

술패랭이꽃과 층꽃나무 종자에 대한 감마선 조사가 발아, 생육 및 변이유발에 미치는 영향

박재옥¹, 정병준¹, 박문영¹, 강시용², 곽수년³, 박윤점⁴, 허복구^{5*}

¹전남농업기술원, ²한국원자력연구원 방사선과학연구소, ³목포대학교 원예과학과,
⁴원광대학교 원예·애완동물학부, ⁵(재)나주시천연염색문화재단

Effect on the Germination Growth and Variation Induction in Gamma Rays Irradiated seeds of Lilac Pink and Nursery Spiraea

Jae Ok Park¹, Byung Joon Jeong¹, Moon Young Park¹, Si Yong Kang²,
Soo Nyeon Kwack³, Yun Jum Park⁴ and Buk Gu Heo^{5*}

¹Jeonnam Agricultural Research and Extension Services, Naju 520-830, Korea

²Advanced Radiation Technology Institute, Korea Atomic Energy Research Institute, Jeonbuk 580-185, Korea

³Dept. of Horticulture Science, Mokpo National University, Muan 534-729, Korea

⁴Division of Horticulture and Pet Animal-Plant Science, Wonkwang Univ., Iksan 570-749, Korea

⁵Naju foundation of Natural Dyeing Culture, Naju 520-931, Korea

Abstract - This study was conducted to clarify effects on the germination, survival rate of seedlings, growth and variation induction of variants in gamma rays irradiated seed of lilac pink (*Dianthus superbus* var. *longicalycinus*) and nursery spiraea (*Caryopteris incana*). Seed germination and its germination rate were delayed over 90 Gy for lilac pink and 80 Gy for nursery psiraea. Fifty percent lethal time (LT₅₀) level for lilac pink and nursery psiraea were 150 Gy and 100 Gy, respectively. Lilac pink and nursery psiraea were grown dwarf over 120 Gy treatment. We have produced 17 variants of lilac pink in M₁ generation, and selected the promising 4 variants in M₂ generation. We have also made 7 variants of nursery psiraea in M₁ generation, and selected the favorable 8 variants in M₂ generation.

Key words - Dwarf, leaf strip, leaf spot, lethal dosage, γ -ray

서 언

술패랭이꽃(*Dianthus superbus* var. *longicalycinus*)은 석죽과의 다년생 초본 식물로 높이 90 cm 이내이며, 화경장은 약 4 cm이고, 5월 하순-8월 상순에 연한 분홍색의 꽃이 개화한다. 잎은 긴 선형으로 길이 10 cm, 폭 0.9 cm 정도이며, 녹색의 잎 표면에는 광택이 있다(Heo and Park, 2002).

층꽃나무(*Caryopteris incana*)는 다년생 초본 30-60 cm 높이의 줄기는 곧추서고 기부가 목질이며, 대생하는 잎은 장타원형으로 길이 2.5-6 cm, 폭 1.5-3 cm이고, 꽃은 7-8월에 자색으로 핀다(Kim, 2004). 술패랭이꽃과 층꽃나무

는 개화시기가 유사하며, 꽃의 색깔도 서로 어울리기 때문에 조합하여 심으면 관상효과가 높는데, 분화 및 화단용으로 이용할 경우 키가 크며, 화색이 다양하지 못하여 소비자의 다양한 욕구를 충족시키지 못하고 있으므로 키가 작고 다양한 화색을 가진 변이개체를 육성할 필요가 있다.

화훼의 신품종 육성에는 다양한 육종방법이 적용되고 있는데, 그 중 방사선 등을 이용한 인위적인 돌연변이는 기존의 우량 형질을 유지하면서 육종가가 원하는 유전형질을 개량할 수 있고, 육종기간도 대폭 단축할 수 있는 장점을 지니고 있다(Kwon 등, 1981). 그 때문에 최근 화훼에서도 방사선 돌연변이를 이용한 신품종 육성이 시도되고 있는데, 아직 초보단계로 돌연변이 유기를 위한 대상 화훼별 적정조사선량이 구명되어 있지 않은 실정이다(Ahloowalia

*교신저자(E-mail) : bukgu@naver.com

2001; Goo *et al.*, 2003; Shim *et al.*, 1996). 또 방사선을 조사한 식물은 M₁ 세대는 sectorial chimera이거나 열성일 경우가 많고 heterozygote에서는 표현형이 잘 나타나지 않기 때문에 선발하지 않는 것이 좋고 Homozygosis가 일어나는 M₂-M₃ 세대에 선발하는 것이 유리하다(Cheong *et al.*, 2004; Doo *et al.*, 2000)는 점을 감안할 때 M₂ 세대에서 변이체 선발이 이루어질 필요가 있다.

