

作物에 吸收된 放射性 同位元素의 内部 照射 効果에 關한 研究 (IV)

—蕎麥 生長에 미치는 P-32 施用의 殘留 効果—

金·吉·煥* · 車·鍾·煥**

(* 科學技術處, ** 東國大學校, 農林大學)

Studies on the effects of radiation from radioisotopes incorporated in plant (IV)

—The effects of P-32 application on the growth of buckwheat—

KIM, Kil Hwan* and Jong Whan CHA**

(*Ministry of Science and Technology **College of Agriculture, Dong Kuk University)

ABSTRACT.

Buckwheat seeds produced in previous year (1965) in an experimental pot culture in which nine levels of P-32 ranging from 1.4×10^{-4} to $3.3 \times 10^4 \mu\text{c}/\text{pot}$ (as of 27 July 1965), with the same specific activity, had been applied to the corresponding pots respectively, were used this year (1966) in water and soil culture as well as in germination test to investigate the feature and extent of possible residual effects of P-32 incorporated upon germination and plant growth, and the following results were obtained:

1. Under the given experimental conditions both stimulative and inhibitory effects of radiation were observed.
2. The germination rate of the seeds was lower at the higher level of P-32 application ranging from 3.0×10^3 to $3.3 \times 10^4 \mu\text{c}/\text{pot}$ and higher at $0.2 \mu\text{c P}/\text{pot}$ than the control.
3. Among the seeds produced at the higher level of application about 80% was failed to germinate, owing to the radiation injury. The remaining 80% survived the damaging effect and showed vigorous growth and increased yield. The latter group of seeds thus proved themselves to be more radioresistant than the former.
4. The survived seeds produced later more straw and root on dry weight basis. The higher the level of P-32 applied, the stronger the stimulative effect showed in vegetative growth.
5. No radiation effect on linear growth of the plants was observed in the soil culture.
6. The dry weight of straw produced showed little difference at the moderate range compared with that of control in the soil culture. At high level of application, i.e. over $\mu\text{c P}^{32}/\text{pot}$, however, the production was increased by 12-37% of control.
7. As for the dry weight of root harvested, the P-32 treatment over $24 \mu\text{c P}^{32}/\text{pot}$ produced 82-155% more than the control, whereas little difference was observed

- under $2.2\mu\text{c P}^{32}/\text{pot}$.
8. The seed production increased in general by the P-32 treatments. Particularly at the moderate level of application the rate of increase amounted to 70% of the control.
 9. Those individual plants which survived damaging effects of radiation at the germinating stage showed remarkable stimulative effects both in vegetative and in reproductive stage of growth.

