

主要樹種의 放射線感受性 및 變異에 關한 研究*1

金 智 文*2

Studies on the Radiosensitivity and Mutation Induction of Tree Species in Korea*1

Chi Moon Kim*2

The Korean native economic and ornamental trees consisting 12 species of 4 gymnosperm families and 3 strains, 6 varieties and 18 species of 12 angiosperm families were irradiated by X-and γ -ray at three different dose rates; 1) acute, 2) semi-acute, and 3) chronic irradiation in order to know their radiosensitivities and the radition effects on mutation induction. Different materials such as seeds, cuttings, scions and plants of the above trees were used in this study, depended upon tree.

Most of the materials irradiated showed a high radiosensitivity. The LD-50 of conifer trees ranged from 1.2kR to 13.2kR, averaging 5.4kR which was remarkably higher than field crops. On the other hand the LD-50 dose of hard wood trees ranged from 7.0kR to 18.5kR, averaging 12.7kR. All the tested trees were classified into several categories based upon the relative radiosensitivity of each species which was measured at the dose of LD-50.

Variagation was most common among the induced mutants. The other mutations were albino, chlorophyll deficiency, deformed leaf and fruits. It was noticeable that giant-leaf bud-sport mutants were induced in Chinese chestnut (*Castanea bungeana*) and yellow leaf bud-sport ones appeared in oriental arborvitae (*Thuja orientalis*).

裸子植物 4科, 12種과被子植物 12科, 18種, 6品種, 3系統의 韓國產 經濟樹種 및 觀賞樹種의 種子, 挿木, 接穗 및 生體에 X線 또는 γ 線을 急照射, 半急照射 또는 緩照射를 실시하여 樹種의 放射線感受性 및 變異의 出現을 調査하였다.

供試樹種의 大部分은 높은 放射線感受성을 보였으며 針葉樹는 LD-50이 1.2 kR~13.2 kR 範圍로 平均 5.4 kR의 甚히 높은 感受성을 보였고, 闊葉樹는 LD-50이 7.0 kR-18.5 kR範圍로 平均 12.7 kR 이었으며 樹種間의 比較放射線感受성을 LD-50을 기준으로 分類하였다(Table 2).

出現하는 變異中에는 斑紋葉이 가장 많았고, 白子, 葉綠素缺乏, 奇形葉, 奇形果등의 出現 및 약발 나무의 大形葉 芽條變異와 흑백나무의 黃色葉 芽條變異가 誘起되었다.

緒 言

Muler(1927) 및 Stadler(1928)가 突然變異의 人爲的 誘發의 可能性을 提示한 以來 이分野의 研究가 廣範圍 하게 이루어졌으며, 原子爐에서 比較的 半減期가 긴 ^{60}Co , ^{137}Cs 등의 放射性同位元素가 容易, 低廉하게 生産됨에 따라 人爲突然變異가 品種改良의 한 手段으로 實用性이 있게 되었다.

감마線 照射圃場 또는 照射溫室은 植物의 全生育期

間中 自然生育條件下에서 照射를 실시할 수 있고 大形 木本植物의 長期 緩照射가 가능하며 美國(1949),²⁶⁾ 日本 (1961)⁶⁾의 線源 3000 큐리(Ci)의 大規模 감마線 照射圃場을 비롯하여 韓國(1970)의 200Ci 감마溫室, Sweden⁷⁾의 2Ci의 작은 감마圃場등 世界여러나라에서 이러한施設을 設置하여 突然變異의 遺傳 育種에 關한 研究가 활발히 進행되고 있다.

歐美各國 日本등에서 果樹 林木 桑木 花木등 木本植

*1 Received for publication in February 10, 1975

*2 農村振興廳 Office of Rural Development

物の放射線에 의한 體細胞突然變異의 誘起를 試圖하였고 最近 많은 芽條變異의 選拔이 報告^{16,18)}되었다.

