

作物에 吸收된 放射性 同位元素의 內部 照射效果에 關한 研究(VI)

亞麻의 生長에 미치는 P-32의 影響

孫膺龍* 金吉煥** 車鍾煥*** 錢精日*

(*高麗大學校 農科大學 **科學技術處 ***東國大學校 農林大學)

**Studies on the Effects of Radiation from Radioisotopes
incorporated into Plants(VI)**

Effects of P-32 incorporated into Seeds on the Growth of Flax

SON, Eng-Yong*, Kil-Hwan KIM**, Jong Whan CHA*** and Chung-II CHAN

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

ABSTRACT

To investigate the effects of internal radiation of various intensity on the test crop (flax), seeds of four levels of activity (15.5×10^{-4} $\mu\text{C}/\text{grain}$, 9.0×10^{-2} $\mu\text{C}/\text{grain}$, 2.2×10^0 $\mu\text{C}/\text{grain}$ and 3.8×10^1 $\mu\text{C}/\text{grain}$) which had been obtained by immersing them into various concentrations of P-32 original solution (total activity: 90 mc, To: 3/21) for 24 hours at room temperature, were germinated, transplanted later into pots, and the rate of germination and the successive growth were observed, and the inorganic contents of the plant top were analyzed.

The results are as follows:

1. At the early stage of germination, the plants manifested themselves both inhibitory and promotive effects at higher and lower activity levels respectively, compared those of the control. These difference of growth on account of different levels of activity appeared, however, to be gradually narrowed in the course of time after germination, except at the highest activity.
2. Two weeks after transplanting, the plants of the lowest activity showed more vigorous growth than those of control. The plants belonging to the other activity levels on the other hand, tended to be less growing, the higher the activity. However, this growth gap between treatments seemed to be progressively closed one month after transplanting.
3. Most of the leaves and stems of the plants belonging to the highest activity level (3.8×10^1 $\mu\text{C}/\text{grain}$) were withered during the early stage of growth, and this damage did not recover.
4. Practically no difference of growth was observed among treatments(excluding that of highest activity) one and half months after transplanting.
5. The fluorescence tended to be more delayed than the control, as the activity decreased.
6. There was a tendency that the number of pods harvested were larger in the

plants treated with P-32 than that of the control.

7. The proportion of fiber in the plants at harvest appeared to be larger at lower activity and smaller at higher P-32 concentration than that of control

8. As for the inorganic contents of the plant top harvested the following tendency was observed:

- (1) Nitrogen content was highest at the highest activity level at which the poorest growth ensued.
- (2) There was no clear difference of phosphorus content among treatments.
- (3) The contents of potassium and magnesium were higher than control at the medium levels of activity.
- (4) Calcium content of all treated blocks was found to be more than that of control.

緒 論

生育중에 있는 作物體에 비해 休眠種子는 放射線에 對한 抵抗性이 크지만 種子를 물에 浸漬하여 含水量이 커지면 一般의 感受性이 커진다는 事實은 이미 잘 알려져 있다. (松尾 1958, Caldecott 1955 等)

作物에 對한 放射線의 內部 照射 效果를 實驗하기 爲하여 放射性 物質을 作物體內에 導入하는데 있어서 作物의 生育中 經根의 및 經莖의인 方法에 對해서는 이미 前報(I. II. III.)에서 檢討된 바 있거니와 發芽前 種子의 吸收 段階에 있어서의 導入은 餘他 方法에 比하여 그 操作이 簡便할뿐더러 空間의 으로나 時間的으로 放射能 汚染의 可能性을 最少限度로 줄일수 있을 것으로 믿어진다. Uranium 核分裂生成物, P-32, Ca-45 等 放射性 物質의 稀薄한 溶液에 各種 作物의 種子를 浸漬處理하므로써 그 生育이 促進되고 收量이 增大되었음은 Kuzin (1955), Mohanty (1960) 等に 依해서 報告되었고 Thaug (1960)도 벼를 對象으로 顯著한 生産增加를 보았다.

放射線의 內部, 外部 照射를 莫論하고 이와같은 生長促進의 效果에 對해서는 反論 (Quaster & Baur 1950, Krankis & Webster 1956, Osborne & Bacon 1960 等)도 없지 않으나 強線量下에서의 生長 障害에 關해서는 거의 모든 實驗結果가 一致한다.

