

<解 說>

核技術의 農學的利用 現況과 展望 (I)

權 臣 漢

韓國原子力研究所 放射線育種學研究室

(접수 : 1978. 10. 4)

1. 緒 論

農業의 科學化는 農產物의 增收는 물론 農業生産의 安定化, 勞動力과 農業資料의 節約 등을 誘導하여 食糧増産과 農民의 所得増大에 奇與하게 되는 것이다. 同位元素나 放射線의 農學分野에의 利用研究는 이미 오래 전부터 始作¹⁾되었으나, 積極인 研究와 利用은 第二次世界大戰 以後 原子力의 平和的 利用의 일환으로 廣範하게 導入되어 그동안 많은 業績을 남겼으며, 우리 나라에서도 이미 1960年代初의 原子爐의 稼動으로 放射性同位元素의 生産과 各種放射線源의 導入으로 農學分野에의 研究와 活用에 積極적으로 시작되었다²⁾.

農學에서의 利用方法은 1) 照射線源의 利用 2) 追跡子의 利用 그리고 3) 放射化分析의 利用 등으로 크게 區分되며 그 이상에도 Energy 자체를 農業土木이나 颱風의 方向轉換 등에 利用할 수 있는 時代가 到來할 수도 있을 것이다. 照射線源의 利用이란 放射線의 生物學의 影響에 대한 基礎的 研究結果를 응용한 것으로서 放射線을 農作物에 照射시켜 突然變異를 利用한 優良品種을 育成하는 育種學分野에서의 應用과 放射線의 殺菌 및 殺虫力을 利用한 肉類, 果物, 穀物, 菜蔬類 등의 貯藏에의 응용, 양과나 薯類의 저장시 發芽抑制, 害虫驅除에 雄性不妊技術(sterile male technique) 이용 등 많은 응용분야가 開拓되었다. 追跡子의 利用이란 放射性同位元素로 標識된 肥料나 飼料의 吸收過程, 이들의 生體內에서의 行動, 家畜飼料의 消化過程의 調査, 動植物의 生理作用의 究明, 害虫의 飛散距離測定, 病原菌의 侵入經路追跡, 提防의 漏水探知, 微量元素의 分析 등에도 널리 이용된다³⁾.

放射線이나 放射性同位元素가 農學分野에 응용되던 初期에는 一般적으로 過剩期待를 걸었었고 또 최근에 와서는 期待가 컸던 반면 실망을 갖기도 하였으나 이

는 모두 옳지 못한 생각이다. 放射線이나 放射性同位元素를 利用하는 범위라는 것은 自然界에서 일어날 수 있는 生物學的 現象의 촉진 내지는 能率化, 그리고 화학분석이나 현미경을 사용해야 될 경우에 너무도 微細精密하여 재래식 방법으로는 도저히 할 수 없는 일들을 放射性同位元素를 연구수단으로 하여 손쉽고 값싸고 正確하고 그리고 빠르게 할 수 있다는데 그 特徵이 있는 것이다.

2. 育種學的 利用

가. 突然變異育種法의 특징

品質改良 또는 育種이란 말은 人爲의 進化(Controlled evolution)라는 말로 바꾸어 말할 수도 있을 것인데, 進化는 變遷하는 自然環境에 適應하여 生物이 살아 남을 수 있는 유일한 수단으로 自然界에 널리 通用되는 現象이다. 이에 반하여 育種이란 人爲의 變異를 誘起시켜 우리가 원하는 形質을 가진 植物이나 動物을 選拔, 増殖하여 利用하는 것으로서 農作物이라는 것은 植物自體의 立場에서 볼 때는 아주 불편한 奇型과 같은 것으로서 人間이 農業이라는 方法으로 보호를 하지 않는다면 自然界에서 單獨으로는 살아 남을 수 없는 悲劇의 產物인 것이다. 生物界에 變異가 없다면 進化도 없고 適應될 수도 없어서 사실상 살아 남을 수 없게 될 것이며 따라서 品種改良도 불가능할 것이다. 이 變異가 생기는 根源은 突然變異이며 自然界에서도 單位遺傳因子當 10^{-6} 정도로 突然變異가 出現되는데⁴⁾ (물론 遺傳因子의 종류에 따라 그 頻도가 크게 다름). 이들이 自然環境에 알맞지 않으면 消失되어 버리지만, 自然環境에 잘 適應되면 繁盛하는 것이다. 이와 같은 生物의 특징을 放射線照射로서 突然變異率을 크게 増進시키고, 出現한 變異體를 용이하게 選拔, 保護하여 利用하는 것을 突然變異育種 또는 放射線育種이라고 한다.

이와 반대로 一般育種이란 概存變異因자를 交配에 의해 再組合(recombination)함으로써 생겨난 變異를 이용하는 것을 의미하며 이 두 育種法이 지향하는 目的은 동일하나 變異의 誘起方法은 근본적으로 相異하다. 더욱이 遺傳子源이 없을 때에는 突然變異育種法만이 品種의 形質을 개량할 수 있는 수단이 될 것이다.

在來育種法(交配育種法)이 品種改良의 主된 방법임에는 틀림없으나 遺傳子源이 광범하게 蒐集, 保存되지 않았을 경우나 또는 그것이 어려운 作物 등에서는 突然變異育種法이 훨씬 효과적이며, 구라과에서 널리 이용되는 營養繁殖作物의 突然變異育種이나 헝가리에서의 水稻育種은 全적으로 放射線育種法에 의존하고 있는 實情⁵⁾ 등이 그 좋은 예가 될 것이다. 突然變異育種의 특징을 정리해 보면 1) 新遺傳子の 創生 2) 單一遺傳子나 單一特性만을 그의 다른 遺傳子の 변동없이 변화시킬 수 있다. 3) 營養繁殖作物에서 遺傳的 變異를 많이 誘發시킬 수 있다. 4) 染色體突然變異에 의한 轉座, 切斷 등으로 連鎖群을 切斷하므로써 因子交換을 가능하게 할 수 있다. 5) 不和合性植物을 和合性으로 轉換시켜 自殖系統을 얻을 수 있다. 6) 育種範圍를 확대할 수 있다. 7) 育種期間을 단축할 수 있다.