林木에 있어서 Sweden의 Gustafsson⁸⁾ 등, Ehrenberg⁴⁾ 등, Nybom¹⁹⁾, Simak^{23,24)} 등, Ohba²⁰⁾ 등이 歐洲樹種에 대한 種子 및 殖物體 照射의 生物學的 效果, 突然變異頻度, 遺傳 및 이에 影響하는 因子들에 관하여 報告하였고, 美國에서 Sparrow²⁵⁻²⁸⁾ 등, Woodwell²⁹⁾ 등, Evan⁵⁾ 등, Mergen^{3,14)} 등, Mericle¹⁵⁾ 등이 林木의 放射線 感受性, 이에 影響하는 因子, 染色體의 量과 感受性과의 相關과 이것을 基準으로 한 感受성의 豫見(prediction), 突然變異의 細胞遺傳學的 研究 및 伽馬線照射圃場에서 低線量率의 長期照射에 의한 生育障害, 變異, 森林生態系의 變化등을 報告하였고, Osborne²²⁾ 등은 美國 內외의 500餘種의 植物에 대한 ⁶⁰Co 照射施設의 共同利用 研究結果를 要約하였으며 其中 木本植物 11種의 放射線效果를 報告한바 있다.

이밖에 Brendenburg¹⁾ 등, Davis³⁾, Lacroix¹¹⁾, Love¹²⁾ 등의 木本植物의 種子 및 生體照射에 의한 放射線效果 등 많은 研究가 最近에 이루어졌다.

日本에서는 Ohba²¹⁾ 등, Nishida¹⁷⁾ 등, Fujii⁶⁾ 등이 針・闊葉樹의 伽馬線照射圃場에서 緩照射下의 放射線感受性, 變異의 出現, 遺傳, 照射條件의 影響, 染色體變異 등에 관하여 報告한바 있고 몇 韓國產樹種에 대하여 任³⁰⁻³²⁾ 裴²⁾, 柳³³⁾, 金^{9,10)} 등이 放射線感受性 및 照射條件의 影響 등에 관하여 報告한바 있다.

林木은 他殖性이 強하고 遺傳的으로 hetero狀態이고 生活環이 길다는 등 育種上 어려우點이 많으나 無性繁殖이 容易함으로 一段 有用體細胞 突然變異가 誘起 分離될수 있다면 쉽게 clone으로 育成될 可能性이 많다.

林木의 放射線效果는 樹種, 品種, 產地 등에 따라 差異가 있으며 放射線照射에 의한 突然變異誘起를 위하여 어떤 樹種을 어느 線量水準으로 照射할것인가가 問題가 된다.

效果的인 突然變異誘起線量으로 半致死線量(LD-50) 또는 半減線量(RD-50)을 使用하고 있으며 LD-50은 放射線感受性의 尺度가 되기도 한다.

著者는 1969-1972년에 原子力廳에 設置된 伽馬線照射溫室, 伽馬線照射室 및 X-線照射裝置를 使用하여 韓國產樹種의 放射線感受性 및 突然變異의 誘起등을 試驗한바 結果를 要約하여 林木의 放射線照射線量の 基準으로서 半致死線量 또는 半減線量, 種間의 比較感受性 및 出現되는 變異의 種類등을 報告코져 한다.

材料 및 方法

1. 供試樹種

Tree species tested

Botanical family		Botanical family	
GYMNOSPERM			
<i>Ginkgoaceae</i>	1 SP.	<i>Rutaceae</i>	4 SP.
<i>Pinaceae</i>	6 "	<i>Aquifoliaceae</i>	1 "
<i>Abitaceae</i>	3 "	<i>Celastraceae</i>	1 "
<i>Cupressaceae</i>	2 "	<i>Aceraceae</i>	1 "
		<i>Lythraceae</i>	1 "
ANGIOSPERM			
<i>Fagaceae</i>	2 SP.	<i>Ericaceae</i>	1 "
<i>Rosaceae</i>	1 "	<i>Sterculiaceae</i>	1 "
<i>Leguminosae</i>	2 "	<i>Malvaceae</i>	1 "
		<i>Oleaceae</i>	2 "

2. 照射裝置 및 線量率

1) 裝置

γ-線照射溫室(γ-green house)

⁶⁰Co 284 Ci in Dec. '70

γ-線照射室(γ-cell)

⁶⁰Co 430 Ci in March '70

X-線發生裝置

G.E. Maxitron, 250 KVP, 25 mA, F. 20 cm × 20 cm, F.D. 50 cm, 0.25 mm Al filter

2) 線量率

急照射(acute irradiation)