筆者들은 前報에서 P-32의 內部 照射效果로서 이 두가지 面이 있으며 또한 이러한 效果가 供試作物의 放射線 感受성과 아울러 處理된 P-32의 濃度, 따라서 作物體內에 導入된 放射能 水準에 依存함을 報告하였는데 이와 같은 結果는 P-32의 導入 方法을 달리 함에 따라 그 發現되는 樣相이 달라질 것이다.

即 種子의 吸收 過程에서 短時間 導入된 P-32의 作用 機構는 前 實驗에서와 같이 이러한 放射性 物質이 作物의 生育期間中 經根, 經莖의 으로 繼續 吸收 導入되는 過程에 比해서 훨씬 單純한 것이며 吸收後 種子의 休眠이 깨져 種子 內部的 代謝活動이 始作되고 生理的으로 活性인 段階에 對한 P-32 β 線의 急性 照射의 效果가 發芽後의 모든 生育 過程에서 야기되는 結果에 對한 主要原因이 될 것으로 믿어 진다.

材料 및 方法

本 實驗은 1967年 3月부터 高麗大學校에서 實施된 것으로 供試 材料인 亞麻(Wiera)는 水原 農村振興廳 特作課에서 얻은 것이다.

P-32의 處理區와 對照區를 合하여 五處理 五反覆으로 하고 1 處理區當 5개의 花盆(花盆當 10個體 씩 栽植)을 亂鬼法에 따라 配置하였다.

處理된 P-32의 濃度와 種子 1粒當 吸收된 P-32의 水準은 各各 Table 1과 같다.

Table 1. Activity level of P-32 as of March 21, 1967.

Treatment	F ₄	F ₃	F ₂	F ₁	F ₀
P-32 Concentration of the solution ($\mu\text{C}/\text{l}$)	0	1.5×10^{-2}	1.5×10^0	1.5×10^2	1.5×10^4
P-32 absorbed by the seed ($\mu\text{C}/\text{grain}$)	0	15.5×10^{-4}	9.0×10^{-2}	2.2×10^0	3.8×10^1

3月 24日 P-32의 各 稀釋液에 種子를 室溫에서 24時間 浸漬한 後, 發芽床에 播種하고 發芽 後 肥沃度가 中庸 程度인 耕作地의 砂質壤土를 均一하게 混合하여 담은 該當 花盆에 各各 移植한 다음 隨時로 灌水하고 病虫害의 防止를 爲해 殺虫 및 殺菌劑를 뿌렸다.

P-32의 Activity 測定에는 $1.8\text{mg}/\text{cm}^2$ 의 端窓型 GM 管이 連結된 Tracer Lab. Co. Compu/matic V Scaler 를 使用하였다.

採取된 植物體 資料의 窒素含量은 Kjeldahl 法, 磷酸은 Ammonium molybdate blue 法, 加里는 Flame Spectrophotometer 에 依하여 各各 分析되었으며, Ca 과 Mg 는 E.D.T.A. 滴定法에 依하였다. 또 섬유소의 調査는 보통 박피법에 依해서 이루어 졌다.

結果 및 考察

1. 發 芽

發芽率은 Table 2에서 보는 바와 같이 P-32의 Activity 에 따른 顯著한 差異는 別로 認定할 수 없었으나 1粒當 $38\mu\text{C}$ 인 處理區의 發芽率은 對照區에 比하여 若干 낮았으며 發芽勢도 가장 放射能이 강한 處理區에서 發芽日이 늦어 짐을 관찰할 수 있었다.

Table 2. Effects of P-32 treatments on the rate of germination (%)

Treatment Time	F ₄	F ₃	F ₂	F ₁	F ₀
1 day	2	3	6	1	0
2 "	12	34	46	8	1
3 "	47	44	50	41	19
4 "	55	50	56	54	46
5 "	57	52	56	54	50

發芽床에 播種한지 2日까지의 發芽狀態는 中線量區의 刺戟效果와 多線量區의 障害現象을 볼 수 있었다.

