

作物에 吸収된 放射性 同位元素의 内部照射效果에 關한 研究(第 8 報)

P-32 溶液에 浸漬한 大麥種子의 發芽 및 幼植物의 生長에 關한 研究

孫 府 龍* 金 吉 煥** 車 鍾 煥***

(*高麗大學校, **科學技術處, ***東國大學校)

**Studies on the effects of radiation from radioisotopes
incorporated into plants (VIII)**

Effects of P-32 administered through seeds on the germination and
growth of young barley plants.

SON, Eng Yong*, Kil Hwan KIM** and Jong Whan CHA***

(*Korea University, **Ministry of Science & Technology, **Dongguk University)

ABSTRACT

Through immersing barley seeds (variety; Suwon No. 6) into different dilution of carrier-free P-32 original solution (Total activity; 90mc, To; 3/21) for 24 hours at room temperature, four groups of seeds (each group consists of 200 seeds) having activity levels of $1.6 \times 10^{-3} \mu\text{c } ^{32}\text{P}/\text{grain}$, $2.3 \times 10^{-1} \mu\text{c } ^{32}\text{P}/\text{grain}$, $6.9 \times 10^0 \mu\text{c } ^{32}\text{P}/\text{grain}$ and $2.5 \times 10^1 \mu\text{c } ^{32}\text{P}/\text{grain}$ respectively, were obtained. To investigate the effects of various activity levels of P-32 absorbed upon the test plants, the seeds were germinated, transplant into the pots, and the growth was observed for three months after germination.

After harvest, the inorganic contents in the leaves and the stems were also analyzed. The results:

1) Until four days after the beginning of germination, the rate of germination was found the lowest at the strongest activity level of $2.5 \times 10^1 \mu\text{c}/\text{grain}$. At the other P-32 levels treated, it showed generally higher than the control.

2) Before transplanting the seedlings of both $1.6 \times 10^{-3} \mu\text{c}/\text{grain}$ and $2.3 \times 10^{-1} \mu\text{c}/\text{grain}$ levels showed more vigorous growth than the control, whereas at the $6.9 \times 10^0 \mu\text{c}/\text{grain}$ level a retarded growth was conspicuous and all of plants belonging to the highest activity level of $2.5 \times 10^1 \mu\text{c}/\text{grain}$ were withered owing apparently to the radiation damage.

3) This trend of growth promotion was continually observed at the low activity levels even after transplanting the seedlings to the pots. As for the plants belonging to $6.9 \times 10^0 \mu\text{c}/\text{grain}$ level, a clear sign of gradual recovery from the damage afflicted at the earlier stage was observable, and as a result the plants showed more growth than those of control two months after transplanting.

4) The number of stems diverged was found somewhat small in the blocks treated with P-32, compared with that of control until two months after germination. At the later stage of growth there seemed no significant difference among themselves.

5) The dry weight of leaves and stems was proved that the lower the activity, the more it was produced. The relative increase of dry matter in each treatment compared with the control was 2% at $6.9 \times 10^0 \mu\text{c}/\text{grain}$ level, 9% at $2.3 \times 10^{-1} \mu\text{c}/\text{grain}$ and 35% at $1.6 \times 10^{-3} \mu\text{c}/\text{grain}$ respectively.

6) The inorganic contents of the leaves and stems harvested were proved that:

(1) Nitrogen was highest at the lowest activity level of $2.3 \times 10^{-1} \mu\text{c}/\text{grain}$.

(2) Phosphorus showed generally higher contents in the treated blocks than in control, with the peak being at $2.3 \times 10^{-1} \mu\text{c}/\text{grain}$ level in the leaves and at $6.9 \times 10^0 \mu\text{c}/\text{grain}$ in the stems.

(3) These was no significant difference in potassium contents in the leaves between treatment and control, whereas in the stem the treated blocks were higher than control roughly in propotion to the activity level.

(4) Calcium in the lesves was richer in treated blocks than control while in the stem no difference was seen.

(5) Magnesium contents both in leaves and in stems there was no difference among treatments.

縮 論

前報 (8,9)에 이어 本實驗에서는 大麥 種子를 P-32 로 處理한 內部 照射 效果를 障害, 生長促進 兩面에서 線量 效果關係 解析을 中心으로 發芽後의 初期 生長 過程을 檢討하였다.

