

# 突然變異 誘起에 依한 大豆 品種改良研究

## I. 大豆에 對한 EMS, EI 및 $\gamma$ 線處理效果比較(豫報)

放射線農學研究所

權 臣 漢 · 任 建 懋  
孫 濟 烈 · 殷 鍾 旋

### Studies of Soybean Improvement by $\gamma$ -ray and Chemical Mutagens

#### 1. Comparison of the effects of EMS, EI, and $\gamma$ -rays in soybean(preliminary report)

Radiation Research Institute in Agriculture

S. H. Kwon      K. H. Im  
C. Y. Sohn      J. S. Eun

#### 緒 言

여러 學者들은 植物體에 放射線을 處理하면 種 或은 品種에 따라서 放射線 感受性을 서로 달리 한다는 것은 勿論 放射線處理時의 여러가지 內外的 條件들에 따라서도 放射線에 對한 反應이 相異하게 나타남을 報告하고 있으며(7, 8, 10, 14, 23, 25) 또한 作物의 種子에 放射線을 處理하면 遺傳的 變異性이 增大하여 質的形質 뿐만 아니라 量的形質에 變異를 誘發할 수 있다고 하였다.(2, 3, 4, 21, 22)

또 近來에는 突然變異誘發源으로서 化學物質의 效果가 認定됨에 따라 放射線과의 比較檢討가 行하여지고 있다. 卽 化學物質에 依한 突然變異의 誘起에 關하여서는 1940年 Auerbach의 研究가 最初로 이루어졌고 여러 가지의 化學藥品을 利用한 突然變異誘發效果는 水稻, 大麥, 小麥, 蠶豆, 옥수수 等(1, 4, 5, 17, 18, 24)에서 認定되었으며 特히 Ando(1)는 水稻에 放射線과 化學藥品들과의 組合處理한 結果, 어떤 組合에서는 오히려 生殘率의 增加를 가져온다고 報告하였다. 그러나 松尾와 小野(19)는 放射線과 化學藥品의 組合處理가 單獨處理에 比하여 生殘率은 低下시켰으나 突然變異率을 增加시키고 放射線單獨處理의 경우와 다른

Spetctrm을 얻는다고하였다. 豆類에서도 Wellensiek(27)는 완두에서, JAN SJÖDIN은 蠶豆에서 放射線과 化學藥品을 處理하여 當代 및  $M_2$ 以後世代에서 나타나는 各種 形質의 變異에 對하여 報告하였다.

이와 같이 電離放射線 및 化學的 突然變異誘發劑(Chemical mutagens)에 依한 遺傳的 變異性의 增加는 Gustafsson(9, 10)等 여러 學者들이(5, 6, 11, 14) 各種 突然變異誘發劑를 處理하여 人爲的으로 誘起된 突然變異를 育種分野에 利用할 可能性이 있음을 報告하였으며, 大豆에 關한 이 方面의 研究로는 Humphrey(12, 13)가 처음으로 大豆種子에 熱中性子를 處理하여 그 影響과 몇가지 形態의 變異의 出現에 對하여 報告하였고, 그後 Rawlings 等(22)은 大豆에서 遺傳的 變異의 增加는 勿論 放射線處理種子로 부터 容易하게 有用變異個體의 選拔可能性을 示唆하였으며 此外 Williams and Hanway(28), Papa et al(21) 等 많은 報告들이 있다. 또한 Kwon과 Im(15, 16)은 初期世代에 있어서의 電離放射線에 對한 感受성과  $M_2$ 以後世代의 早熟性, 大粒性, 耐開莢性 等の 選拔이 可能하였음을 報告한 바 있다.

우리가 放射線에 依한 突然變異를 育種學的으로 利用할 수 있게 하기 爲하여서는 放射線處理에 따르는 障害를 적게하고 後世에 나타나는 突然變異率을 增大

시키는 것이 가장 중요한 것이다.

이러한 목적으로 본 실험은 中部地方的 獎勵品種인 長端白目과 美國에서 導入한 Clark 2個 品種을 使用하여  $\gamma$ -ray와 化學藥品 그리고 이들의 組合處理로써 나타나는 相互効果等 大豆의 突然變異育種上 基礎資料의 提供 및 農耕上 改良目標形質로 되어있는 耐倒伏, 早熟, 高蛋白 및 多收性等 有用한 突然變異系統을 얻고자 遂行하던 中 지금까지 얻어진 몇가지 成績을 綜合하여 豫報로써 報告하는 바이다.