放射能이 中程度인 粒當 $9.0 \times 10^{-2}\mu\text{C}$ 區에서는 對照區보다 發芽가 促進되는 傾向을 나타내고 最多 線量區인 $3.8 \times 10^1\mu\text{C}$ 區에서는 낮았다. 即 前者에서는 放射線의 刺戟作用에 依한 生育 促進 現象이 나타나고 後者에서는 障害現象이 나타난 結果라고 볼 수 있다.

2. 發芽後부터 移植前까지의 生育

發芽床에서 移植하기 前의 生長 程度는 Fig. 1과 같다.

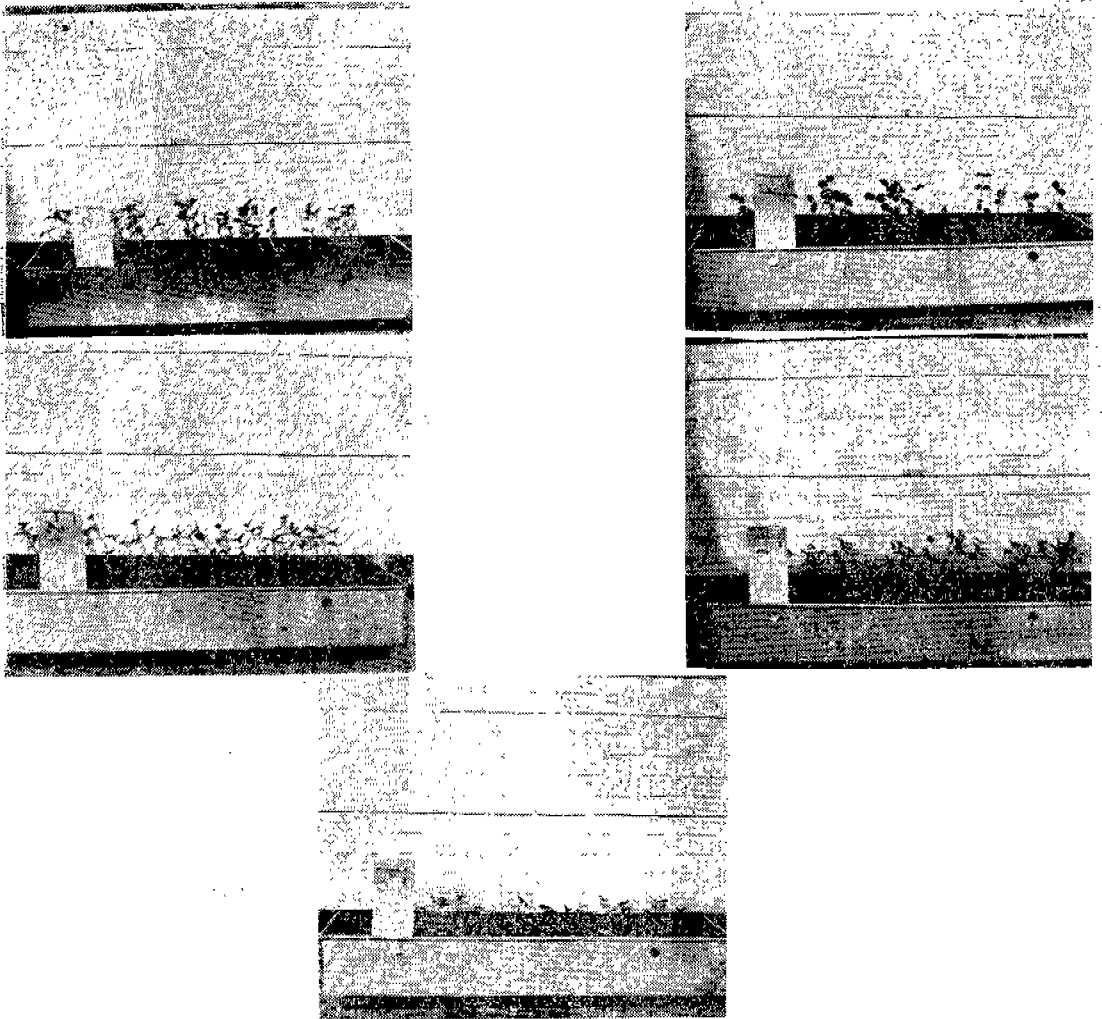


Fig. 1. Seedling before transplanting

위 寫眞에서 明白한 바와 같이 最多施用區(F_0)의 生長이 第一 不良하고 그 밖의 處理區는 對照區와 別로 差異가 없음을 알수 있다.

