

장미 삽목묘의 감마선 처리에 의한 화색 돌연변이체 유기

고갑천^{1*} · 김민자¹ · 강시용²

¹호남대학교 환경이공대학, ²한국원자력연구소

Induction of Petal Color Mutants through Gamma Ray Irradiation in Rooted Cuttings of Rose

Gab-Cheon Koh^{1*}, Min-Za Kim¹, and Si-Yong Kang²

¹College of Environmental Science and Engineering, Honam University, Gwangju 506-714, Korea

²Korea Atomic Energy Research Institute, Jeongup 580-185, Korea

Abstract. This study was carried out to establish a system for mutation breeding by irradiation of gamma-ray in *Rosa hybrida* Hort. The rooted cuttings of two roses, 'Spidella' and 'Cabernet' were irradiated with different gamma-ray doses (0, 30, 50, 70, 90, 110, 130, 150 and 170 Gy) from a ⁶⁰Co source to reveal an optimal dose for induction of mutants. The irradiated plants were planted in a greenhouse, and investigated on the appearance of petal color mutants and shoot growth by gamma ray dose. The 50% lethal doses (LD₅₀) of plant were 110 Gy for 'Spidella' and 150 Gy for 'Cabernet', respectively. The 50% decrease dose of shoot length was observed at 70-90 Gy dose for 'Spidella', and 110 Gy dose for 'Cabernet'. Solid, chimeric and mosaic petal mutants with various colors were induced from pink petal of 'Spidella' and red petal of 'Cabernet' when 30-170 Gy dose was irradiated. The mutants obtained from 'Spidella' had white, ivory, pinky ivory, light pink and deep pink petal colors. The mutants obtained from 'Cabernet' had pink, deep pink, purple red (magenta), orange red and purple petal colors. It was suitable to irradiate 70-90 Gy dose for 'Spidella' and 90-110 Gy dose for 'Cabernet' for the induction of various mutants considering plant survival rate, shoot growth and mutant occurrence rate.

Additional key words: irradiation dose, mutation, *Rosa hybrida*

서 언

현대 장미는 19세기부터 인간이 탐색한 수많은 자연교잡 수집종과 이들 수집종 간의 인위적인 교잡에 의해 유래한 수많은 품종들로 이루어져 있다. 이들은 오늘날 장미의 대부분을 구성하고 주로 4배체이며 *Rosa hybrida* Hort.로 분류하고 있다. 즉, 현재의 품종은 대부분 교잡에 의해 육성되었고 일부는 재배과정에서 발견한 자연 아조변이를 선발한 것으로 볼 수 있다(Gudin, 2003). 화훼류 육종에 있어 인위 돌연변이 육종 방법은 교잡육종 방법에 비하여 기존의 우수한 품종에서 화색, 화형 등 소수 형질의 특성변화를 인위적으로 단기간에 유도하여 선발할 수 있으므로 우수한 신품종을 효과적으로 육성할 수 있는 장점이 있다. 특히 감마선 조

사를 통한 돌연변이 육종 방법은 다양한 작물에서 우수한 특성을 가진 변이종을 만들어 내는데 효과적인 것으로 보고되고 있다(Broertjes와 Van Harten, 1988). 근래 원예작물에서 감마선 육종 성과는 과거의 비판적인 시각을 넘어 기대 이상의 성과를 거두고 있으며 앞으로의 전망도 밝다(Sanada 등, 1988). 최근 국내에서 국화 기내식물체에 감마선을 처리하여 화형과 화색이 변한 다양한 변이체를 얻었다(Goo 등, 1999, 2003). 또한 Kim 등(2006)도 장미 기내식물체에 감마선을 처리하여 몇 가지 화색변이를 얻었으며, 50Gy 처리부터 신훈 줄기가 감소하였고 150Gy 이상 선량에서 대부분 치사하였다고 하였다. 이 밖에도 장미의 인위돌연변이 유기 및 육종에 대한 다양한 예가 국내외에서 보고되고 있다(Broertjes와 Van Harten, 1988; Datta, 1989; Gupta와 Shukul, 1971;

*Corresponding author: koh@honam.ac.kr

※ Received 3 March 2010; Accepted 24 May 2010. This work was supported by a grant (20070301034033) from BioGreen 21 Program of Rural Development Administration, Korea.