또한 內部 照射의 境遇 照射된 線量の 正確한 測定이 困難함에 비추어 處理 P-32 溶液의 濃度 乃至는 種子 一粒當 吸收된 P-32 의 放射能을 基準으로 잡았다.

材料 및 方法

本 實驗은 1967 年 3 月 21 日부터 始作하였으며 供試作物로 大麥(水原六號)를 使用하였다.

發芽 試驗을 爲해 各 處理別로 3 月 24 日 種子 200 個씩 24 時間 P-32 稀釋液에 浸漬한 後 發芽床에 播種하였다.

處理한 P-32 溶液의 濃度和 種子 一粒當 放射能 吸收率은 Table 1 과 같다.

Table 1. Concentrations of P-32 and the levels of activity absorbed by the seeds.

Treatment	B ₄	B ₃	B ₂	B ₁	B ₀
P-32 concentration(μc P-32/l)	0	1.5×10^{-2}	1.5×10^0	1.5×10^2	1.5×10^4
P-32 absorbed by the seeds (μc P-32/grain)	0	1.6×10^{-3}	2.3×10^{-1}	6.9×10^0	2.5×10^1

發芽後 4 月 4 日 同質 同量의 土壤을 담은 花盆에 各各 10 個體씩 移植하여 一處理當 5 反覆으로 亂塊法에 依하여 花盆을 配置하고 澆水等 一般 栽培管理를 均一하게 하였다.

發芽率은 發芽床에서 調查하고 移植 後 線生長과 分蘗數를 各各 5 月 3 日, 5 月 20 日, 6 月 4 日의 三次로 나누어 調查하였다.

6 月 20 日 作物을 收穫하여 그 莖葉의 乾物 生産量을 調查하는 한편 無機成分을 各各 다음 方法에 依據하여 調查하였다.

N: Kjeldahl 法, P: Ammonium molybdate blue 法, K: Flame spectrophotometer 法, Ca 及 Mg: E.D.T. A 滴定法

그리고 P-32 의 Activity 測定은 1.8mg/cm² 의 端窓型 G.M. 管이 連結된 Tracer Lab. Co. Compu/matic V Scaler 로 計數하였다.

結果 및 考察

1. 發芽率: 發芽狀態 및 發芽勢는 다음 Table 2 와 Fig. 1 에서 볼 수 있다.

Table 2. Rate of Germination (%)

Treatment Days after sowing	Control	1.5×10 ⁻² μc P-32/l	1.5×10 ⁰ μc P-32/l	1.5×10 ² μc P-32/l	1.5×10 ⁴ μc P-32/l
2 day	0	0	0	0	0
3	17	22	26	23	0
4	41	49	43	47	23
5	50	57	48	55	36
6	54	57	48	60	37
7	68	59	54	60	41
8	67	61	56	61	45
9	70	65	56	65	49
10	70	65	56	66	50

P-32 處理 後 發芽床에 播種하여 2 週동안 觀察했으나 處理에 依한 影響이 播種 後 3~5 日 사이에 가장 잘 나타나고 있다.

播種 3 日 後의 發芽率은 對照區에 比하여 P-32 處理區가 높은 傾向을 보였으나 最強 線量區만은 아직 發芽되지 않았다.

4 日 發芽率은 3 日 發芽에 比하여 處理間의 差異가 더 적어 졌으며 最強線量區도 23%의 發芽率을 나타 내고 있다.

5 日 發芽 最強 線量區는 對照區보다 낮고 그외의 處理區는 大體로 높은 傾向이나 1.5×10⁰ μc P-32/l 의 線量區는 2% 程度 낮은 結果를 보이고 있다. 이와 같은 發芽勢의 處理別 趨勢는 Fig. 1 에서 明白하게 볼 수 있다.

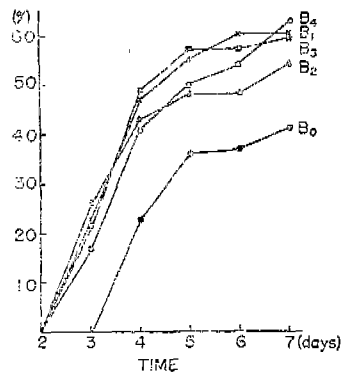


Fig. 1. Germination rate as a function of days after sowing.