또 移植할 때의 各處理區의 資料作物 個體의 生育狀態는 Fig. 2와 같다.

이는 Fig. 1에서 본 바와 마찬가지로 最强線量區의 生育에서 顯著한 阻止狀態를 觀察할수 있고, 對照區(F_4)에 比하여 弱線量區인 F_3 나 그보다 강한 F_2 및 F_1 處理區에서는 地上部나 根部 모두 生育狀態가 더 良好함을 볼수 있다.

弱線量下에서의 이와 같은 生長促進 現象은 옥수수의 幼植物을 供試作物으로 한 Stein 과 Steffensen 의 X線 照射實驗 結果(1959)나 Smith 等(1962)의 研究 報文과도 符合된다.

3. 移植後의 生長

時期別 生長을 살펴 보면 Table. 3에서 보는 바와 같이 4月 20日에 調査한 結果에 依하면 $3.8 \times 10^4 \mu\text{C}$ 區의 生長이 第一 不良하였다. 5月 2日의 結果도 前에(4月 20日) 調査한 結果와 비슷하며, 最强線量區는 阻害現象을 받아 表에 나타내기 위한 잔유資料가 不足하였다.

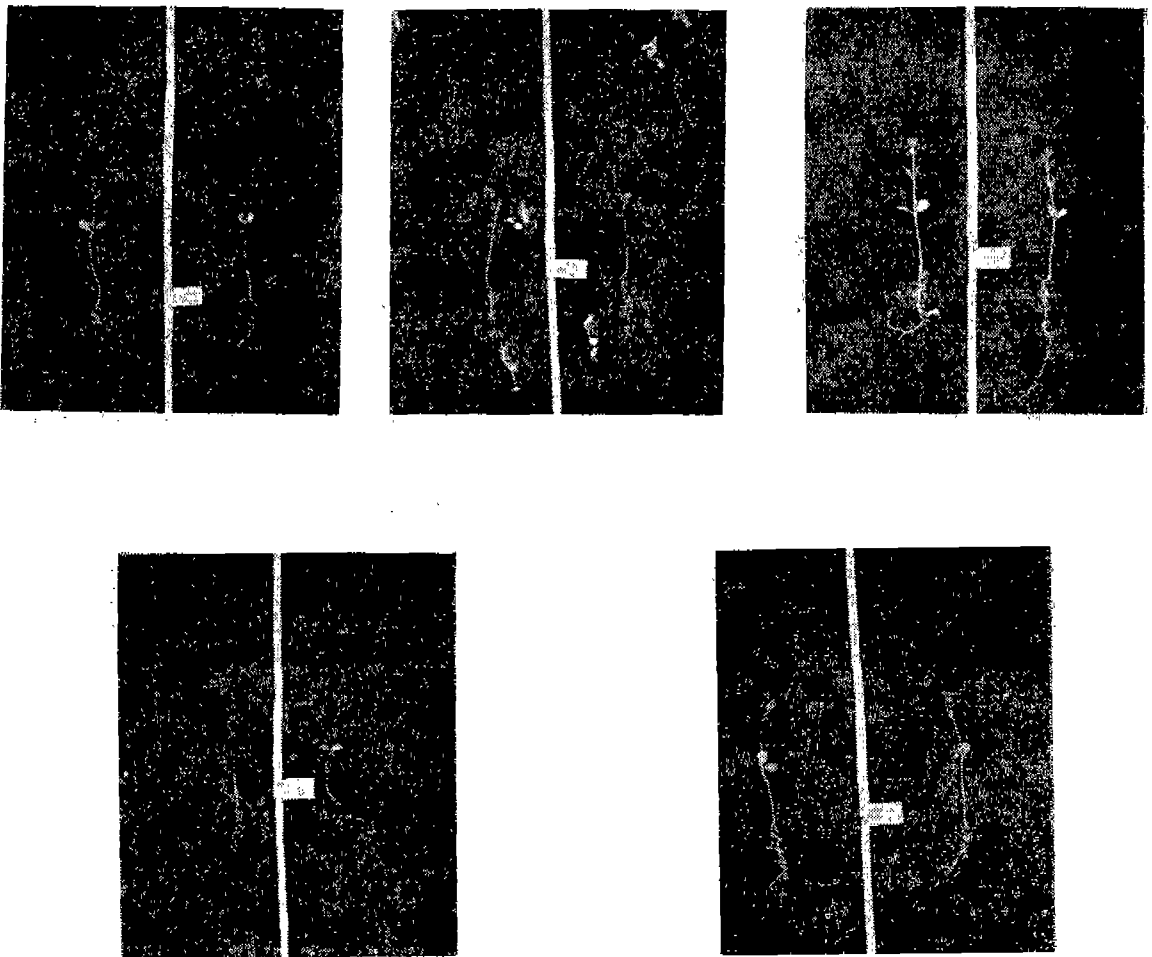


Fig. 2. Seedling after transplanting

그 後의 生長量은 5月 20日, 6月 2日, 6月 19日, 8月 19日의 四次에 걸쳐 測定해 본 結果, P-32 處理間의 有意性은 인정할수 없었다. 이것은 放射線의 效果가 初期 生長 段階에서 가장 뚜렷하게 나타나고 時日이 經過함에 따라 그 效果가 放射能 減衰 및 作物 體內에서의 稀釋等과 더불어 漸次 回復되기 때문이라고 믿어 진다. 이와 비슷한 實驗 結果는 Spencer 와 Cabanillas (1956)가 *Indigofera* 의 幼植物에 對한 X-ray 및 熱中性子 照射 實驗에서 報告한바 있다.

Table 3: Effects of P-32 treatments on the plant height (cm)

date	treatment	F ₀	F ₁	F ₂	F ₄	F ₃
Apr. 20	mean	1.42	4.34	5.66	6.10	6.26
	LSR (5%)	—————				

May 2	mean	—	9.74	10.84	10.96	11.06
	LSR(5%)	—				
May 20	mean	—	41.70	42.84	44.24	43.90
	LSR(5%)	—				
June 2	mean	—	91.70	94.78	95.68	95.82
	LSR(5%)	—				
