

저선량 방사선이 참박의 초기생육과 생리활성에 미치는 효과

김재성 · 이영근 · 박홍숙 · 백명화 · 정규희¹⁾

한국원자력연구소 동위원소·방사선응용연구팀 · ¹⁾경기대학교 생물학과

Effects of low dose gamma radiation on the early growth and physiological activity of gourd (*Lagenaria leucantha* L.)

Jae-Sung Kim, Young-Keun Lee, Hong-Sook Park, Myung-Hwa Back, Kyu-Hoi Chung¹⁾ (Korea Atomic Energy Research Institute, Taejon, 305-353, Korea, ¹⁾Kyonggi University, Suwon, 442-760, Korea)

ABSTRACT : To observe the stimulating effects of low dose γ -radiation on the seed germination, early growth and physiological activity in the gourd, seeds of three cultivars (Partner, Support, FR Yongja) were irradiated at the dose of 0.5~30 Gy. The hormetic effects of the low dose γ -radiation on the growth were different from each cultivar. Low dose γ -radiation had promoting effects on the germination at the optimum dose of 2 Gy and 8 Gy and on the early growth at the optimum dose of 4 Gy, 16 Gy and 20 Gy in Partner and Support cultivar and 1 Gy in FR Yongja cultivar. Irradiation didn't have significant effects on the chlorophyll contents of gourd plantlet. The antioxidant enzyme activity of gourd plantlet and early growth increased in low dose irradiation group.

Key words : antioxidant enzyme, chlorophyll, early growth, gourd, γ -ray

서 론

생물체는 이온화방사선에 피폭될 경우 체내에 있는 수분이나 유기화합물의 해리로 생성된 유리기에 의해 조직이나 기관에 방사선 장해를 유발하여 종이나 계통 및 부위와 생육시기에 따라 다르나 생장억제 또는 지연, 질병감염을 증가, 노화촉진 등이 일어나고 심하면 치사하게 된다^{1,2)}. 이러한 방사선 특성을 이용하여 농업분야에서는 들연변이 육종, 식품멸균, 살충 등에 고선량 방사선을 많이 이용하고 있다. 그러나 생물체가 급성조사에서는 치사선량에 해당하는 총선량을 저선량으로 장기간에 걸친 피폭실험을 수행해 보면 중대한 장해를 나타내지 않음을 볼 수 있다.

저선량의 이온화방사선의 피폭효과는 hormesis의 일반적인 개념, 즉 유해작용을 가진 물질이 유해량 이하의 투여에서는 생물체를 자극한다는 법칙과 일치한다. 이온화방사선의 종류에 상관없이 거의 비슷한 생물학적 영향을 보여주며 계통발생을 통해서 생물체는 저선량의 이온화방사선에 자극받아 발아, 출아, 생장과 발육의 촉진, 수량구성요소의 증가 등이 식물에서 관찰되었다^{2,3)}. 채소원예작물에서는 상당한 변이를 보여주고 있으나 발아증가와 생육촉진 및 수량증가에 대해 많이 보고되어 있으며^{4,5,6)}, 특히 묵은 종자의 발아와 초기생육을 촉진하는 효과가 있었다^{7,8,9)}. 또한 저선량 조사한 작물의 광합성과 핵산합성⁴⁾, 호흡과 양분흡수량¹⁰⁾, 효소활성¹¹⁾ 증가 등에 관한 보고가 있다. 본 실험에서는 참박종자

의 발아와 초기생육 및 유효생리활성에 미치는 저선량 γ 선의 조사효과를 품종별로 관찰하여 보고하는 바이다.

재료 및 방법

공시품종

시험재배용 참박품종 (*Lagenaria leucantha* L.)으로는 농우종묘의 Partner와 Support 2품종과 중앙종묘의 내병FR용자 품종을 종묘회사로부터 직접 분양받았는데 이들 종자는 발아율이 저조하여 폐기하려는 묵은 종자였다.

방사선조사

저선량 방사선 조사에 사용한 조사시설은 한국원자력연구소에서 보유중인 저준위조사시설 (⁶⁰Co)을 이용하여 γ 선을 0, 0.5, 1, 2, 4, 8, 12, 16, 20, 30 Gy의 10수준으로 건조종자에 직접 조사하였다. 조사선량율은 Fricke dosimeter로 측정하였다¹²⁾.