Koh 등, 2008; Koh와 Ahn, 2008).

본 연구는 감마선 처리에 의한 효율적인 장미 신품종 육성 체계를 확립하기 위해 수행하였다. 돌연변이 유기를 위해 삼목묘에 다양한 선량의 감마선을 처리하여 비닐온실에서 재배하면서 식물체의 생육과 화색 및 화형 변이를 조사하여 그 결과를 여기에 보고하고자 한다.

재료 및 방법

식물체 확보 및 감마선 처리

시험에 사용한 장미(*Rosa hybrida* Hort.)는 hybrid tea (H·T)계 분홍색 꽃 ‘스피델라’(Spidella)와 적색 꽃 ‘커버넛’(Cabernet)이었다. 삼목 후 6주 정도 지나 발근이 완성되고 액아에서 성장한 신초의 길이가 10-15cm 정도로 자란 묘를 감마선 처리에 사용하였다. 장미 묘의 감마선 처리는 2008년 4월 3일 한국원자력연구소 감마선 조사실에서 하였다. ⁶⁰Co 감마선 조사실 안에 선량계산에 따른 거리별로 삼목묘를 담은 용기를 수직으로 세워 신초의 상단이 감마선 선원을 향하고 뿌리 방향은 선원의 반대 방향에 위치하도록 놓고 처리하였다. 선량은 각각 30, 50, 70, 90, 110, 130, 150, 170Gy로 24시간 동안 각 선량별로 20주씩 처리하였다. ‘커버넛’은 70, 90, 110Gy 선량에 각각 184, 178, 74주를 추가로 더 처리하여 돌연변이를 유기하였다.

감마선 처리 식물체의 재배 및 조사

감마선을 처리한 삼목묘는 비닐온실 내에 10a 당 약 10톤의 퇴비를 첨가한 토양에 1m 넓이의 재배상을 조성하여 25cm × 40cm 간격으로 정식하였다. 관수는 점적 방법으로 하루 1회 정도하고 병충해 관리는 병충해가 발생할 때 적절하게 방제하였다. 동계기간 비닐온실 안은 가온하지 않고

식물체를 휴면상태로 관리하였다. 시험구 배치는 완전임의 배치로 20주씩 재식하였다. 4월 5일에 정식하여 6월 초부터 개화가 시작되면 매주 1회 화색, 화형 등의 변이 발생을 조사하였다. 개화가 끝나 신초는 기부에서 잘라내고 다시 신초를 받아 개화시키면서 변이 발생을 2년간 조사하였다. 생육상태 조사는 정식 후 3개월 정도 지난 뒤에 신초장, 신초수, 잎의 형태, 그리고 고사율 등을 1회에 걸쳐 조사하였다.

결과 및 고찰

감마선처리 선량별 생육 상태 및 신초 고사

장미 ‘스피델라’와 ‘커버넛’의 삼목묘에 감마선을 처리하여 비닐온실에서 재배하고 3개월 후에 생육상태 및 치사율 등을 조사한 결과, 감마선 처리선량이 높아질수록 식물의 치사율은 증가하고 신초의 성장 길이 및 발생 신초의 수가 감소하였다(Table 1, 2).