나. 突然變異育種法の 成果

突然變異育種法에 착안하게 된 것은 1927년 Müller⁶⁾와 Stadler⁷⁾가 초파리와 農作物에 放射線을 照射함으로써 人爲적으로 突然變異를 일으킬 수 있다는 사실을 밝혀낸 후부터이다. 그 후 스웨덴의 Nilsson-Ehle⁸⁾와 그 제자 Gustafsson⁹⁾이 X-線을 이용하여 耐倒伏性이면서 種實과 麥稈의 收量이 높은 突然變異系統을 選拔利用하는 등 계속 새로운 品種들이 개발되었다.

지금까지 밀, 보리, 벼, 옥수수, 콩 등의 일반작물에서 多收性, 短稈耐倒伏性, 品質向上, 耐病性 등의 形質을 지닌 103種과 花卉類를 비롯한 觀賞 및 永年植物에서 花色, 葉型, 植物體의 모양이 變化된 63種이 일반에게 보급되어 짧은 放射線育種研究의 역사 속에서 農業增產과 經濟性增進에의 기여도는 높이 평가되고 있다¹⁰⁾. 放射線育種法에 의해 세계적으로 보급된 優良品種은 表 1과 같다.

表 1 中の 많은 品種들은 본래 開發獎勵된 국가에서 뿐만 아니라 他國에서까지도 優秀성이 인정되어 수년 동안 栽培되므로써 그 成果는 팔목할만 하다. 즉 1971년 스웨덴에서 放射線照射로 育成된 보리의 新品種 Hellas는 53,000 ha에 栽培되었고 같은 해 덴마크에서 보리 新品種 Pallas는 60,000 ha에 보급되었다. 1969~1971년 3年間に 걸쳐 일본에서 벼품종 Reimei는 年平均 40,000 ha에 栽培되었는데 이는 전체 벼품종의

耕作面積의 4位를 차지하였다. 1971년 미국에서 강남콩품종 Sanilac, Seaway, Gralot, Seafarer 등은 220,000 ha에 栽培되었는데 이는 강남콩 全體耕作面積의 90%를 차지하였으며 같은 해 영국에서 春種 보리 Golden Promise 품종은 43種의 獎勵品種中 普及面積의 10%를 차지하였다. 그리고 미국에서 후추 Todd's Mitcham 품종은 다른 品種에 비해 收量은 減少되지 않으면서 質적으로 가장 優秀하고 Verticillium 病에 抵抗성이 강한 것으로 有名하다.

우리 나라에서는 原子力의 平和的 利用의 一環으로 1959년 原子力院의 창설 이후 1965년에 原子力研究所에 農學研究室이 設立되었으며 1967년에는 放射線農學研究所가 發足됨에 따라 原子力의 農學的 利用研究가 활발히 진행되기 시작하였다. 그동안 放射線育種分野의 論文만도 國內外的으로 100여편 정도 發表되어 이 분야의 여러 가지 基礎 및 利用研究를 위한 資料를 제공하였고 또한 實用的인 品種이 育成普及되는가 하면 그의 各種作物에서 많은 有用突然變異系統이 선발되어 현재 保存되고 있다. 우리 나라에서는 주로 大豆, 水稻, 大小麥 등의 일반작물을 대상으로 突然變異에 관한 研究, 突然變異의 효율적인 誘起 및 選拔法 등에 관한 研究가 이루어졌으며 그의 감마育種場을 이용한 花卉類를 비롯한 觀賞 및 永年植物의 突然變異 및 放射線育種에 관한 研究를 수행하였다.

우리 나라에서 實用的인 品種의 개발 및 有用變異系統이 선발된 例를 보면 大豆品種金剛大粒에 X-線을 처리하여 早熟系統이 선발 이용되고 있는 것을 위시하여 耐開莢性, 耐病性 및 大粒化系統 등 多數가 선발되었다¹¹⁾. 水稻에서는 湖光品種에 X-線을 처리하여 高蛋白質이면서 短稈, 早熟系統이 선발되었는데 이 變異系統의 세 가지 形質은 同時遺傳을 하면서 單因子性임이 밝혀짐으로서 優良品種育成을 위한 交配母本으로 이용되고 또한 水稻品種振興에서 多收性, 早熟, 耐倒伏, 耐病性인 系統이 선발되어 일부 農家에 재배되고 있다¹²⁾. 大麥에서도 多收性이고 早熟, 耐倒伏性인 品種이 育成되었는데 이는 農材振興廳과의 공동연구로 裸麥品種坊主에 熱中性子를 처리하여 선발된 것으로서 “放射 6號”라는 品種名과 함께 현재 農家에 널리 재배되고 있다¹³⁾. 上記의 突然變異系統들은 주로 直接品種으로 이용될 수 있는 경우이고 그 외로 선발된 여러 가지 優良形質을 지닌 優秀한 變異系統들은 交配母本이나 突然變異에 관한 基礎研究用材料로서 農業研究機關과 大學 등에 제공되고 있다.

다. 突然變異育種法の 展望

1) 收量增進

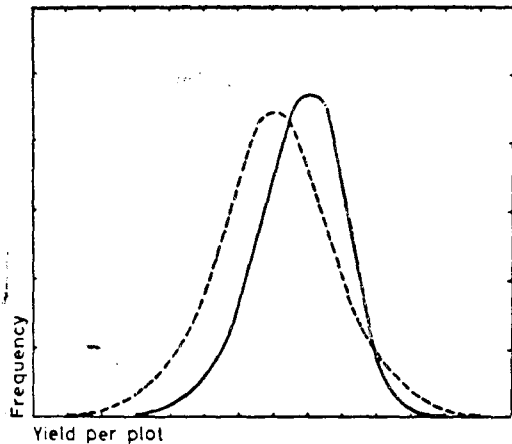


Fig. 1. Model curves to illustrate the distribution in yield of families derived from untreated (—) and radiation-treated (---) material in a self-pollinating species. (Gaul, 1964)

多收性品種을 育成한다는 것은 交配育種에서나 突然變異育種에서나 마찬가지로 쉬운 일은 아니며 특히 突然變異育種에서는 많은 個體를 취급해야 하는데, M_1 世代의 많은 개체를 그대로 分離世代인 M_2 世代에서 취급해야 하기 때문에 M_2 에서의 작업은 대단히 힘든다. Gregory¹⁴⁾는 放射線育種에서 優秀한 收量形質이 나타나는 頻度는 500~5,000(M_2) 分之一 정도라고 지적한 것을 보아도 짐작이 가는 일이며 따라서 突然變異育種法에서 무엇보다도 중요한 일은 選拔技術(screening technique)의 開發이라고 할 수 있다. Fig. 1¹⁵⁾에서 보는 바와 같이 自花受精作物에서 放射線處理集團이 無處理集團에 비해 收量の 變異分布幅이 넓음을 알 수 있어 微動因子에 의해 지배되는 收量形質의 개량에도 突然變異育種法이 이용될 수 있다는 것을 증명하고 있으며 실제로 表 1에서 보듯이 많은 作物에서 그 成果를 거두고 있어 앞으로 보다 擴大된 努力 餘하에 따라서는 좋은 結果를 기대할 수 있을 것이다.