緒 論

植物體에 放射線이 照射되면 그 種類, 生育段階, 生理狀態, 組織部位等에 따라 感受性의 差異로 말미암아 여러가지 形態的 機能的 變化가 초래되는데 大體로 보아 生長이나 繁殖에 有害한 것이 많다. 그러나 작은 線量範圍에서는 植物의 生長을 도리어 促進하는 수가 있다는 것이 알려져 있다. (Sax, 1963) 일찍이 Evler(1906)는 植物의 初期生育段階에 있어서 Komuro等(1922)은 成熟期에 있어서 放射線의 이와 같은 刺戟的 乃至는 生長 促進의 效果를 觀察하였고 Penkava(1932), Russel((1949) 등도 이와같은 促進的 效果에 對해서 肯定的인 實驗結果를 얻었으며 近來에와서 Kuzin(1955)은 放射線 處理로 호밀, 감자等 여러가지 作物의 收量이 顯著하게 增加하였음을 報告하였다. 放射線의 植物에 對한 效果中 高線量範圍에 있어서의 障害 乃至 傷害效果에 對해서는 여러 研究者 사이에 異論이 없으나 低線量範圍에 있어서는 前述한 바와 같은 促進의 效果에 對해서는 實驗結果가 반드시 一致하지 않으며 1949年 美國 農務省의 報文에서는 이와같은 刺戟效果를 確認할 수 없었다는 結論을 얻었고 Lepape(1943), Dion(1949), Alexander(1950)등도 植物에 對한 放射線의 促進的 效果에 對해서 否定的이다. 한편 植物의 種類에 따른 放射線 感受性의 差異에 對한 Sdarrow(1961)등의 研究結果에 依하면 細胞內의 核의 容積 또는 DNA 含量이 感受성과 가장 密接한 關係가 있다고 믿어지며 一般的으로 核의 形態가 크고 染色體數가 적은 植物은 形態가 적고 染色體數가 많은 植物보다 感受성이 큰 傾向이 있다는 것이 實證 되었다. 또 같은種 또는 個體中에서도 感受성에 현저한 差異가 있음은 Simak(1961)등이 소나무에서 發見한 바 있다. 이와같이 作物은 그 種類에 따라 放射線 感受성이 다르며 따라서 放射線의 促進效果에 依한 增收率에도 差異가 생기는데 現在까지 實驗된 여러가지 作物中 蕎麥은 感受성이 比較的 強한 무리에 屬한다. (Kuzin 1955). 本實驗에서는 이와 같이 放射線 感受성이 強한 蕎麥을 對象으로 P-32의 内部 照射效果를 觀察한 實驗(Kim等, 1967)에서 얻어진 種子로 一次 實驗에 이어 여러가지 水準의 P-32 處理 結果로서 그 發芽, 生長, 結實等에 如何한 殘留效果를 나타내는가를 二次的으로 調査 觀察하고자 한다.

實驗材料 및 方法

本實驗에 利用된 種子와 前年度 實驗에 있어서의 生育條件은 다음과 같다.

1965年 7月 29日 蕎麥 種子를 花盆에 條播하여 發芽한 後, 各花盆의 立毛 密度가 같게 하고 無擔體 P-32 原液에 0.01M KH_2PO_4 를 添加하여 第一表와 같이 比放射能을 一定하게 하고 放射能단 9段階로 희석하여 花盆當 10ml씩의 處理液을 調劑하고 이들을 各各 該當 花盆에 作物體에는 묻지 않도록 條間에 均等하게 施用하여 11月 6日에 收穫한 種子를 本實驗에서 利用한 것이다.

Table 1. Activity-level of P-32 applied (As of 27 July 1965).

Treatment	control	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Total activity ($\mu\text{c P}^{32}/\text{pot}$)	0	1.4×10^{-4}	1.6×10^{-3}	1.8×10^2	2.0×10^{-1}	2.2×10^0	2.4×10^1	2.7×10^2	3.0×10^3	3.3×10^4
Sppecific activity ($\mu\text{c P}^{32}/\text{g P31}$)	0	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3

發芽 實驗은 1966年 8月 3日 始作하여 4日間 觀察하였다. 發芽는 Petri dish에서 200個의 種子를 前報의 處理區와 같이 10個區로 나누어 實施하고 發芽時의 溫度는 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 로 유지 하였다.

水耕栽培에서는 培養液으로 Hoagland Soulion을 採擇하였고 上述한 發芽 實驗에서 發芽가 良好한 것을 골라 每處理區當 20個씩을 生育시켰다. 土壤栽培에 있어서는 種子를 肥沃도가 中庸 程度인 砂壤質田 土壤을 均一하게 混合 充塡한 花盆에 1966年 8月 3日 條播하여 發芽한 후 各花盆의 立毛 密度를 갈게 12個體씩을 남겨 收穫期까지 生育狀況을 調查觀察하였다.

