

감마선 조사로 유기한 장미 ‘카디날’ 돌연변이체의 특성 비교

고갑천*

호남대학교 한약재산업학과

Characteristics Comparison of Mutants Induced through Gamma Irradiation in ‘Kardinal’ Rose

Gab-Cheon Koh*

Department of Oriental Medicine Industry, Honam University, Gwangju 506-714, Korea

Abstract. This study was carried out to compare the pattern of mutant variation and to evaluate the characteristics of mutants obtained by gamma irradiation in rose ‘Kardinal’. Forty four rooted cuttings of ‘Kardinal’ were irradiated at 70 Gy gamma-ray dose from a ^{60}Co source to induce mutants in 2002. The irradiated plants were planted in field, and observed spotting of petal color mutants from 2002 to 2004. Four different kinds of mutant twigs with each different color flower were obtained from the irradiated ‘Kardinal’ with red petal. After being identified to be a stable mutant from 2004 to 2008, each mutant line propagated by cutting was hydroponic-cultured to evaluate the characteristics in the greenhouse from 2008 to 2009. Four mutant lines obtained from ‘Kardinal’ with red petal (Red group, 44A, 45B) include KA1 with light pink petal (Red group, 55B-55D), KA2 with pink petal (Red group, 63A-63B), KA3 with deep pink (Red purple, N57A-N57C), and KA4 with orange red (Red group, 43A-43B). Diameters of each flower in four mutant lines were different from ‘Kardinal’. The line KA1 was 9.5 cm wide, and it showed the smallest diameter when compared to other mutants. While the line KA2 was the largest one with 12.5 cm ‘Kardinal’. Petal number per flower was also variable among the mutants. The line KA2 had 39.8 petals being the largest number among the mutants, while the line KA1 was the lowest one compared to 35.5 petals of ‘Kardinal’. Petal color was measured by using colorimeter. Brightness (L) measured at each petal of four mutants increased more than ‘Kardinal’. CIE Lab values, a and b decreased more than ‘Kardinal’ at the petal color of three mutants except the line KA4. Characteristics of shoot, leaf, etc. from four mutants were also different from the ones of ‘Kardinal’. The line KA1 was shortest in shoot, node and peduncle length, and lowest in prickle number. The reverse side of leaves was reddish green color in ‘Kardinal’ as well as the line KA4, but green color in the line KA1, KA2, and KA3.

Additional key words: cuttings, mutation, petal color

서 언

인위돌연변이 기술을 이용하면 기존의 우수한 품종에서 화색이나 화형 등의 한두 가지 특성 만 변형한 새로운 품종을 단기간에 육성할 수 있으므로 장미 품종육성에 중요한 역할을 할 수 있다(Broertjes and Harten, 1988). 근래 장미에서 인위 돌연변이 유발 기술 및 이를 이용한 품종 육성의 예는 외국에서 많이 보고되고 있는데 화색변이종, 왜화종, 정원용 장미 등의 육성을 위해 화학물질 처리나 X선, 감마

선 및 이온빔 같은 방사선의 조사 등 다양한 방법들이 이용되고 있다(Datta, 1989; Gupta and Shukul, 1971; Roberts and Lewis, 2003; Walther and Sauer, 1986; Yamaguchi et al., 2003). 특히 장미에서 감마선 처리에 의한 인위돌연변이 유기 연구가 다수 보고되고 있는데 Smilansky et al.(1986)은 돌연변이들이 화색, 화뢰의 크기, 꽃잎수, 잎색 등에 있어 차이가 있으며 이중 화색에 변이가 있는 것이 가장 많다고 하였다. 또한 Yamaguchi et al.(2003)은 장미에서 이온빔을 조사하여 변이를 유도한 경우도 꽃의 크기에 있어 더 작은 것, 꽃잎 수에 있어 많거나 적은 것 등을 유기하였다. 최근 국내에서 Kim et al.(2006)은 기내 배양 상태에서 감마선 조사에

*Corresponding author: koh@honam.ac.kr

※ Received 9 February 2011; Accepted 18 July 2011.