‘스피델라’는 약 90Gy 선량부터 식물체의 고사증상이 나타나기 시작하였고 110Gy에서 약 50%의 식물체가 치사하였으며, 170Gy에서 20% 정도의 개체가 생존하였으나 거의 생육하지 못했다(Table 1). ‘커버넛’은 ‘스피델라’에 비해 감마선 처리에 더 강하였는데 90Gy 선량부터 고사 증상이 나타났으며, 150Gy 및 170Gy처리에서도 약 50% 식물체만이 치사하여 감마선에 대한 저항성이 높았다(Table 2). Kim 등 (2006)은 장미 기내 신초에 감마선을 처리하였을 때, ‘아마데우스’는 70Gy부터, ‘리틀마블’은 90Gy부터 고사증상이 나타나기 시작하였다고 보고했다. 본 연구의 삼목묘 처리 결과도 기내식물체 처리 결과와 비슷하여 70-90Gy에서 식물체의 고사가 시작되고 50% 치사선량(LD50, 50% Lethal dose)이 대략 110-150Gy 정도였다. 장미는 다른 작물에 비해 감마선에 대한 저항성이 높은 것으로 보이는데, 예를 들

Table 1. Growth characteristics of gamma-irradiated plants by radiation dose in *Rosa hybrida* Hort. ‘Spidella’.

Treatment dose (Gy)	Plant height (cm)	No. of shoots developed	Lethal percentage (death/planted plants)
0	84.7 ± 7.1 ²	2.0 ± 0.0	10.0 (2/20)
30	78.0 ± 8.5	2.4 ± 0.7	5.0 (1/20)
50	57.6 ± 4.0	2.4 ± 0.5	10.0 (2/20)
70	37.4 ± 4.1	2.1 ± 0.3	5.0 (1/20)
90	35.2 ± 2.5	2.0 ± 0.2	15.0 (3/20)
110	26.5 ± 5.0	1.6 ± 0.3	50.0 (10/20)
130	19.5 ± 2.5	1.5 ± 0.5	75.0 (15/20)
150	25.0 ± 1.0	1.5 ± 0.5	80.0 (16/20)
170	27.0 ± 5.0	1.3 ± 0.3	80.0 (16/20)

²Mean±SD from surviving plants.

Table 2. Growth characteristics of gamma-irradiated plants by radiation dose in *Rosa hybrida* Hort. 'Cabernet'.

Treatment dose (Gy)	Plant height (cm)	No. of shoots developed	Lethal percentage (death/planted plants)
0	58.0 ± 4.2 ^z	1.6 ± 0.5	0.0 (0/20)
30	57.6 ± 7.3	2.1 ± 0.3	0.0 (0/20)
50	49.3 ± 6.0	1.6 ± 0.5	0.0 (0/20)
70	43.9 ± 3.1	1.8 ± 0.4	0.0 (0/20)
90	36.4 ± 3.0	1.1 ± 0.3	10.0 (2/20)
110	34.4 ± 3.9	1.0 ± 0.0	10.0 (2/20)
130	25.0 ± 4.0	1.0 ± 0.0	30.0 (6/20)
150	17.4 ± 1.8	1.0 ± 0.0	50.0 (10/20)
170	14.2 ± 2.8	1.0 ± 0.0	50.0 (10/20)
70	-	-	1.7 (3/187)
90	-	-	2.2 (4/182)
110	-	-	6.4 (7/81)

^zMean±SD from surviving plants.

어 감의 '서촌조생'의 기내 신훈은 30Gy 처리 시에 100% 치사하였고(Koh, 2000), 배의 기내 신훈은 60Gy(Koh, 1999), 국화의 '봉황'의 기내 신훈은 50Gy 처리(Goo 등, 1999)에서 90-100% 치사한다고 보고하고 있다. 즉 150Gy 이상이 되어야 100% 치사율을 보이는 장미는 감마선 저항성이 매우 높은 종으로 볼 수 있었다.