June 19	mean	—	103.50	108.00	105.44	106.56
	LSR(5%)	—				
Aug. 19	mean	—	107.72	110.16	108.96	112.94
	LSR(5%)	—				

4. 開花時期 및 莢數

開花日을 調査한 結果는 Table 4에서 보는 바와같이 各處理間에 뚜렷한 差異는 없으나 P-32 處理區는 對照區에 比하여 開花日이 若干 늦은 傾向을 보이고 있다.

Table 4. Effects of P-32 treatment on the time of fluorescence

Treatment	F ₄	F ₁	F ₂	F ₃	F ₀
days after germination(mean)	69.5	69.7	69.8	69.9	—
LSR (5%)	—				

지금까지의 大部分의 研究 結果는 種子 照射에 依한 開花는 促進된다고 했으나 本實驗에서와 같이 지연되는 경우도 있음을 Tedoradze (1961)도 論한바 있다. 要컨대 P-32에 依한 種子 處理에 있어서 開花時期에 對한 放射線의 效果가 本實驗材料에 있어서는 뚜렷하지 않는 것으로 推測된다.

다음 莢數를 調査해본 結果는 Table 5에서 보는바와 같이 處理間에 뚜렷한 差異는 없으나 對照區가 餘他 處理區보다 적은 傾向을 보였다.

Table 5. Effects of P-32 treatment on the production of pods.

Treatment	F ₄	F ₂	F ₃	F ₁	F ₀
mean	4.32	5.84	5.88	6.56	—
LSR (5%)	—				

5. 乾物生産

Table 6. Effects of P-32 treatments on ratio of fiber

Treatment	F ₀	F ₁	F ₄	F ₂	F ₃
mean (%)	—	9.69	9.71	10.36	10.71
LSR (5%)	—				

Table 6은 各 處理別 乾莖重과 乾섬유重을 調査하여 計算한 것이다. 이 表에 依하면 비록 統計的인 有意性은 없다 하더라도 P-32의 少線量을 吸收한 處理區에서는 放射線의 刺戟作用의 結果라고 믿어지는 生産의 增大傾向을 볼 수 있고, 多線量區에서는 障害現象이 일어났으며 더욱 강한 線量區인 $3.8 \times 10^6 \mu\text{C}$ 區는 이미 初期 生長 以後에 P-32에 依한 障害에 依해 거의 고사하고 말았으며 分析用 材料 程度만이 겨우 남았다.