의해 장미 화색돌연변이를 얻는 방법을 보고했는데 여기서 돌연변이 유기 선량 및 변이체의 선발 과정에 대해 구명하였다. 또한 Koh et al.(2008), Koh and Ahn(2008)이 감마선 처리의 의한 인위돌연변이 육종 방법에 의해 장미 신품종을 육성하였다고 보고하였다. 이외에도 Koh et al.(2010)은 감마선 처리에 의해 장미 변이 발생과 변이의 유형에 대해 보고한 바 있다. 본 연구는 장미 원품종 ‘카디날’과 ‘카디날’의 삼목묘에 감마선을 처리하여 얻은 4가지 인위돌연변이체의 화색 및 식물체의 특성을 비교하여 돌연변이 발생 양상을 구명하고 이를 장미 및 각종 화훼류의 돌연변이 육종에 활용할 수 있도록 하기 위하여 실시하였는데, 여기 그 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

본 시험에 사용한 장미(*Rosa hybrida* Hort.)는 적색계 (Red group, 44A, 45B) 절화용 ‘카디날’(‘Kardinal’)이었다 (Kordes et al., 1987). 변이유기를 위한 감마선 처리용 삼목묘는 잎이 붙은 외마디 삽수를 Jiffy 7 블럭(Jiffy Products International AS, Norway)에 삽목하여 미스트 시설하에 관리하여 발근한 것으로 삽목상에서 묘의 신초 크기가 약 10cm 정도 신장한 것이었다. 감마선 처리는 한국원자력 연구소 감마선조사실에서 ^{60}Co 을 γ -ray 유기원으로 24시간 동안 70Gy 선량으로 조사하였다. 2002년 4월에 호남대학교 노지 포장에 40cm × 15cm간격으로 무처리 9주와 감마선 처리주 44주(유묘 28주, 1년생 성묘 16주)를 정식하여 재배하며 화색 변이의 발생을 조사하였다. 2002년과 2004년에 걸쳐 발견한 변이체들은 비닐온실에 옮겨 심어 2004년과 2005년 사이에 화색 고정여부 및 특성을 지켜보면서 관리하

였다. 고정된 변이 가지는 2006년에 삼목 방법으로 증식하였고 이들은 2006-2008년 비닐온실에 심어 예비 특성조사를 실시하였다. 식물체 특성 및 생산력 검정은 2008년 10월부터 4개의 변이종과 ‘카디날’ 원품종의 삼목묘를 각각 30주씩 농가의 양액재배 상에 20cm × 15cm 간격으로 2줄로 정식하여 2009년 10월 수확하여 조사하였다. 특성 조사 방법은 농업과학 기술연구조사분석기준(RDA, 2003)과 신품종 심사를 위한 특성조사요령(NSMO, 2005)에 따라 조사하였다. CIE Lab 값 조사 요령은 꽃잎의 표면 상부의 중앙부위를 각각 한 꽃 당 3꽃잎씩 9개의 꽃잎을 색차계(CM-2600D, Konica Minolta Sensing Inc., Japan)에 의해 L, a 및 b 좌표의 수치 값(CIE Lab)을 측정하였다. 측정결과는 제공된 Software로 평균값을 Fig. 2와 같이 나타내었다. ‘카디날’과 ‘카디날’의 변이 KA4의 화기 및 식물체 특성 관련 성적은 선행 연구(Koh and Ahn, 2008)를 인용하였다.

결 과

변이체의 작성

‘카디날’로부터 인위돌연변이를 유도하기 위해 2002년에 삼목묘 44주에 70Gy 선량의 감마선을 처리하여 포장에 재식하고 2002년에서 2004년까지 3년에 걸쳐 재배관리하며 관찰한 결과, 모두 4가지 종류의 화색변이를 얻었다(Table 1). 이들 변이체들은 연분홍색(KA1 계통, Fig. 1B), 분홍색(KA2 계통, Fig. 1C), 진분홍색(KA3 계통, Fig. 1D), 주황색(KA4 계통, Fig. 1E)의 꽃을 가진 것으로 온실에 옮겨 2004-2008년에 걸쳐 재배하면서 화색이 고정된 것을 확인하였다. 이들은 계통별로 삼목·증식하여 2008년 10월-2009년 10월 까지 농가에서 수정재배하여 이들의 화색, 신초 등의 특성을 조사하였다(Table 1 참조).



