

방사선조사와 저온저장이 국화 삽수의 발근 및 생육에 미치는 영향

김진규* · 노설아 · 신해식 · 송희섭 · 최병진¹

한국원자력연구소, ¹대구가톨릭대학교

Effects of Irradiation and Cold Storage on Rooting and Growth of Chrysanthemum Cuttings

Jin Kyu Kim*, Seol Ah Noh, Hae Shik Shin, Hi Sup Song and Byeong Jin Choi¹

Korea Atomic Energy Research Institute, Daejeon, 305-353, Korea

¹Catholic University of Daegu, 712-702, Korea

Abstract - This study was carried out to investigate the combined effect of cold storage with irradiation on rooting of chrysanthemum cuttings. Each cutting was six cm in length with three real leaves. A set of Groups of the cuttings was irradiated with 0 to 70 Gy of gamma-ray after four weeks of cold storage, while another groups were irradiated with the same doses and then stored at 4°C for four weeks. Root and shoot growth were observed at 15 and 20 days after planting of the cuttings in a plug tray. Accelerated root formation was observed in 30 Gy irradiated group, and root growth was also enhanced in 20 and 30 Gy irradiated groups 20 days after planting. In case of irradiation combined with pre-treatment of cold storage, survival rate of cuttings was the highest (80%) in 30 Gy irradiated group. The groups treated with irradiation first before cold storage were apparently better in root formation, among which 50 Gy irradiated group showed the highest rate of root growth.

Key words : Irradiation, chrysanthemum cutting

서 론

국화는 국내에서는 물론, 세계적으로 관상이나 상업적 가치가 높고 우리나라의 기후 풍토에 알맞아 일본 등지로의 수출이 가장 유망시되는 화훼이다. 그러나 수출을 증대시키고 소득을 높이기 위해서는 저비용으로 고품질의 절화국을 생산하여야만 한다. 이러한 저비용 고품질의 절화국 생산을 위해서는 먼저 묘소질의 향상이 중요하며 묘소질의 향상을 위해 여러 재배 방법 및 처리의 확

립이 필요한 실정이다. 최근 묘소질의 향상을 위해 냉장 처리법이 이용되고 있는데 냉장처리는 로젯트를 통과하고 묘의 성장활성을 높임으로서 개화율 및 개화의 균일도 향상과 품질 향상에 효과가 있을 뿐만 아니라, 화아 분화가능 온도범위를 확대시킴으로써 난방비를 절감시킬 수 있다(大石 1995).

일정 준위 이상의 이온화 방사선은 생물체에 유해 효과를 나타내지만 적정 선량의 이온화 방사선은 식물체를 자극하여 유익효과를 나타내기도 한다. 유익 효과를 일으키는 선량은 식물의 종류, 환경요인, 내적 요인 등에 따라 다르나 이온화 방사선의 종류에는 상관없이 발아, 출아, 성장과 발육의 촉진 등이 식물에서 관찰되었다

* Corresponding author: Jin Kyu Kim, Tel. 042-868-2057, Fax. 042-868-2091, E-mail: jkkm@kaeri.re.kr

(Miller *et al.* 1987; Ussuf *et al.* 1971). 이온화 방사선은 식물 기관에 따라 적용되는 선량과 적용 방법에 따라 나타나는 유전형에 있어 세포에서 생화학적, 생물물리학적 변화를 일으킨다(IAEA 1966). 생장을 촉진하는 것은 세포의 분열이 빨라지기 때문이며 근단에서의 염색체 변이에 대한 세포학적 실험이나 근장의 증가에 대한 측정을 통해 확인할 수 있다(IAEA 1966). 종자번식의 경우 겨울 밀과 겨울 보리에 각각 750~2000 R와 2000~5000 R의 방사선을 조사하여 뿌리 생장 촉진 효과가 관찰되었다(IAEA 1966). 삼목 번식의 경우 절단부위로부터 세포의 탈분화, 뿌리 시초, 뿌리 원기의 과정을 거쳐 뿌리가 출현, 발육한다(Hartmann *et al.* 1997). 뿌리 시초는 옥신 화합물로 알려진 co-factor의 영향을 받는다(Hartmann *et al.* 1997). 옥신은 삼목 발근에 있어 뿌리 시초를 만드는 중요한 요인으로 밝혀져 있으며 Dhindsa 등(1987)은 콩의 배측으로부터 옥신으로 뿌리 형성을 유도하는 동안 단백질과 mRNA의 패턴에서 변화를 발견하였다(Dhindsa *et al.* 1987). 포도 줄기 삼목시 VvADF 유전자가 특별히 관여하며 VvADF 유전자 발현에 Indole-3-acetic acid (IAA)가 관여한다고 한다(Thomas *et al.* 2002). 또한 삼목 발근에 관여하는 IAA는 이온화 방사선에 의해 변화한다고 하였다(IAEA 1966). Sparrow (1966)에 의해 저선량 방사선 조사시 삼목의 발근이 촉진된다는 것이 보고된 바 있으며(IAEA 1966), A-Bachir (1995)는 저선량 감마선이 Olive 삼목의 뿌리 형성에 미치는 영향을 연구한 바 있다(A-Bachir 1995).