500R/hr 以上으로 1-24時間 照射

半急照射(semi-acute irradiation)

100~300 R/hr 로 6-30日間 照射

緩照射(chronic irradiation)

3.6~18 R/hr, 20 hrs/day 로 2個月-5個月間 照射

3. 處理內容

1) 供試材料

(1) 氣乾種子(seed, air dried)

照射前에 1個月間 desicator에 넣어서 室內貯藏

(2) 露天埋藏種子(seed, wet-cold stored)

低溫(0-5°C), 濕潤狀態로 照射直前까지 露地에 埋藏하여 催芽狀態

(3) 乾砂貯藏(seed, stored in dry sand)

照射前까지 乾砂에 묻어서 室內貯藏

(精選 均一種子를 vinyl 봉투에 넣어서 播種直前照射)

(4) 休眠 挿穗, 接穗(cutting, scion, in dormancy)

水苔 및 通氣孔이 있는 P.E. film에 싸서 低溫貯藏 및 照射

(5) 生體(plant, potted)

33 cm pot에 活着시킨 個體를 남북들로 根部 遮弊下에 γ-線照射溫室에서 緩照射

2) 播種 育苗 및 管理

Vinyl house 에 播種床, 挿木床, 接木床을 設置하였고 床土는 모두 汚染되지 않은 深部 花崗岩風化土(석벽)의 細碎土를 썼고 灌水는 sprayer 로 全面撒布, 排水는 良好하였으며 無施肥로 育苗하였다.

播種은 點播, 春播, 挿木은 春挿, 接木은 切接(扞接, 扞接)은 실시하였고 그밖의 作床, 覆土, 被藁, shading, 除草등은 育苗의 標準方法에 準하는 것을 原則으로 하였다.

3) 試驗設計 및 調査項目

各樹種은 苗間 5-10 cm, 列間 10-20 cm, 區當 50-200 粒 또는 株로 亂塊法 2-4反覆으로 試驗區를 配置하였고 發芽, 生育, 生存, 變異등을 調査하였다.

結果 및 考察

表 1과 같이 林木은 農作物²⁾에 比하여 一般的으로 높은 放射線 感受性을 보이며, 裸子植物에 屬하는 針葉樹 樹種의 種子半致死線量(LD-50 in survival)은 1.2-13.2 kR 範圍, 平均 5.4 kR 으로서 매우 感受性이 높고, 한편 闊葉樹種의 LD-50은 7.0-18.5 kR, 平均 12.7 kR 이었다.

Sparrow^{25, 26)}은 中間期 核容積 即 DNA 의 量에 關한 染色體의 容積總量과 致死線量(LD)으로 表示된 放射線感受性과는 逆相關關係가 있으며 이것을 適正한 回歸直線으로 만듦으로서 알려진 中間期 核容積으로 樹種의 放射線感受性을 豫見할 수 있다고 報告하였고²⁶⁾ 染色體의 數가 적고 容積이 큰 것일수록 感受性이 크다고 하였다³¹⁾

供試樹種은 大部分 染色體數 ($n=10$ 內外)가 적고 核容積 $4000\mu^3$ 로 農作物²⁾ ($200\mu^3$)보다 매우 크다.

X線과 γ 線의 生物學的 效果^{2, 31)}는 大略 同等한 것으로 알려졌으며, 本試驗에서 發芽의 半減線量 (LD-50 or RD-50, 50% reduction dose)이 소나무 4.6 kR, 리기다소나무 15.0 kR으로 Yim³¹⁾의 소나무와 리기다소나무의 發芽의 LD-50보다 약간높은 數值로 나타났다. 이것은 Yim은 Jacobsen 發芽器를 써서 最適의 水分 및 溫度 條件을 維持하는 狀態下에서 短時日內에 發芽시킬 수 있는데 反하여 本試驗은 圃場條件에서 夜間의 低溫, 種子의 水分吸收 不均一等 休眠이 더욱 進行되어 發芽에 더 많은 時日을 要하게 되고 晝間의 vinyl house內의 高溫은 放射線障害에 대한 保護 效果등이 作用하였기 때문이라고 考慮된다. 即 發芽의 LD-50은 對照區가 最高의 發芽勢 (maximum germination energy)에 到達하였을 때의 對照區에 대한 半減線量을 말하며 本試驗에서 소나무는 播種後 21일에, 리기다소나무는 26일에

