

# 大豆의 放射線感受性和 突然變異 出現樣相에 관한 研究

權 臣 漢 · 元 鍾 案\*

## Studies on the Relationship between Radiosensitivity and Mutation Induction in Soybean

Kwon, S. H. and J. L. Won\*

### ABSTRACT

This study was conducted to establish an effective radiation treatment and selection method for induced mutants in  $M_1$  population of soybean treated with gamma-ray. About 64% of total  $M_1$  plants was reduced in plant height up to 50 - 60% and among which 60 - 70% of the plants were contained mutations in  $M_2$  generation. About 60% of the  $M_1$  plants have born 6 - 15 seeds per plant and 50 - 60% of their progenies produced mutants in  $M_2$  generation. Positive correlation between plant height and number of seeds per plant in  $M_1$  population was found. Higher visible macro-mutation rate in  $M_2$  was observed in the groups of reduced plant height and seed number in the  $M_1$  generation, whereas the frequency of chlorophyll mutation was increased in the group of less damaged plants. The size of mutation sector was increased with reduction in number of seeds per  $M_1$  plant and the mutants were occurred at random in all the parts of  $M_1$  plants. For the effective selection of mutants in soybean mutation breeding, the  $M_2$  seeds should be harvested from the radiation damaged  $M_1$  plants with the application of higher doses of mutagens, and handling  $M_2$  generation by bulk population method is recommendable.

### 緒 言

突然變異育種法이 作物品種改良의 方法으로서 認定을 받고 있다는 것은 그동안 各種 突然變異體가 品種으로서 直接 間接으로 利用되어 왔기 때문이다. 突然變異育種研究가 本格的으로 始作된 것은 1960年代 初 부터이며 最近까지 約 20年間 各種作物에서 突然變異育種法에 依해 品種化된 系統數는 250餘種에 達하고 그 外도 많은 系統이 交配育種의 材料로 利用되었다 (Gotschalk, 1979 ; Kwon and Won, 1979). 特히 70年代 中期以後 부터는 突然變異育種法을 利用코자 하는 國家와 對象作物 또한 增加되고 있는데

作物別로 보면 보리, 밀, 벼, 땅콩, 완두콩, 도마도, 옥수수, 조, 크로바, 장미, 카네이션, 국화, 페쥬니아 등 食糧, 園藝, 工藝, 飼料作物 및 花卉類 등을 비롯한 各種作物이 對象으로 되어 있다.

突然變異育種을 보다 效率으로 遂行하기 위해서는 人爲突然變異의 特性, 誘起 및 選拔法 등과 關聯한 基礎인 研究가 先行되어야만이 所期의 成果를 얻을 수 있는데 보리, 밀, 벼 등의 自殖性 禾穀類에서는 突然變異育種法이 體系化되고 있으며 이러한 作物에서 優秀한 變異系統이 다른 作物에 비해 많이 選拔될 수 있었던 것도 바로 그 理由의 하나일 것이다. 大豆의 突然變異育種에 對해서는 1951年에 Humphrey (1951)가 熱中性子를 處理하여 有用變異系統을 選

\* 韓國에너지研究所

\* Korea Advanced Energy Research Institute, Seoul 130-03, Korea.

拔한 報告를 爲始하여 國內外的으로 많은 報告가 있으며 有用變異系統이 實用化되기도 하였다(Sigurbjörnsson and Micke, 1969). 大豆에서 突然變異育種과 관련한 研究內容을 보면, 各種放射線源의 處理線量別 放射線感受性(Kwon and Im, 1973 a, Kwon *et al.*, 1980), 環境要因과 放射線感受性(Katayama and Nagamatsu, 1965), 葉綠素 및 可視의 形態變異의 出現率(Kwon *et al.*, 1981a, 1981b), 突然變異遺傳(Takaki, 1973), 放射線處理 後代集團에서 主要量的 形質의 變異(Conger *et al.*, 1976; Papa *et al.*, 1961; Rawlings *et al.*, 1958), 有用變異體의 選拔(Gotoh, 1964; Humphrey, 1954; Kwon *et al.*, 1973 b; Sigurbjörnsson and Micke, 1969)과 그의 突然變異誘起源으로서 EMS, DES 處理法(Constantin *et al.*, 1976)에 關한 研究 등이 있다.