이와 같이 發芽率이나 發芽勢에 있어서 大體로 보아 低線量區에서는 促進의인 傾向을 보이고 強線量區에서 障害作用을 나타내고 있음은 前報(8)의 結果와도 一致한다.

2. 發芽後의 生長 : 生育에 미치는 放射線의 影響을 線生長과 分蘗수 및 地上部의 乾物重에 依하여 評價해 보기로 한다.

Fig. 2는 4월 4일(發芽後 10日) 發芽床에서 生育中인 보리를 촬영한 것인데 對照區에 比하여 最 強線量區를 除外한 餘他 P-32 處理區의 生長이 良好함을 볼 수 있다. 材料와 P-32의 Activity 관계상 發芽단계에서 乾物重은 조사하지 않았다.

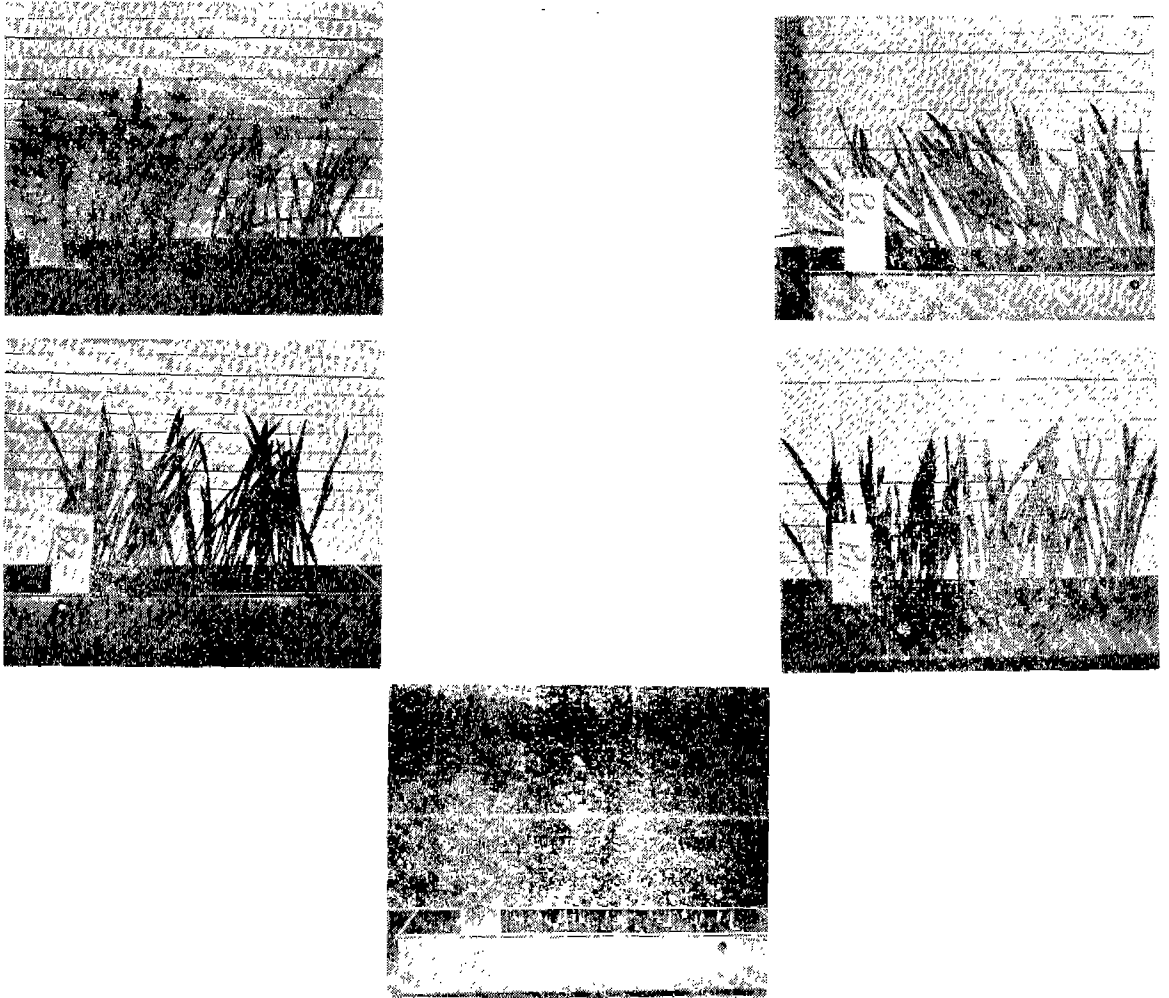


Fig. 2. Barley seedlings 10 days after germination.