Fig. 1. Comparison of flower and leaf colors in rose 'Kardinal' (A, red petal) and its mutant lines, KA1 (B, light pink petal), KA2 (C, pink petal), KA3 (D, deep pink petal) and KA4 (E, reddish yellow petal) induced from gamma irradiation.

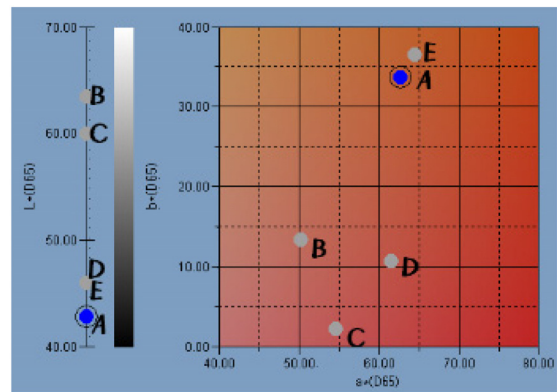


Fig. 2. Comparison of CIE Lab values at the petal of rose 'Kardinal' (A, red) and its mutant lines, KA1 (B, light pink), KA2 (C, pink), KA3 (D, deep pink) and KA4 (E, reddish yellow) induced from gamma irradiation.

Table 1. Description of the procedure for obtaining 4 mutant lines by gamma irradiation in rose 'Kardinal'.

Year	2002	2002-2004	2004-2008	2008.12-2009.10
Plant status	Forty four rooted cuttings of 'Kardinal'	Four petal color mutants (light pink, pink, deep pink, and orange red)	KA1, KA2, KA3, and KA4 Solid mutant lines	KA1, KA2, KA3, and KA4 KA4 named as 'Gippumi'
Procedure	Gamma irradiation with 70 Gy Planted to the field	Spotting of mutants from the irradiated plants grown in the field	Identifying fixation in mutants Propagation by cutting	Evaluation of characteristics by hydroponic-culture

Table 2. Flowering characteristics of 4 mutant lines obtained by gamma irradiation in rose 'Kardinal'.

Mutant lines	Petal color ^z	Flower diameter (cm)	Petal number	Petal type	Fragrance index ^y
KA1	Light pink (Red group, 55B-55D)	9.2 ± 0.7 ^x	30.5 ± 1.5	elliptic	6.0 ± 0.8
KA2	Pink (Red group, 63A-63B)	12.9 ± 1.4	39.8 ± 2.1	elliptic	6.0 ± 0.0
KA3	Deep pink (Red purple, 57A-N57C)	11.0 ± 0.6	31.0 ± 2.3	elliptic	6.0 ± 0.8
KA4 ^w	Orange red (Red group, 43A-43B)	11.7 ± 1.5	36.0 ± 3.0	elliptic	6.0 ± 0.0
Kardinal ^w	Red (Red group, 44A or 45B)	12.5 ± 0.5	35.5 ± 0.7	elliptic	6.0 ± 0.0

^zRHS color chart (The Royal Horticultural Society, 1986).

^y1 (absent or very weak)-9 (very strong).

^xMean ± SD (n = 10).

^wData cited from Koh and Ahn (2008).

변이체의 화색 및 화형 비교

Table 2는 원품종 '카디날'과 '카디날'의 4가지 인위돌연변이체와의 개화 특성을 비교한 것이다. 본 시험에서 감마선 처리에 의해 발생한 변이체의 화색은 원품종 '카디날'과 모두 서로 달랐다. 먼저 원래 '카디날'은 화색이 짙은 적색(Red group, 44A, 45B)인데 이로부터 발생한 4가지 변이 계통들 중 KA1(Fig. 1B)은 연한 적색을 띤 연분홍(Red group, 55B-55D), 그리고 KA2(Fig. 1C)는 색상이 밝고 화사한 파스텔계의 분홍색(Red group, 63A-63B), KA3(Fig. 1D)는 KA2와 비슷하나 더 짙은 진분홍색이었고(Red purple group, N57A-N57C), KA4(Fig. 1E)는 주황색(Red group, 43A-43B)이었다.