結 果

A. 發芽

發芽後의 結果는 Fig. 1에 表示한 바와 같이 播種한지 24시간과 48시간이 지난뒤의 관찰結果이다. 發芽率은 前年度의 P-32 處理水準에 따라 相當한 差異를 나타내고 있으며 播種한지 1日後의 結果는 Fig. 1에서 보다시피 C.D.E의 中施用區는 對照區에 比하여 7% 以上 높았고 特히 D區는 10% 以上 높은 發芽率을 나타냈다. 이와같은 現象은 前年度에 處理한 P-32의 促進的 效果가 그대로 種子에 까지 殘留하여 그 發芽率에 까지 反映되었다고 볼 수 있다. 多施用區에 있어서도 이와같은 前年度의 母體에 있어서의 放射線 效果가 그대로 殘留한 것이 分明하며 H區와 I區의 發芽率이 현저한 저하를 보여주고 있다. 即 H區는 對照區에 比하여 19% I區는 26%나 낮았다. 但 多施用區의 境遇는 前述한 中施用區의 境遇와는 달리 放射線의 障害效果가 殘留되었다. 如何間 促進的인 障害的인 間에 放射線 效果가 次代에 까지 殘留反映된다는 것은 事實인에 틀림없다. 全處理區의 傾向을 概觀해 보면 대략 前年度의 促進 障害兩效果의 發現 pattern과 비슷함을 알 수 있다. 2日째의 觀察結果도 비슷한 傾向을 나타내며 促進的인 現象은 역시 D區에서 볼수있고 H區와 I區에서는 障害現象이 나타났다. 多施用區에 있어서 發芽가 되지 않은것은 결국 부패되고 말았는데 이와같은 放射線의 障害效果의 機構는 아직 明確히 알려져 있지않으나 아마도 Auxin 代謝나 核酸代謝의 저해가 그 原因의 一部가 되었으리라고 생각한다.

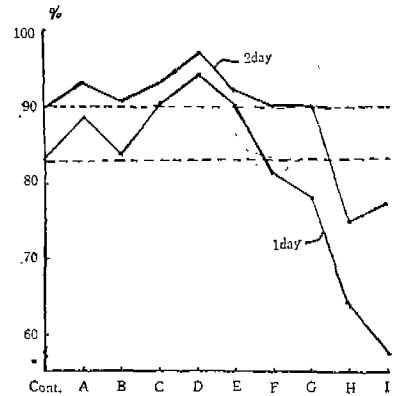


Fig. 1. Germination rate of buckwheat seeds produced in previous year by the plants treated with various levels of P-32

B. 水耕栽培에 依한 初期生育

水耕栽培에 對한 結果는 Fig. 2에서 볼수있다. 本水耕栽培는 初期生長만을 觀察한 것이며 生長後 期 및 結實期의 調査는 하지 못했다.

(a) 莖葉重

個體當 莖葉의 乾物重은 P-32의 施用量이 많은 區 일수록 높은 値를 보이고 있다. F, G, H, I區는 對照區보다 상당히 좋은 生育을 보이며 特히 H區와 I區는 對照區의 二倍 程度나 되었다. 이에 反하여 P-32의 小施用區(A~E區)에서는 對照區와 別로 差異가 없었다. 前報(1967)에서는 多施用區에 障害 現象이 일어났으나 本報에서 多施用區의 莖葉重이 높은것은 放射線의 殘留效果가 이 生育段階에서는 이미 解消되었거나 그렇지 않으면 放射線 殘留效果에 種子間 差異가 存在하기 때문이라고 생각된다. 發芽段階의 障害作用에서 살아남은 個體가 도리어 그後의 生育이 旺盛한 現象은 매우 興味 있는 일이라 하겠으며 放射線의 殘留效果로 一旦 抑壓된 生長의 反作用으로 도리어 그回復이 加速되

있는지도 모른다.

(b) 根重

根의 初期生長에 依한 乾物重은 對照區에 比하여 큰 差異는 없으나 p-32의 小施用區(A, B, C)에서 는 약간 낮은 値를 나타내고 中施用區(D, E, F)에서는 높은 値를 보이며 多施用區(G, H, I)에서는 장당히 높은 値를 觀察할수 있다. 根의 乾物重도 莖葉 乾物重의 初期生長 結果에서 貯積한 바와 같이 多施用區에 있어서 發芽 단계에서 障害로 죽지 않고 살아남은 個體들은 障害가 致命的이 아니었 으며 그 障害로 부터의 回復이 도리어 加速되어 生長이 促進되 었을 것으로 推測한다.