最高發芽勢에 到達하였으므로 其間 土壤中에서 發芽가 抑制되었던 種子의 一部分이 回復體制의 發展으로 늦게 發芽하게 됨으로 LD-50이 높은 數值로 即 抵抗性이 높은 것으로 나타난다. 마찬가지로 Yim³¹⁾의 경우도 最高發芽勢에 到達하는 日數를 延長시키던 리기다소나무에서 7일을 10일로 한 것은 LD-50 7.2 kR이 12 kR로 높아지며 소나무에서도 이것 과 비슷한 結果를 볼수 있다.

農作物에서의 같이 同時에 一齊히 發芽하는 種子는 發芽後에 放射線障害로 枯死하는 苗가 생겨서 보통 生存의 LD-50이 發芽의 LD-50보다 적어지는데 이곳 소나무와 탱자나무에서 發芽의 LD-50보다 生存의 LD-50이 더 높은 數值를 나타내는 것은 發芽가 오래 계속되기 때문에 回復되어 늦게 發芽한 것이 生存數에 加算되기 때문이다.

이것으로 미루어보아 發芽가 不均一하고, 時日을 要하는 林木種子에 있어서 放射線感受性을 基準으로서 發芽의 半減線量은 不正確하며 生存의 半減線量 即 半致死線量이 타당한 것 같다.

放射線感受性에 影響하는 因子로서 種子의 貯藏期間, 含有水分, 溫度, 生理的 活性등을 들수 있는데 탱자나무에서 露天埋藏種子의 半減線量이 7.0 kR 및 9.8 kR 인도 乾燥種子는 14.0 kR 및 15.8 kR 으로서 前者의 2배의 抵抗性을 보였는데 이것은 種子水分含量이 많아져서 代謝活性이 높아지고 어떤 條件下에서 細胞分裂도 行하여지고 있기 때문이며, Sparrow²⁵⁾ 등은 이것을 nuclear volume 의 差異때문이라고 하였다.

西田¹⁷⁾은 生理的 活動期에 있는 植物組織은 休眠種子에 使用하는 線量의 約 1/10程度라고 하였고 表²⁾는 乾燥種子는 幼苗의 2배의 抵抗性을 갖는다고 하였으며 이곳에서 露天埋藏種子 및 乾砂貯藏種子는 含水量(밤: 68%, 갓: 30%內外)이 높고, 어느程度 活性狀態라고 할수 있고, 插穗 및 接穗도 이와 비슷한 狀態라고 볼수 있으며 모두 높은 感受性을 보인다.

接穗 또는 生體에 대한 線量率의 影響은 接穗 急照射 (10-12.5 kR/hr)에서 接木活着率 半減線量이 밤나무類 2.6-3.25 kR, 온주밀감 10-12.5 kR 으로 品種 또는 個體에 따라 다르게 나타났다.

半急照射(100-300R/hr, 6-30日間)에서 약밤나무는 10 kR 이상, 온주밀감은 20 kR 이고, 온주밀감의 生體에 長期緩照射(34.7 kR, 360 R/day, 4個月間)한 個體에서 採取한 接穗의 接木活着率은 상당히 높아서 無處理의 50% 이상의 活着을 보였으며, 이때의 接木의 半減線量은 34.7 kR 이상으로 나타났다.

밤나무, 약밤나무, 온주밀감의 生體緩照射에서 밤나

木類는 總線量 13.8 kR(144 R/day, 4 個月間)에서 아직 生存하였고, 온주밀감은 總線量 50 kR(360 R/day, 5.5 個月間)에서 生存하고 있으나 잎이 뒤뜰더러 一部 落葉 하는 것이 생겨서 甚한 障害을 보였다. Nishida¹⁷⁾도 감 木園場에서 감귤의 長期 緩照射(180 R/day, 3年間)에

서 50 kR에서 生存한것을 報告한 바 있으며 低線量率의 緩照射가 急照射보다 더 많은 累積線量을 適用할수 있 었고 金¹⁰⁾등도 柑橘의 γ 線 生體緩照射에서 總線量 30 kR 以上에서 接木活着率이 對照區와 同量의 結果를 報告한 바 있다.