감마선 처리에 따른 신훈의 생장길이를 비교할 때도 '커버넷'은 '스피델라'에 비해 생장한 신훈 길이의 감소가 작았다. 즉 '스피델라'는 신훈 길이의 약 50% 감소가 약 70-90Gy 선량에서 나타났었는데 비해 '커버넷'은 90-110Gy 선량이었다. 또한 감마선 처리에 따른 식물체 고사가 나타나기 시작하는 선량과 약 50% 신훈 길이의 감소 선량이 두 품종 모두에서 일치하는 경향이 있었다. 즉, '스피델라'의 신훈길이가 50% 감소 선량은 70-90Gy이고, 이 선량에서 식물체 고사현상이 나타나기 시작하였다. 그리고 '커버넷'은 90-110Gy 선량에서 신훈 생장 길이가 50% 감소하고 역시 식물체 고사현상이 시작되었다. 이 현상은 Kim 등(2006)의 기내 감마선 처리 보고와 비교하였을 때와도 비슷하게 나타났다.

본 연구에 의하면 절화장미의 돌연변이 육종을 위해서는 LD₅₀(50% Lethal dose)정도의 선량의 처리보다는 고사 식물체가 나타나기 시작하고 신훈 길이가 50% 정도 감소하는 선량('스피델라'는 70-90Gy, '커버넷'은 90-110Gy)이 적합하다고 보이며, 이 선량에서 비교적 많은 화색변이가 발생하고 식물체에 지나친 장애를 초래하지 않는다고 볼 수 있었다.

감마선 조사선량의 증가에 따라 발생한 가지의 수는 두 품종 모두에서 무처리보다 30Gy 처리에서 증가하였고, 그 이상부터 감소하였는데 '커버넷'에서는 가지 발생수의 감소

가 더 큰 경향이었다(Table 1, 2). 30Gy 처리에서 발생한 신훈수가 오히려 증가한 것은 낮은 선량의 조사에서 생육이 더 좋아진다는 보고(Feinendegen, 2005)와 같은 현상이 아닐까 생각된다. 낮은 선량의 이온화 방사선의 지속적 조사는 생체 회복 및 생리활성 기능을 자극하여 오히려 생육에 효과적이라는 가설이 주장되고 있는데, 이러한 현상은 방사선 호르메시스(Radiation hormesis)라 불리며 현재 실험 수준에서 보고되고 있다(Kinoshita 등, 1999).

감마선처리 선량별 화색변이의 발생 형태

장미 삽목묘에 다양한 선량의 감마선을 처리하여 비닐온실에 심어 개화가 시작한 6월부터 10월에 걸쳐 2년 동안 변이 발생을 조사한 결과, 다양한 화색 및 화형변이체를 유도할 수 있었다(Table 3, 4, Fig. 1, 2). 먼저 '스피델라'의 감마선 처리에 따른 변이 발생은 30Gy 선량부터 비교적 높은 변이 발생률을 보여주었으며 특히 높은 선량에서 높은 비율로 화색변이체가 발생하였다(Table 3, Fig. 1). 110Gy 처리부터 50%이상이 고사하였으나 남은 개체들에서는 화색변이의 발생이 높았다. 높은 선량으로 처리한 개체들은 생존 개체당 변이 발생이 50%까지 이르나 고사 개체의 수가 많아지고 식물체의 신훈장이 지나치게 줄어들며 활력이 떨어지므로 '스피델라'의 돌연변이 유기를 위해서 110Gy 이상 처리는 바람직하지 않았다. '스피델라'에서 고사한 식물체를 제외한 생존 식물체 중에서 변이 발생식물체 비율은 23.9%에 달하여, 이 품종은 감마선조사에 따른 식물체의 감수성만 높은 것이 아니라 변이 발생에도 감수성이 높은 것으로 나타났다.

화색변이 발생에 있어 원색이 분홍색인 '스피델라'는 백

Table 3. Mutation characteristics of gamma-irradiated plants by radiation dose in *Rosa hybrida* Hort. 'Spidella'.