이와 같은 傾向은 Fig. 3에서도 볼 수 있으며 小線量區인 $1.5 \times 10^{-2} \mu\text{C}$ P-32/l區와 $1.5 \times 10^0 \mu\text{C}$ P-32/l의 生育은 對照區에 比較하여 地上部 및 地下部의 生育이 좋은 傾向을 보이고 있는 한편 多線量區인 $1.5 \times 10^2 \mu\text{C}$ P-32/l區와 $1.5 \times 10^4 \mu\text{C}$ P-32/l區는 生育이 不振함을 알 수 있다. 特히 最強線量區인 $1.5 \times 10^4 \mu\text{C}$ P-32/l 處理區는 障害作用에 依해 生育이 不振함은 물론이요 枯死狀態에 놓여 있음을 볼 수 있다.

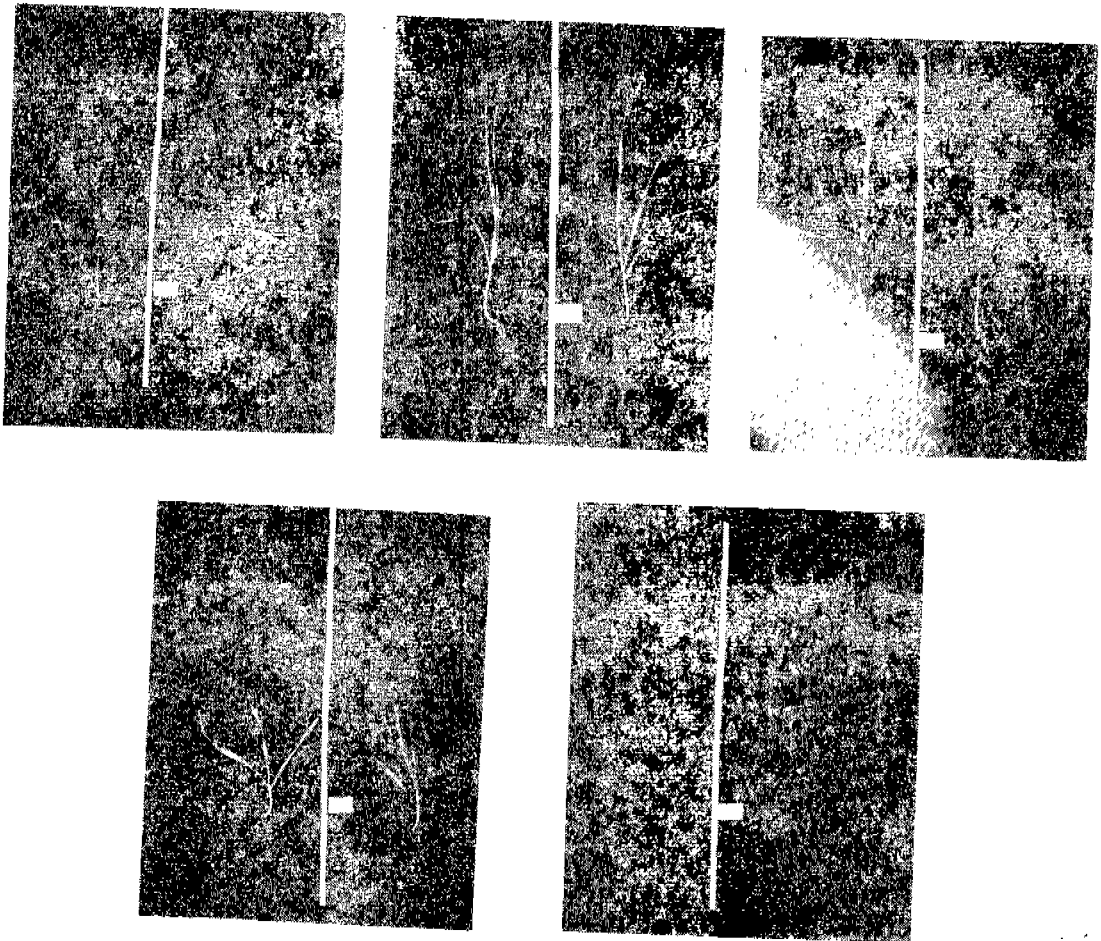


Fig. 3. Barley seedlings 10 days after germination

低線量區에 있어서의 이와 같은 生長促進現象은 Stein 과 Steffensen(1959)도 옥수수 幼植物의 根과 葉條에서 觀察하였으며 著者들도 前報(8)의 亞麻에서 볼 수 있었다. 한편 放射線의 強線量區에서의 生育不振乃至 障害現象은 거의 普遍的으로 볼 수 있으며 이에 關한 實驗例도 많다.

그러나 이와 같은 障害를 일으키는 機構에 對해서는 아직 確實치 않으나 Gardon(1957)에 依하던 細胞質에 있어서의 Auxin 代謝의 破壞가 生長 障害의 根本的 原因이라고 한다.

(가) 線生長

Table 3. The linear growth of the young barley plants.

Plate	Treatment	Control	1.5×10^{-3} ($\mu\text{c P-32/l}$)	1.5×10^0 ($\mu\text{c P-32/l}$)	1.5×10^2 ($\mu\text{c P-32/l}$)	1.5×10^4 ($\mu\text{c P-32/l}$)	L.S.D.	
							5%	1%
1st (5/3)		10.8	11.8	12.0	11.4	—	0.74	1.01
2nd (5/20)		15.8	17.0	16.6	16.0	—	—	—
3rd (6/4)		21.0	23.6	22.4	21.8	—	0.95	1.28