Table 1. Response of species to radiations as estimated by 50% reduction of germination and survival

Botanical name		Method of irradiation	LD-50 in germin. kR	LD-50 in surviv. kR	Remark
SEED, air dried					
<i>Pinus densiflora</i>	소나무	γ -ray, acute	4.0	6.0	from 4 provenances
<i>Pinus thunbergii</i>	곰솔	γ -ray, acute	3.7	1.8~3.0	
<i>Pinus rigida</i>	리기다소나무	γ -ray, acute	15.0	13.2	
<i>Pinus rigitaeda</i>	리기태다소나무	γ -ray, acute	6.0	5.8	
<i>Pinus strobus</i>	스트로브소나무	γ -ray, acute	3.75	4.2	
<i>Picea jezoensis</i>	가문비나무	X-ray, acute	5.15	5.0	
<i>Abies holophylla</i>	젓나무	γ -ray, acute	1.5	—	
<i>Larix leptolepis</i>	낙엽송	X-ray, acute	6.0	—	
<i>Thuja orientalis</i>	측백나무	X-ray, acute	10.5	8.7	
<i>Chamaecyparis obtusa</i>	편백	γ -ray, acute	7.5	—	
<i>Robinia pseudoacacia</i>	아까시나무	X-ray, acute	31.0	18.5	nucellar embryo
<i>Amorpha fruticosa</i>	쫄쫄비싸리	X-ray, acute	26.7	14.2	
<i>Lespedeza bicolor</i>	싸리	X-ray, acute	36.5	—	
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	산초나무	γ -ray, acute	10.5	8.7	
<i>Evodia danielii</i>	쉬나무	γ -ray, acute	10.0	7.5	
<i>Poncirus trifoliata</i>	당자나무	γ -ray, acute	14.0	15.8	
<i>Firmiana plantifolia</i>	벽오동	X-ray, acute	35.0	13.0	
<i>Hibiscus syriacus</i>	무궁화	γ -ray, acute	>40.0	7.0	
<i>Syringa dilatata</i>	수수꽃다리	X-ray, acute	30.0	17.0	
SEED, wet-cold stored					
<i>Ginkgo biloba</i>	은행나무	γ -ray, acute	1.5	1.2	nucellar embryo
<i>Pinus koraiensis</i>	잣나무	γ -ray, acute	2.4	—	
<i>Poncirus trifoliata</i>	당자나무	γ -ray, acute	7.0	9.8	
<i>Citrus unshiu</i>	온주밀감	γ -ray, acute	11.2	13.1	
<i>Acer japonicum</i>	참단풍나무	γ -ray, acute	20.5	15.0	
SEED, stored in dry sand					
<i>Castanea crenata</i>	밤나무	γ -ray, acute	4.6	4.1	
CUTTING, in dormancy					
<i>Ilex crenata</i>	평광나무	γ -ray, acute	—	6.0	
<i>Euonymus japonica</i>	사철나무	γ -ray, acute	—	9.0	
<i>Lagerstroemia indica</i>	배롱나무	γ -ray, acute	—	15.0	
<i>Rhododendron obtusum</i>	외월죽(기리시마)	γ -ray, acute	—	16.0	
<i>Hibiscus syriacus</i>	무궁화	γ -ray, acute	—	6.0	
<i>Forsythia koreana</i>	개나리	γ -ray, acute	—	15.0	
SCION, indormancy					
<i>Castanea crenata</i>	밤나무	γ -ray, acute	—	2.6~3.25	3 strains
<i>Castanea bungeana</i>	약밤나무	γ -ray, acute	—	3.2	
"	"	γ -ray, semiacute	—	>10.0	
"	"	γ -ray, chronic	—	>20.0	

<i>Rosa hybrida</i>	장미	γ -ray, acute	—	10~15	2 varieties
<i>Citrus unshiu</i>	온주밀감	γ -ray, acute	—	10~12.5	3 varieties
"	"	γ -ray, semiacute	—	20	
"	"	γ -ray, chronic	—	>34.7	
PLANT, potted					
<i>Castanea crenata</i>	밤나무	γ -ray, chronic	—	>13.8	
<i>Castanea bungeana</i>	약밤나무	γ -ray, chronic	—	>13.8	
<i>Evodia danielii</i>	쉬나무	γ -ray, acute	—	6.9	
<i>Citrus unshiu</i>	온주밀감	γ -ray, chronic	—	>50.0	4 varieties