2) 開花 및 熟期調節

突然變異育種法으로 農作物의 開花期와 成熟期를 단축시킨 事例의 보고는 대단히 많다. 내용을 살펴 보면 晩熟種에서는 早熟性이 그리고 早熟種에서 晩熟性이 誘發되는 경향이 많고 또 開花時期와 成熟時期는 早晚의 方向으로 平行的으로 誘發되는 것이 특징이다. 農作物의 早熟化는 收量減少를 초래하는 경우도 있으나 그렇지 않은 例도 많으며 특히 成熟形質은 大集團에서도 선발이용이하며 遺傳力도 높아서 突然變異育種을 통해 원하는 方向으로 변화시킬 수 있는 좋은 形質이다.

3) 適應性(adaptability)

최근에는 廣地域適應品種育成에 대한 관심이 점점 높아지고 있는데 이러한 形質을 좌우하는 要因은 많으나 그 가운데 가장 중요한 것은 日長에 대한 둔한 特性(photoperiod insensitivity)이라고 볼 수 있으며 이 특성도 突然變異育種法으로 變異¹⁶⁾시킨 事例가 있는 것으로 보아 앞으로 관심을 두어 봄직한 形質이다.

4) 草型變化

草型은 農작물의 受光狀態, 觀賞價値의 增進, 倒伏, 機械化, 管理 등 여러 면에서 중요한 뜻을 갖는다¹⁶⁾. 放射線照射로 식물이 巨大化, 矮小化, 奇型化 등의 변화는 보통으로 일어나기 때문에 이와 같은 突然變異體를 선발 이용한다는 것은 交配育種法을 이용하는 것보다 훨씬 有利한데 그 例로서 수수는 키가 너무 커서 管理가 불편한데 矮性突然變異體를 선발¹⁷⁾, 이용한다든지 그의 作物의 종류별로 草型의 變化를 誘發시켜 栽培目的에 따라 利用價値를 크게 增進할 수 있을 것이다.

5) 耐倒伏性

倒伏性은 草長과 型態 및 解剖學的 特性에 의해 주로 支配되는데, 禾本科作物에서는 특히 문제가 되는 形質로서 최근에 와서는 多收穫을 목적으로 肥料를 많이 施用함으로 문제는 더욱 크다. 表 1에서 보는 바와 같이 短稈變異體가 禾本科作物에서 많이 이용되고 있고 組織의 변화에 의한 耐倒伏性變異도 誘起됨으로 突然變異育種에서 좋은 育成目標形質이 될 것이다.

6) 耐開莢性(脫粒性)

豆科作物이나 十字花科作物의 開莢性和 禾本科作物의 脫粒性은 農業에서 문제가 되고 있다. 콩에 熱中性子를 照射하여 比較的 耐開莢性이 큰 變異體를 선발한 例¹¹⁾가 있기는 하나 이제까지 小數에 불과하며, 녹두 같은 作物에서는 큰 문제가 되고 있지만 遺傳子源이 없어 부득이 放射線育種에 의존하는 수 밖에 없다.

7) 耐病性

耐病性を 지배하는 遺傳因子는 비교적 그 數가 적은 主動因子에 起因되기 때문에 突然變異가 뚜렷하게 表現되는 특성이 있고 또 病原菌의 人工培養과 人工接種이 용이하여 大量的 處理集團에서 쉽게 耐病性變異體를 Screen 할 수 있는 長點 때문에 앞으로 突然變異育種法은 매우 유리한 育種법으로 이용될 수 있을 것으로 믿어지며 이미 많은 耐病性品種들이 育成되었다.

8) 品質의 向上

農作物의 質은 그 利用目的에 따라 다르겠으나 주로 蛋白質, 脂肪, 澱粉, Vitamin, 아미노酸의 構成, 맛 등 다양하다. 이러한 形質들의 向上에는 在來式育種法에서나 突然變異育種에서 모두 곤란을 겪고 있다. 특

히 간단한 Screening technique 이 開發되어야 하기 때문에 어려움이 있으나 微微한 成果는 이미 건우고 있으며 앞으로의 品種改良에 중요한 目標가 되기에 계속적인 研究가 요망된다.

9) 其 他

低溫抵抗性, 高溫抵抗性, 乾燥 및 過濕抵抗性, 耐酸性, 耐鹽性 등의 生理的 形質들은 遺傳子源이 잘 밝혀지지 않아 交配育種法에서도 어려움을 겪고 있으나 Screening technique 開發이 비교적 용이한 것임으로 大集團을 취급해야 하는 突然變異育種法을 이용하면

成果를 올릴 수 있는 展望이 좋은 對象形質들이다.

10) 營養繁殖作物

果樹 및 花卉植物은 주로 營養繁殖을 함으로 遺傳組성이 극도로 Hetero 일 뿐만 아니라 染色體數의 不規則性(irregularity) 때문에 交配育種이 곤란하다. 현재까지는 많은 新品種들이 주로 自然突然變異에서 얻어졌으나 앞으로는 放射線이나 其他 mutagen 을 사용하여 突然變異率을 높이므로서 쉽게 새로운 品種開發이 가능할 것으로 생각되어 밝은 展望을 가지고 있다^{18,19)}.

Table 1. Released or approved varieties improved by mutation breeding method.

