷も Biddulph 等の云ふ如く先づ蒸散流にのつて導管中を上昇し、水の蒸発と共に茎葉、特に上位部に分布し、次で交換反応或ひは新陳代謝の結果 Nuclein, 更に Phosphatide に合成されて間接に、又一部はそのまま穂に移行して子実形成の為に利用されていると考へられる。

#### IV. 摘 要

水稻に  $Na_2HPO_4$  の形で放射性磷を出穂後に与へ、24, 72, 192 時間後夫々収穫して穂、茎、葉等の各部に分け 磷酸含量を分析した。同時に 含磷成分を分別定量し放射能を測定した。

$P^{32}$  の濃度は最新葉である止葉に先づ最高となり Biddulph の結果と一致した。葉中の  $P^{32}$  は次で漸次穂中に移動蓄積し、192 時間で穂中の  $P^{32}$  は全体の 20.55 % を占めるに

至つた。Phosphatide 態, Nuclein 態の磷は茎葉中で此の期間減少したが, 此等形態の  $P^{32}$  は逆に増加した。この事は此の期間中に於て茎葉中で Phosphatide や Nuclein の旺盛な新陳代謝が行はれている事を示すものである。

本研究は九大放射性同位元素研究会の協力による所が多い。記して謝意を表する。

### 引用文献

- 1) J. M. Blume, C. E. Hagen and R. W. Mackie; *Soil Sci.* 70, 415 (1950).
- 2) G. Michael und L. Heidecker; *Bodenk. u. Pflanzenern.* 17, 358 (1940).
- 3) 藤原彰夫, 三橋信郎; *農学*, 2 (1948).
- 4) A. Briggs; *J. Biol. Chem.* 53, 13 (1922).
- 5) O. Biddulph; *Plant Physiology*, 15, 131 (1940).
- 6) D. I. Arnon, P. R. Stout and F. Sipos; *Amer. J. Bot.* 27, 91 (1940).
- 7) H. B. Vickery, G. W. Pucher, R. Schoenheimer and D. Rittenberg; *J. Biol. Chem.* 135, 531 (1940).
- 8) E. E. DeTurk: *Jr. Agr. Res.* 46, 121 (1933).

### Résumé

Rice plants were supplied after heading with radioactive  $P^{32}$  as  $Na_2HPO_4$ . After 24, 72 and 192 hours, plants were harvested, and separated into several parts. Then they were analyzed for their P content. At the same time, their phosphorous compounds were fractionated and measured the radioactivity. The concentration of  $P^{32}$  was highest in the boot leaf, which was the newest, and that coincided with Biddulph's results.  $P^{32}$  in the leaf, then, gradually translocated into the ear and accumulated.

Total P as phosphatide and nuclein decreased in the leaf and stem during this period, but  $P^{32}$  as these forms increased in every parts of plants. That shows vigorous renewal of phosphatide and nuclein at that period in these organs.