大豆의 突然變異育種法을 禾穀類와 比較할때 自殖性이라는 點에서는 비슷하겠으나 作物의 特性으로서 株當種子數가 적고 種子胚內의 原基細胞의 發生學的인 面에서 差異가 있고(Micksce, 1961), 栽培面積이 많이 所要된다는 點 등으로 因하여 育種方法面에서 差異가 있을 것이다. 即 種子에 放射線을 處理할때 M<sub>1</sub> 植物體는 키메라로 될 것이며 M<sub>2</sub>에서 變異體가 分離될때 變異의 sector크기와 原基細胞數에 따라서 M<sub>1</sub>採種 및 M<sub>2</sub>養成方法이 달라질 수 있을 것이다. 大豆는 栽植距離가 넓기 때문에 M<sub>1</sub>養成을 위해서 一定規模의 栽植面積과 充分한 量의 種子를 確保해야 될 뿐만 아니라 M<sub>2</sub>世대를 養成하기 위해서는 넓은 栽植面積이 必要되기 때문에 M<sub>1</sub>感受性과 突然變異出現과의 關係가 究明된다면 M<sub>2</sub>에서의 選拔努力과 經費節減에 도움이 될수 있을 것이다. 따라서 本研究은 M<sub>1</sub>의 放射線感受性으로서 草長 및 株當種子數와 M<sub>2</sub>의 突然變異出現과의 關係 그리고 M<sub>1</sub> 植物體의 키메라 現象을 究明하므로써 大豆의 突然變異育種을 보다 效率的으로 遂行코자 實施하여 그 結果를 報告한다.

### 材料 및 方法

供試材料는 美國種인 CB-27을 使用하였으며 放射線處理는 韓國에너지研究所의 CO-60, 10,000 Ci.의 伽馬線源을 利用하여 室內狀態에 保管해 두었던 休眠種子에 339R/min.의 線量率로 10, 20, 30kR을 各各 急照射하였다. 放射線感受性과 突然變異出現率과의 關係를 알기 위해서는 30kR을 處理한 M<sub>1</sub>을

本圃에 養成하고 M<sub>2</sub>에서는 M<sub>1</sub>株別로 系統化하여 栽培하였으며, M<sub>1</sub>收穫期에 株別로 草長 및 株當種子數를, M<sub>2</sub>에서는 葉綠素 및 可視의 形態變異를 調査하였다. 키메라 問題를 究明하기 위해서는 10, 20, 30kR을 處理한 M<sub>1</sub>을 收穫期에 植物體別로 교부리째 그대로 苗床에 묻고 發芽後 幼苗期에 葉綠素變異가 나은 植物體에 對해서 部位別로 調査하였다. 葉綠素 및 可視의 形態變異의 種類 및 調査方法은 Kwon 등(1980, 1981b)의 方法에 準하여 實施하였다.

### 結果 및 考察

伽馬線 30kR을 處理한 M<sub>1</sub>集團에서 M<sub>1</sub>草長의 減少를 無處理에 對한 比率로 나타내어 草長의 減少別로 M<sub>1</sub>植物體 및 M<sub>2</sub>突然變異의 分布에 對한 結果는 그림 1과 같다. 草長은 無處理에 比해 99%에서 13%까지 減少되므로써 同一線量內에서도 障害程度의 個體間 差異가 컸으며 全體 M<sub>1</sub>植物體數 1,563個中에서 無處理에 比해 草長이 45-68% 減少되는 植物體가 63.7%를 차지하였다. 草長의 減少程度別로 突然變異의 分布를 알기 위하여 xantha, chlorina,