Variety name	Breeder's name	Country & year	Parent variety	Mutagen treated	Characters improved
Bread wheat					
Els	K. Hoese, K. Wenisch	Germany, 1960	Erli×(Licht früh × Tr. Carthlicum)	X-ray, 1.3×2.5kR	Short straw, lodging resistance, good baking quality
NP 836	M. S. Swaminathan	India, 1961	NP 799	X-ray, 16kR	High yield, early maturity, leaf rust resistance
Sinvalocho Gama	E. A. Favret, G. Ryan	Argentina, 1962		γ-ray, 20kR	Resistance to black stem and leaf rust
Lewis	Mo. Agr. Expt. Sta.	U. S. A. 1964	Mo. W6185	Thermal neutron	Lodging resistance, early maturity, high yield
Stadler	Mo. Agr. Expt. Sta.	U. S. A. 1964	Mo. W6243	Thermal neutron	Early maturity, stiff straw, good yielding ability, soft quality grain, disease resistance and winter hardness
Sharbati Sonora	M. S. Swaminathan	India, 1967	Sonora 64	γ-ray, 20kR	Amber grain color (preferred in India), short straw, early maturity, high protein
Zenkouzi-Komugi	M. Toda, T. Nakada, S. Miki, T. Tsukada	Japan, 1969	Igachikugo-Oregon	γ-ray	Early maturity, short straw, high yield
Novosibirskaja 67	I. V. Cherny	USSR, 1969	—	γ-ray, 5kR	Lodging resistance, good baking quality
Sirus	K. Hoese, K. Wenisch	Germany, 1969	Weihenst. stamm Noha× Stamm GZ Ho LiHe	—	Lodging resistance, good baking quality
Durum wheat					
Castelporziano	G. T. Scarascia-Mugnozza, A. Bozzini, C. Mosconi	Italy, 1968	Cappelli	Thermal neutron, 8.38×10 ¹² /cm ²	Lodging resistance, good yielding ability
Castelfusano	G. T. Scarascia-Mugnozza, A. Bozzini, C. Mosconi, F. D'Amato	Italy, 1968	Cappelli	Thermal neutron, 1.05×10 ¹³ /cm ²	Lodging resistance, good yielding ability
Castel del Monte	G. T. Scarascia-Mugnozza	Italy, 1969	Garigliano	Fast neutron, 100 reps	Lodging resistance, good yielding ability
Creso	A. Bozzini, C. Mosconi	Italy, 1974	CpB144×((Y54-NIOB)×CP-63)×Tc3	Fast neutron, 100 reps	Lodging resistance, high yield, leaf rust resistance, good kernel quality

Variety name	Breeder's name	Country & year	Parent variety	Mutagen treated	Characters improved
Mida	A. Bozzini, C. Mosconi	Italy, 1974	CpB144× ((Y54-NIOB) ×CP-63)×Tc3	Fast neutron, 100 reps	Lodging resistance, high yield, leaf rust resistance, good kernel quality
Tito	D. Bagnara, L. Rossi, G. Porreca	Italy, 1975	Castelporziano ×Lakota	Fast neutron, 100 reps	Lodging resistance, good yielding ability, stem rust resistance
Barley					
Jutta	N. Mews	Germany, 1955	Peragis mittelfrühe II	X-ray, 5kR	High yield, lodging resistance, winter hardiness
Vienna	H. Hänsel	Austria, 1959	Probstdorfer Vallkorn VK41	X-ray, 9. 4kR	High yield, high kernel weight, resistance to lodging and mildew
Balder J	R. Manner, O. Pohjan- heimo	Finland, 1960	Balder	X-ray, 6kR	High yield, resistance to drought and ear sprouting
Pallas	A. Gustafsson	Sweden, 1960	Bonus	X-ray, 7. 35kR	Stiff straw
Mari	A. Gustafsson	Sweden, 1960	Bonus	X-ray, 20kR	Early maturity, stiff straw
Pennrad	R. P. Pfeifer, R. I. Schein	U. S. A., 1963	Hudson		Winter hardiness
Allasch	R. P. Pfeifer, R. I. Schein	Germany, 1963	(Haisa I× (Imperial× H204))× Svalöf erectoides 12	—	Straw stiffness
Diamant	J. Bouma	Czechoslo- vakia, 1963	—	X-ray, 10kR	High yield, short culm, good malting quality, lodging resis- tance
Milns Golden Promise	David Milns Co. Ltd.	U. K., 1966	Maythorpe	γ-ray, 6- 24kR	Short and stiff straw with high yield and good malting quality, but mildew-susceptible
Amei	K. Von Rosenstiel	Germany, 1966	(Haisa I× (Imperial× H204))× Svalöf erectoides 12	—	Straw stiffness
Luther	R. A. Nilan	U. S. A., 1967	Alpine	dES, 0. 0038M for 3. 5hrs. at 30°C	Short culm, high yield, lodging resistance with heavy fertilization
Hellas	A. Hagberg	Sweden, 1967	Pallas×Herta	—	Resistance to lodging and straw breakage, high yield with heavy fertilization
Kristina	A. Hagberg	Sweden, 1969	Domen×Mari	—	Resistance to lodging and straw breakage, high yield, outstanding malting quality
Denar	—	Czechoslo- vakia, 1969	Celechovicky ×Bavaria	X-ray	High yield
Midas	David Milns Co. Ltd.	U. K., 1970	Milns Golden Promise	—	Short and stiff straw, erectoides habit, mildew resistance
AMETYST/ HE 4646	Plant Breeding Sta.	Czechoslo- vakia, 1972	Voldagsen× (Domen× (Valtický× Hanacký Jubiel))× Diamant	—	High yield, stiff straw, mildew resistance, large grain, fmedium malting quality
Rupal	Sweden Seed Association	Sweden, 1972	Palls×Rupée	—	Short culm, resistance to mildew and sprouting