## 材料 및 方法

本 試驗에 供試된 大豆品種은 長端白目과 Clark의 氣乾休眠種子를 使用하여  $\gamma$ -ray와 EMS(Ethyl methane sulfonate), EI(Ethylene imine) 및 EMS와 EI를 各各  $\gamma$ -ray와 組合하여 處理하였는데 그 方法은 Table 1과 같다.

$\gamma$ -ray 處理는 原子力研究所에 備置되어있는 Co-60 (550 Curie)를 利用하여 線量率 16.7, 25.0, 33.3 R/min으로 表1 線量을 照射하였고, 한편 24KR 照射種子는 照射直後 Chemical mutagen을 處理하였다. Chemical mutagen 單獨處理區는 各 濃度別로 12時間 處理하여 10時間 tap water에 水洗하였다. 모든 操作이 끝

난 種子는 直時 試驗場圃에 200粒, 基礎調査用으로 播種床에 100粒式을 4反復 亂塊法으로 配置하여 播種하였다.

調査項目은 發芽率과 播種 14日 및 21日後의 幼苗草長을 測定하였으며 生殘率을 調査했는데 生殘率은 播種後 4週째되는 날 卽 圃場에 移植할 때까지 남아있는 個體數와 發芽한 個體數와의 百分率로 表示하였다.

Table 1. Applied  $\gamma$ -ray doses and concentration of chemical mutagens.

Control				
$\gamma$ -ray 16 KR				
" 24 "				
" 32 "				
EMS 0.01 Mol. Conc.				
" 0.02 "				
" 0.04 "				
EI 0.002 "				
" 0.004 "				
" 0.008 "				
$\gamma$ -ray 24 KR + EMS 0.01 Mol. Conc.				
" + " 0.02 "				
" + " 0.04 "				
$\gamma$ -ray 24 KR + EI 0.002 + "				
" + EI 0.004 "				
" + EI 0.008 "				

Table 2. Percentage of germination and seedling survivals and plant height after treatments with  $\gamma$ -ray, EMS, EI and their combinations in a variety Jang Dan Baik Mok.

Treatment	No. of seeds sown	percent germinated (Cont. = 100)	Percent survived (Cont. = 100)	Plant height	
				14 days after sowing	21 days after sowing
Cont.	400	100 a.b	100 a	4.2 a	7.8 a
$\gamma$ -ray 16 KR	"	93 a.b	79.2 b.c	2.4 f.g	3.9 d
" 24 "	"	74 c	68.9 c	1.8 h	3.2 d.e
" 32 "	"	66 c.d.e.f	66.7 c	1.6 h.i	3.1 d.e
EMS 0.01 Mol.	"	102 a	98.9 a	3.5 c.d	6.5 b
" 0.02 "	"	91 a.b	98.1 a	3.2 d	6.1 b.c
" 0.04 "	"	98 a.b	91.4 a.b	2.0 g.h	5.4 c
EI 0.002 "	"	73 c.d.e	75.6 c	4.3 a	6.6 b
" 0.004 "	"	58 f	93.7 a	4.0 a.b	6.5 b
" 0.008 "	"	27 g	74.6 c	2.8 e.f	6.6 b
$\gamma$ -ray 24 KR + EMS 0.01Mol.	"	90 b	92.8 a	1.8 h.i	3.5 d.e
" + " 0.02 "	"	90 b	93.3 a	1.6 h.i	3.8 d.e
" + " 0.04 "	"	64 e.f	96.3 a	1.5 i	2.9 e
$\gamma$ -ray 24 KR + EI 0.002 "	"	63 d.e.f	89.7 a.b	3.7 b.c	5.5 c
" + " 0.004 "	"	74 c.d	96.0 a	3.7 b.c	6.4 b.c
" + " 0.008 "	"	28 g	49.9 d	3.2 d.e	6.1 b.c

Values with a common letter are not significantly different.

Table 3. Percentage of germination and seedling survivals and plant height after treatments with  $\gamma$ -ray, EMS, EI and their combinations in a variety, Clark.