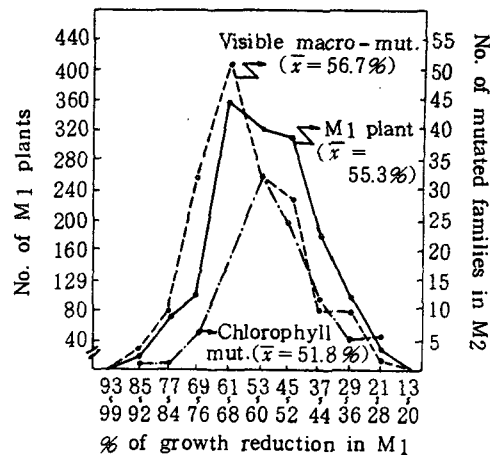


Fig. 1. Frequency distribution of growth reduction in M<sub>1</sub> and mutation in M<sub>2</sub> generation of soybean variety CB-27 treated with 30kR gamma-ray.

(Chlorophyll mutations are xantha, chlorina and chlorotica types. Visible macro-mutations are included with short, dwarf, erectoid, early, rosette, rugose, leaf shape, flower, stem and pubescence color, leaf speck and yellowish leaf color)

chlorotica 등의葉綠素變異와早熟,短程,直立型, rosette 및 rugose型,葉,莖,毛茸 및花色變異,葉의斑點 및黃化現象等13種의可視的形態變異를對象으로調査했을때葉綠素變異는M<sub>1</sub>草長이45-68%減少되는個體中에서全體變異의71.4%를 차지하였고可視的形態變異는62.3%를 차지하였다. M<sub>1</sub>草長の無處理에대한減少比率의平均値는55.3%였고葉綠素變異가일어날M<sub>1</sub>草長の平均値는51.8%,可視的形態變異에서는56.7%로서可視的形態變異는葉綠素變異에비해草長障害가심한데서 많이나온다는것을알수있으며실제로그림1에서可視的形態變異의分布는M<sub>1</sub>植物體나葉綠素變異에비해草長の障害가큰데서더많이分布되어있다. M<sub>1</sub>株當種子數와M<sub>2</sub>突然變異分布를보면(그림2), M<sub>1</sub>株當種子數는個體別로差異가커서1-55個까지分布되고있으며株當種子數別로分布를보면6-15個인個體가全體個體의58.9%를 차지하였다. 그리고이區間에서葉綠素變異는55.3%,可視的形態變異는63.4%가分布되어있다. M<sub>1</sub>株

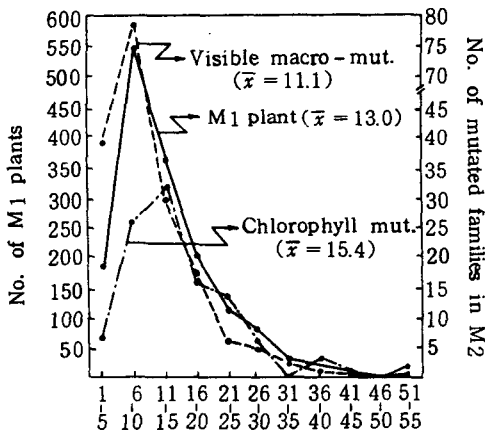


Fig. 2. Frequency distribution of number of seeds per M<sub>1</sub> plant and mutation in M<sub>2</sub> generation of soybean variety CB-27 treated with 30kR gamma-ray.

當平均種子數는13個,葉綠素變異가出現한個體의平均種子數는15個,可視的形態變異가일어날個體에서는平均11個로서可視的形態變異는株當種子數가적은데서많이出現한다는것을알수있다. 그림1,2의結果를綜合해볼때放射線感受性으로서M<sub>1</sub>草長 및株當種子數와M<sub>2</sub>에서突然變異의分布는비슷하므로M<sub>1</sub>草長과株當種子數를中心해서M<sub>2</sub>