Variety name	Breeder's name	Country & year	Parent variety	Mutagen treated	Characters improved
Eval	Sweden Seed Association	Sweden, 1972	Mari× Birgitta	—	Straw stiffness, early maturity high yield, large grain,
Ametyst	—	Czechoslovakia, 1972	Cross with Diamant	—	High yield
HANA/HE 498	Plant Breeding Sta.	Czechoslovakia, 1973	Alsa× Diamant	—	High yield, short culm, lodging resistance, good malting quality
FAVORIT/HE 481	Plant Breeding Sta.	Czechoslovakia, 1973	Diamant× Firl. Union	—	High yield, short culm, resistance to lodging and straw breakage
Trumpf	Inst. für Getreideforschung	Germany, 1973	Diamant× several other sources of disease resistance	—	Short culm, lodging resistance, mildew, stripe and leaf rust resistance, high yield
Favorit	Inst. für Getreideforschung	Czechoslovakia, 1973	Cross with Diamant	—	High yield
HANA	Inst. für Getreideforschung	Czechoslovakia, 1973	Cross with Diamant	—	High yield
Fuji 2-jyo II	Kirin Brewery Co. Ltd. & H. Yamaguchi	Japan, 1974	Fuji 2-jyo	γ -ray, 5-bromodeoxyuridine+1kR	Lodging resistance
Blazer	R. A. Nilan, C. E. Muir, A. J. Lejeune	U. S. A., 1974	Induced recombinant	Thermal neutron	Increased alpha amylase, shattering resistance, straw strength, high yield
Boyer	R. A. Nilan, C. E. Muir, A. J. Lejeune	U. S. A., 1974	Induced recombinant	Thermal neutron	Early maturity, high yield, winter hardiness, large grain, straw strength, short culm
Senat	Sweden Seed Association	Sweden, 1974	Pallas×Hellas	—	Straw stiffness, sprouting resistance
Salve	Sweden Seed Association	Sweden, 1974	Mari× Birgitta	—	Large and plump kernel, stiff straw, high yield, mildew resistance
Minsk	Sweden Seed Association	USSR, 1974	Viner	γ -ray	Lodging resistance, high yield, good milling and brewing quality
Bangsa 6	Y. S. Kim, K. Y. Park, D. K. Lee, I. H. Kim	Korea, 1974	Bangju, naked barley	Thermal neutron	Early maturity, short culm, lodging resistance, high yield
Deawn	R. S. Albrechtsen, W. G. Dewey	U. S. A., 1975	Cross with Bonneville 70	—	Short culm, early maturity
Nadja	Inst. für Getreideforschung	Germany, 1975	Diamant× several other sources of disease resistance	—	Short culm, lodging resistance, mildew, stripe and leaf rust resistance, high yield
Hankkija's Aapo (Hja 4003)	E. I. Kivi, M. Rekunen	Finland, 1975	Ta 7990 (a 4615× Staller II)	X-ray	Very stiff and short culm, high yield
Hankkija's Eero (Hja 4715)	E. I. Kivi, M. Rekunen	Finland, 1975	Mari×Otra	—	Stiff and short culm
Atlanta	J. D. E. Sterling	Canada, 1977	(Anoidium/ Montcalm 3/2 Herta/Br M57/754/3)× Hellas	—	Lodging resistance, high yield

Variety name	Breeder's name	Country & year	Parent variety	Mutagen treated	Characters improved
Rice					
SH 30-21	H. W. Li	Taiwan, 1957		X-ray	High yield, short growing period
KT 20-74	H. W. Li	Taiwan, 1957		X-ray	High yield, short growing period
YH 1	H. W. Li	Taiwan, 1963	Taichung No. 1×SH 30-21	X-ray	High yield, short growing period
Reimei	K. Toriyama, I. Futsuhara	Japan, 1966	Fujiminori	γ -ray, 20kR	Short culm, lodging resistance with heavy fertilization, cold tolerance to early stage
PARC 1	I. S. Santos, J. V. Elec, L. M. Verano-Brewbaker, A. B. Ascension	Phillippines, 1970	IR-8-288-3	γ -ray, 40kR	Narrow and long grain with less chalky areas
PARC 2	I. S. Santos, J. V. Elec, L. M. Verano-Brewbaker, A. B. Ascension	Phillippines, 1970	IR-8-288-3	γ -ray, 40kR	Early maturity, slightly narrow and much long grain with less chalky areas, good eating quality
Hybrid Mutant 95	S. S. Saini	India, 1973	Jhona 349×Taichung Native-1	γ -ray, 50kR	Short culm, high yield, high protein
Fulgente	A. Tinarelli	Italy, 1973	Maratelli	γ -ray, 25kR	Blast resistance, high yield
Kagahikari	T. H. Keyama <i>et al.</i>	Japan, 1973	Koshihikari×Fukei 72	—	Early maturity, good grain quality and taste
Hayahikari	T. Hirano <i>et al.</i>	Japan, 1976	Reimei×Toyonishiki	—	Lodging resistance
Akikikari	H. Sato <i>et al.</i>	Japan, 1976	Toyonishiki×Reimei	—	Short and stiff culm, high yield
Calrose 76	J. N. Ruger, M. L. Peterson, C. H. Hu, W. F. Lehman	U. S. A., 1976	Calrose	γ -ray, 25kR	Short culm
RD 6	P. Kham-banonda, A. A. Sarigabutr, S. Awakul	Thailand, 1977	Khao Dawk Mali 105	γ -ray, 20kR	Glutinous endosperm, blast resistance
Kashmir Basmati	M. Afsar Awan, G. Bari, A. A. Cheema, M. Akbar	Pakistan, 1977	Basmati 370	γ -ray, 25kR	Early maturity, high yield
Fujihikari	K. Fuji	Japan, 1977	((Fukei 71×Fukei 67)×Koshihikari)×RI 151	—	Season neutral, ripening within Ca. 100 days, most suitable in tight crop rotation
Irat 13	I. R. A. T.	Ivory Coast, 1978	63×83	γ -ray, Chronic irradiation	Short culm, lodging resistance