온실재배실험

1999년 3월 31일에 γ 선을 조사한 직후에 종자 150립을 배양토와 마사토가 1:1로 섞인 소형 50구 연결 pot에 1립씩 3반복으로 파종하여 온실에서 발아시켜 발아율을 조사한 후 파종 35일 만인 5월 4일에 식물체 시료중 일부는 초장, 생체중, 직경 등의 생육을

조사하였고 일부는 엽록소와 효소활성 시료로 사용하였다.

결과 및 고찰

엽록소 함량분석

엽록소 함량은 Arnon¹³⁾ 방법을 참조하여 생육조사시 참박 유식 물체 잎조직 0.5 g을 채취한 후, 액체질소를 사용하여 얼린 다음 막자사발에서 마쇄하여 15 ml falcon tube에 옮긴 후 10 ml의 80% acetone으로 암상태 (4℃)에서 24시간 추출한 다음 여과지 (Watman No.41)로 여과하여 80% acetone으로 10배 희석한 후 Shimadzu사의 UV-1601PC spectrophotometer를 사용하여 파장 652 nm에서 흡광도를 측정하였다.

항산화효소 활성 분석

1) 조효소액의 추출

참박 유식물체 잎조직 0.5 g을 액체질소를 사용하여 얼린 다음 막자사발에서 마쇄한 후 0.05 M 인산완충액 (pH 7.0) 1.0 ml을 첨가한 다음 4℃에서 10,000 g로 10분간, 11,000 g에서 15분간 원 심분리하여 얻은 상등액을 조효소액으로 사용하였다. 단백질 정량은 BSA를 표준단백질로 사용한 Bradford¹⁴⁾의 방법에 따라 측정하였다.

2) 항산화효소 활성 측정

Peroxidase (POD) 활성은 pyrogallol (Sigma, Cot# P-0381)을 기질로 사용한 Sigma사의 방법에 따라 측정하였다. 조효소액 100 μl를 3 ml cuvette에 넣고 0.1 M 인산완충액 (pH 6.0) 0.32 ml, 0.147 M H₂O₂ 0.16 ml, 5% pyrogallol 용액 0.32 ml과 증류수 2.1 ml을 함께 섞은 후, 420 nm에서 20초간 상온에서 흡광도 변화를 측정하여 구하였다. UV 측정시 반응액의 흡광도가 0.4~0.7이 되도록 조효소액을 희석하여 효소활성을 측정하였다. POD 활성은 다음의 식으로 구하였다. POD 활성 (unit/g 건물중)=[(ΔA₄₂₀/20sec) × (희석배율)]/(12' × g시료/ml 반응액). 여기서 12'은 420 nm에서의 흡광계수이다.

Catalase (CAT) 활성은 기질인 H₂O₂의 감소량을 측정하는 방법¹⁵⁾을 사용하였다. 효소측정을 위한 반응용액은 0.053 M H₂O₂ 1 ml, 효소액 0.1 ml, 0.05M 인산완충액 (pH 7.0) 1.9 ml의 혼합액으로 하여, 효소활성 (unit)은 cuvette내에서 효소에 의한 H₂O₂의 분해를 240 nm의 흡광도감소를 1분간 측정하여 다음의 식으로 계산하였다. CAT 활성 (unit/g 건물중)=(ΔA₂₄₀/min × 희석배율)/(2×43.6°). 여기서 43.6°은 240 nm에서 H₂O₂의 흡광계수이다.