Treatment	No. of seeds sown	Percent germinated (Cont.=100)	Percent survived (Cont.=100)	Plant height	
				14 days after sowing	21 days after sowing
Cont.	400	100 a	100 a	3.5 d, e	5.1 e, f
$\gamma$ -ray 16 KR	"	101 a	98.9 a	3.3 e	5.7 d
" 24 "	"	91 a	99.4 a	2.9 f	5.3 e
" 32 "	"	94 a	98.9 a	2.4 g, h	4.0 g
EMS 0.01 Mol.	"	101 a	100 a	3.7 c, d	5.9 c, d
" 0.02 "	"	103 a	99.4 a	3.5 d, e	6.2 c
" 0.04 "	"	102 a	97.4 a	2.6 f, g	5.6 d, e
EI 0.002 "	"	101 a	88.0 b	4.9 a	7.5 a
" 0.004 "	"	96 a	99.4 a	4.6 a, b	7.1 a, b
" 0.008 "	"	23 b	75.4 b	2.6 f, g	4.0 g
$\gamma$ -ray 24 KR + EMS 0.01 Mol.	"	98 a	98.4 a	2.6 f, g	4.7 f
" + " 0.02 "	"	97 a	98.3 a	2.2 h	3.9 g
" + " 0.04 "	"	91 a	100 a	1.4 i	2.7 h
$\gamma$ -ray 24 KR + EI 0.002 "	"	98 a	98.5 a	4.5 b	7.3 a, b
" + " 0.004 "	"	101 a	98.9 a	4.0 c	6.9 b
" + " 0.008 "	"	65 b	97.0 a	2.9 f	4.7 f

Values with a common letter are not significantly different.

## 結果 및 考察

表 2. 3은 2個 大豆品種에 있어서의  $\gamma$ -ray EMS, EI 및  $\gamma$ -ray 와 EMS, EI의 組合處理가 M<sub>1</sub>의 發芽率, 生殘率 및 幼苗草長에 미치는 效果를 綜合하여 表示한 것이다.

發芽率에 있어서 各 mutagen의 單獨處理의 線量 및 濃度와 發芽率과의 關係를 보면, 長端白目에서는  $\gamma$ -線 照射線量과 EI 處理濃度の 增加와 더불어 有意性있는 減少를 하였으나 EMS 處理區는 處理效果가 나타나지 않았다. 한편 Clark에서는 本 試驗에 使用된 線量 및 濃度範圍에서 發芽率에 전혀 影響을 주지 못하였다.  $\gamma$ -線과 化學藥品과의 組合處理가 發芽에 미치는 影響은, 長端白目에서 24KR 單獨處理區의 發芽率은 74%인데 比하여  $\gamma$ -線 24KR+EMS 0.01, 0.02 Mol. 組合處理區는 各各 90%이고,  $\gamma$ -線 24KR+EMS 0.04 Mol.에서는 64%로  $\gamma$ -線과 低濃度の EMS 組合處理區는  $\gamma$ -線 24KR 單獨處理區보다 良好한 發芽率을 보였고,  $\gamma$ -線 單獨 및 EI와의 組合處理에서  $\gamma$ -線 單獨處理區보다는 EI의 各 濃度와의 組合處理區가 發芽率減少에 有意性이 있었다. 한편 Clark에서는  $\gamma$ -線 單獨處理와 EMS와의 組合 處理間에 有意性이 없었으나  $\gamma$ -線 24KR 單獨處理區가

91%인데 比하여 24KR+EI 0.002Mol.가 98%, 24KR +EI 0.004 Mol.가 101%로 오히려  $\gamma$ -線 單獨處理區 보다 좋은 結果를 갖어 왔으며  $\gamma$ -線과 EI 高濃度 組合處理區에서만 有意性있는 減少를 보이고 있다.

放射線과 化學藥品, 或은 이들의 組合 處理가 發芽率에 미치는 效果에 對하여 Kwon과 Im<sup>(15)</sup>, Mackey<sup>(17)</sup>, Taylor<sup>(26)</sup>, Yim<sup>(29)</sup>, 等은 一般의 電離 放射線은 發芽率에 큰 影響을 주지 않는 것이 보통이라 하였다, 本 實驗에서 Clark는 他報文과 一致한 結果를 보였으나 長端白目은 線量增加와 더불어 發芽率이 顯著히 減少 하였다. 이와 같은 結果는  $\gamma$ -線 뿐 아니라 化學藥品에 對한 反應에서도 相異한 結果를 나타내고 있는데 松尾와 小野<sup>(19)</sup>는 水稻에서 JAN SJÖ-DIN<sup>(24)</sup>은 蠶豆에서 各各同一한 結果를 報告하고 있다.