에서 나타날突然變異體를間接的으로選抜할수있을것으로본다. 한편M<sub>1</sub>草長과株當種子數와의關係를보면正의相関이있어서(그림3), 두形質의放射線處理影響은비슷하다는것을알수있겠으며,變異體의選抜을위해서는M<sub>1</sub>草長이나株當種子數中어느形質을基準하여도無關한것으로본다. M<sub>1</sub>草長の減少程度 및株當種子數別로葉綠素 및可視的形態變異의出現率을M<sub>2</sub> family와M<sub>2</sub>植物體基準으로나타낸結果는그림4,5와같다.葉綠素變異는草長の障害가적을수록變異率이增加되고可視的形態變異는草長の障害가클수록變異率이높

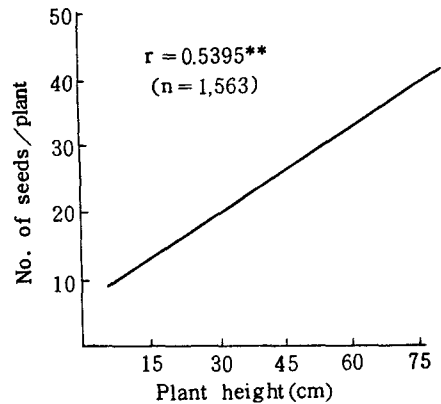


Fig. 3. Correlation between plant height and number of seed per plant in M<sub>1</sub> population of soybean treated with 30KR gamma-ray.

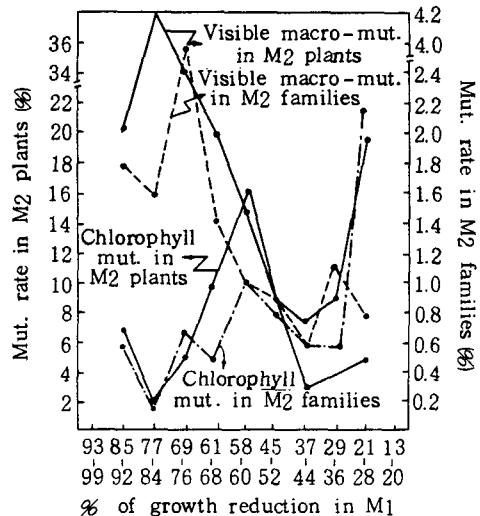


Fig. 4. Relationship between mutation frequency in M<sub>2</sub> and M<sub>1</sub> plant heights.

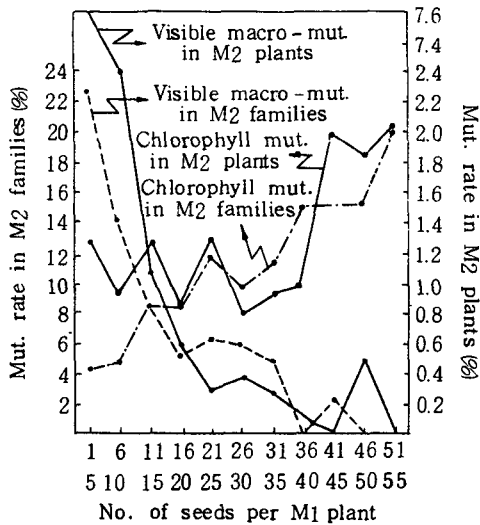


Fig. 5. Relationship between mutation frequency in M2 and number of seeds per M1 plant.

Table 1. Sector size of mutated plants on number of seeds per M1 plant.

No. of seeds per M <sub>1</sub> plant	Visible macro-mutation			Chlorophyll mutation		
	No. of plants in M <sub>2</sub> families mutated (A)	No. of mutants in M <sub>2</sub> (B)	Sector size, % (B/A × 100)	No. of plants in M <sub>2</sub> families mutated (A)	No. of mutants in M <sub>2</sub> (B)	Sector size, % (B/A × 100)
1 - 5	139	46	33.1	13	4	30.8
6 - 10	612	91	14.9	71	13	18.3
11 - 15	396	44	11.1	245	39	15.9
16 - 20	297	22	7.4	216	23	10.6
21 - 25	139	6	4.3	293	34	11.6
26 - 30	148	5	3.4	167	17	10.2
31 - 35	-	-	-	-	-	-
36 - 40	36	1	2.8	110	5	4.5
41 - 45	49	1	2.0	-	-	-
Mean	1,816	216	11.9	1,115	135	12.1