Treatment dose (Gy)	Petal color and shape of mutants							Percentage of obtained mutants (mutants/surviving plants)
	White	Ivory	Pinky ivory	Light pink	Deep pink	Mosaic	Petal shape	
0	z	-	-	-	-	-	-	0 (0/20)
30	-	-	-	C2	C1	-	-	15.7 (3/19)
50	-	C1	-	-	-	M1	-	11.1 (2/18)
70	S1	-	-	S1	S1	-	-	3/19 (15.7)
90	C1	S1	-	-	-	M2	-	4/17 (23.5)
110	S1	S1	S1	S1	-	CM1	-	50.0 (5/10)
130	-	C1	-	S1	-	-	-	40.0 (2/5)
150	-	S1	-	S1	-	-	P1	50.0 (2/4)
170	-	-	-	S1	-	M1	P1	50.0 (2/4)
Sum total	3(1)	5(2)	1	7(2)	2(1)	5	(2)	23.9 (23/96)

z: No mutation, S: solid, C: chimeric, M: mosaic, CM: chimeric and mosaic, and P: deformed flowers. Numeric character: number of observed mutants.

Table 4. Mutation characteristics of gamma-irradiated plants by radiation dose in *Rosa hybrida* Hort. 'Cabernet'.

Treatment dose (Gy)	Petal color and shape of mutants							Percentage of obtained mutants (mutants/surviving plants)
	Pink	Deep pink	Purple red (magenta)	Orange red	Purple	Mosaic	Petal and plant shape	
0	z	-	-	-	-	-	-	0.0 (0/20)
30	-	-	-	-	-	-	-	0.0 (0/20)
50	S1	-	-	-	-	M1	-	10.0 (2/20)
70	-	S1	S1	-	-	M1	-	15.0 (3/20)
90	-	S1	-	S2	-	-	-	11.1 (2/18)
110	S1 C1	-	-	-	-	-	-	11.1 (2/18)
130	S1	-	-	-	-	M1	Dwarf 1	14.2 (2/14)
150	-	-	-	S1	-	-	-	9.1 (1/11)
170	S1	-	-	-	-	-	-	9.1 (1/11)
Subtotal	5(1)	2	1	3	-	3	1	10.5 (14/132)
70	S3 C1	S2	S1 C1	S4	S1	M2	F2	8.15 (15/184)
90	S2 C3	S1	S2 C1	S3 C1	S1	M2	F1	9.0 (16/178)
110	S2 C1	S1	-	S2 C1	-	M1,CM1	Dwarf 2	12.1 (9/74)
Subtotal	12(5)	4(0)	5(2)	11(2)	2	6	5	9.6 (42/436)
Sum total	17(6)	6(0)	8(2)	14(2)	2	9	6	-

z: No mutation, S: solid, C: chimeric, M: mosaic, CM: chimeric and mosaic, and F: five-petal flower. Numeric character: number of observed mutants.

색, 미색, 연분홍색, 진분홍색, 분홍을 띤 미색 등의 다양한 변이가 발생하였다. 변이 형태는 키메라, 모자이크, 키메라와 모자이크의 혼합형, 완전변이체 등이었고 화형의 변이도 보였다(Table 3, Fig. 1). 나타난 화색 변이는 Table 3에서 보는 바와 같이 백색, 미색, 연분홍색, 진분홍색, 분홍색을 띤 미색 변이군으로 분류할 수 있었고 같은 군 내 동일하게 보이는 색도 미세한 차이를 보이는 것이 있었다. 화색 변이 발생수에서 백색의 것은 키메라와 완전변이체를 합하여 3개, 미색은 5개, 적색을 띤 연분홍색은 1개, 연한 분홍색은 7개,

진분홍색은 2개가 발생하였다(Table 3). 즉, 출현빈도가 높은 색은 연분홍색 변이체이고 발생 빈도가 낮은 변이체는 분홍을 띤 미색 변이체였다. 키메라 형태로 변이가 발생한 것은 6개, 완전변이체 형태는 11개, 그리고 모자이크 형태가 5개 정도로 나타났다(Table 3).