$\gamma$ -線+化學藥品과 組合處理한 試驗區에서  $\gamma$ -線+低濃度 EMS 處理區의 發芽에 對한 影響은 오히려 促進的인 結果를 갖어 왔으나 高濃度와의 組合處理에서는 放射線과 化學藥品과 相乘的인 障害를 갖어 왔다.

生殘率에 있어서  $\gamma$ -ray 單獨處理區의 長端白目은 線量增加에 따라 有意한 減少를 보였으나 Clark는 標準區와 處理區或은 處理區間에서 線量增加에 따르는 有意性을 찾아 볼수 없었다. EMS 單獨處理區에 있어서

는 兩 品種 모두 處理에 對한 影響이 나타나지 않았다. EI 單獨處理區는 兩 品種 모두 一定한 傾向을 찾아 볼 수 없었으며 標準區와 處理區間에 有意性이 없었다.  $\gamma$ -ray 24KR 單獨處理區와  $\gamma$ -ray 24KR+EMS, 各 濃度間을 比較 할때 長端白目에 있어서는 24KR 單獨處理區가 標準區 보다 高度의 有意差로 生殘率이 減少하였으나 組合處理區에 있어서는 오히려 生殘率이 增加하여 標準區와 같은 生殘率을 나타내어 統計的인 有意差는 없게 하였다. Clark 에 있어서는 모든 處理區에서 處理效果가 나타나지 않고 있다.  $\gamma$ -ray 24KR 單獨處理區와  $\gamma$ -Ray 24KR + EI 各 濃度別 組合處理區를 比較할때 長端白目에 있어서  $\gamma$ -ray 單獨處理區는 高度의 有意差로 減少하였으나 組合處理區는  $\gamma$ -ray 24KR + EI 0.008Mol. 濃度を 除外한 各區에서  $\gamma$ -ray 單獨處理區 보다 높은 生殘率을 보이고 있다.

Haarring 等<sup>(11)</sup>은 아주까리 種子에서  $\gamma$ -ray 單獨處理 할 때에는 線量의 增加에 따라 生殘率의 減少를 보였으나 EMS 1%와 的 組合處理區에서는 오히려  $\gamma$ -ray 單獨處理區 或은 標準區보다 生殘率의 增加를 보였다고 한다. 또 이들은 生殘率 뿐 아니라 發芽 및 生長에서도 同一한 結果를 報告하고 있다.

幼苗草長에 있어서  $\gamma$ -ray 單獨處理區의 各 處理區間을 比較할 때 兩 品種 모두 標準區에 비하여 有意性있게 減少하는 傾向을 나타내었다. 이와 같은 現象은 Humphrey,<sup>(12,13)</sup> Mikkelsen et al<sup>(20)</sup> 이 報告한 結果와 똑같은 것이다. 21日後에 測定한 長端白目에 있어서는 處理區間에서 線量增加에 따르는 減少는 나타나지 않았으나 標準區와 處理區間에 高度의 有意差를 보이고 있다. Clark 에 있어서는 播種14日後에서 線량이 增加함에 따라 점차로 障害程度가 甚하게 나타나고 있으나 21日後에 있어서는 오히려 低線量處理區에서 生育障害가 輕減된 傾向을 보였는데 이는 Kwon과 Im<sup>(15)</sup>이 報告한 바와 같이 生育初期의 甚한 障害는 生育이 進前함에 따라 차차로 回復되는 結果라 생각된다. EMS 單獨處理區에서 長端白目은 播種14日 및 21日後 測定은 모두 濃度의 增加에 反比例하여 減少하였다. Clark 의 播種 14日後에는 EMS 0.04Mol. 濃度を 除外한 다른 處理區는 標準區와 有意性이 없었으나 21日後에서는 各 濃度에서 오히려 標準區 보다 有意性있게 生育이 促進되었음이 나타나고 있다. EI 單獨處理區에서도 長端白目은 播種 14日後 測定에서 高濃度區에서만 甚한 障害를 보였으며 播種21日後 測定時에는 處理區가 標準區에 비하여 有意한 減少를 보였으나 處理區間內에서는 相互有意差가 있었다. 한편 Clark 는 高濃度區를 除外한 低濃度區는 播種14日과 21日測定에서 모두 生育이 有意하게 促進된 傾向을 보였다. 또한  $\gamma$ -ray 24