Table 3에서 보는 바와 같이 5月 3日 一次 生長 調査 結果에 依하면 對照區에 比하여 $1.5 \times 10^{-2} \mu\text{c P-32/l}$ 區와 $1.5 \times 10^0 \mu\text{c P-32/l}$ 區는 刺戟效果에 依한 促進 現象을 볼 수 있고 特히 $1.5 \times 10^0 \mu\text{c P-32/l}$ 區는 高度의 有意性이 있다. $1.5 \times 10^2 \mu\text{c P-32/l}$ 處理區도 對照區보다 若干 促進되는 傾向이 있다.

二次 生長 調査(5月 20日) 結果는 統計的 有意性은 없으나, 一般的 추세는 17日 前에 調査한 1次 生長 調査의 結果와 大同小異하다.

6月 4日 3次 生長 調査의 結果도 1次, 2次의 傾向과 비슷하다. 即 弱線量區의 生育이 對照區에 比하여 1%의 範圍에서 有意性이 있는 刺戟效果가 나타나고 있다.

強線量區의 生育은 회복을 하지 못한 區가 있는가 하면 일단 生殘한 區는 차차 회복되어 오히려 對照區보다 若干 좋은 生長을 보이고 있다.

作物의 初期 生長 段階에 있어서의 生育 促進에 關한 實驗 例는 많으며 Patskevich(1961)는 種子에 照射한 放射線이 作物 生育을 促進시킴을 報告하였고 Spencer와 Cabanillas(1956)도 低線量照射下에 있어서의 初期 生長이 促進되는 刺戟效果를 지적한바 있다.

(나) 分蘗數

Table 4. Number of stem diverged

Date \ Treatment	Control	1.5×10^{-2} ($\mu\text{c P-32/l}$)	1.5×10^0 ($\mu\text{c P-32/l}$)	1.5×10^2 ($\mu\text{c P-32/l}$)	1.5×10^4 ($\mu\text{c P-32/l}$)	L.S.D.	
						5%	1%
1st (5/3)	4.16	3.76	3.84	3.58	—	0.34	0.46
2nd (5/20)	8.48	7.82	7.60	7.32	—	0.71	0.96
3rd (6/4)	8.94	9.04	8.98	8.26	—	—	—

Table 4에서 三次에 걸친 分蘗數의 處理別 時期別 調査 結果를 볼 수 있다.