다음으로 '커버넛'의 변이 발생은 50Gy 선량부터 발생하였다(Table 4). 변이 발생빈도는 '스피델라'보다 낮은 경향으로 생존개체 중에서 9.6%-10.5% 범위 정도의 개체에서 변이가 발생하였다. '커버넛'은 화색변이의 색상 폭이 더 다

양하게 발생하였고 역시 몇 가지 군으로 분류할 수 있었다. 즉 연분홍색, 분홍색, 자홍색, 주황색, 자색, 기타 화색의 변이군으로 분류할 수 있었고 각 화색별 변이 발생빈도를 보면 추가로 처리한 경우를 포함해서 분홍색 17개, 진분홍색 6, 자홍색 8개, 주황색 24개, 자색 2개가 발생하였다(Table 4, Fig. 2). 모자의 형태도 9개가 발생하였다. 이 밖에도 화형 변이, 꽃잎 수가 5장으로 감소한 변이가 발견되었다. 화색 변이 중 가장 발생 빈도가 높은 색은 분홍색이었고 낮은 빈도는 자색이었다. 자색 변이는 원색보다 현저하게 짙은 색을 보였는데 이 계통은 개화 시 꽃잎의 전개가 잘 되지 않았다(Fig. 2F).

‘스피델라’와 ‘커버넛’의 변이 발생을 비교하였을 때 ‘커버넛’보다 ‘스피델라’에서 변이 발생 빈도가 높았으며, 특히 미색, 연분홍색의 변이 출현이 높았다. ‘커버넛’은 분홍색, 자홍색, 주황색 등의 변이 발생이 높았고 색상 분포에서 더 복잡한 양상을 보였다. 적색화인 ‘커버넛’과 분홍색인 ‘스피델라’는 감마선을 처리하면 발생한 변이들이 대부분 원종보다 더 밝은 흰색이나 미색, 그리고 분홍색, 자홍색, 주황색 등의 파스텔 계통의 변이가 출현하였다. 그러나 드물게 원색보다 더 진하게 보이는 색의 변이가 출현하기도 하였는데 이들 변이로 ‘스피델라’에서 진분홍색(Fig. 1F), ‘커버넛’에서 자주색(Fig. 2F) 변이가 있었다. 이들은 외관상 원색보다 더 진한 색채를 가지고 있으며, 발생 빈도는 다른 변이들 보

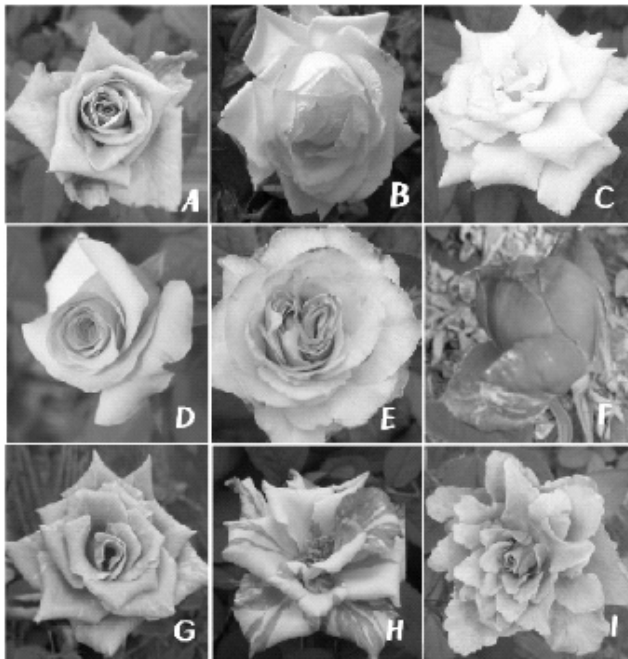


Fig. 1. Original petal color (A, pink) and various petal colors of mutants (B, white; C, ivory; D, pinky ivory; E, light pink; F, deep pink; G, mosaic; H, chimeric; I, deformed) induced by gamma irradiation in *Rosa hybrida* Hort. ‘Spidella’.