이와 같은 배경에서 본 연구는 술패랭이꽃과 층꽃나무의 돌연변이 육종의 일환으로 종자에 대한 감마선 조사 후 M₁ 세대에서는 종자발아와 생육에 미치는 적정 감수성(LD₅₀) 범위의 규명, M₂ 세대에서는 변이체를 선발하기 위해 실시하였다.

재료 및 방법

본 연구는 2003년부터 2005년까지 완도에 소재한 전남농업기술원 과수연구시험장의 무가온 하우스에서 실시하였다. 시료로 사용한 종자는 술패랭이꽃(*Dianthus superbus* var. *longicalycinus*)의 경우 2002년 7월, 층꽃나무(*Caryopteris incana*)는 2002년 10월에 전남 완도군에서 채취한 것을 이용하였다. 감마선 조사는 한국원자력연구원 저준위 방사선조사시설(⁶⁰Co)을 이용하여 실시하였으며, 조사 부위는 종자로 하였다. 술패랭이꽃에 대한 감마선 조사량은 0, 30, 60, 120 및 150 Gy(1 Gy = 100 rad)로, 층꽃나무에는 0, 20, 40, 60, 80, 100 및 120 Gy로 24시간 연속 조사하였다.

감마선 조사를 한 종자의 파종은 층꽃나무의 경우 4월 15일에, 술패랭이꽃은 4월 17일에 원예용상토를 넣은 연결포트(트레이)를 이용하여 술패랭이꽃은 768립을, 층꽃나무는 처리당 972립을 점파하였으며, 파종상의 관리 및 발아묘의 재배관리는 관행에 준하여 실시하였다. 이식은 방사선처리 식물 중 변이개체는 대체적으로 이식에 대한 적응성이 떨어져 옮겨가는 과정에서 고사할 수 있고 트레이에서 1년 동안은 정상적인 생육이 가능하므로 실시하지 않았다.

감마선 조사에 따른 술패랭이꽃과 층꽃나무의 특성 조사는 발아반응, 생육반응과 변이체 선발로 구분하여 실시하였다. 발아율은 파종상에 파종 후 발아가 진행되는 4월 하순부터 매일 발아개시일, 발아소요일, 발아율, 생존율을 조사하였는데, 발아개시일은 첫 번째 싹이 지상부에 출현한 날로 하였으며, 발아소요일은 파종한 종자의 40%가 발아

된 시점으로 하였다. 또 발아율은 파종 후 발아가 거의 완료되는 날을 기준으로 하였으며, 생존율은 파종한 종자를 기준으로 하여 술패랭이꽃은 9월 30일까지, 층꽃나무는 10월 2일까지 살아남은 개체 비율로 하였다.

생육반응은 술패랭이꽃은 9월 30일에, 층꽃나무는 10월 2일에 초장, 엽장 및 엽폭을 조사하였는데, 초장은 출현된 잎 중에서 가장 긴 잎의 지체부에서 잎의 끝부분까지로 하였으며, 잎 크기는 제일 큰 잎을 기준으로 하였고, 발아한 개체 중에서 잎의 변형, 반엽, 키가 아주 작은 개체를 변이체로 구분하였다. 변이체통의 선발은 정상적인 식물체에 비하여 엽색이 다르거나 초장과 잎의 크기가 큰 차이를 보이는 개체로 구분하여 10월 25일에 선발하였다.

M₂ 세대에서 변이개체 선발은 연결포트에서 재배하던 모든 식물체를 2003년 12월 초에 지름 8 cm분에 이식한 후, M₁ 세대에 선발했던 변이체가 대부분 복귀되었기 때문에 술패랭이꽃은 2004년 9월 20일에 다시 화형과 화색변이 개체만 선발하였다. 층꽃나무 또한 M₁ 세대에 선발했던 변이체가 복귀되어 M₂ 세대에서는 잎 변이가 나타나지 않아 2004년 5월 25일에 초장, 잎의 크기 및 잎의 변형 등이 정상식물과 차이가 큰 것을 변이체로 선발하였다. 이때 변이체의 선발기준은 초장 30 cm 이하, 잎의 길이 4 cm 이하, 잎의 폭이 2.5 cm 이하인 것으로 하였으며, 선발한 변이 개체들에 대해서는 재배 후 10월 20일에 최종적으로 초장, 잎의 크기, 및 엽수를 조사하였다.