다음으로 변이체의 꽃의 특성을 살펴보면, 꽃의 크기 및 꽃잎수에서 원품종 '카디날'과 다른 모습을 보였다(Table 2). 꽃의 크기에서 '카디날'은 12.5cm인데 비해 KA1은 9.2cm로 가장 작고 KA2는 대조품종 '카디날'보다 큰 12.9cm로 차이가 있었다. 다음으로 변이체들은 꽃잎수도 '카디날'에 비해 많아지기도 하고 줄어들기도 하였다. KA2는 꽃잎수가 39.8장으로 35.5장인 '카디날'보다 많고 KA1보다는 10여장이나 많았다. 향기, 꽃잎의 형태에서 변이들은 '카디날'과는 유사한 특징을 보였다. 향기는 4가지 변이체 모두에서 '카디날'과 같이 강하게 유지되었다. 꽃잎 모양은 원품종과 큰 변화는 없으나 KA2는 '카디날'에 비해 꽃잎이 약간 얇고 꽃잎의 가장자리는 약간 주름이 있어 거칠게 보이거나 실제 윤곽은 거

칠지 않았다. 그 외 대부분의 특성은 '카디날'과 유사하였다.

Fig. 2는 원품종 '카디날'과 돌연변이체들의 꽃잎에서 CIE Lab값을 측정된 것이다. 색공간 좌표 Lab값 중 L값은 명도를 가리키고, a와 b는 색도좌표로 +a값은 적색 방향, -a값은 녹색 방향, +b값은 황색 방향, 그리고 -b값은 청색방향으로의 채도를 나타낸다. Fig. 2에서와 같이 '카디날'(적색, Fig. 2A)과 '카디날' 변이체의 명도(L)는 연분홍색인 KA1(Fig. 2B), 분홍색 KA2(Fig. 2C), 진분홍색 KA3(Fig. 2D), 주황색 KA4(Fig. 2E), 그리고 '카디날' 순으로 높았다. 즉 명도는 모든 변이체가 원품종 '카디날'보다 높아지는 특징을 나타냈다. 색도좌표에서 a값은 모두 +값을 가지며, KA1(Fig. 2B), KA2(Fig. 2C), KA3(Fig. 2D), '카디날'(Fig. 2A), KA4(Fig. 2E)의 순으로 높았다. 즉 KA4(Fig. 1E)만 '카디날'에 비해 a값(적색)이 약간 높아졌지만 다른 계통은 모두 a값이 낮아졌다고 볼 수 있었다. 노랑과 청색의 정도를 나타내는 b값에서도 '카디날'에 비해 약간 높은 KA4(Fig. 2E)계통을 제외하고 KA1(연분홍색, Fig. 2B), KA3(진분홍색, Fig. 2D), KA2(분홍색, Fig. 2C) 순으로 낮은 b값을 나타내었다. 여기서 '카디날'과 KA4(주황색, Fig. 2E)는 b값이 높은 그룹으로, KA1, KA3, KA2 계통들은 b값이 낮은 그룹으로 분류할 수 있었다. 변이체들은 명도에서 '카디날'보다 모두 높아지고 a와 b값은 '카디날'보다 KA4를 제외하고 낮아진 것으로 나타났다.

Table 3. Plant characteristics of 4 mutant lines obtained by gamma irradiation in rose 'Kardinal'.