一次(5月 3日) 調査에서는 對照區가 Activity 處理區보다 分蘗數가 많은 結果를 보이고 있는데 二次(5月 20日) 調査에서도 對照區가 높고 Activity가 強해 질수록 적어지는 傾向을 보이고 있으며 三次 調査에서는 處理間에 別로 뚜렷한 差異를 나타내지 않고 있다.

前記한 Table 3과 4를 比較하여 볼때 生長이 促進된 것은 分蘗數가 적고 生長이 不振한 것은 分蘗數가 많은 傾向을 보이나 全體的인 生育의 結果는 다음 乾物重에 依하여 더욱 明確히 파악할 수 있다.

(다) 乾物重

Table 5. Dry weight of plant top

Treatment	Control	1.5×10^{-2} ($\mu\text{c P-32/l}$)	1.5×10^0 ($\mu\text{c P-32/l}$)	1.5×10^2 ($\mu\text{c P-32/l}$)	1.5×10^4 ($\mu\text{c P-32/l}$)	L.S.D.	
						5%	1%
Dry weight/plant	10.8	14.6	11.8	11.0	—	1.01	1.37
% of control	100	135.2	109.3	101.9	—	9.35	12.67

6月 20日 全植物體를 收穫하여 調査한 地上部의 乾物重은 處理區가 對照區보다 무거운 傾向을 보이지만 가장 弱한 線量區인 1.5×10^{-2} 區에서만 高度의 有意性을 보이고 있다. 이와 같은 結果는 線生長과 分蘗數의 合計에 依한 結果라고 볼 수 있다.

弱線量下에서 作物 重量이 增大된 例로는 Breslavetz(1958)의 報文이 있다. 即 하루 1.6r의 線量率로 生育期間中 계속 照射하여 옥수수 生量이 36% 增加되었으며 三年동안 메밀을 가지고 계속 實

驗을 한 結果 하루 1r의 적은 照射에 依하여 每年 生長이 增加되었고 하루 2r의 照射에 依하여 植物의 乾量이 60% 增加되었다고 한다.

本 實驗에서와 같이 P-32의 種子 處理에 依한 内部 照射效果는 急性照射의 性格을 띠우며 위에 例를 들은 慢性 照射의 境遇와는 그 作用 機構가 같지 않음에도 불구하고 Table 5에서 보는 바와 같이 對照區에 比하여 35% 程度의 増量を 招來한 區가 있다는 事實은 매우 興味있는 問題라고 할수 있다.

3. 無機 成分: 6月 20日 地上部의 收穫後 葉內 無機 成分을 分析한 結果는 Table 6과 같다.

Table 6. The inorganic contents of the leaves harvested.

Treatment Contents	Control	1.6×10^{-3} $\mu\text{C P-32/grain}$	2.3×10^{-1} $\mu\text{C P-32/grain}$	6.9×10^0 $\mu\text{C P-32/grain}$	2.5×10^1 $\mu\text{C P-32/grain}$	L.S.D.	
						5%	1%
N (%)	1.53	1.73	2.07	1.43	—	0.32	0.46
P ₂ O ₅ (%)	1.20	1.47	2.97	1.87	—	0.25	0.37
K ₂ O (%)	5.47	5.30	4.75	4.95	—	—	—
CaO (%)	0.84	0.61	0.50	0.40	—	0.062	0.091
MgO (%)	0.70	0.64	0.62	0.73	—	—	—

窒素는 小線量區가 對照區보다 높고 多線量區는 낮은 値를 보이고 있으며 특히 $2.3 \times 10^{-1} \mu\text{C P-32/grain}$ 區는 높은 値를 나타내고 있다.

磷酸 含量은 處理區가 對照區보다 모두 많고 특히 $2.3 \times 10^{-1} \mu\text{C P-32/grain}$ 區가 第一 많다.

加里의 含量은 處理區가 낮은 傾向을 보이나 處理間에 有意성이 없다.

Ca의 含量은 處理區가 높은 傾向을 보이고 있으나 小線量區만이 有意성을 보이고 있다.

Mg의 含量은 小線量區가 一般적으로 낮은 값을 보이고 있으나 有意성은 없다.

다음 莖內 無機 成分의 含量은 Table 7과 같다.