본 연구는 냉장처리법과 감마선이 국화의 삼목 발근에 미치는 영향을 알아보고자, 저온 저장 전후에 다양한 선량의 감마선을 조사하여 그 복합처리의 영향을 분석하였다.

재료 및 방법

1. 삼수 조제와 삼아 및 방사선 조사

공시재료는 충청남도 청주 화훼 농장에서 시중에 판매를 위해 재배하고 있는 소국 품종을 이용하였다. 방사선이 국화의 삼목 발근에 미치는 영향을 알아보기 위하여 삼수를 길이 6cm, 전개엽 3매로 조제하여 대립 질석을 채운 172공 plug-tray에 삼아하였다. 방사선 조사는 한국원자력연구소의 저준위 조사시설 ^{60}Co (선원강도 150 TBq, Panoramic Irradiator, Atomic Energy of Canada Ltd.)을 이용하여 실험군별로 각각 0, 10, 20, 30, 50, 70 Gy 선량을 삼수 직전 조사하였다.

2. 삼수의 저온 저장

길이 6cm, 전개엽 3매로 조제한 삼수를 신문지에 싸서 플라스틱통에 담은 후, 건조를 방지하기 위해 폴리에틸렌 지퍼백으로 포장하여 2°C 냉온실에 저장하였다. 이때 방사선은 저장 전과 후에 각각 0, 10, 20, 30, 50, 70 Gy의 선량으로 조사하였으며 저온 기간은 4주로 하였고(Rajapakse *et al.* 1996), 방사선 조사와 저온 저장이 모두 끝난 삼수는 대립 질석을 채운 172공 plug-tray에 삼아하였다.

실험기간 중의 수분관리는 하루에 2회 10초간 분무하였고 일장은 16시간으로 조절하였다.

발근율은 삼아 5일 후부터 5일 간격으로 조사하였고 삼아 15일후 경장, 경경, 경중 등의 지상부의 생육과 근장, 근수, 근경, 근중 등 지하부의 생육을 조사하였다. 근장 근수, 근경 등에는 열면적계(ΔT Scan, England)를 이용하였다.

처리간 유의성 검정은 SPSS를 이용하여 Duncan의 다중검정을 하였다.

결과 및 고찰

1. 방사선이 국화 삼목 발근에 미치는 영향

방사선량이 발근 속도에 미치는 영향에서는 삼아 후 10일째에 0, 10, 20, 30 Gy의 선량에서 비슷한 경향을 보였으나 그 중 30 Gy가 가장 빨랐고, 50, 70 Gy의 처리에서 느린 경향을 보였다(Fig. 1). 발근 및 발근묘의 품질에는 삼목시 광(Davis *et al.* 1987), 온도(Rajapakse *et al.* 1996), 수분(Davis *et al.* 1987) 등의 외부환경요인과

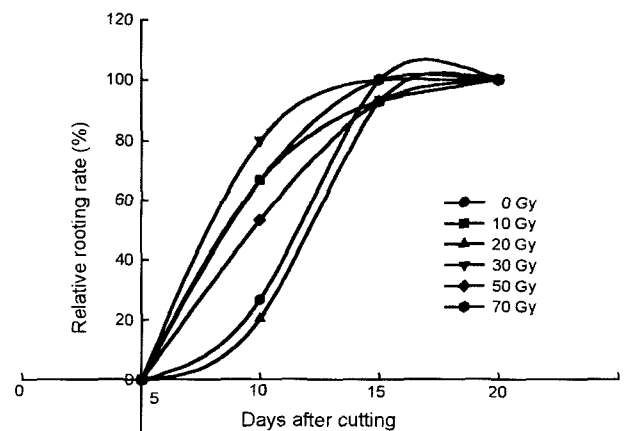


Fig. 1. Effect of irradiation on rooting of chrysanthemum cuttings.