(c) 全植物體重

初期 生長에 依한 全植物體重은 前項의 莖葉重과 根重의 合 算으로 表示되며 따라서 大體로 보아 前述한 莖葉重이나 根重 과 비슷한 傾向을 나타낸다. 即 對照區와 比較하여 小施用區인 A, B, C區는 別 差異가 없고 中施用區인 D, E, F, G區는 若干 높은 傾向을 보였고 多施用區인 H區와 I區는 對照區의 二倍以上이나 增收되었다.

이와 같은 結果는 發芽後 生長初期에 있어서 前年度의 P-32 施用量이 많았던 區의 植物體乾物量이 增收되는 것은 發芽에서 障害現象을 볼 수 있었던 것과는 對照的인 것이며, 일단 發芽 段階를 넘긴 個體는 그 次後의 生長이 도리어 促進的으로 일어 났음을 알 수 있다.

이런 意味에서 障害와 刺戟, 다시말하면 生長抑制과 生長促 進은 放射線效果의 두 部面이며 生育段階에 따라 그 發現

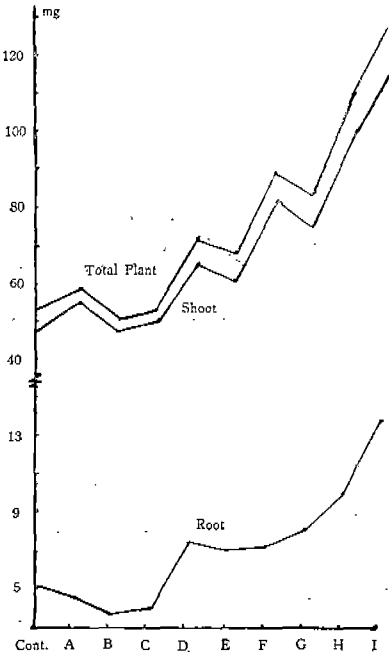


Fig. 2. Dry weight of buckwheat plants grown in water culture

도 個體에 따라 放射線感受性, 다시말하면 放射線作用의 受容樣 相을 달리한다는 事實과 密接한 關聯이 있을 것으로 생각된다.

C. 土壤栽培

土壤栽培에 있어서도 水耕栽培에 使用한 것과 같은 種子를 利 用했으며, 土壤에 條播하여 發芽된 후 立毛密度를 均一하게 하여 結實期까지 두고 그 生育을 觀察調査하였다.

(a) 草 丈

土壤栽培에 있어서의 生育 調査는 週期的으로 實施했으나, 前 報와는 달리 處理間의 生長傾向이 비슷하므로 여기서는 收穫 時 期의 生長 結果만을 가지고 論議對象으로 한다

Fig. 3에서 보는 바와 같이 收穫前草丈에 있어서는 各處理區 間에 別般 差異를 認知할 수 없으며 前述한 바와 같이 時期別 生長速度, 바꾸어 말하면 生長曲線에도 前報(Kim, et.al. 1967)와

같은 處理量에 따른 差異를 發見할 수 없다. 即, 前報에서는 最多施用區인 I區에 있어서 線生長이 生 育期中途에 一旦 緩慢했다가 다시 回復되기는 하였으나 對照區를 包含한 餘他處理區와 有意差를 나

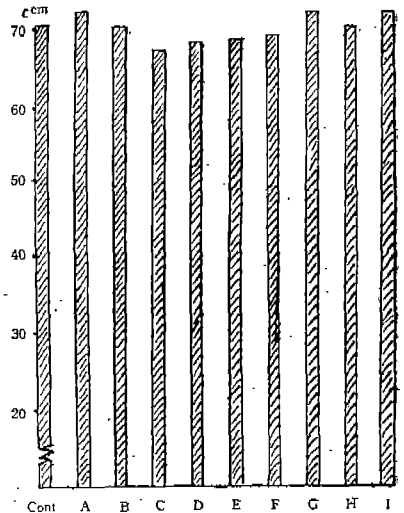


Fig. 3. Height of plants at harvest time in pot culture

타내었는데 本實驗에 있어서는 이와같은 線生長의 一時的 障害가 全히 일어나지 않았다. 이와같은 現象은 前述한 바와 같이 放射線 殘留效果의 發現 Pattern 이나 機構가 前年度의 放射線效果와는 다르며 또, 한편으로는 種子에 따라 이러한 殘留效果에 對한 感受性에 差異가 있는데에 그 根本原因이 있을 것으로 推測된다.