Mutant lines	Stem length (cm)	Internode length (cm)	Stem diameter (mm)	Peduncle length (cm)	Prickle number/10 cm stem	Color of reverse side of leaf	Yield (stems/m ² /year)
KA1	60.4 ± 3.2 ²	4.2 ± 0.4	4.5 ± 0.3	8.5 ± 0.3	8.2 ± 2.1	green	117.5
KA2	67.2 ± 2.2	4.9 ± 0.4	6.5 ± 0.5	10.4 ± 0.8	10.4 ± 1.1	green	125.0
KA3	69.2 ± 3.5	4.5 ± 0.3	6.3 ± 0.4	9.0 ± 0.8	10.3 ± 2.2	green	120.0
KA4 ^y	65.7 ± 1.5	4.7 ± 0.6	6.3 ± 0.2	10.0 ± 0.4	9.6 ± 2.0	red green	120.5
Kardinal ^y	63.4 ± 3.1	4.8 ± 0.4	6.8 ± 0.6	10.5 ± 0.2	8.8 ± 1.2	red green	128.5

²Mean ± SD (n = 10).^yData cited from Koh and Ahn (2008).

변이체의 식물체 생육 특성 비교

Table 3은 장미 원품종 '카디날'과 '카디날'의 4가지 인위 돌연변이체와의 식물체 생육 특성을 비교한 것이다. 먼저 신초장의 비교에서 '카디날'이 63.4cm인데 비해 KA1은 60.4cm, KA2는 67.2cm, KA3는 69.2cm, KA4는 65.7cm로 나타났다. KA1은 '카디날'이나 다른 변이체들보다 신초장이 짧았다. 절간장 역시 KA1은 4.2cm로 다른 변이체들에 비해 짧았다. KA2, KA3은 '카디날'이나 KA4보다 약간 생육이 좋은 것으로 나타났다. 신초의 지름은 '카디날'과 KA2, KA3, KA4가 6.3cm-6.8cm로 큰 차이가 없었으나, KA1만은 4.5mm로 다른 변이체들 보다 가늘었다. 화경장에 있어서도 KA1 계통이 8.5cm로 다른 계통들에 비해 짧았다. 즉 KA1은 원 품종 '카디날'이나 다른 변이체들에 비해 식물체의 크기나 모양이 작아진 것으로 나타났고, 다른 변이체 KA2, KA3, KA4는 '카디날'과 유사하였다. 신초길이 10cm당 가시의 수는 KA1계통에서 약간 줄어들었으나 '카디날'을 비롯한 모든 변이 계통에서 가시가 많은 편이었다. 성숙한 잎의 뒷면의 색은 꽃의 색이 적색인 '카디날', 주황색인 'KA4'에서 옅은 적색을 띠었으나, KA1(연분홍색 꽃)과 KA2(분홍색 꽃), KA3(진분홍색 꽃)의 3가지 분홍색 꽃을 가진 계통은 잎 뒷면에 옅은 적색이 사라진 녹색이었다(Fig. 1B 아래).

고 찰

적색 '카디날'의 삽목묘에 감마선을 처리하여 얻어진 화색 변이 발생 유형은 선행연구(Koh et al., 2010)와 비교해 설명할 수 있다. 즉 Koh et al.(2010)은 장미 화색 변이발생 유형으로 '스피델라' 유형과 '커버넛' 유형 2가지를 보고하였는데 '스피델라'는 주로 분홍색 계통의 화색 변이만 얻어지고, '커버넛'은 분홍색 계통(연분홍색, 분홍색, 진분홍색)과 주황색의 두 가지 종류의 화색 변이가 얻어진다고 했는데, 본 시험에서의 '카디날'의 변이 발생은 '커버넛' 유형을 따른다고 할 수 있다. 또한 Kim et al.(2006)도 장미 기내