체내 동화산물 (Grange *et al.* 1983), 호르몬 (Christopher 1990) 등의 내적 요인이 중요하게 작용하는 것으로 알려져 있다. 특히 호르몬 중 옥신은 줄기 성장과 측근형성과 관련되어 있다 (Christopher 1990).

저선량 방사선 조사의 식물생육 촉진에 관한 최근의 보고에서, 방사선 조사에 따른 생육의 변화는 옥신 평형에 대한 방사선 조사의 효과로 볼 수 있다고 하였다 (IAEA 1966). 일년생 English ivy의 경우 IAA는 뚜렷한 발근촉진 작용을 나타낸다 (Hackett 1970). 옥신은 tryptophan으로 시작한 몇가지 중간 매개물의 일련과정을 통해 생합성되며, 중간생성물에 의해 파괴될 수 있다 (Waring and Phillips 1978). Revin *et al.* (1970)은 저선량의 감마선 조사하여 tryptophan을 증가시켰으며 Stajkov *et al.*는 콩에 5~10 Gy 조사하여 Indol 옥신의 함량과 활성을 증가시켰다고 보고하였다. 30 Gy의 선량으로 조사한 것의 발근이 양호한 것은 방사선이 내성 호르몬을 변화시키는 원인으로 작용한 것으로 생각된다.

방사선 선량에 따라 지상부와 지하부의 생육을 비교한 결과는 Table 1 및 Table 2와 같다. 발근 초기인 삽목 15일째의 뿌리 개수는 30, 50, 70 Gy의 높은 선량에서 41개 정도로 0, 10, 20 Gy 처리의 44~45개에 비해 저조하였고 뿌리의 길이, 굵기, 무게는 차이를 보이지 않았다. 지상부 생육도 지하부와 비슷한 결과를 나타내었다 (Table 2). 발근 초기에 줄기의 길이는 0, 10 Gy에서 1 cm 정도 길었고 발근 후기에는 0, 10, 20, 30 Gy에서 높았다. 생체중과 경경은 발근 초기와 후기, 처리별 차이를 나타내지 않았다. 엽수는 발근 초기에는 유의한 차이를 보이지 않았으나 발근 후기에는 10, 20, 30 Gy의 선량에서

Table 1. Effect of irradiation on root growth of chrysanthemum cuttings

Time of rooting	Dose (Gy)	Root			
		Number (ea)	Length (mm)	Diameter (mm)	Weight (g)
Early	0	43.73 a ^x	9.23 b	0.61 c	0.19 a
	10	44.82 a	12.48 a	0.74 ab	0.19 a
	20	44.60 a	7.07 c	0.69 b	0.11 b
	30	41.09 a	9.03 b	0.76 a	0.14 b
	50	40.90 a	8.64 bc	0.74 ab	0.12 b
	70	41.00 a	11.37 a	0.74 ab	0.09 b
Late	0	46.00 a	26.63 bc	0.92 ab	0.51 a
	10	43.54 a	30.47 a	0.97 ab	0.55 a
	20	47.36 a	21.13 c	0.86 c	0.37 bc
	30	47.75 a	29.57 ab	0.92 abc	0.53 a
	50	45.71 a	22.84 c	0.91 bc	0.39 b
	70	25.91 b	25.19 bc	1.02 a	0.27 c

^x: Mean separation in column by Duncan's multiple range test 5% level.