결과 및 고찰

감마선 조사선량에 따른 발아반응

방사선을 이용한 술패랭이꽃의 돌연변이 육종시 적정 감수성 범위를 구명하고자 종자에 감마선 조사를 0, 30, 60, 90, 120 및 150 Gy로 실시하여 4월 17일에 파종한 결과 발아개시일은 대조구와 30 Gy 처리구의 경우 4월 23일로 6일이 소요되었으며, 60 Gy 이상 처리구에서는 선량(線量)이 높을수록 지연되어 150 Gy 조사구에서는 11일이 소요되어 4월 28일에 발아가 되기 시작하였다(Table 1). 파종한 종자가 40%까지 발아되는데 소요된 일수는 무처리구의 경우 18일에 비해 감마선 조사량이 높을수록 증가되기는 하였지만 120 Gy 조사구까지는 3일 정도만 지연되었다. 그러나 150 Gy 처리구에서는 26일이 소요되어 무처리구에 비해 8일이나 지연되었다.

Table 1. Seed germination and the survival rate of seedlings for *Dianthus superbus* var. *longicalycinus* as affected by different irradiation dosage of gamma rays

Treatment dosage (Gy)	Days required for 1st germination (days)	Days required for 40% seed germination sowed (days)	Germination rate (%)	Survival rate of seedlings (%)
0	6 (Apr. 23) c ^z	18 c	83 ab	74 a
30	6 (Apr. 23) c	19 c	86 a	72 a
60	8 (Apr. 25) bc	19 c	83 ab	73 a
90	9 (Apr. 26) b	20 b	80 b	67 b
120	9 (Apr. 26) b	21 b	72 c	60 c
150	11 (Apr. 28) a	26 a	56 d	52 d

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

Table 2. Seed germination and the survival rate of seedlings for *Caryopteris incana* as affected by different irradiation dosage of gamma rays

Treatment dosage (Gy)	Days required for 1st germination (days)	Days required for 40% seed germination sowed (days)	Germination rate (%)	Survival rate of seedlings (%)
0	10 (Apr. 25) b ^z	26 c	83 ab	83 b
20	10 (Apr. 25) b	25 c	89 a	88 a
40	10 (Apr. 25) b	21 d	85 ab	84 b
60	11 (Apr. 26) b	24 c	86 a	86 ab
80	15 (Apr. 30) ab	36 b	61 bc	56 cd
100	16 (May 1) a	48 a	58 c	51 d
120	17 (May 2) a	47 a	67 b	64 c

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

발아율은 대조구와 30 Gy 처리구에서는 86%로 무처리구와 60 Gy 처리구의 83%에 비해 높게 나타났으나 90 Gy 처리구 이상의 선량에서는 낮아져 150 Gy 처리구에서는 56%만이 발아되었다. 생존율은 선량이 증가할수록 낮아져 무처리구는 74%, 90 Gy 처리구는 67%였으며, 150 Gy 처리구에서는 52%만이 생존율을 나타내어 반치사선량 수준이었다. 따라서 돌연변이 유기를 목적으로 술패랭이꽃 종자에 감마선 조사는 높은 선량일수록 돌연변이 개체가 늘어나지만 고사율이 높아 반치사선량이 적정 선량이다(Doo *et al.*, 2001) 라는 보고를 감안할 때 150 Gy가 적정 조사선량인 것으로 판단되었다.

방사선을 이용한 층꽃나무의 돌연변이 육종시 적정 감수성 범위를 규명하고자 종자에 감마선 조사를 0, 20, 40, 60, 80, 100 및 120 Gy로 실시하여 4월 15일에 파종한 결과 발아개시일은 0-40 Gy 처리구에서 4월 25일로 10일이 소요되었는데, 선량의 증가에 따라 지연되어 120 Gy 처리

구는 17일이 소요되었다(Table 2). 파종한 종자가 40%까지 발아되는데 소요된 일수는 대조구 26일에 비해 40 Gy 처리구는 21일, 60 Gy 처리구는 24일로 다소 단축되었으나 80 Gy 처리구는 36일, 100 Gy 처리구는 48일로 지연되었다. 발아율은 대조구 83%에 비해 20 Gy 처리구에서 89%로 다소 높은 경향을 나타냈지만 80-120 Gy 처리구에서는 58-67%로 낮은 경향을 나타냈다.