半致死線量은 基準으로 任意 分類한 樹種別 比較放射線感受性은 表 2와 같으며, 은행나무, 잣나무, 곰솔, 가문비나무, 잣나무등 針葉樹 및 闊葉樹中 밤나무類는

例外的으로 甚히 높은 感受性을 보였다, 插穗, 接穗 등 生體組織의 急照射는 높은 感受性을 보이는데 反하여 半急照射 또는 緩照射는 매우 낮은 感受性을 보였다.

Table 2. Relative radiosensitivity of species as classified by 50% lethal dose

Relative sensitivity	Species
I. Very sensitive, 1-5kR	<i>G. biloba</i> , <i>Pinus</i> SPP., <i>P. jezoensis</i> <i>A. holophylla</i> , <i>C. crenata</i> (wet seed, sci.), <i>C. bungeana</i> (sci.)
II. Sensitive, 6-10kR	<i>P. densiflora</i> , <i>P. rigitaeda</i> , <i>L. leptolepis</i> , <i>T. orientalis</i> , <i>C. obtusa</i> , <i>Z. schinifolium</i> , <i>E. danielii</i> , <i>H. syriacus</i> (seed, cut.), <i>P. trifolia</i> (wet seed), <i>I. crenata</i> (cut.), <i>E. japonica</i> (cut.)
III. Medium, 11-15kR	<i>P. rigida</i> , <i>A. fruticosa</i> , <i>P. trifoliata</i> (dry seed), <i>F. Plantifolia</i> , <i>C. unshiu</i> (nucellar embryo), <i>A. japonica</i> , <i>L. indica</i> (cut.), <i>F. Koreana</i> (cut.), <i>R. hybrida</i> (sci.), <i>C. unshiu</i> (sci.), <i>C. crenata</i> (plant. chron. irr.), <i>C. bungeana</i> (plant. chron. irr.)
IV. Comparatively resistant, 16-20kR	<i>R. pseudoacacia</i> , <i>S. dilatata</i> , <i>R. obtusum</i> (cut.), <i>C. unshiu</i> (sci., semi-acute irr.)
V. Resistant, >21 kR	<i>L. biolor</i> , <i>C. unshiu</i> (sci. and plant, chron. irr.)

放射線照射가 生育에 미치는 影響은 低線量에서 促進效果가 있는 것으로 알려졌으나 本試驗에서는 發芽, 生長促進의 傾向은 樹種에 따라 달리 나타나나 벽오등의 현저한 發芽促進을 除外하고는 有意性을 認定할수 없었고, 高線量에서 苗高, 節間長, 葉面積등이 有意性 있게 減少되었다.

種子, 插穗, 接穗에 照射處理한 幼苗에서 奇型葉, 色素變異, 葉綠素突然變異, 芽條變異등이 나타났으며 表 3에 要約하였다.

色素變異로써 斑紋葉이 가장 많이 나타났으며 橫의인 帶斑, 縱의인 條斑, 斑點狀 또는 不規則한 斑紋等으로 나타났으며 은행나무에서 乳白色의 鮮명한 條斑이 나타났고 아까시나무에서 黃色의 斑紋, 쪽제비싸리와 싸리에서 白色의 斑紋, 수수꽃다리에서 紫色, 淡綠色의

斑紋, 개나리에서 黃色 斑紋, 온주밀감(靑島溫州)에서 黃色斑紋, 광광나무, 사철나무에서 黃色斑紋등이 나타났으며 이들 變異는 境界가 分明하고 色이 鮮明하여 觀賞價値를 높일수있는 것이었다. 무궁화에서 淡綠黃色 變異는 翌年에 消失하였다.