없이 上, 中, 下位等 任意로 出現하였다. 또한 同一 5부리 內에서도 正常과 變異가 同時에 發生하므로서 (그림 6-7) 키메라問題는 單純하지가 않았다. 植物의 種子에 放射線을 處理하면 M<sub>1</sub> 植物體는 키메라로 되고 이때 키메라 部位를 보다 크게 함으로서 M<sub>2</sub>에서 變異體의 選拔을 보다 效果的으로 할 수 있으므로 突然變異의 키메라問題는 많은 關心거리가 되고 있다. 大豆種子에는 첫번째 本葉이 될 原基細胞 1個가 胚內에 이미 形成되어 있고 그의 本葉의 原基細胞는 發芽하여 植物이 生育함에 따라서 점차 形成되어 지는 것으로 알려져 있어서 (Micksce, 1961), 이는 禾穀類의 種子胚內에 장차 이삭이 될 4-5個의 原基細胞가 形成되어 있는 것과는 다르다 (Gaul, 1964).

따라서 種子組織의 發生學的인 面에서 본다면 大豆種子에 放射線을 處理할때 種子에 이미 形成되어 있는 原基細胞에만 影響을 받을 것이므로 突然變異는 植物體의 下位部位의 5부리에만 일어나야 할 것이나 任意로 나타나고 특히 同一 5부리 內에서도 正常과 變異가 키메라로 나타난다는 點으로 보아 組織發生學的으로 키메라 問題를 追求한다는 것은 모순이 있다고 생각된다. 한편, 變異가 M<sub>1</sub> 植物體 部位와 關係없이 出現하는 것으로 보아서 突然變異育種을 위해서는 M<sub>1</sub> 世代에서 植物體別로 種子를 全部 收穫해야 할 것으로 본다.

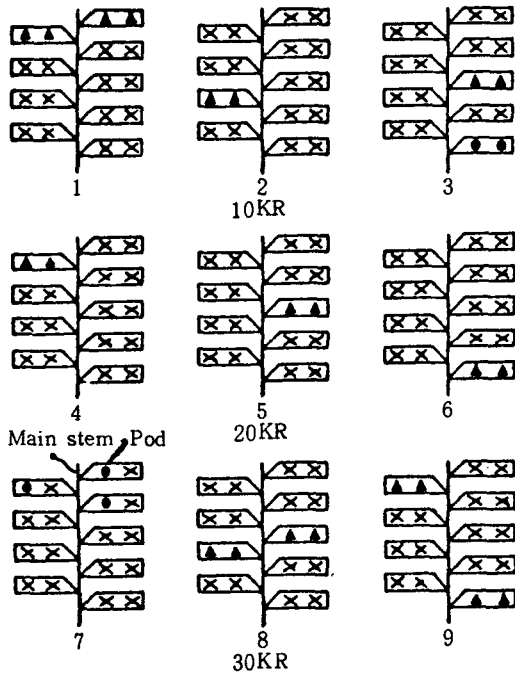


Fig. 6. Chimeric situation of  $M_1$  plants of soybean seeds treated with gamma-ray expressed by chlorophyll mutants in  $M_2$  generation (× Normal, ● Chlorina, ▲ Chlorotica).

以上の結果를綜合해 볼때 放射線 障害와 突然變異 出現과의 關係는 變異의 種類에 따라서 다른데 可視的 形態變異는 障害가 심할수록 增加되고 葉綠素 變異는 反對現象이었다. Caldecott(1961)는 放射線을 處理한 大麥의  $M_1$ 의 幼苗長의 障害와 染色體變異와의 關係에서 同一線量內에서 幼苗長이 짧을수록 低線量에 比해 高線量일수록 染色體 相互轉産出現率이 높다고 하였는데, 本 研究에서  $M_1$ 草長 및 株當種子數에서 障害가 클수록 可視的 形態變異의 出現率이 높은 것은 各種 染色體 異常에 基因된 것으로 생각된다.  $M_1$ 障害와 葉綠素 突然變異出現과의 關係에 대해서는 研究者에 따라 差異가 있는데, Gaul(1964)은 同一線量의 放射線을 處理한 大麥의  $M_1$ 集團에서 株當種子數와 葉綠素變異出現과는 一定한 傾向이 없다고 하였으며, Wallace(1965)는 放射線을 處理한 거리의  $M_1$ 에서 幼苗障害가 심할수록 葉綠素 變異率이 增加하였다고 하였다. 本 研究에서는 放射線 感受性으로서  $M_1$ 障害와  $M_2$ 에서 可視的 形態變異 出現과는 一定한 關係가 있으므로서  $M_1$ 에서 間接적으로 突然變異를 選抜할 수 있어서  $M_2$ 集團의 크기를 最少化하