생존율은 발아율과 유사한 경향을 나타내어 0-60 Gy 조사구에서는 83-88%로 처리구간에 차이가 크지 않았지만 80-120 Gy 처리구에서는 51-64%로 낮은 경향을 나타냈다. 특히 100 Gy 처리구에서는 51%의 생존율을 나타내어 반치사선량 수준이었는데, 반치사선량은 고사율이 50% 정도로 많지만 돌연변이 개체도 상당히 많이 발생한다(Doo *et al.*, 2001)는 측면에서 적용시 100 Gy 처리가 적당할 것으로 생각된다.

γ-ray 조사선량에 따른 생육과 변이

솔패랭이꽃 종자에 감마선 조사를 한 다음 4월 17일에 파종하여 9월 30일에 초장을 조사한 결과 무처리구와 90 Gy 처리구 범위 내에서는 9.0-9.5 cm로 처리구간에 유의성을 나타내지 않았지만 150 Gy 조사구에서는 6.9 cm로 작았다 (Table 3). 엽장은 감마선 0-120 Gy 조사구 범위에서는 6.5-7.0 cm로 유의성을 나타내지 않았지만 150 Gy 처리구에서는 5.5 cm로 짧았다. 엽폭 또한 엽장과 마찬가지로 감마선 0-120 Gy 조사구 범위에서는 0.8-0.9 cm로 선량에 따른 통계적 차이를 나타내지 않았지만 150 Gy 처리구에서는 0.7 cm로 짧았다.

Park 등(2008)은 옥잠화 종자에 감마선 조사를 한 결과 변이체수는 감마선 조사선량이 증가할수록 변이체 수가 많아진다고 했는데, 솔패랭이꽃에서는 총 17개가 나타났으며, 감마선 조사선량에 따른 일정한 경향을 보이지 않은 가운데, 90 Gy 처리구에서 6개로 가장 많이 나타났다. 따라서 Table 1에서 반치사선량은 150 Gy 수준인 것으로 나타났지만 변이 개체 발생 측면에서는 90 Gy가 돌연변이 유발

에 더 효율적인 조사량인 것으로 생각된다.

층꽃나무 종자에 감마선 조사를 한 다음 4월 15일에 파종하여 10월 2일에 초장을 조사한 결과 감마선 조사량의 증가에 따라 작아지는 경향이었으며, 대조구가 10.1 cm인데 비해 60 Gy 조사구에서는 7.0 cm, 120 Gy 조사구에서는 5.0 cm로 짧았다(Table 4). 엽장은 무처리구와 20 Gy 처리구에서 2.5 cm를 나타낸데 비해 선량이 증가할수록 짧은 경향을 보였지만 차이는 크지 않았으며, 엽폭 또한 감마선 조사량에 따른 차이가 뚜렷하지 않았다.

변이개체는 10월 25일에 조사하였는데, 40 Gy 이하의 조사구에서는 나타나지 않았으며, 60-120 Gy 조사구에서는 1 또는 2개로 총 7개의 변이체가 나타났다. 그런데 M₁ 세대는 sectorial chimera이거나 열성일 경우가 많아 M₂ 세대에서는 변이가 나타나지 않을 수 있으므로(Masima and Sato, 1959), 이와 같은 결과는 큰 의미가 없었다. 다만, M₁ 세대에서 나타난 변이체를 영양번식 시키면 고정화는 가능할 것으로 생각된다.

Table 3. Effect of γ-ray irradiation on seedling growth and induction of *Dianthus superbus* var. *longicalycinus* obtained from M₁ generation

Treatment dosage (Gy)	Plant height (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	No. of variants
0	9.3 ab ^z	6.7 ab	0.9 a	0 d
30	9.0 ab	6.5 ab	0.9 a	1 c
60	9.2 ab	6.7 ab	0.8 ab	4 b
90	9.5 a	7.0 a	0.9 a	6 a
120	8.9 b	6.5 ab	0.9 a	2 bc
150	6.9 c	5.5 b	0.7 b	4 b

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

Table 4. Effect of γ-ray irradiation on seedling growth and induction of *Caryopteris incana* obtained from M₁ generation