Table 2. Effect of irradiation on shoot growth of chrysanthemum cuttings

Time of rooting	Dose (Gy)	Shoot			
		Length (cm)	Weight (g)	Stem diameter (mm)	Leaf number (ea)
Early	0	9.39 a ^x	1.76 ab	0.30 c	5.21 ab
	10	9.28 ab	1.93 a	0.33 abc	5.38 a
	20	8.48 c	1.59 ab	0.31 bc	4.67 b
	30	8.74 bc	1.85 ab	0.35 a	4.93 ab
	50	8.33 c	1.52 b	0.35 ab	5.00 ab
	70	8.85 abc	1.63 ab	0.34 abc	5.36 a
Late	0	10.85 b	2.68 ab	0.34 a	6.33 b
	10	11.34 a	2.73 a	0.34 a	7.42 a
	20	10.34 b	2.43 bc	0.35 a	7.14 ab
	30	10.38 b	2.66 ab	0.36 a	7.00 ab
	50	9.89 b	2.35 bc	0.36 a	6.50 ab
	70	9.83 b	2.08 c	0.35 a	6.09 b

^x: Mean separation in column by Duncan's multiple range test 5% level.

증가하는 경향을 보였다. 잎은 일반적으로 발근에 필요한 물질의 공급원으로 전개된 엽수와 발근은 정비례한다고 알려져 있다 (Reuveni *et al.* 1980). 삽목 20일째 지하부 생육이 좋은 20과 30 Gy에서 엽수가 다소 많은 것도 이 때문인 것으로 보인다. 그러나 발근 후기인 삽아 20일째에는 20, 30 Gy에서 생육이 양호하였다. 결과적으로 국화 삽아 전 방사선 조사시 발근 초기에는 대조구에 비해 방사선 처리구에는 효과를 나타내지 않지만 발근 후기에는 20, 30 Gy 선량에서 양호하여 국화의 삽아시 발근에 방사선이 영향을 미치는 것으로 생각된다.

2. 국화 삽수의 저온 저장시 방사선 조사 시기가 발근에 미치는 영향

처리 온도를 5°C로 하면 생장점 부위의 어린 조직의 부패는 줄어들지만 경엽 전체의 황화와 부패가 일어나기 쉽고 0~1°C로 처리하면, 경엽 전체의 황화와 부패는 적지만 반대로 생장점 부위의 부패가 발생하기 때문에 2~3°C가 가장 효과적이라고 알려져 있으므로 (大石 1995; Rajapakse *et al.* 1995) 본 실험에서는 처리온도를 2°C로 하였다.

Fig. 2는 저온 저장시 방사선 조사 시기에 따른 삽수의 생존율을 나타낸 것이다. 저온 저장 전에 방사선 조사를 한 경우 0에서 30 Gy까지 선량이 높아질수록 높은 생존율을 나타내고 30에서 70 Gy의 높은 선량에 이룰수록 생존율이 낮아지는 것을 볼 수 있다. 저온 저장 후에 방사선을 조사한 경우도 마찬가지로의 경향을 나타내고

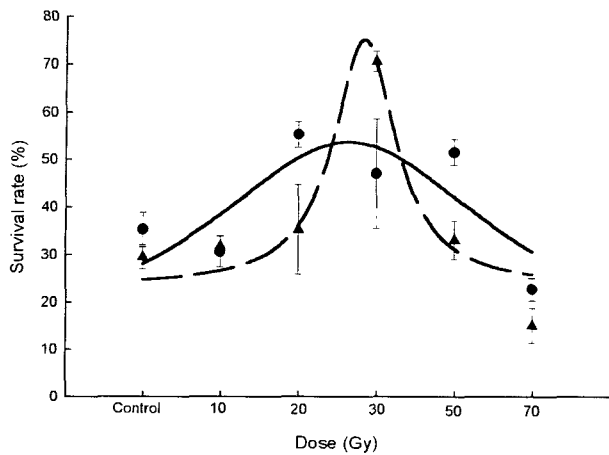


Fig. 2. Changes in survival rate according to radiation dose. The lines represent the regression of data from the pre-irradiation (circles) and postirradiation (triangles) groups.

있으나 저온 저장 전의 처리에 비해 30 Gy의 처리에서 생존율이 급격히 높아지는 경향을 보이고 있다. 이것은 저온 저장 전과 후에 방사선 조사 시기의 차이가 생존율에 영향을 미치는 것으로 생각된다. 최고 생존율은 80% 정도로 다소 낮았다. 일반적으로 암흑 조건아래 국화를 저온 저장하면 괴사(necrosis) 부위가 증가한다고 알려져 있다(Rajapakse *et al.* 1995). 본 실험에서 전체적으로 생존율이 낮은 수준인 것도 암흑 조건 아래 저온 저장하였기 때문인 것으로 생각된다.