면서 많은 變異體를 選抜할 수 있는 方法이 될 것이다. 大豆種子의 放射線處理에서 30kR 線量은 生育 및 生存率의 20-30%에 해당되며(Kwon et al., 1980), 變異의 出現率이 높고 變異 sector를 크게 할 수 있는 點 등으로 보아 突然變異育種을 위해서 適正線量이라고 하겠으나 變異의 出現率을 더욱 높이고자 한다면  $M_1$ 處理種子를 가능한 限 많은 量을 準備하여  $M_1$ 에서 放射線障害가 심한 個體를 中心으로  $M_2$ 世代를 養成하는 것이 效果的인 方法이 될 것이다. 大豆에서  $M_2$ 에서 觀察되는 可視的 形態變異의 出現率은 2-3%이고(Kwon et al., 1981b), 選抜된 變異體中에서 實用的인 變異體를 選抜할 수 있는 確率은 0.1~0.2%로 보고 있으므로 突然變異育種을 위한  $M_2$  family數는 最少 2,000-3,000 程度로 해야하며(Gotshalk, 1979) 그 程度의  $M_2$ 集團을 養成하기 위해서 30kR을 處理한다면 理論적으로 約 15,000 粒의 種子를 準備해야 한다는 結果가 된다. 그리고  $M_1$ 에서 變異는 키메라 狀態로 나오고 部位別로 一定한 傾向없이 任意로 나타나므로  $M_1$ 植物體의 種子 全部를 採種해야 하고, 株當種子數는 적고 變異의 sector는 크다는 點을 감안한다면 集團으로 收穫하여  $M_2$ 를 養成하는 것이 效率的인 方法일 것으로 보인다.

## 摘 要

大豆의 突然變異育種을 함에 있어서 突然變異體의 效率的인 選抜法을 確立하기 위하여  $M_1$ 世代의 草長 및 株當種子數와  $M_2$ 世代의 突然變異 出現과의 關係 그리고  $M_1$ 植物體의 키메라에 대해 調査한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 30kR의 감마線을 種子에 處理하였을 때  $M_1$ 草長의 分布는 無處理에 比해 45-68% 減少되는 個體가 全體의 63.7%를 차지하였으며 이 範圍에 屬하는 集團內에서 葉綠素變異는 71.4%, 可視的 形態變異가 62.3%를 차지하였다.

2.  $M_1$ 株當種子數는 6-15個인 個體가 全體의 58.9%를 차지하였고 이때 葉綠素變異는 55.3%, 可視的 形態變異는 63.4%를 차지하였다.

3.  $M_1$ 集團에서 草長과 株當種子數는 統計的으로 有意한 正의 相關이 있었다.

4.  $M_1$ 의 草長の 障害가 심하고 株當種子數가 적을수록  $M_2$ 에서 可視的 形態變異의 出現率이 높았으며 反對로 葉綠素變異는 草長障害가 적고 株當種子數가 많을수록 變異出現率이 높은 傾向이었다.

5. 變異가 일어난  $M_2$  family의 變異의 sector 크기는  $M_1$ 株當種子數가 적을수록 크게 나타났다.

6. 葉綠素變異를 對象으로  $M_1$ 植物體의 胚珠리別로 突然變異의 出現樣相을 보면 植物體의 部位別로 一定한 傾向이 없이 任意로 發生하였다.