잎의 斑紋이 境界가 不明하거나 葉脈에 따라 網狀 斑으로 나타나는 것은 virus性 病斑에 기인하는 것으로 非遺傳的이며 遺傳的인 것은 境界가 明白하며 體細胞突然變異에 기인하는 것으로 알려졌다.⁸²⁾

芽條變異는 모두 一枝가 完全히 同一한 變異로 나타났으며, 측백나무의 黃色葉芽條變異는 生育期末에 가서 枯死하였으며, 變異에 관한 細胞組織學的 檢討가 必要하다.

X線, γ 線은 突然變異를 誘起하는 手段으로 林木에 適

Table 3. The kinds of abnormalities observed in different species of tree irradiated to γ - and X-ray

Kinds of abnormalities		Species	Treatment
Leaf variegation	斑紋葉 條斑* 帶斑	<i>G. biloba</i> *	Seed, γ -rayed
		<i>R. pseudoacacia</i>	Seed, X-rayed
		<i>A. fruticosa</i>	Seed, X-rayed
		<i>L. bicolor</i>	Seed, X-rayed
		<i>C. unshiu</i>	Graft, γ -rayed
		<i>I. crenata</i>	Cut., γ -rayed
		<i>E. japonica</i>	Cut., γ -rayed
		<i>F. koreana</i>	Cut., γ -rayed
		<i>S. dilatata</i>	Seed, X-rayed
		Albino	白子
<i>P. rigida</i>	Seed, γ -rayed		
<i>P. Koraiensis</i>	Seed, γ -rayed		
<i>C. crenata</i>	Seed, γ -rayed		
<i>L. bicolor</i>	Seed, X-rayed		
Chlorophyll deficiency, yellow leaf	黃色葉	<i>H. vriacus</i>	Seed, γ -rayed
Deformation, leaf and fruit	畸形葉 및 果實	<i>G. biloba</i>	Seed, γ -rayed
		<i>C. unshiu</i>	Graft, γ -rayed
		<i>P. trifoliata</i>	Graft, γ -rayed
Bud sport, giant leaf	大形葉	<i>C. bungeana</i>	Plant, γ -rayed
		yellow leaf	黃色葉

* Vertical stripe, creamy white

用될 수 있으며 各樹種別 LD-50線量은 試驗의 線量으로 林木照射의 基準으로 提供될 수 있을 것이다.

引用 文 獻

1. Brandenburg, M.K., H.L. Mills, W.H. Rickard and I.M. Shields, 1962. Effect of acute gamma radiation on growth and morphology in *Pinus monophylla* Torr and Fern. (Pinyon pine), Rad. Bot., 2:251-263.
2. Bai, Dae-Han 1967. Studies of radiosensitivity and its application in plant breeding, doctoral thesis.
3. Davis, T.S., 1962. Effect of cobalt-60 gamma radiation on pine seed and one-year-old seedlings. For. Sci. 8:411-412.
4. Ehrenberg, I. and N. Nybom, 1954. Ion density and biological effectiveness of radiation, Acta Agri. Scandinavica, 4(3):396-418.
5. Evans, H.J., A.H. Sparrow. 1961. Nuclear factors affecting radiosensitivity. II. Dependence on nuclear and chromosome structure and organization, Fundamental Aspects of Radiosensitivity, Brookhaven Sym. Biolo. No. 14:101-127.
6. Fujii, T., 1962. Mutations induced by radiation in vegetatively propagated plant with special reference to flower color, Gamma Field Symposia, No. 1:51-60
7. Granhall, I., L. Ehrenberg and S. Borenus, 1953. Experiments with chronic gamma irradiation on growing plants, Botaniska Notiser, Häfte2, Lund, 155-162.
8. Gustafsson, A., and M. Simak, 1958. Effect of X-and gamma rays on conifer seed, Medd. Statens Skogsforskningsinst, 48:1-24.
9. 金智文, 孫清烈, 柳榮洙, 任慶彬, 1970. 永年植物의 放射線育種에 關한 研究, 原研論文集, 9(2-2):75-87
10. 金智文, 金涼根, 金吳元, 文章達, 1972. γ -線照射에 의한 柑橘의 芽條變異 誘起選拔, 育種誌, 4(2):52-60.
11. Lacroix, D., 1964. Radiosensitivity of jack pine seed to Cobalt-60, For. Sci. 293-295.