다 낮게 발생하였다. Gupta와 Shukla(1971)는 정원용 장미에 감마선을 조사하여 화색돌연변이를 유기하였는데, 화색돌연변이의 발생양상에서 원색보다 더 진한 색의 변이도 출현하였지만 더 연한 색의 화색변이가 더 많이 출현하였다고 보고하였다. Kim 등(2006)은 장미의 기내 돌연변이 육종 방법을 이용하여 화색변이를 유도하였는데 적색계통 리틀마블 품종에서 자홍색 및 주황색 두 계통이 나타났다. 우리 연구에서 분홍색 계통인 ‘스피델라’에서 발생한 변이는 주황색계통이 발생하지 않았고 변이들의 화색 구성이 미색에서 진분홍에 걸쳐 있다. 그런데 적색인 ‘커버넛’은 분홍색 및 자홍색의 자색 계통과 주황색 계통의 변이가 함께 나타나 Kim 등(2006)의 보고와 같이 적색이 자홍색과 주황색의 두 색상으로 변이가 나타나는 특징을 보여주었다. De Vries 등(1974)는 200종 이상의 장미 품종에서 안토시아닌 색소를 분석해 본 결과, 두 가지로 나눌 수 있었는데, 주황색(또는 주홍색)에 관계 있는 pelargonidin 색소와 자색과 관계 있는 cyanidin 색소를 항상 함께 가지고 있는 품종군과 cyanidin만을 단독으로 가진 품종군으로 구분할 수 있었다고 한다. De Vries 등(1974)의 보고를 고려할 때 ‘커버넛’은 두 가지 안토시아닌 색소를 모두 가진 품종이라 볼 수 있으며, ‘스피델라’는 후자의 경우로 안토시아닌 중 cyanidin을 주로 가지고 있는 품종이거나 pelargonidin을 매우 적게 가진 품종이라 생각된다. 그러나 이는 추정일 뿐 정확한 구명을 위해서는 색소분석이 필요할 것이다. Goo 등(2003)은 국화에서 감마선을 처리하여 다양한 변이를 얻었는데 화색변이에서 백

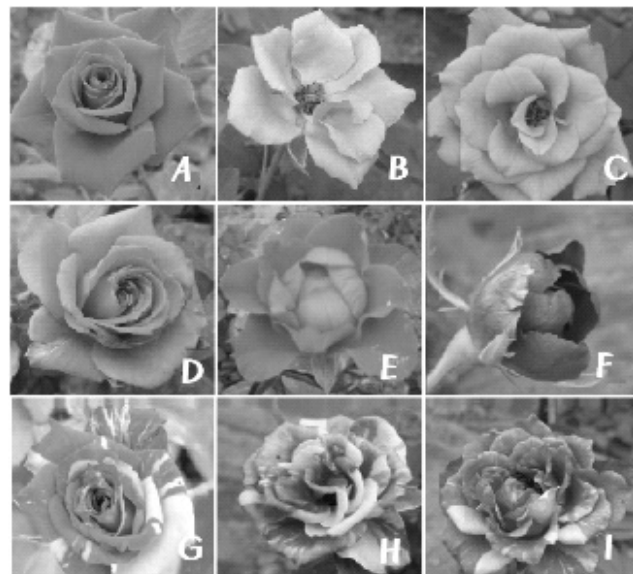


Fig. 2. Original petal color (A, red) and various petal colors of mutants (B, pink; C, deep pink; D, magenta; E, orange-red; F, purple; G, chimeric; H, I, chimeric and mosaic) induced by gamma irradiation in *Rosa hybrida* Hort. ‘Cabernet’.

색화가 분홍색과 황색으로, 황색종은 적색, 적색은 황색으로, 그리고 분홍색은 백색, 청동색, 황색 및 오렌지색 등으로 매우 다양하게 변화하였다. 즉 감마선을 처리하면 국화는 흰색이나 노란색 등의 꽃에서 색상이 다양하고 채도가 더 높아진 변이들의 출현이 빈번하지만, 장미의 변이 색상은 앞에서 언급한 바와 같이 더 명도가 높은 밝은 색으로 변하는 것이 대부분이고 명도가 낮아지거나 채도가 높아지는 색으로 변하는 경우는 매우 적었다.