6. 地上部 無機成分

無機成分 調査는 收穫後 줄기를 材料로 하여 分析한 것인데, 그 結果는 Table 7에서 보는 바와 같다.

Table 7. Effects of P-32 treatment on the mineral content in the stem. (%)

Conents	Treat	F ₄	F ₃	F ₂	F ₁	F ₀	L. S. D.	
							5 %	1 %
N		0.402	0.386	0.384	0.418	0.722	0.063	0.085
P ₂ O ₅		1.048	1.446	1.110	1.044	1.600	0.171	0.233
K ₂ O		1.934	1.930	2.308	2.352	2.084	0.169	0.230
CaO		0.376	0.420	0.454	0.482	0.464	0.054	0.074
MgO		0.284	0.320	0.464	0.352	0.246	0.042	0.057

이 表에서 볼수 있는 바와같이 N의 含量은 가장 높은 線量區인 $3.8 \times 10^6 \mu\text{C}$ 의 값이 가장 높고 統計的인 有意性이 認定되나 그 밖의 處理區 사이에서는 差異가 없다. 이 結果에서 $3.8 \times 10^6 \mu\text{C}$ 區의 N 含量이 많음에도 不拘하고 前述한 바와 같이 生育이 不振하였음은 興味 있는 일이다.

P₂O₅의 含量은 對照區에 比하여 線량이 가장 낮은區와 가장 높은區의 값이 높다. 따라서 P₂O₅의 含量이 生育面에 그다지 影響을 미친 것 같지는 않다. 만일 F₃ 處理區에서 生育增進에 影響을 주었다면 最強線量區(F₀)에서는 더욱 많은 增進을 보이는 效果를 나타내야 하는데 이곳에서는 오히려 生育이 저지되는 結果를 나타내고 있기 때문이다.

K₂O의 含量은 P-32의 中施用區인 $9.0 \times 10^{-2} \mu\text{C}$ (F₂)와 $2.2 \times 10^0 \mu\text{C}$ (F₁) 處理區에서 高度의 有意性이 增進되는 面으로 나타 나고 있으며 其他區에서는 有意性이 없다.

CaO의 含量은 對照區에 比하여 모든 放射線 處理區는 높은 값을 나타내고 있다. 放射線의 Activity에 依한 作用이 CaO 含量 增加에 어떤 機作으로 作用하는 지는 알수 없으나, 本 實驗에서 이런 結果가 招來되었음은 앞으로 계속 追求해 볼만한 興味있는 과제라고 生覺된다.

MgO의 含量은 最少線量區와 最多線量區에서는 對照區와 別로 差異가 없으나 中線量區의 含量은 높은 값을 보이고 있으며 이와 같이 生育이 比較的 좋은區에 있어서 MgO와 또 前述한 바와 같이 K₂O의 含量이 많음은 注目할 만한 일이다.

摘 要

亞麻에 對한 放射線의 內部 照射效果를 究明하기 爲하여 種子를 無擔體 P-32(原液의 全放射能: 90 mc, T₀:3/21)의 倍까지 稀釋液에 24時間 室溫에서 浸漬하여 種子 1粒當 P-32 吸收量이 各各 $15.5 \times 10^{-4} \mu\text{C}$, $9.0 \times 10^{-2} \mu\text{C}$, $2.2 \times 10^0 \mu\text{C}$, 및 $3.8 \times 10^1 \mu\text{C}$ 의 4段階의 種子群(1群當 種子數: 200개)을 얻은 다음, 그 發芽率, 成長狀態, 開花日 및 莖內 無機成分 含量을 調査하여 다음과 같은 結果를 얻었다.

1. 發芽初期에는 對照區에 比하여 高線量區가 顯著한 抑制現象을 나타내는 反面 低線量區에서는 促

進的인 傾向을 나타냈으나 時日이 經過함에 따라 最強線量區를 除外하고는 이와같은 生育差異가 漸次 없어졌다.