(b) 莖 重

表 2에서 보다시피 P-32의 施用量이 많은 區인 G, H, I 區는 對照區보다 約 20% 以上 높은 値를 보이고 있다. 그밖에 小施用量인 區에서는 對照區와 別로 差異가 없었다.

Table 2. Average dry weight of Buckwheat shoot and root harvested in soil Culture.

Treatments	Cont.	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Dry weight of shoot (g / plant)	1.89	1.86	1.92	1.92	1.82	1.89	2.12	2.24	2.52	2.36
% of Control	100	98	102	102	96	100	112	119	137	125
Dry weight of root (g/plant)	0.33	0.36	0.34	0.41	0.32	0.29	0.62	0.73	0.84	0.76
% of Control	100	109	103	124	97	88	182	221	255	230

土壤栽培에 있어서의 莖重은 水耕栽培에 比하여 그 差異가 현저하지는 않으나 비슷한 傾向은 나타나고 있다.

(c) 根 重

土壤栽培에 있어서 收穫期의 根重은 表 2의 莖重과 함께 表示하였다. 이 表에 依하면 P-32의 小施用區나 中施用區에서는 別로 差異가 없으나 多施用區에서는 對照區의 二倍 以上이나 되었는데, 이것은 이미 論及한 바 있는 水耕栽培의 境遇와 비슷한 傾向인 것이다. 前報에서 270 μ c(G 處理區) 以上이 되면 放射線 障害에 依한 生長 抑制現象을 볼 수 있었으나 本實驗에서는 이와같은 障害現象을 볼 수 없다.

(d) 種子 重

Table 3. Average dry weight of buckwheat seeds harvested in soil culture

Treatments	Cont.	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Dry Weight of seed (g / plant)	3.01	4.22	5.00	5.11	4.42	4.10	3.74	3.38	3.96	3.84
% of Control	100	141	169	170	147	137	125	113	132	128

P-32의 小施用區인 B 및 C 區가 제일 높은 値를 보이고 있다. 이것은 放射線의 殘留效果가 種子 生産에 까지 미쳤다고 볼 수 있다.

本實驗에 있어서 P-32의 殘留效果는 小施用區에 있어서는 發芽段階나 그以後의 榮養, 生殖生長段階가 모두 促進의으로 나타났고 多施用區에 있어서는 發芽段階에 障害的으로 나타났는데 이 障害를 克服한 個體에 있어서는 그以後의 生長이 모두 促進的으로 發現되었다.

P-32의 施用이 開花 時期의 早晚에 對해서는 前報에서와 같이 別로 影響을 미치지 못하였다.

考 察

作物體가 放射線으로 照射되면 그 結果, 致死, 生育沮止, 수명의 단축, 기관의 결함, 조직의 파괴 등 그밖의 形態的 및 機能的인 傷害나 障害 또는 刺戟作用과 같은 各양 各색의 生物效果가 초래되는데 이와같은 效果가 나타나는 程度의 差異, 다시 말하면 放射線 感受性은 個個 種에 內在하는 遺傳的인 要因의 差로써 生物間에 현저한 差異가 있으며 系統이나 品種에 따라서도 變動하는데 本實驗 材

료인蕎麥에서도 같은品種일지라도感受性이 다를을 알수 있다.