감마선 처리 연구에서 적색계 '리틀마블'로부터 자홍색(진분홍)과 주황색의 두 가지 변이를 얻었다고 보고하였는데 '리틀마블' 역시 Koh et al.(2010)에 따르면 '커버넛' 유형이라 할 수 있을 것 같다. De Vries et al.(1974)은 200종 이상의 장미 품종에서 안토시아닌 색소를 분석해 본 결과, 두 가지 품종군으로 나눌 수 있었는데, 주황색과 관계 있는 pelargonidin 색소와 분홍색과 관계 있는 cyanidin 색소를 함께 가진 품종군과, cyanidin 만을 가진 품종군으로 구분할 수 있었다고 한다. 또한 Harborne(1988)은 분홍색 또는 적자색 장미는 cyanidin 색소가 주가 된다고 하였다. 화색의 발현은 다양한 종류의 색소가 관여하므로 확실하지는 않지만 앞의 보고(De Vries et al., 1974; Harborne, 1988; Koh et al., 2010)를 고려하면 '카디날'은 cyanidin과 pelargonidin 두 가지 색소 모두를 가지고 있어, 분홍색 계통과 주황색의 두 종류의 화색변이를 생성하는 Koh et al.(2010)의 '커버넛' 유형으로 생각할 수 있다. 본 논문저자의 경험에 의하면 장미 감마선 처리에서 변이 발생 유형은 Koh et al.(2010)이 언급한 두 가지 유형이 많았지만, 기타의 다른 유형도 있었다. 즉, Koh and Kang(2010)의 보고에 따르면, 검붉은 색인 장미 '아브라 카다브라'의 감마선 처리에서 분홍색 변이와 함께 노란색의 변이가 나오는데, 이는 또 다른 유형으로 볼 수 있을 것이다.

장미의 감마선 처리에 의한 돌연변이 유기에 관한 많은 보고가 있으나 대부분이 화색의 변화에 관한 보고(Broertjes and van Harten, 1988)이었다. 그 이유는 장미의 변이체 선발 목표에 있어 화색이 중요하고 또한 화색변이가 쉽게 눈에 띄어 지금까지 화색 선발이 주를 이루었다고 볼 수 있다. 그런데 이 연구에서 보는 바와 같이 감마선 처리에 의해 얻어진 변이체들은 화색과 함께 신초와 잎의 특성에서도 다양한 변화를 보여주고 있다. Smilansky et al.(1986)은 장미 적색 'Mercedes'에서 얻어진 116개 돌연변이체 중에 화색소의 변이가 75%, 꽃봉오리의 크기의 변이가 52.6%, 꽃 모양에 변이가 30.2%, 꽃잎수에 변이가 26.7%, 잎색 변이가 19%, 화탁모양의 변이가 19%였다고 했다. 또한 가시 발생

에 있어 차이를 보이기도 한다고 하였다. 본 연구에서도 완전변이체로 고정되었다고 생각되는 계통들에서 원품종과 다른 신초장, 신초직경, 가시수, 잎의 색 등에 다양한 변화가 혼재하였다. KA2의 경우 원품종에 비해 화색이 우수하고 꽃잎수가 많은 등 여러 가지 우수한 특성을 더 가지고 있었다. 즉 감마선 처리에 의해 얻어진 변이는 한 가지 형질의 특성만 변경된 경우는 실제 적고 식물체 및 화기 등 여러 부위에 다양한 변화가 있었다.

이 연구 결과로 향후 장미 및 각종 화훼류의 돌연변이육종에서 화색 및 기타 형질의 변이 발생 형태를 어느 정도 예측할 수 있어 돌연변이육종의 목표를 구체화할 수 있고 이로 인해 육종 효율을 높일 수 있을 것이다. 또한 얻어진 화색변이체들은 화색 발현의 분자유전학적 기구의 구명을 위한 좋은 연구 재료로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