Variety name	Breeder's name	Country & year	Parent variety	Mutagen treated	Characters improved
Oat					
Florad	W. H. Chapman, H. H. Luke, A. T. Wallace	U. S. A., 1959	Floriland	Thermal neutron	Stem rust resistance, superior grain quality, straw stiffness
Alamo-X	I. M. Atkins, M. C. Futrell, Q. J. Raab	U. S. A., 1961	Aloma	X-ray, 25kR	Resistance to Victoria blight and crown rust
Florida 500	D. Sechler, W. H. Chapman	U. S. A., 1965	Florad× Coker 58-7	X-ray, 25kR	Agronomic type combined with rust resistance
Florida 501	D. Sechler, W. H. Chapman	U. S. A., 1967	Florad× Coker 58-7	—	Agronomic plant and kernel type combined with crown rust resistance
Rye					
Hankkija's Jussi (Hja 9900)	E. Varis	Finland, 1975	Vjatka	—	Winter hardiness, short and stiff straw, good quality
Soybean					
Tainung No. 1(R)	Y. W. Cheng	Taiwan, 1962	—	Thermal neutron	Vigorous, dropping resistance with long branch and high yield
Tainung No. 2(R)	Y. W. Cheng	Taiwan, 1962	—	X-ray	Vigorous, dropping resistance with short internode, large seed, adopted to acid or alkaline soil
Raiden	M. Ishikawa <i>et al.</i>	Japan, 1966	Nemashirazu	γ-ray, 10kR	Early maturity, short stem, high yield, nematode resistance
Raiko	M. Ishikawa <i>et al.</i>	Japan, 1966	Nemashirazu	γ-ray, 10kR	Early maturity, short stem, lodging resistance
KEX-2	S. H. Kwon, K. H. Im	Korea, 1973	Keumkang-Dai-Rip	X-ray, 24kR	Early maturity, high yield
Pea					
Stral-ärt	O. E. V. Gelin	Sweden, 1954	Kloster	X-ray, 15kR	Vigorous development, high and stable yield
Vikram(TGI)	Bhabha Atomic Research Center	India, 1973	Spanish improved	X-ray, 75kR	Large seed, early maturity, high oil content, high yield
Haricot bean					
Saparke 75	S. G. Tedoradze	USSR, 1967	Tzanava-3	γ-ray, 7kR	High yield, high stem (mechanical harvesting possible), resistance to bacterial diseases
Navy bean					
Sanilac	A. L. Andersen, E. E. Down	U. S. A., 1956	Michelite	X-ray	Bushy type, early maturity, resistance to alpha, beta and gamma races of <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> and bean common mosaic virus 1 and 123, tolerance to wilt or white mold
Seaway	A. L. Andersen, M. W. Adams	U. S. A., 1960	Michelite	X-ray	Upright bushy type, resistance to bean common mosaic races 1, 15 and 123
Gratitot	A. L. Andersen, M. W. Adams	U. S. A., 1962	Michelite	X-ray	Bushy type, early maturity, resistance to bean common mosaic virus 1, 15 and 123, high protein content
Seafarer	M. W. Adams, A. L. Andersen,	U. S. A., 1967	Michelite	X-ray	Very early maturity, bushy type, resistance to alpha, beta, gamma

Variety name	Breeder's name	Country & year	Parent variety	Mutagen treated	Characters improved
A. W. Saettler					resistance to <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> and bean common mosaic races 1, 15 and 123
String bean					
Universal	—	Germany, 1950	Granda	X-ray, 300R	Early maturity, high yield, resistance to <i>Colletotrichum lindemuthianum</i>
Unima	—	Germany, 1957	Granda × Universal	—	Resistance to <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> and <i>Pseudomonas phaseolicola</i>
Bean					
Alfa	A. Hanisova, M. Hanis, V. Nemec, H. Slavickova, I. Branzovsky	Czechoslovakia, 1972	Black bean	EMS, 0.2%	High yield, high protein content, early maturity, resistance to <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> , good cooking quality, white seed color
Peanut					
N.C. 4-X	W. C. Gregory	U. S. A., 1959	N.C. 4	X-ray	Tough hull, high yield, good quality
Colorado Irradiado	J. Pietrarelli	Argentina	Colorado de Cordoba	X-ray, 20kR	High yield, high oil content
Castor bean					
Aruna	L. G. Kulkarni	India, 1969	—	Thermal neutron	Very early maturity, high yield
Sowbbagya (157-B)	L. G. Kulkarni	India, 1976	Aruna × dwarf mutant of HC-6	Thermal neutron	Dwarf type, non-shattering
Spring rape					
Regina varrap elite A	Sweden Seed Association	Sweden, 1953	Svalöf's Regina	X-ray, 35kR	High yield, high oil content
Regina varrap elite F	Sweden Seed Association	Sweden, 1962	Svalöf's Regina	X-ray, 45kR	High yield, high oil content
Pearl millet					
New Hybrid Bajra 5 (NH ₁₃ 5)	B. R. Murty, S. C. Pokhriyal	India, 1974	Male sterile inbred line Tift 23A	γ -ray, 35kR	Mildew resistance
Flax					
Redwood 65	E. N. Larter	Canada, 1965	Redwood	X-ray	High oil content
Hot pepper					
MDU. I	T. Nadu, R. S. Ramalingam	India, 1976	K. I.	γ -ray	Compact plant type, high yield, high capsaicine content
Peppermint					
Todd's Mitcham	M. J. Murray	U. S. A., 1971	Mitcham	Thermal neutron	<i>Verticillium</i> wilt resistance, dark green herbage color, small leaves, erect and less branched plant type, early maturity
Murray Mitcham	M. J. Murray, A. M. Todd	U. S. A., 1976	Mitcham	Thermal neutron	<i>Verticillium</i> wilt resistance
Mustard					
Primex	Sweden Seed Association	Sweden, 1950	Svalöf's white Mustard	X-ray, 35kR	High yield, high oil content