Table 7. The inorganic contents of the stem harvested

Treatment Contents	Control	1.6×10^{-3} $\mu\text{C P-32/grain}$	2.3×10^{-1} $\mu\text{C P-32/grain}$	6.9×10^0 $\mu\text{C P-32/grain}$	2.5×10^1 $\mu\text{C P-32/grain}$	L.S.D.	
						5%	1%
N (%)	1.87	2.17	2.87	1.80	—	0.49	0.81
P ₂ O ₅ (%)	1.87	2.20	2.00	2.37	—	0.39	—
K ₂ O (%)	3.93	4.67	5.13	5.29	—	0.76	1.11
CaO (%)	0.48	0.55	0.49	0.54	—	—	—
MgO (%)	0.58	0.46	0.41	0.74	—	—	—

窒素含量은 葉內, 窒素, 含量과 비슷한 傾向을 보이며 $2.3 \times 10^{-1} \mu\text{C P-32/grain}$ 處理區만이 高度의 有意성을 나타 내고 있다. $1.6 \times 10^{-3} \mu\text{C P-32/grain}$ 處理區는 若干 높고 $6.9 \times 10^0 \mu\text{C P-32/grain}$ 處理區는 若干 낮으나 모두 有意성이 없다.

磷酸의 含量은 處理區가 對照區보다 높으나 $6.9 \times 10^0 \mu\text{C P-32/grain}$ 處理區만이 5% 範圍에서 有意성을 보이고 있다.

加里의 含量은 處理區가 對照區보다 높으며 處理區에서도 Activity level이 높을 수록 높은 値를 보이고 있다. 특히 $2.3 \times 10^{-1} \mu\text{C P-32/grain}$ 區와 $6.9 \times 10^0 \mu\text{C P-32/grain}$ 處理區는 高度의 有意성을 보이고 있다.

Ca의 含量은 處理間에 有意성은 없으나 處理區가 對照區보다 若干 높은 傾向을 보이고 있다.

Mg의 含量은 小線量區는 낮고 多線量區는 높은 値를 보이나 有意性은 없다

摘 要

無擔體 P-32 原液(90mc, To: 3월 21일)의 네가지 稀釋液에 各各 200粒의 大麥(品種: 水原六號) 種子를 室溫에서 24時間 浸漬하여 그 吸收된 放射能 水準이 每粒當 各各 $1.6 \times 10^{-3} \mu\text{c}$, $2.3 \times 10^{-1} \mu\text{c}$, $6.9 \times 10^0 \mu\text{c}$, $2.5 \times 10^1 \mu\text{c}$ 이 된 다음 그 發芽 試驗에 이어 花盆에 移植하여 初期 生育과 無機成分 含量을 調查하여 供試 作物에 對한 P-32의 内部 照射效果를 觀察해 본 結果 다음과 같은 成績을 얻었다.