Simak(1961) 등도 소나무의 같은品種에서感受性의差異가 있음을發見하고 이個體에 의한感受性差異는遺傳子型의差에 기인된다고推論하였다. 品種間의感受性差異에細胞質도關與된다는점은Micke(1960)등의X線照射에 의한乾燥種子의發芽實驗. 山口(1959)등의벼의各品種에對한X線照射實驗에서알려져 있다. 그러나品種에 따라感受性에差異가 생기는生理的인原因에對해서는아직 밝혀지지 않고 있다. P-32의小施用區에 있어서의生産增加는勿論多施用區에서도障害를극복한個體는莖葉의乾物量 및根乾物重의增加하는 영양성장相에 있어서의促進的인效果와 아울러種子의增收란生殖生長相에 있어서의促進效果가 나타났으며放射線處理에 의한蕎麥增收는決코不可能하다고 생각되지 않는다.

일찌기放射線微量肥料의生長促進效果는非單自然放射性物質 뿐만 아니라여러가지人工放射性同位元素에 의해서도 나타난 바 있다.

Kuzin(1955)의實驗結果에서도 밝혀진바와 같이 P-32 處理로 토마토의水耕栽培에서果實收量이對照區에 比하여 25~38%增收를招來하였고 Vlasjuk(1956)는 16kg의土壤에 12 μ c의 S-35를施用한사탕무의光合成이 26~35%增進되었음을 밝혔다. 또한 Kuzin(1955)은 Co-60의弱한 r線으로蕎麥을 2個月 동안 계속照射해 본結果生育에 현저한促進을 볼수 있었으며開花期의作物體의新鮮重量(收量)은 21.5r照射區에서第一 많았으며對照區에 比해 45%나增收되었다.

한편 Gunkel 과 Sparrow(1954)도 金魚草의幼植物을 r線으로照射해 본結果 1日당 125~285r의線量으로는草丈이對照區보다 높았고 230r/day의線量率에서最高的草丈을 나타내었으며莖의直徑과葉의두께도增大되었음을 지적하였다. Kaindl(1965)은從來의多數의實驗結果를綜合해서放

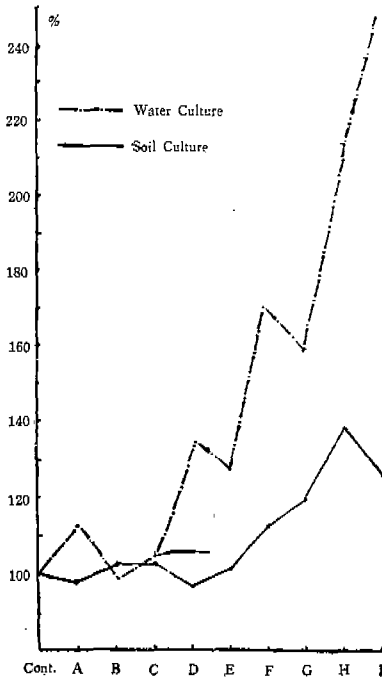


Fig. 4. Dry weight of shoot produced in water as well as in soil culture.

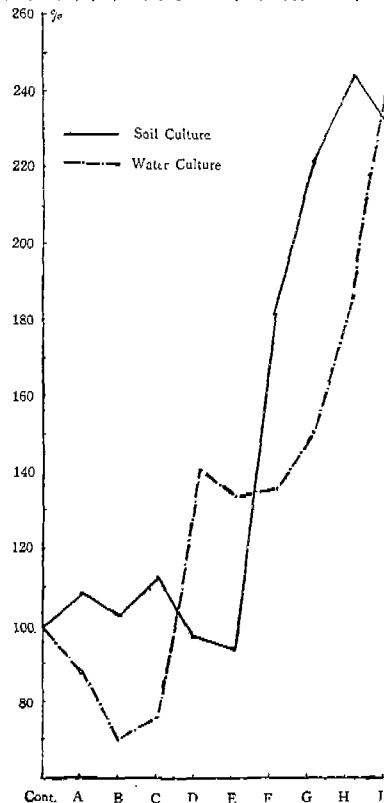


Fig 5. Dry weight of root produced in water as well as in soil culture

射線이 作物 生長에 對해서 促進的인 效果를 나타내는 線量率의 範圍를 大略 10^{-5} r/day, 總線量으로는 $10^2 \sim 10^3$ rad 程度로 推算하였다.