KR+EMS의 濃度別 組合處理에 있어서 長端白目은 組合處理區가 標準區에 비하여 甚한 生育障害를 보였으나,  $\gamma$ 線 24KR 單獨處理區는 大體로 有意性이 없었다. Clark 는 標準區, 24KR, 24KR+EMS 0.01, 0.02, 0.04 Mol. 이 順次的으로 直線的인 生育減少를 찾아 왔다. 이러한 結果는 2回 測定이 모두 同一하였다.  $\gamma$ 線 24KR + EI 의 濃度別 組合處理에 있어서 長端白目은  $\gamma$ 線 24KR 單獨處理區에 비하여 오히려 障害가 回復된 傾向이 뚜렷하였고 組合處理區에서 播種 14日에 測定한 結果는  $\gamma$ 線 24KR + EI 0.008Mol. 을 除外한 他區에서는 有意性이 없었으며 播種 21日後에서는 全組合處理區間에 역시 有意性이 없었고  $\gamma$ 線 單獨處理에 비하여 生育이 良好하였다. Clark 에 있어서 低濃度 組合處理區에서는 오히려  $\gamma$ 線 24KR 單獨處理區와는 勿論 標準區에 비하여서도 훨씬 生育이 促進된 傾向이 있으며,  $\gamma$ 線 24KR + EI 0.008 Mol. 에서만 甚한 生育障害를 나타냈는데 이것은 2回 測定值에서 모두 同一한 結果를 보였고, 一回測定時보다는 2回 測定時에 高濃度와의 組合處理를 除하고 모두 有意한 回復現象을 보였다.

以上 몇가지 形質에 對하여 長端白目과 Clark 두 品種間의 放射線 및 化學藥品에 對한 感受性에 큰 差異를 보이고 있는데, 이것은 Wellmsiek<sup>(27)</sup>가 원두에서 Stoilov et al<sup>(25)</sup>은 大麥과 옥수수에서 Radio sensitivity 가 品種間에 相異하게 나타난 實驗結果와 一致하는 것으로 Stoilov 等이 指摘한 바와 같이 遺傳的인 反應이다.

## 摘 要

本 實驗은 大豆品種 長端白目과 Clark 의 乾燥種子에  $\gamma$ 線, EMS, EI 및  $\gamma$ 線과 化學藥品과의 組合處理로써 早熟, 耐倒伏, 高蛋白 및 多收性 등 有用한 突然變異系統을 選拔할 目的으로 遂行하였는데 基礎資料로써 處理當代의 突然變異誘起物에 對한 感受性を 調査하였다.

1.  $\gamma$ 線의 照射는 長端白目에서 線量增加에 따라 發芽 및 生殘率에 큰 障害를 주었으나 Clark 에서는 一定한 傾向을 찾아 볼 수 없었다. 또한 草長에 있어서는 兩 品種 모두 線량이 增加 할수록 高度의 有意性이 있는 生育障害를 보였다.

2. Chemical mutagens 을 處理한 境遇는 兩 品種 똑같이 EI 의 濃度가 增加함에 따라 有意性있게 發芽率이 減少되었으며 特히 EI 의 0.003 Mol. 濃度에선 아주 極甚한 障害를 나타내고 있다. EMS 處理는 發芽와 生殘率에 有意性있는 變化를 주지 못했으나 草長에서 長端白目은 濃度가 增加함에 따라 有意的인 生育障害가 나타났다. Clark에선 一定한 傾向을 찾아 볼 수 없었

다.

3.  $\gamma$ 線 24KR과 EMS各濃度를 組合處理한 것은 EMS 單獨處理 보다 有意하게 發芽率이 減어졌으며 EI 과의 組合處理區에서는  $\gamma$ 線 24KR+EI 0.002 Mol을 除外한 各組合處理의 發芽率은 EI 單獨處理보다 오히려 良好한 結果를 나타냈다. 生殘率에서는 뚜렷한 傾向을 找지 못하였으나 草長에선  $\gamma$ -線 24KR+EMS 各濃度組合과 그 單獨處理區를 比較할때, 兩品種 모두 高度의 有意差로 組合處理가 生育障害程度를 크게 나타냈다. EI와  $\gamma$ -線 組合處理가 低濃度에서는 草長의 減少를 나타냈으나  $\gamma$ -線 24KR+EI 0.008Mol. 處理區에선 長端白目の 播種後 21日만 除外하고 單獨處理區 보다 草長이 增加하는 傾向이 나타났다.