Treatment dosage (Gy)	Plant height (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	No. of variants
0	10.1 a ^z	2.5 a	1.4 b	0 c
20	8.4 b	2.5 a	1.5 a	0 c
40	7.8 bc	2.4 ab	1.5 a	0 c
60	7.0 c	2.4 ab	1.5 a	2 a
80	6.1 cd	2.3 bc	1.5 a	1 b
100	5.5 d	2.3 bc	1.5 a	2 a
120	5.0 e	2.2 c	1.5 a	2 a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

M₂ 세대에 변이계통 선발

술페랭이꽃의 종자에 감마선 조사를 하여 파종한 다음 이듬해인 9월 20일에 M₂ 세대에서의 변이개체를 선발한 결과 M₁ 세대에서 선발된 변이개체 대부분이 복귀된 가운데 화색 및 화형변이를 나타내는 4개체를 선발하였다(Table 5). 선발한 개체의 특징은 화색변이만 있는 것과 화색과 화형 변이를 동시에 갖는 유형으로 구분되었는데, 화색변이가 나타난 것은 90 Gy 조사구의 002번 개체 1개였고, 화색과 화형변이를 동시에 갖는 유형은 90 Gy 조사구의 001, 003 번 개체와 150 Gy 조사구의 001번 개체로 나타나 식물체에 방사선 조사를 하면 엽록체 변이 등이 나타난다는 Lee 등(1998)의 보고와 유사한 경향을 나타내었다.

M₂ 세대의 성장반응 조사는 화색변이의 조사와 동시에 이루어졌는데, 초장은 90 Gy 처리구의 002번 개체가 65 cm로 무처리구 및 150 Gy 처리구의 001번 개체의 62 cm와 90 Gy 처리구의 001번 개체의 60 cm에 비해 다소 큰 것으로 나타났다. 엽장은 90 Gy 처리구의 003번 개체의 13 cm, 150 Gy 처리구의 001번 개체의 10 cm를 제외하고는 모두

11 cm였으며, 엽폭은 90 Gy 처리구의 002번 개체의 0.7 cm를 제외하면 0.8-0.9 cm로 변이체 간에 뚜렷한 차이를 나타내지 않았다. 잎의 수는 대조구 28개에 비해 90 Gy 처리구 002번 개체는 24개로 적었으며, 90 Gy 처리구 003번 개체는 30개로 많았다. 꽃의 직경은 대조구 4.9 cm에 비해 90 Gy 조사구 001번 개체에서는 6.0 cm로 컸으나 90 Gy 조사구 003번 개체와 150 Gy 조사구 001번 개체는 각각 3.7 및 3.5 cm로 작았다.

층꽃나무 종자에 감마선 조사를 한 다음 2003년 4월 15일에 파종하여 재배한 후 12월 초에 옮겨 심은 다음 재배하면서 M₂ 세대인 2004년 5월 25일에 변이가 나타난 8개체를 선발하였다(Table 6). M₁ 세대에서는 7개의 변이체가 선발되었는데 모두 복귀되었고, M₂ 세대에서는 M₁ 세대보다 많은 8개의 개체가 선발되었는데, 모두 왜성변이체로 초장은 대조구 62.0 cm에 비해 극히 짧아 변이개체에 따라 5.5-28.0 cm를 나타냈다. 엽장과 엽폭은 대조구에 비해 큰 것과 작은 개체 등 다양하였다. 잎의 수는 대조구가 56개인데 비해 감마선 조사구는 모두 25개 이하인 가운데,

Table 5. Growth characteristics of M₂ generation for *Dianthus superbus* var. *longicalycinus*

Treatment dosage (Gy)	Serial number of variants	Plant height (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	No. of leaves	Flower dia. (cm)	Flower variation
0		62	11	0.9	28	4.9	-
90	001	60	11	0.9	28	6.0	shape & color
90	002	65	11	0.7	24	5.0	color
90	003	63	13	0.8	30	3.7	shape & color
150	001	62	10	0.8	26	3.5	shape & color

Table 6. Growth characteristics of M₂ generation for *Caryopteris incana*

Treatment dosage (Gy)	Serial number of variants	Plant height (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	No. of leaves	Type of variation
0		62.0	2.4	1.8	56	-
20	001	8.5	2.0	1.3	7	Dwarf
20	002	11.5	3.3	2.2	22	Dwarf
20	003	18.5	1.0	1.0	11	Dwarf
20	004	28.0	1.9	1.3	20	Dwarf
20	005	7.5	2.8	1.9	25	Dwarf
100	001	23.0	3.6	2.4	11	Dwarf
100	002	6.0	1.7	1.3	14	Dwarf
100	003	5.5	2.3	1.7	17	Dwarf