Variety name	Breeder's name	Country & year	Parent variety	Mutagen treated	Characters improved
Seco	Sweden Seed Association	Sweden, 1961	Primex × Rumanian white mustard	—	High yield, high fat content, early maturity, stalk stiffness, shattering resistance
Trico	Sweden Seed Association	Sweden, 1967	Primex	—	High yield, high oil content
RIM 198	K. S. Lobana	India, 1975	RL18	—	High yield, high oil content, late maturity
Tobacco					
Chlorina F ₁	D. Tollenaar	Indonesia, 1934	Vorstenland	X-ray	Pale color, good quality of leaf
Apple					
McIntosh 8F-2-32	K. O. Lapins	Canada, 1970	McIntosh	γ -ray	Improved skin color, resistance to <i>Podosphaera leucotricha</i> and <i>Venturia inaequalis</i>
Cherry					
Compact Lambert	K. O. Lapins	Canada, 1964	Lambert	X-ray	True dwarf variety (1/4 to 1/5 size of normal cherry)
Early Blenheim	K. O. Lapins	Canada, 1970	Blenheim	Thermal neutron	Early maturity, pollen self incompatibility
Peach					
Magnif 135	L. B. C. de Terraciano	Argentina, 1968	Magnif 43	Chronic irradiation in γ -field	Big fruit with deep red skin color, early maturity
Lespedeza					
Hi-way	E. Donnelly	U. S. A., 1971	Sericea Lespedeza	Thermal neutron	Compact, fine-stem, leafy, high tillering and seedling vigor
Rose					
Desi	H. Rupprecht	Germany	Gloria Dei	X-ray, 3kR	Intensive color, dark red stripe on yellow petal
Permoser	VEG, Saatzucht Dnesden Baumschulen	Germany, 1970	Kordes Perfect	X-ray, 1.5kR	More intensive color of petal margin
Carnation					
Uconn White Sim No. 1	G. A. L. Mehlquist	U. S. A., 1962	White Sim	γ -ray	Few ray flower, "holds" long after cutting
Sim Feut Follet	Pereau-Leroy CEA, Cadarache	France, 1972	Sim Jacqueline	γ -ray, 500R	Large yellow flower with broad red stripe
Chrysanthemum					
Izetka Köpenicker Barbarossa Goldkissen	H. Jank	Germany, 1962	Barbarossa	X-ray, 2.5kR	Bordeau-red with bright yellow center, windflower-shaped petals, good stem, slightly susceptible to spray
Izetka Köpenicker Barbarossa Rotstern	H. Jank	Germany, 1962	Barbarossa	X-ray, 2.5kR	Dull-red with yellow center, windflower-shaped petals, good stem
Izetka Köpenicker Bronze Vogue	H. Jank	Germany, 1962	Barbarossa	X-ray, 2.5kR	Red-bronze color, incurved type, 15cm flower diameter
Izetka Herbstgold	M. Kunth	Germany, 1964	Izetka Köpenicker Rayonnante	X-ray, 2.5kR	Yellow bronze, ray-shaped petals, sturdy stem, 20 cm flower diameter
Dr. X	P. C. Crandall, W. J. Clore, R. A. Nilan	U. S. A., 1966	Dr. Dave	X-ray, 1.2kR	Dark purple-red flower color

Variety name	Breeder's name	Country & year	Parent variety	Mutagen treated	Characters improved
Izetka Filmstar Bronze	H. Jank	Germany, 1966	Filmstar	X-ray, 2.5kR	Bronze color, 6-8 flowers per stem, sturdy and dark green foliage
Izetka Marienheim dunkelrosa	H. Jank	Germany, 1966	Izetka Marienheim	X-ray, 2.5kR	Dark pink, 20cm flower diameter, 6-8 flowers per stem, weather resistance
Izetka Marienheim cremeweiss	H. Jank	Germany, 1966	Izetka Marienheim	X-ray, 2.5kR	Cream white, 20 cm flower diameter, 6-8 flowers per stem, weather resistance
Izetka Marienheim hellgelb	H. Jank	Germany, 1966	Izetka Marienheim	X-ray, 2.5kR	Bright yellow, 20cm flower diameter, 6-8 flowers per stem, weather resistance
Dahlia					
Gracieuse	C. Broertjes, J.M. Ballego, Fa. Ballego	Netherlands, 1966	Salmon Rays	X-ray, 1-4kR	Violet mauve colored spider-cactus type
Selection	C. Broertjes, J.M. Ballego, Fa. Ballego	Netherlands, 1966	Salmon Rays	X-ray, 1-4kR	Large bloom, long stem
Rotonde	C. Broertjes, J.M. Ballego, Fa. Ballego	Netherlands, 1966	Salmon Rays	X-ray, 1-4kR	Vivid color-true pink flowering with large bloom
Ornamental	C. Broertjes, J.M. Ballego, Fa. Ballego	Netherlands, 1966	Salmon Rays	X-ray, 1-4kR	Apricot-colored flower with large bloom
Holland Jubilee	C. Broertjes, J.M. Ballego, Fa. Ballego	Netherlands, 1967	Arthur Godfrey	X-ray, 1-4kR	Light orange throughout, firm and regular bloom
Progression	C. Broertjes, J.M. Ballego, Fa. Ballego	Netherlands, 1967	Arthur Godfrey	X-ray, 1-4kR	Brick red throughout
Rosy Mist	C. Broertjes, J.M. Ballego, Fa. Ballego	Netherlands, 1967	Arthur Godfrey	X-ray, 1-4kR	Empire rose through
Autumn Harmony	C. Broertjes, J.M. Ballego, Fa. Ballego	Netherlands, 1967	Arthur Godfrey	X-ray, 1-4kR	Cadmium-orange with scarlet center
Explosion	C. Broertjes, J.M. Ballego, Fa. Ballego	Netherlands, 1967	Arthur Godfrey	X-ray, 1-4kR	Blood-red with bright yellow center, massive bloom, full at center and having a very fine habit
The Governor	C. Broertjes, K. Maarse	Netherlands, 1968	Authority	X-ray, 2kR	Bloom 18cm diameter, plant 150 cm tall, deep copper-red flower color
Dutch Visit	C. Broertjes	Netherlands, 1968	Arthur Godfrey	X-ray, 2kR	Orange-red flower color, bloom 30cm diameter
Temptation	C. Broertjes	Netherlands, 1968	Arthur Godfrey	X-ray, 2kR	Dark lacquer-red color, giant flower
Streptocarpus					
Purple Nymph	Inst. Atom. Sci. Agr.	Netherlands, 1969	Constand Nymph	X-ray + colchicine	Large and purple flower color, sturdy plant
Mini Nymph	Inst. Atom. Sci. Agr.	Netherlands, 1969	Constand Nymph	X-ray	Compact growth, very free flowering
Blue Nymph	Inst. Atom. Sci. Agr.	Netherlands, 1969	Constand Nymph	X-ray	Light blue flower color, fine plant growth
Netta Nymph	Inst. Atom. Sci. Agr.	Netherlands, 1969	Constand Nymph	X-ray	Dark blue netted and picotee flower, extremely free flowering