Table 3, 4는 저온 저장과 방사선의 복합 처리시 생육 결과이다. 저온 저장 전 방사선 처리를 한 경우 20, 30, 50 Gy의 선량으로 처리하여 저온 저장했을 때 양호하였으며 50 Gy에서 근수, 근중 등의 지하부 생육이 가장 좋은 결과를 보였다. 그러나 저온 저장 후 방사선 처리를 했을 때는 선량별 지하부와 지상부 생육에 별다른 차이를 보이지 않았고 저장 전 처리에 비하여 지하부 생육이 저조하였다.

방사선 단일 처리와 저온 저장과의 복합처리시 묘의 생육을 비교하면 Table 1, 2와 3, 4에서 볼 수 있듯이 지상부 생육은 대부분의 처리에서 저온 저장 후에 방사선을 조사한 경우 양호하였으며 저온 저장을 했을 때 지하부 생육이 좋은 것으로 보아 방사선 단일 처리보다는 저온 저장후 방사선 조사를 한 경우 발근이 더 우수함을 알 수 있다.

이상에서 본 바와 같이 국화 삽아에 있어서 발근율이나 근수, 근장 등 지하부의 생육과 엽수, 초장 등 지상부 생육은 방사선량이 30 Gy일때 가장 좋았다. 방사선 조사

Table 3. Root growth of cuttings according to the time for irradiation

Time for irradiation	Dose (Gy)	Root			
		Number (ea)	Length (mm)	Diameter (mm)	Weight (g)
Pre-low temperature storage	0	34.75 bc ^x	27.50 ab	0.87 ab	0.26 bc
	10	36.00 abc	31.53 a	0.82 bc	0.24 bc
	20	41.36 ab	21.13 c	0.78 c	0.25 bc
	30	43.00 ab	30.12 a	0.81 bc	0.30 ab
	50	46.07 a	22.84 bc	0.87 ab	0.34 a
	70	29.75 c	18.53 c	0.90 a	0.23 c
Post-low temperature storage	0	31.14 a	26.86 ab	0.93 a	0.34 a
	10	32.08 a	31.01 a	0.90 ab	0.36 a
	20	32.23 a	21.18 c	0.94 a	0.33 a
	30	34.75 a	31.31 a	0.93 a	0.34 a
	50	34.58 a	23.55 bc	0.85 b	0.25 b
	70	22.20 b	21.09 c	0.84 b	0.11 c

^x: Mean separation in column by Duncan's multiple range test 5% level.

Table 4. Shoot growth of cuttings according to the time for irradiation

Time for rooting	Dose (Gy)	Shoot			
		Length (cm)	Weight (g)	Stem diameter (mm)	Leaf number (ea)
Pre-low temperature storage	0	8.43 bc ^x	2.05 ab	0.39 a	6.00 a
	10	9.00 a	1.85 b	0.32 a	5.82 a
	20	8.86 ab	1.90 b	0.34 cd	5.64 a
	30	8.60 abc	1.99 ab	0.36 abc	5.50 a
	50	8.76 abc	2.14 a	0.37 ab	5.57 a
	70	8.36 c	1.86 b	0.35 bcd	5.50 a
Post-low temperature storage	0	9.91 ab	2.12 c	0.35 ab	6.07 c
	10	9.59 ab	2.41 ab	0.37 a	6.83 a
	20	10.09 ab	2.29 bc	0.36 a	6.23 bc
	30	10.28 a	2.62 a	0.35 ab	6.75 ab
	50	8.46 c	2.29 bc	0.38 a	5.83 c
	70	9.18 bc	1.58 d	0.33 b	5.10 d

^x: Mean separation in column by Duncan's multiple range test 5% level.

와 더불어 저온 저장을 할 경우 2°C 저온저장 후에 방사선량 30 Gy로 조사하여 발근을 촉진 시킬수 있었으며 방사선 단일 처리보다는 저온 저장과 복합 처리시 묘소질을 향상 시킬 수 있었다.