초 록

이 연구는 감마선 처리에 의한 장미(*Rosa hybrida* Hort.) 신품종을 개발하기 위한 효과적인 방법을 개발하고 돌연변이 발생 형태를 알아보기 위해 실시하였다. 장미 스피델라와 커버넷 두 품종에 감마선(⁶⁰Co 선원)을 선량별(0, 30, 50, 70, 90, 110, 130, 150, 170Gy)로 조사하여 돌연변이 유기에 적절한 선량과 변이의 발생 양상을 구명하였다. 약 50% 식물체가 고사하는 반치사(LD₅₀) 선량은 품종에 따라 차이가 있었는데 ‘스피델라’는 110Gy에서, ‘커버넷’은 150Gy이었다. 식물체의 50% 신초길이 감소 선량은 ‘스피델라’에서 70Gy 선량 정도 이었는데 비해 ‘커버넷’에서는 110Gy 선량에서 나타났다. 분홍색의 ‘스피델라’와 적색의 ‘커버넷’에 30-170Gy 선량의 감마선을 처리하여 다양한 색의 완전변이, 키메라, 모자이크 꽃잎을 가진 변이체를 유기할 수 있었다. ‘스피델라’에서 흰색, 상아색, 분홍색을 띤 상아색, 옅은 분홍색 그리고 진분홍색의 꽃잎을 가진 변이가 출현하였고, ‘커버넷’에서 분홍색, 진분홍색, 자홍색, 주황색, 그리고 진한 자색의 꽃잎을 가진 변이가 발생하였다. 돌연변이 유기를 위해서 식물체 생존율, 신초생장, 돌연변이 발생률을 고려할 때 ‘스피델라’는 70-90Gy, ‘커버넷’은 90-110Gy의 선량 처리가 적당하였다.

추가 주요어 : 방사선 선량, 돌연변이, *Rosa hybrida*

Broertjes, C. and A.M. van Harten. 1988. Applied mutation for vegetatively propagated crops. Elsevier Science Publishers, New York, USA. p. 195-202.

Datta, S.K. 1989. Gamma ray induced somatic mutations in rose. Mutation Breeding Newsletter 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.

Feinendegen, L.E. 2005. Evidence for beneficial low level radiation effects and radiation hormesis. Brit J. Radio 78:3-7.

Goo, D.H., B.Y. Yae, B.H. Han, S.Y. Lee, and H.S. Song. 1999. Gamma-ray sensitivity of chrysanthemum cultured in vitro. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 40:595-597.

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

Gudin, S. 2003. Breeding, p. 25-49. A.V. Roberts et al. (eds). In: Encyclopedia of Rose Science 1. Elsevier Academic Press, UK.

Gupta, M.N. and R. Shukul. 1971. Mutation breeding of garden rose. Jpn. J. Breed. 21:129-136.

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.

Kinoshita, S., H. Masui, S. Yosida, and I. Murata. 1999. Radiation Hormesis : Stimulatory effects of low level ionizing radiation on plant. Technol. Rep. Osaka Univ. Japan, 49:19-28.

Koh, G.C. 1999. Induction and selection of mutants by acute irradiation of γ -ray on in vitro shoot of oriental pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai). The Collection of Research Papers in Honam Univ. 17:425-434.

Koh, G.C. 2000. Induction of mutants by irradiation of γ -ray on in vitro shoots of persimmon. Kor. J. Plant Tissue Culture 27:143-148.

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., K.B. Ahn, G.Y. Gi, T.S. Na, and S.Y. Kang. 2008. Breeding of rose ‘Honami’ with red-purple flower through gamma irradiation. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 26:302-305.

Sanada, T., T. Nishida, and F. Ikeda. 1988. Resistant mutant to black spot disease of Japanese pear ‘Nijisseiki’ induced by gamma rays. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 57:159-166.