4. 一般적으로 本 實驗에선 發芽率과 生殘率이 EMS 單獨 및  $\gamma$ -線+EMS 處理區에서 良好한 結果를 보았으며 EI및  $\gamma$ -線+EI 處理區에선 그 高濃度區에서 發芽率을 減少시켰으나 草長에 나타나는 生育障害는 적었고 오히려 促進되는 傾向도 있었다.

5. 發芽率, 生殘率 및 草長을 基準으로 한 感受性을 比較해 보는데 大體적으로 長端白目は Clark에 비해 敏感하였으며 이는 그 感受性이 遺傳因子構成에 따라 크게 差異를 줄 수 있다는 것을 立證하고 있다.

## Summary

1. In order to obtain useful mutants such as early maturity, resistance to lodging, high protein and oil content, and capability of high yield, dormant seeds of two soybean varieties, Jang Dan Baik Mok and Clark, were treated with  $\gamma$ -ray, Ethyl Methane Sulfonate(EMS), Ethylene Imine(EI) and combinations of  $\gamma$ -ray and EMS or EI.

2. The germination rate and survival rate in a variety Jang Dan Baik Mok were significantly decreased with  $\gamma$ -ray treatment while it was not the same in the Clark variety. A significant decrease for seedling height measured at 14 and 21 days after sowing was found with the increase of  $\gamma$ -ray dose in both varieties.

3. Germination rates in both varieties were significantly decreased as EI concentration increases, particularly severe damage in germination was observed at 0.008 Mol. concentration. Germination rate and survival rate were not significant with EMS treatment in both varieties. Significant growth

damages were found with EMS concentration increases in the variety Jang Dan Baik Mok while no regular responses in seedling height were observed in the variety Clark.

4. Germination rate was significantly lowered with the combined treatment of EMS and  $\gamma$ -ray 24KR than that of EMS alone. In the treatments of  $\gamma$ -ray with three levels of EI concentration, the combined treatments except 24KR+EI 0.002 Mol. resulted in better germination than of EI alone. In both varieties, significant reduction in seedling height was observed in the combined treatments of  $\gamma$ -ray with various concentrations of EMS, whereas stimulation effect on seedling height was found with treatment of  $\gamma$ -ray EI +0.008 Mol.

5. Germination rate, survival rate, and plant height as criteria of radio sensitivity, variety Jang Dan Baik Mok is more sensitive to  $\gamma$ -ray, EMS, and EI than the variety Clark, and the varietal difference in response to mutagen may be due to the genetic constitution of the varieties.

## REFERENCES

1. Ando, A. 1968. Mutation induction by radiation combined chemical protectants and mutagens. Tech. Rep. series No. 86. IAEA. Vienna, 7-15.
2. Bozzini, A.S., Caldecott, R.S. and North, D.T. 1962. The relation of seedling height to genetic injury in X-irradiated barley seeds. Rad. Res. 16, 764-772.
3. Ehrenberg L., Gustafsson, A. and Lundquist, L. 1961. Viable mutants induced in barley by ionizing radiations on chemical mutagens. Hereditas 47:243-282.
4. Favret, E.A. 1960. Somatic mutations of four genes for albinism in barley induced by X-rays and Ethyl methane sulfonate. Hereditas 46:622-634.
5. Froese Gertzen, E.E., Konzak, C.F., Nilan, L.A. and Heiner, R.E. 1964. The effect of ethyl methane sulfonate on the growth response, chromosome structure and mutation rate in barley. Rad. Bot. 4: 61-69.
6. Gregory, W.C. 1955. X-ray breeding of

peanuts (*Arachis hypogaea* L.). *Agron. J.* 47: 396-399.

7. Gupta, M. N. and Matsuo, T. 1969. Effect of thermal neutrons and gamma rays on seeds of *Antirrhinum Majus* and their modification by water content and oxygen concentration. *Radioisotopes* 18(2):52-55.