따라서 방사선 조사는 국화 플러그묘 생산에 효과적으로 활용될 수 있으며 정밀한 실험을 통하여 최적 방사선량을 결정하고 저온처리 과정을 개선할 여지가 있다고 생각된다.

적 요

본 연구는 국화의 삽수 번식을 촉진할 수 있는 방사선의 적정선량 범위를 확인하고 저온저장과 방사선의 복합처리에 의한 영향을 알아보기 위해 수행하였다. 삽수를 전개엽 3매, 길이 6cm로 균일하게 잘라 실험에 사용하였다. 네 주간의 저온저장 전과 후로 나누어 0~70 Gy감마선을 조사하여 삽아하고 15일째와 20일째 발근 및 생육을 비교하였다. 그 결과 방사선 단일 처리에서는 30 Gy조사군이 높은 발근율과 빠른 근생장을 나타냈으며, 지하부 생육도 삽수 20일째 20, 30 Gy 조사군에서 양호하게 나타났다. 저온저장 후 방사선을 조사한 경우 30 Gy조사군에서 삽수의 생존율이 80%로 가장 높았다. 반면 방사선 조사후 저온저장을 시행한 경우 50 Gy 조사군에서 지하부의 생육이 가장 높았으며 저온저장 후 방사선 조사를 한 실험군에 비해 지하부 생육이 우수하였다.

사 사

본 연구는 과학기술부의 특정연구사업과 신진연구자 연수지원사업의 일환으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- 大石 一史. 1995. 農業技術大系. 花卉編 6. キク(クリサンセマム) 社団法人農山漁文化協會. p.159-161.
- A-Bachir M. 1995. The effect of low dose of gamma radiation on root formation of olive cutting. *Agribiol. Res.* 48 (2):179.
- Christopher JF. 1990. Rooting of rhododendron Anna Rose Whiney cutting as related to stem carbohydrate concentration. *Hortscience* 25(4):409-411.
- Davis TD and JR Potter. 1987. Physiological response of rhododendron cuttings to different light levels during rooting. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112(2):256-259.
- Dhindsa RS, G Dong and L Lalonde. 1987. Altered gene expression during auxin-induced root development from excised mung bean seedlings. *Plant Physiol.* 84:1148-1153.
- Grange RI and K Loach. 1983. The water economy of unrooted leafy cutting. *J. of Horticulture science* 58(1):9-17.
- Hackett WP. 1970. The influence of auxin, catechol, and methanolic tissue extracts on root initiation in aseptically cultured shoot apices of the juvenile and adult forms of *Hedera helix*. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 95:398-402.
- Hartmann HT, DE Kester, FT Daries and RL Geneve. 1997. *Plant propagation: Principles and Practices*, pp. 227-328. Prentice-hall.
- International Atomic Energy Agency. 1966 "Effects of Low Doses of Radiation on Crop Plants". IAEA Technical Report Series No. 64.
- Miller MW and WM Miller. 1987. Radiation hormesis in plants. *Health Physics* 52(5):607-616.
- Rajapakse NC and JW Kelly. 1995. Cultivar differences with respect to storage potential and carbohydrate status of rooted chrysanthemum cuttings. *Acta Hort.* 405: 427-434.
- Rajapakse NC, WB Miller and JW Kelly. 1996. Low-temperature storage of rooted Chrysanthemum cuttings: Relationship to carbohydrate status of cultivars. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 121(4):740-745.
- Reuveni O and M Raviv. 1980. Importance of leaf retention to rooting of avocado cuttings. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 106(2):127-130.
- Revin AF, YV Vasiloi and AA Narimanov. 1970. Effect of gamma-irradiation on the activity of tryptophan synthetase in plant seedlings. *Fiziol. Rast* 17(6):1271-1272.
- Thomas P and J Schiefelbein. 2002. Cloning and characterization of an actin depolymerizing factor gene from grape (*Vitis vinifera* L.) expressed during rooting in stem cuttings. *Plant Sci.* 162:283-288.
- Ussuf KK and PM Nair. 1971. Effect of gamma irradiation on indole acetic acid synthesizing system in potatoes. *Phytochemistry* 10(5):929-937.
- Waring PF and DZ Phillips. 1978. *The control of growth and differentiation in plants*. Oxford-London.

(Received 14 October 2002, accepted 8 November 2002)