한편 P-32의 殘留效果에 있어서 作物體內에 蓄積된 P-32가 그部位에서 時日이 경과하여 $^{32}\text{P} \rightarrow ^{32}\text{S} + \beta$ 와 같은 過程에 따라 S로의 轉化된效果도 無視할수 없겠으나 果然 어느정도의 效果를 나타냈는지는 分子水準에서의 解析이 없이는 判斷하기 困難하다.

다음 Fig. 4에서 水耕栽培와 土壤栽培에 따른 莖葉乾物重의 反應을 比較하였는데 이 두가지 栽培樣式間의 重量의 差異는 水耕栽培에서 더욱 현저한 處理間의 差異를 나타내고 있다.

換言하면 P-32의 多施用區에서 殘留效果에 의한 促進現象이 土壤栽培보다 水耕栽培에서 잘 나타났다고 볼수 있으나 水耕栽培는 初期 生長단 觀察한 것이고 土壤栽培는 結實期까지 觀察한 것의 結果이기 때문에 條件이 같은 比較値는 아닌것이다. 또한 土壤栽培는 莖葉乾物重만 나타낸 것이고 水耕栽培는 莖葉重을 나타낸 것이다. 그러나 이와 같은 결과는 물이 土壤보다 환경 條件이 단순하며 生長 反應이 더 뚜렷한 結果에서 초래되었으리라 믿는다.

다음 Fig. 5에서 栽培에 따른 根乾物重의 比較를 볼수 있다. 土壤栽培나 水耕栽培나 P-32의 施用量에 따른 反應이 비슷하다. 即. 多施用區에서 모두 殘留 效果가 促進的으로 나타내고 있음을 암시하고 있다.

5. 要 約

花盆에 蕎麥을 播種하고 發芽後 盆當 放射能 水準이 $1.4 \times 10^{-4} \mu\text{C}$ 에서 $3.3 \times 10^4 \mu\text{C}$ (但 T_0 는 1965年 7月 27日이며 比放射能은 같음)에 이르는 9段階의 P-32 處理液을 施用하여 栽培한 作物에서 얻은 種子를 利用하여 이듬해 發芽, 水耕栽培 및 土壤栽培에 의한 放射線 殘留效果를 觀察 調查한 것으로 아래의 같은 結果를 얻었다.

1. 本 實驗의 P-32 施用 範圍의 殘留效果에 對한 放射線 效果는 障害 및 刺戟의 두가지 面으로 觀察된다.

2. 多施用區 (3.0×10^3 과 $3.3 \times 10^4 \mu\text{C } ^{32}\text{P}/\text{pot}$)에서는 發芽率이 對照區에 比하여 낮은 値로 ;放射線의 障害 및 억제 현상을 볼 수 있고 $0.2 \mu\text{C } ^{32}\text{P}/\text{pot}$ 의 施用區에서는 放射線의 刺戟效果에 의한 若干 높은 發芽率을 볼 수 있다.

3. 多施用區에서는 約 20% 程度는 放射線 障害에 依하여 發芽되지 못했다.

放射線 感受性의 個體間 差異에 依해 發芽된 것은 生長 初期 및 後期에 刺戟效果에 依한 增收를 볼 수 있다.

4. 水耕栽培에 依한 莖葉乾物重과 根乾物重 및 全體植物의 乾物重은 일단 發芽 단계에서 障害 作用을 극복한 個體들은 施用量이 많을 수록 刺戟效果에 依해 對照區보다 좋은 生長을 하였다.

5. 土壤栽培에 依한 草長은 放射線의 多小에 對한 障害 및 刺戟의 영향을 發見할수 없다.

6. 土壤栽培에 依한 葉重은 中小施用區에서는 對照區와 비슷하나 多施用區인 $24 \mu\text{C } ^{32}\text{P}/\text{pot}$ 以上인 區에서는 12~37% 增加되었다.

7. 根重은 $24 \mu\text{C } ^{32}\text{P}/\text{pot}$ 以上인 區는 對照區보다 82~155%나 增加되었으나 $2.2 \mu\text{C } ^{32}\text{P}/\text{pot}$ 以下에서는 對照區와 비슷한 結果이다.