초 록

이 연구는 장미(*Rosa hybrida* Hort.) ‘카디날’에 감마선을 조사하여 얻어진 변이의 발생 양상을 구명하고 변이의 특성을 평가하기 위해 실시하였다. 2002년 44주의 삼목묘에 ⁶⁰Co 선원으로 부터 70Gy 선량의 감마선을 처리하여 포장에 심어서 2002년부터 2004년에 걸쳐 화색변이 발생을 관찰하였다. 4가지 화색 돌연변이체를 발견하여 2004년부터 2008년까지 재배하면서 이들 변이체가 완전변이체로 고정된 것을 확인하였다. 각 계통별 삼목·증식한 묘를 2008-2009년까지 농가에서 수경재배하여 특성을 조사하였다. 원래 ‘카디날’은 화색이 짙은 적색(Red group, 44A, 45B)인데 이로부터 발생한 4가지 변이체들 중, KA1은 연분홍(Red group, 55B-55D), KA2(Fig. 1C)는 분홍색(Red group, 63A-63B), KA3(Fig. 1D)는 KA2와 비슷하나 진분홍색이었고(Red purple group, N57A-N57C), KA4(Fig. 1E)는 주황색(Red group, 43A-43B)이었다. 꽃의 직경에서 원품종 ‘카디날’은 12.5cm인데 비해 ‘KA1’은 9.2cm로 작고, KA2는 12.9cm로 커서 서로간에 차이가 있었다. 꽃잎 수는 ‘카디날’이 35.5장인데 비해 KA2는 39.8장으로 가장 많았고, KA1은 가장 적었다. CIE Lab 값에서 변이체들은 L(명도)은 모두 높아지고 a와 b값은 KA4를 제외하고 낮아진 것으로 나타났다. 신초와 잎의 특성도 원품종 ‘카디날’과 ‘카디날’의 4가지 변이체 사이 차이가 있었다. KA1은 신초장, 절간장, 화경장, 가시발생 등에 가장 작았고 나머지 계통들은 대부분 ‘카디날’과 비

슷하였다. 잎의 뒷면의 색은 꽃색이 적색인 ‘카디날’과 주황색 변이체 ‘KA4’에서 연한 적색을 띠었으나, KA1, KA2, KA3는 녹색이었다.

추가 주요어 : 삼목묘, 돌연변이, 화색

인용문헌

- Broertjes, C. and A.M. van Harten. 1988. Applied mutation for vegetatively propagated crops. Elsevier Science Publisher, New York. p. 197-204.
- Datta, S.K. 1989. Gamma ray induced somatic mutations in rose. Mutation Breeding Newl. 33:17-18.
- De Vries, D.P., H.A. van Keulen, and J.W. de Bruyn. 1974. Breeding research on rose pigments. I. The occurrence of flavonoids and carotenoids in rose petals. Euphytica 23:447-457.
- Gupta, M.N. and R. Shukla. 1971. Mutation breeding of garden rose. Jpn. J. Breed. 21:129-136.
- Harborne, J.B. 1988. The flavonoids. advances in research since 1980. Chapman and Hall, London.
- Kim, G.J., G.C. Koh, G.Y. Gi, K.J. Choi, and H.S. Song. 2006. In vitro mutation induction by irradiation of gamma ray in *Rosa hybrida* Hort. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 24:497-502.
- Koh, G.C. and K.B. Ahn. 2008. Breeding of rose ‘Gippeumi’ with orange-red flower through gamma irradiation. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 26:445-448.
- Koh, G.C. and S.Y. Kang. 2010. Petal colour characteristics of mutants obtained by gamma-ray irradiation in rose ‘Abracadabra’. Korean J. Breed. Sci. 42(Suppl.1):129.
- Koh, G.C., M.Z. Kim, and S.Y. Kang. 2010. Induction of petal color mutants through gamma ray irradiation in rooted cuttings of rose. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 28:796-801.
- Kordes, R., W. Kordes, and H. Kordes. 1987. Rose plant Korlingo. United States Patent No: PP005846.
- National Seed Management Office (NSMO). 2005. The guidelines of characteristics for application and registration of new varieties in flower Rose (*Rosa* spp.). NSMO, Anyang. p. 6-15.
- Roberts, A.V. and R. Lewis. 2003. Mutation, p. 312-318. In: A.V. Roberts (ed.). Encyclopedia of Rose Science. Elsevier Academic Press, Amsterdam.
- Royal Horticultural Society (RHS). 1986. The Royal Horticultural Society Color Chart. RHS, London.
- Rural Development Administration (RDA). 2003. Manual for Agricultural Investigation. RDA, Suwon.
- Smilansky, Z., N. Umiel, and N. Zieslin. 1986. Mutagensis in rose (cv. Mercedes). Envir. and Exp. Bot. 26:279-283.
- Walther, F. and A. Sauer. 1986. In vitro mutagenesis in roses. Acta Hort. 189:37-46.
- Yamaguchi, H., S. Nagatomi, T. Morishita, and K. Degi. 2003. Mutation induced with ion beam irradiation in rose. Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. B. 206:561-564.