1. 發芽開始後 4日까지는 發芽率이 最強線量區($2.5 \times 10^1 \mu\text{c}/\text{grain}$)가 大端히 낮았고 그밖의 處理區에 있어서는 對照區보다 높았다.
2. 移植(4月 4日)前까지 發芽床에 있어서의 生育狀態는 $1.6 \times 10^{-3} \mu\text{c}/\text{grain}$, $2.3 \times 10^{-1} \mu\text{c}/\text{grain}$ 의 弱線量 處理區에 있어서는 對照區에 比하여 生長이 促進되었고 $6.9 \times 10^0 \mu\text{c}/\text{grain}$ 에 있어서는 生長이 不振하였고 最強線量區인 $2.5 \times 10^1 \mu\text{c}/\text{grain}$ 에서는 甚한 障害를 받아 枯死하였다.
3. 花盆에 移植한 後의 生長은 弱線量區에 있어서는 繼續 促進되었고 $6.9 \times 10^0 \mu\text{c}/\text{grain}$ 의 強線量區에 있어서는 障害가 漸次 回復되어 移植 2箇月 後에는 對照區보다 若干 良好한 生育을 보였다.
4. 發芽 2個月 後까지의 分葉數는 對照區가 處理보다 若干 높은 傾向을 보였으나 그 後의 生長에 는 處理間에 差異가 없었다.
5. 發芽 3個月 後의 地上部 乾物重은 線量이 弱할수록 많은 傾向을 보였으며 對照區에 比하여 2% ($6.9 \times 10^0 \mu\text{c}/\text{grain}$), 9% ($2.3 \times 10^{-1} \mu\text{c}/\text{grain}$), 35% ($1.6 \times 10^{-3} \mu\text{c}/\text{grain}$) 增加하였다.
6. 收穫한 莖葉內 主要 無機 成分 含量은 各各 아래와 같다.
 - (1) 窒素含量은 低線量區인 $2.3 \times 10^{-1} \mu\text{c}/\text{grain}$ 에서 莖葉 모두 가장 높았다.
 - (2) 磷酸含量은 處理區가 對照區보다 많으며 葉에서는 $2.3 \times 10^{-1} \mu\text{c}/\text{grain}$ 區, 莖에 있어서는 $6.9 \times 10^0 \mu\text{c}/\text{grain}$ 區가 特히 많다.
 - (3) 加里含量은 葉에 있어서는 處理間에 別로 差異가 없으나 莖에 있어서는 處理區가 對照區 보다 많으며 放射能이 強한 處理區일수록 많은 傾向을 보였다.
 - (4) Ca 含量은 葉에서는 處理區가 一般적으로 對照區보다 많았고 莖에 있어서는 處理間에 差異가 없었다.
 - (5) Mg 含量은 葉, 莖 모두 處理間差異가 없었다.

參 考 文 獻

1. Breslavetz, L. B., 1958. Radioactive radiation in agriculture. Priroda 3. 54~57. (Translated by Dr. Frank, Mraz. AEC-UT Agricultural Res. Lab.)
2. Gordon, S.A., 1957. The effects of ionizing radiation on plants, biochemical and physiological aspects. The Quarterly Review of Biology 32. 3~14.
3. Kim, K. H., J. Y. Huh, S.H. Park and K.S. Jung, 1967. Studies on the effects of radiation from radioisotoper incorporated into plants(I).—The stimulating effects of P-32 application on the growth of buckwheat. J. of Nuclear Sciences 2(1) Part 2 P. 150~8.
4. —, J. W. Cha, T. S. Kim and B. H. Park, 1967. Studies on the effects of radiation from radioisotopes incorporated into plants(II)—The influence of internally administered P-32 on the growth of soybean, millet and salvia—ibid p. 65~76.

5. —, B. M. Kim and S. K. Lim, 1967. Studies on the effects of radiation from radioisotopes incorporated into plants(III)—The influence of internally administered P-32 on the contents of nucleic acid in solvia leaves. *ibid.* p. 77~84.
6. — and Jong Whan Cha, 1968. Studies on the effects of radiation from radioisotopes incorporated into plants(IV)—The effects of P-32 application on the growth of buckwheat. *Kor. Jour. Bot.* 11 (1) : 7~14
7. —, H. K. Kim and J. W. Cha, 1968. Studies on the effects of radiation from radioisotopes incorporated into plants(V)—The residual effects of internally administered P-32 on the germination and the growth of soybean, millet and salvia. *Kor. Sec. Hort. Sci.* Vol. 6
8. —, E. Y. Son, J. W. Cha and J. I. Chun, 1969. Studies on the effects of radiation from radioisotopes incorporated into plants(VI)—Effects of P-32 incorporated into seeds on the growth of flax. *Kor. Jour. of Bot.* Vol. 12(1) : 22~30.
9. —, —, —, and C. J. Kim, 1968. Studies on the effects of radiation from radioisotopes incorporated into plants(VII). —Effect of P-32 administered through seeds on the germination and growth of soybean. *Kor. Jour. Bot.*
10. Patskevich, V., M., 1961. Conference on seed irradiation prior to sowing. *Soviet J. Atomic Energy* 549~551 (Translated by consultant bureau enterprise, New York).
11. Spencer, J. L. and Cabanillas E., 1956. The effect of X-rays and thermal neutrons on the development of trailing indago plants. *Am. J. Botany* 43 : 289~296.
12. Stein, O. L. and Steffensen D. M., 1959. The activity of X-rayed apical meristems: a genetic and morphogenetic analysis of *Zea mays*. *Z. Vererbungslehre* 90, 483~502.