12. Love, J.E., and M. J. Constantin, 1965. The response of some ornamental plants to fast neutrons, Tennessee Farm and Home Science, 10-12.
13. Mergen, F. and J.S. Johansen, 1963. Effect of ionizing radiation on microsporogenesis in *Pinus rigida* Mill, Rad. Bot. 3:321-331.
14. ———, and ———, 1964. Effect of ionizing radiation on seed germination and seedling growth of *Pinus rigida* (Mill), Rad. Bot. 4:417-427.
15. Mericle, L.W., R.P. Mericle and A.H. Sparrow, 1962. Cumulative radiation damage in oak trees, Rad. Bot. 2:265-271.
16. Nakajima K., 1965. Induction of sports in roses by gamma ray irradiation, Gamma Field Symposia, No. 4:53-70.
17. Nishida T., K. Nakajima, K. Ohba and S. Takato, 1967. Radiosensitivity and Induction of Somatic Mutations in Woody Perennial under Chronic Gamma Irradiation, Gamma Field Symposia, IRR, No. 6:19-45.
18. 西田光夫, 1970, 1)緩照射下において誘發されたリンゴの半矮性枝變りについて, 2)リンゴの枝變り誘發に及ぼす緩照射, 半急照射の比較試験, 日本放育場, 1969年試験成績書, 73-84
19. Nybom, N., 1956. Some further experiments on chronic γ -irradiation of plants. Botaniska Notiser, 109(1):1-11.
20. Ohba, K. and M. Simak, 1961. Effect of x-rays on seeds of scots pine from different provenances (*Pinus silvestris* L.), Silvae Genetica, 10(3): 84-90.
21. ———, 1964, Studies on radiosensitivity and induction of somatic mutations in forest trees, Gamma Field Symposia, IRR, No. 3:111-141.
22. Osborne T.S. and A.O. Lunden, 1961. The cooperative plant and seed irradiation program of the Univ. of Tennessee, International Journal of Applied Radiation and Isotopes, 10:198-209.
23. Simak, M. and A. Gustafsson, 1953, X-ray phyto-graphy and sensitivity in forest species, Hereditas 39(3-4):458-468.
24. ———, K. Ohba and B. Suszka, 1961. Effect of X-irradiation seeds of different weight from individual trees of scots pine (*Pinus silvestris* L.), Botaniska Notiser, Vol. 114, Fasc 3 Lund. 300-312.
25. Sparrow, A.H. and H.J. Evans, 1961. Nuclear factors affecting radiosensitivity, I. the influence of nuclear size and structure, chromosome complements and DNA content, Fundamental Aspects of Radiosensitivity, Brookhaven Sym. Biol. No. 14:76-100.
26. ——— and G.M. Woodwell, 1962. Prediction of the sensitivity of plants to chronic gamma irradiation, Rad. Bot. 2:9-26.
27. ———, L.A. Schairer, R.C. Sparrow and W.F. Campbell, 1963. The radiosensitivity of gymnosperms, I. The effect of dormancy on the response of *Pinus strobus* seedling to acute gamma irradiation. Rad. Bot. Vol. 3:169-173.
28. ———, S.S. Schwemmer, E.E. Klug and L. Puglielli, 1970. Woody plant: change in survival in response to long-term (8 years) chronic gamma irradiation, Science, 169:1082-1084.
29. Woodwell, G.M. and A.H. Sparrow, 1963. Predicted and observed effects of chronic gamma radiation on a near-climax forest ecosystem, Rad. Bot. Vol. 3:231-237.
30. Yim, K. B., 1962. Effect of neutron irradiation on *Robinia pseudoacacia* seeds. Jour. of Korean Forestry Society, 2:52-53.
31. ———, 1963. Sensitivity of pine seed to neutron, gamma-ray and X-ray irradiation, Jour. of Nuclear Science (Korea), 3:278-289.
32. ———, 1964. Genetics in *Lespedeza* (1) Sensitivity of *Lespedeza bicolar* seed to neutron irradiation and variation analysis of N_1 plants, Jour. of Nuclear Science (Korea) 4:171-186.
33. You, Young-Soo and Y.K. Kim, 1969. The effects of X-ray irradiation on the germination and growth of seedling in *Ginkgo biloba* L., Journ. of Korean Forestry Society, 8:140-148.