8. 種子 生産量은 各處理區마다 對照區보다 높은 値를 나타내고 있다. 特히 小施用區에서 約 70% 增收傾向을 보인 區가 있다.

9. 營養, 生殖의 두 生育相에 對한 放射線의 效果는 發芽 단계에서 障害의 영향을 극복한 것은 刺戟效果에 依한 促進的인 效果를 나타낸다.

文 獻

1. Alexander. L.P. 1950. Redioactive materials as plant stimulants. *Agronomy J.* 42. 252~255
2. Comar. C. L. 1955. *Redioisotopes in Biology and Agriculture.* McGraw-Hill, New York.
3. Dion. C. 1949. *Nature* 163. 906.
4. Evler 1906. *Jahrb. Wiss. Botan.* 5. 65. 116.
5. Gunkal, J.E. & Sparrow A.H. 1954. Aberrant growth in plants induced by ionizing radiation. *Brookhaven Symposia in Biology* 6, 252~279.
6. Kaindl, K. & Rosner, M. 1965. Die fördernde Wirkung kleiner Strahlendosen auf die Pflanze. *Bayr London. Jahrb Sonderh* 1 : 11~29.
7. Kim, K.H. 1967. 放射線 生物學. 文運堂. 서울.
8. Kim. K.H, J.Y. Huh, S.H. park & K.S. Jung 1967. Studies on the effects of radiation from radioisotopes incorporated into plants (I). —The stimulating effects of p-32 application on the growth of buckwheat. *J. of Nuclear sci.* Vol 7. No. 1. Part 2 : 150~158.
9. Kim, K.H., J.W. Cha., T.S. Kim & B.H. Park 1967. Studies on the effects of radiation from radioisotopes incorporated into plants(Ⅱ) *ibid* 65~76.
10. Kim, K.H., B.M. Kim & S.K. Lim 1967. Studies on the effects of radiation from radioisotopes in corporated into plants(Ⅲ) *ibid* 77~84.
11. Komuro 1922 *Bot. Mag. Tokyo.*
12. Kuzin, A.M. 1955. The utilization of ionizing radiation in Agriculture. *Proc. Intern. Conf Peaceful Uses. Atomic Energy, Geneva.* Vol. 12, 149~156. United Nation, N.Y.(1956)
13. Kuzin, A.M, 1962. The influence of gamma-radiation on the development and metabolism of the plant. Ⅱ. *Int. Conf. Rad. Rés. Harrogate-England.*
14. Lepape, A. 1943. *Annals Agronom.* 4, 319.
15. Penkava, I.S. 1932. *Biologie des Radiums und radioaktiven Elements,* Berlin
16. Russell, R.S. 1949. *Nature,* 164. 993.
17. Sax, Karl. 1963. The stimulation of plant growth by ionizing radiation. *Radiation Botony* 3 : 179 ~186.
18. Simak, M., K. Oba. & B. Suszka. 1961. Effect of X-irradiation on seed of different weight from individual trees of Scots pine (*Pinus silvestris L.*) *Botaniska Motiser,* 114, 300~392.
19. Sparrow, A.H & H.J. Evans 1961. Nuclear factors affecting radiosensitivity. I. Ⅱ. *Brookhaven Symp. in Biol.,* 14 : 76~100, 101~127.
20. U.S. Dept. of Agriculture 1949. Field results with certain radioactive material as plant stimulants., *Washington Bull of Atomic Sci.,* 35C, 118.
21. Vlasyp P.A.(1955) The effect of nuclear radiations on plants. *Conf. of the Acad. Sci. of the USSR on the peaceful Uses of Atomic Energy.* Session of Div. Biol. Sci. (English translation) S. 89~99 New York: Consultants Bureau. 1956.
22. Yamaguchi. H. & A. Ando. 1959. Radiosensitivity of gamma irradiated auts-teraploid in rice. *Jap. J. Breed.* 9 : 169~172.