Variety name	Breeder's name	Country & year	Parent variety	Mutagen treated	Characters improved
Cobalt Nymph	Inst. Atom. Sci. Agr.	Netherlands, 1969	Constand Nymph	X-ray	Compact plant, dark blue flower, tetraploid
Violetta	F. Walther	Germany, 1977	Constand Nymph	X-ray, 3.4kR	Dark lilac colored flower, light green leaf
Kefora	F. Walther	Germany, 1977	Constand Nymph	X-ray, 3.4kR	Long stem with high number of small and dark-blue flower of changed shape
Mutara	F. Walther	Germany, 1977	Constand Nymph	X-ray, 3.4kR	Compact plant with short leaf and stem, flower "papilionaceous" dark-blue
Antirrhinum					
Juliva	E. Knapp	Germany, 1961	A. Divaricata	X-ray	Altered flower shape
Bright Butterfly	G. A. Goldsmith	U. S. A., 1966	A. Divaricata	X-ray	Altered flower shape
Madame Butterfly	G. A. Goldsmith	U. S. A., 1966	A. Divaricata	X-ray	Altered flower shape
Little Darling	G. A. Goldsmith	U. S. A., 1966	A. Divaricata	X-ray	Altered flower shape
Begonia					
Turo	D. Doorenbos	Netherlands, 1973	Leuchtfeyer × B. Socotrana	X-ray, 1.5-2.5kR	Flower more vivid
Tiara	D. Doorenbos	Netherlands, 1973	Leuchtfeyer × B. Socotrana	X-ray, 1.5-2.5kR	Yellow flowering
Begonia Rex					
Gin-Sei	K. Shigematsu, H. Matsubara, M. Oka	Japan, 1976	Winter Queen	γ -ray, 10kR	More showy leaf color
Ryoku-Ha	H. Matsubara, K. Shigematsu, H. Suda	Japan, 1976	Winter Queen	γ -ray, 10kR	More fine wave-volute leaf figure, ozone sensitive habit
Begonia Masoniana					
Orange-Iron	H. Suda, H. Matsubara	Japan, 1976	Iron Cross	γ -ray, 0.5kR	More soft-warm color, very soft impressionable plant
Mini-Mini-Ison	H. Suda, H. Matsubara	Japan, 1976	Iron Cross	γ -ray, 1kR	Pretty and dwarfish plant
Big-Cross	H. Suda, H. Matsubara	Japan, 1976	Iron Cross	γ -ray, 3kR	Large leaf of unequal heart form having large cross-shape figure with bright purple-brown color and very strong plant
Kaede-Iron	H. Suda, H. Matsubara	Japan, 1976	Iron Cross	γ -ray, 10kR	Large leaf of irregular and pentagonal form having large cross-shape figure with subdued red-brown color and very strong plant
Abelia Grandiflora					
Mei-Fu-Hana-Tsukubane-Utsugi	H. Suda, H. Matsubara	Japan, 1976	Hanazono-Tsukubane-Utsugi	γ -ray, 3kR	More fixed variegated plant of deep green having blightly yellow color in margin of leaf and very dwarf, bright variegated leaf in the four seasons
Azalea					
Enzet-Rolko	H. Streitberg	Germany, 1939	Ernst Thiers	X-ray, 2kR	Small petal resulting in elegant flower. dark color

Variety name	Breeder's name	Country & year	Parent variety	Mutagen treated	Characters improved
Enzet-Rokola	H. Streitberg	Germany, 1969	Mme John Haerns	X-ray, 5.5kR	More intense flower color
Mrs. R. de Loose	R. de Loose	Belgium, 1972	de Wael's Favorite	X-and γ -ray	Flower color change from blue-red with white edge towards yellow-red
Adinda	R. de Loose	Belgium, 1972	Karl Glaser	X-ray	Flower color change from blue-red towards yellow-red
Mira	R. de Loose	Belgium, 1972	Euratom	X-ray γ -ray	Flower color change from blue-red towards intensive red
Saidjah	R. de Loose	Belgium, 1972	Euratom	γ -ray	Flower color change from blue-red towards yellow-red
Pastorale	R. de Loose	Belgium, 1973	de Wael's Favorite	X-and γ -ray	Flower color change from blue-red with white edge towards blue-red with very small white edge
Mevr. R. de Loose	R. de Loose	Belgium, 1974	de Wael's Favorite	X-and γ -ray	Flower color change from blue-red with white edge to yellow-red with white edge (flavonol synthesis stopped)
Sierra Nevada	R. de Loose	Belgium, 1974	de Wael's Favorite	X-and γ -ray	Flower color change from blue-red with white edge to yellow-red with white edge (flavonol synthesis stopped)
Eroica	R. de Loose	Belgium, 1974	Knut Erwen	X-and γ -ray	Flower color change from blue-red towards intensive red
Alstroemeria					
Yellow Tiger	M.C. van staaveren	Netherlands, 1970	Orchid Flower	X-ray	Yellow flower color with striking black stripe
Canaria	M.C. van staaveren	Netherlands, 1970	Orchid Flower	X-ray	Yellow flower color

參 考 文 獻

- 權臣漢, 원자력학회지, 2, 193 (1970)
- _____, 原子力의 産業的 利用에 關한 Symposium, pp. 89, 科技處(1975)
- 三井進午, RI 의 農業應用技術, 地人書館, Tokyo (1958)
- 松材清二・崎弥太郎, 放射線遺傳學, 裳華房, Tokyo (1964)
- 渡邊進二, 日本育種誌, 28, 272 (1978)
- H.J. Müller, Sci., 66, 84 (1927)
- L.J. Stadler, Proc. Nat. Acad. Sci. USA 14, 69 (1928)
- H. Nilsson-Ehle, Svalöf 1886-1946, pp. 113 (1948)
- A. Gustafsson, Hereditas, 33, 1 (1947)
- B. Sigurbjörnsson and A. Micke, Induced Mutations in Plants (Proc. Symp. Pullman 1962), IAEA, Vienna, pp. 673 (1969)
- 權臣漢 等, 한옥중지, 5, 1 (1973)
- 元鍾樂・權臣漢, 한옥중지, 9, 163 (1977)
- Y.S. Kim *et al.*, J. Korean Soc. Crop. Sci., 21, 82 (1976)
- W.C. Gregory, Radiation in Plant Breeding, Proc. 9th Oak Ridge Reg. Symp., pp. 36 (1957)
- H. Gaul, Rad. Bot., 4, 155 (1964)
- C.H. Hu, Euphytica, 22, 562. (1973)
- H. Hänsel *et al.*, Crop Sci. 3, 242 (1963)
- IAEA, Induced Mutations in Vegetatively Propagated Plants (Proc. EAO/IAEA, 1972), 1973
- A.H. Sparrow, Rad. Bot., 6, 377 (1966)