8. \_\_\_\_\_. 1969. Induction of somatic mutations in *Cosmos bipinnatus* by internal beta irradiations from incorporated radiophosphorus. *Radioisotopes* 18(2):56-59.

9. Gustafsson, A. 1954. Mutation viability and population structure. *Acta Agr. Scand.* 4:601-633.

10. \_\_\_\_\_. 1963. Productive mutations induced in barley by ionizing radiations and chemical mutagens. *Hereditas* 50: 211-263.

11. Haarring, R. J., Wallace, A. T., Norden, A. J. and Schank, S. C. 1964. The sensitivity of castorbean (*Ricinus communis* L.) seeds to treatments with ethyl methane sulfonate and gamma rays as measured by M1-seedling response. *Radiation Botany* 4, 43-51.

12. Humphrey, L. M. 1951. Effect of neutron irradiation in soybeans. *Soybean Digest* 12:11-12.

13. \_\_\_\_\_. 1945. Effect of neutron irradiation in soybeans II. *Soybean Digest* 14:18-19.

14. Kawai, T. 1967. New crop varieties bred by mutation breeding. *Jap. Agr. Research Quarterly* 2:8-12.

15. Kwon, S. H. and Im, K. H. 1965. The effect of thermal neutron on several agronomic characters of soybean. *J. of Nuclear Sci.* 5:175-79.

16. \_\_\_\_\_. 1966. A utilization of thermal neutrons for soybean improvement (preliminary report). *Commemoration These.* 60 Anni., Agr. Coll., Seoul Natl. Univ. 151-158.

17. Mackey, J. 1954. The biological action of mustards on dormant seeds of barley and wheat. *Acta Agr. Scand.* 4(3):419-429.

18. Matsuo, T. and Oozawa, Y. 1961. Studies on mutation by radiation and chemicals (2) Comparison of frequency of mutation induced by X-ray, neutron and diepoxybutane. *Jap. J.*

*Breeding* 11(4):43-47.

19. 松尾考樹・小野澤芳郎, 1960. 放射線および化学薬品にする稻の突然変異誘發に関する研究 (1) 放射線と化学薬品との組み合わせガ稻 生育および突然変異の誘發におよぼす効果. *育種学雑誌* 10: 223-227.

20. Mikaelson, K., Kiss, I. and Osone, K. 1968. Some effect of fast neutron and gamma radiation on rice. *Tech. Rep. Series No. 92, IAEA, Vienna,* 49-54.

21. Papa, K. E., Williams, J. H. and Hanway, D. G. 1961. Effectiveness of selection of quantitative characters in the third generation following irradiation of soybean seeds with X-ray and thermal neutrons. *Crop Sci.* 1:87-90.

22. Rawlings, O. J., Hanway, D. G. and Gardner, C. O. 1958. Variation in quantitative characters of soybeans after seed irradiation. *Agro. J.* 50: 524-528.

23. Saric, M. 1958. The dependence of irradiation effects in seed on the biological properties of the seed. *Proc. 2nd Int. Conf. PUAE* 27.230.

24. Sjodin, J. 1962. Some aberration in X1 and X1 of *Vicia fabae* L. after treatment with different mutagens. *Hereditas* 43:14 565-586.

25. Stoilov, M., Jansson, G., Eriksson, G. and Ehrenberg, L. 1966. Genetical and physiological causes of radiosensitivity in barley and maize. *Radiation Botany* 6, 457-467.

26. Taylor, N. L., Gray, E., Stroube, W. H. and Kendall, W. A. 1961. Some effects of gamma and neutron irradiation on seed on germination and seedling growth of red clover. *Crop Sci.* 1: 458-461.

27. Wellensiek, S. J. 1964. Comparison of the effects of EMS, neutrons, gamma- and X-rays on peas. The use of induced mutations in plant breeding, *Suppl. Rad. Bot.* 5:227-235.

28. William, J. H. and Hanway, D. G. 1961. Genetic variation in oil and protein content of soybean induced by seed irradiation. *Crop Sci.* 1: 34-36.

29. Yim, K. B. 1964. Genetics in *Lespedeza* (1) Sensitivity of *Lespedeza bicolor* seeds to neutron irradiation and variation analysis of N1 plants. *J. Nuclear Sci.* 4:171-186.