2. 花盆에 移植한지 2週日 後에는 最低線量區는 對照區보다 生育이 良好하였고 그 밖의 處理區는 線量이 클수록 生育이 不振하였으나 移植한지 1個月 後에는 이와같은 處理間 差異가 漸次 적어지는 傾向을 보였다.
3. 最多線量區 ($3.8 \times 10 \mu\text{c}/\text{grain}$)에서는 生育 途中 莖葉의 大部分이 萎凋枯死하였다.
4. 移植 45日 後의 生育狀態에 있어서는 處理間의 差異를 볼수 없었다.
5. 開花는 對照區에 比하여 線量이 낮을수록 늦어지는 傾向을 나타냈다.
6. 收穫된 莢數는 P-32 處理區가 對照區보다 一般的으로 若干 많은 傾向이 있다.
7. 收穫期의 纖維率은 對照區에 比하여 低線量區가 높고 高線量區가 낮은 傾向을 보였다.
8. 收穫後 莖內 無機含量은 아래와 같다.
 - (1) 窒素는 生育이 가장 不良한 最多線量區가 第一 높았다.
 - (2) 磷酸含量은 處理間에 差異가 一定한 傾向을 보이지 않았다.
 - (3) 加里 및 Mg 含量은 中線量區가 對照區보다 많다.
 - (4) Ca 含量은 處理區가 모두 對照區보다 顯著하게 많다.

文 獻

1. Caldecott, R. S. 1955. The effects of X-ray, 2 Mev electrons, thermal neutrons and fast neutrons on dormant seeds of barley. Amer. N. Y. Acad. Sci. 59. 316-330
2. Kankis, K. and Webster O. J. 1956. Effect of thermal neutrons on dormant seeds of *Sorghum vulgare*. Agron. J. 48. 401-406.
3. Kim, K. H., J. Y. Huh, S. H. Park, and K. S. Jung. 1967. Studies on the effects of radiation from radioisotopes incorporated into plants. (I). The stimulating effect of P-32 application on the growth of buckwheat. J. of Nuclear Sci. Vol. 7. No. 1. Part 2. 150-158.
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 soy bean, millet and salvia. *ibid.* 65-79.
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 content of nucleic acid in salvia leaves. *ibid.* 77-84.
6. _____ and _____, 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. Vol. 11 (1); 7-14.
7. _____ and _____. 1968. Studies on the effects of radiation from radioisotopes incorporated into plants (V). The residual effect of internally administered P-32 on the germination and the growth of soy bean, millet and salvia. (Unpublished).
8. Kuzin, A. M. 1955. The utilization of ionizing radiation in agriculture. Proc. Intern. Conf. Peaceful Uses. Atomic Energy, Geneva. Vol. 12;149-56
9. Mohanty, R. N. 1960. Morphological and cytological effects of radioactive phosphorus and radioactive sulphur in some cereals and legumes. Ind. J. Gen. Plant Breed. 20;136-43.

10. Osborne, T. S. and J. A. Bacon 1960. Radiosensitivity of seeds. I. Reduction or stimulation of seedling growth as a function of gamma-ray dose. Radiation Research. 13. 686-690.
11. Quastler, H. and M. Baer. 1950. Inhibition of plant growth by irradiation. V. Radiation effects on initiation and completion of growth. Cancer Res. 10: 604-12.
12. Smith, H. H., H. J. Curtis, R. G. Woodley and O. L. Stein. 1962. The deuteron microbeam as a tool in botanical research. Radiation Botany. 1;255-268
13. Spencer, J. L. and E. Cabonillas. 1956. The effect of X-rays and thermal neutrons on the development of trailing indigo (*Indigofera endecaphylla*) plants. Am. J. Botany. 43. 289-296.
14. Stein, O. L. and D. M. Steffensen. 1959. The activity of X-rayed apical meristems. I. A genetic and morphogenetic analysis of *Zea mays*. Z. Vererbungslehre 90:483-502.
15. Tedoradze, S. G. 1961. The effects of radioactive radiation on plants. Prirods. 50:104-105. (English translation U.S.A. Abstract 15-30485)
16. Thaug, M. M. 1960. Stimulating effects of nuclear radiations on development and productivity of rice plants. Nature. 186:982-983.
17. 松尾考嶺. 1964. 榮養體에 對한 放射線의 影響. 放射線 生物學, 養賢堂, 東京.