7. 大豆의 突然變異育種을 效率的으로 遂行하기 위해서는 種子에 高線量的의 放射線을 處理할 것과  $M_1$ 의 株當種子數가 적은 個體를 收穫하여  $M_2$ 에서 集團으로 養成할 것을 推薦한다.

### 引用 文 獻

1. Caldecott, R.S.(1961) Seedling height, oxygen availability, storage and temperature: their relation to radiation-induced genetic and seedling injury in Barley. *In* Effect of Ionizing Radiations on Seeds, IAEA, Vienna, p. 3-24.
2. Conger, B.V., L.W. Skinnen and L.N. Skold (1976) Variability for components of yield induced in soybeans by seed treatment with gamma radiation, fission neutrons and ethylmethane sulfonate. *Crop Sci.* 16: 233-236.
3. Constantin, M.J., W.D. Klobe and L.N. Skold (1976) Effects of physical and chemical mutagen on survivals, growth, and seed yield of soybeans. *Crop Sci.* 16: 49-52.
4. Gaul, H.(1964) Mutations in plant breeding, *Rad. Bot.* 4: 155-232.
5. Gotoh, D.(1964) Mutation breeding in soybeans and common beans. *Gamma Field Symposia (Japan)* 3: 75-89.
6. Gottschalk, W.(1979) Aspects of mutation genetics. *Egypt. J. Genetics & Cytology*, Vol. 8, Supplement p. 1-87.
7. Humphrey, L.M.(1951) Effects of neutron irradiation on soybeans I. *Soybean Digest* 12: 11-12.
8. Humphrey, L.M.(1954) Effects of neutron irradiation on soybeans II. *Soybean Digest* 14: 18-19.
9. Katayama, T. and T. Nagamatsu(1965) Radiosensitivity in plants I, Relation between the water content of some crop seeds and their sensitivity to different doses of X-ray and  $\gamma$ -ray. *Jap. J. Breed.* 16: 77-82.
10. Kwon, S.H. and K.H. Im(1973a) Studies on radiosensitivity of soybean varieties. *Kor. J. Breed.* 5: 5-10.
11. \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ and M.S. Kim(1973b) A new soybean variety, KEX-2, selected from a X-ray irradiated population. *Ibid.* 5: 11-16.
12. \_\_\_\_\_ and J.L. Won(1979) Present status and prospect of mutation breeding. *Ibid.* 11: 169-178.
13. Kwon, S.H., J.L. Won and J.R. Kim(1980) Radiosensitivity and mutation frequency in soybean. *Ibid.* 12: 157-160.
14. \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ and H.S. Song(1981a) Mutation frequency at seedling stage in  $M_2$  soybean population treated with gamma-ray. *Ibid.* 13:120-125.
15. \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ and \_\_\_\_\_(1981b) Frequency of visible macromutations in gamma-irradiated soybean seeds. *Ibid.* 13:151-156.
16. Miksche, J.P.(1961) Developmental vegetative morphology of *Glycine max.* *Agron. J.* 53: 121-128.
17. Papa, K.E., J.H. William and D.G. Hanway(1961) Effectiveness of selection for quantitative characters in the their generation following irradiation of soybean seed with X-rays and thermal neutrons. *Crop Sci.* 1:87-90.
18. Rawlings, J.O., D.G. Hanway and C.O. Gardner (1958) Variation in quantitative characters of soybeans after seed irradiation. *Agron. J.* 50: 524-528.
19. Sigurbjornsson, B. and A. Micke(1969) Progress in mutation breeding. *In* Induced Mutations in Plants, Proc. Symp. Pullman, 1969. IAEA, Vienna, p. 673-698.
20. Takaki, Y.(1973) Radiosensitizing gene(rs<sub>1</sub>) in soybean variety. *Inst. Rad. Breed. (Japan), Tech. News No.* 12.
21. Wallace, A.T.(1965) Induced mutations at specific loci in higher plants I. Relationships to seedling heights and chlorophyll deficiencies. *Soil and Crop Sci.* 25: 396-410.