20 Gy 처리구의 001번 개체는 7개, 20 Gy 처리구 003번 개체와 100 Gy 처리구 001번 개체는 11개로 적었다.

한편, 본 연구에서는 술패랭이꽃과 층꽃나무 종자에 감마선을 조사한 후 M₂ 세대에서 외관적 특성 조사를 통해 각각 4개와 8개의 유망 변이체를 선발하였지만, 방사선 조사에 의해 내병성 식물의 변이체 유발도 가능하다(Lee *et al.*, 1998)는 보고를 감안할 때 금후 내병성에 관한 연구도 이루어져야 할 것으로 생각된다.

초 록

술패랭이꽃과 층꽃나무의 돌연변이를 유기하기 위하여 종자에 감마선 조사(0, 10, 15, 20, 25, 30 Gy)를 실시한 후 768립과 972립의 종자를 각각 피종한 후 종자발아, 생장, 생존율 및 변이체 유발에 미치는 방사선량의 영향을 조사하였다. 술패랭이꽃은 90 Gy, 층꽃나무는 80 Gy 이상의 선량에서는 조사량이 증가될수록 발아가 지연되고 발아율도 저하되었다. 반치사선량은 술패랭이꽃 150 Gy, 층꽃나무는 100 Gy 수준이었다. 술패랭이꽃과 층꽃나무의 생장은 120 Gy 이상의 조사량에서 현저하게 억제되었다. 술패랭이꽃은 M₁ 세대에서 17개의 변이체가 나타났으며, M₂ 세대에서 4개의 유망 변이체를 선발하였다. 층꽃나무는 M₁ 세대에서 7개의 변이체가 나타났으며, M₂ 세대에서 8개의 유망 변이체를 선발하였다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 바이오그린21사업(과제번호:2007 0301034033)의 지원에 의해 수행된 연구결과의 일부로 이에 감사드립니다.

인용문헌

Ahoowalia, B.S. 2001. Induced mutants-A new paradigm in plant breeding. *Euphytica*. 118:167-173.

Cheong, YK., H.S. Doo, K.H. Park, S.K. Cho, J.C. Ko, J.H. Ryu and S.D. Kim. 2004. Growth characteristics in progenies of peanut mutants induced by gamma ray. *Kor. J. Breed.* 36: 266-270.

Doo, H.S., C.S. Kang and J.H. Ryu. 2001. Induced mutation by gamma-ray irradiation on crown bud of yacon (*Polymnia sonchifolia*). *Kor. J. Breed.* 33:1-6.

Goo, D.H., B.W. Yae, H.S. Song, I.S. Park, B.H. Han and H.J. Yu. 2003. Color change in chrysanthemum flower by gamma ray irradiation. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 44:1006-1009.

Heo, B.G. and S.K. Park. 2002. The origin of common name in Korea wild flower. Joongang Life Publishing Co., Seoul. p. 141.

Kim, H.Y. 2004. Characteristics of growth and flowering of *Caryopteris incana*. *J. Kor. Flower Res. Soc.* 12:8-11.

Kwon, S.H., J.L. Won and H.S. Song. 1981. Mutation frequency at seedling stage M₂ Soybean population treated with gamma-ray. *Kor. J. Breed.* 13:120-125.

Lee, Y.I., E.K. Lee and Y.B. Lee. 1998. Selection of mutants of *Capsicum annuum* induced by gamma ray. *Kor. J. Breed.* 30: 95-98.

Masima, I. and I. Sato. 1959. X-ray induced mutations in sweet potato. *Japan J. Breed.* 8:233-237.

Park, J.O., H.S. Cho, M.Y. Park, Y.S. Jo, S.Y. Kang, S.N. Kwack and B.G. Heo. 2008. Effect of gamma ray irradiation on seed germination, growth and variant induction in *Hosta plantaginea* and *Farfugium japonicum*. *Flower Res. J.* 16:128-133.

Shim, K.M., H.S. Song, S.H. Kim, H.I. Rhee and NS. Kim. 1996. Variation of several agronomic and biochemical traits in γ -ray induced mutant soybeans. *Kor. J. Breed.* 28:289-296.

(접수일 2009.9.10; 수락일 2009.11.10)