발아 및 초기생육에 미치는 효과

저선량 방사선에 의한 식물 자극촉진 규명의 일환으로 묵은 참박의 폐기종자에 저선량 γ선을 조사하여 온실에서 조사한 발아율은 표 1에서 보는바와 같이 시험한 세품종 모두 발아율이 저조하였다. 품종 Partner의 경우 세 품종중에서 가장 높은 발아율을 보였는데 8 Gy 조사구만이 68.3%로 대조구의 63.3%에 비해 5% 정도 높은 반면 나머지 저선량 조사구 모두가 대조구보다 낮은 발아율을 보여 방사선에 의해 발아율이 억제되는 경향을 보였다. Support 품종과 FR용자에서는 저선량 조사에 의한 발아율 증가 효과가 대부분의 저선량 조사구에서 나타났는데, Support의 경우 2 Gy 조사구가 66.7%로 대조구의 41.7%에 비해 통계적으로 높은 유의성있는 (p<0.01) 증가효과를 보였고 다음이 0.5 Gy 와 16 Gy 조사구의 55.0% 순이었다. FR용자에서도 대조구가 30.0%로 매우 낮은 발아율이었는데 4 Gy 조사구에서 53.3%로 통계적으로 유의성있는 (p<0.05) 증가를 보였고, 다음이 2 Gy와 12 Gy 조사구의 43.3% 였다. 파종 35일 후에 조사한 유효초장의 경우 세품종 모두 거의 모든 저선량 조사구에서 대조구에 비해 양호한 생육을 보였다(표 2). Partner의 경우 30 Gy 조사구만이 14.2 cm로 대조구의 14.9 cm보다 낮은 초장을 보였으나 16 Gy, 12 Gy, 20 Gy 조사구에서는 각각 19.3 cm, 19.2 cm, 18.8 cm로 통계적으로 고도의 유의성있는 (p<0.001) 초기생육 촉진효과를 보였다. Support 품종에서는 저선량 조사구 모두가 대조구 17.1 cm에 비해 높은 초장을 보였는데 20 Gy 조사구가 22.6 cm로 가장 높았고 다음이 2 Gy와 16 Gy의 22.5 cm와 0.5 Gy의 20.9 cm순으로 통계적으로 고도의 유의성 있는 (p<0.001) 증가효과를 나타내었다. FR용자의 초장에서도 저선량 조사구 모두가 대조구 15.2 cm에 비해 높았는데 1 Gy 조사구가 22.0 cm (p<0.001)로 가장 높았고, 다음이 30 Gy 조사구의 20.9 cm (p<0.001)와 0.5 Gy와 4 Gy 조사구의 19.8 cm (p<0.01) 순으로 통계적으로 유의성있는 초장증가를 보여주었다.

유효의 생체중에서도 저선량 조사구가 세 품종 모두에서 대조구보다 높은 값을 보였다. Partner 품종에서는 대조구 2.7 g에 비해 16 Gy 조사구가 4.5 g (p<0.01)으로 가장 높았으며 다음이 12 Gy와 20 Gy 조사구가 4.3 g (p<0.001) 순이었고, Support 품종에서는 20 Gy와 16 Gy 조사구가 각각 4.6 g (p<0.001)과 4.5 g (p<0.01)으로 대조구의 3.0 g에 비해 유의성있는 증가를 보였다. FR용자에서는 대조구의 3.6 g에 비해 1 Gy와 2 Gy 조사구가 각각

Table 1. Germination rate of gourd developed from seeds irradiated with different doses of gamma radiation in the pot experiment

Dose (Gy)	0	0.5	1	2	4	8	12	16	20	30
Partner	63.3±1.7 [†]	55.0±12.6	56.7±4.4	48.3±4.4	53.3±6.0	68.3±1.7	40.0±8.7	46.7±6.7	46.7±14.2	55.0±11.5
Support	41.7±6.0	55.0±2.9	48.3±15.9	66.7 ^{**} ±3.3	46.7±10.9	41.7±1.7	33.3±10.9	55.0±7.6	45.0±10.0	41.7±12.0
FR Yongja	30.0±5.0	35.0±5.0	36.7±4.4	43.3±6.0	53.3 [*] ±6.0	36.7±6.0	43.3±13.0	38.3±4.4	23.3±1.7	38.3±7.3

† ; Figure represents the mean and the standard error of 3 repetitions. *, ** ; Significant at 5% and 1% level, respectively.

Table 2. Growth response of gourd developed from seeds irradiated with different doses of gamma radiation in the pot experiment

Dose (Gy)	Seedling height (cm)			Fresh weight (g/plant)			Stem diameter (mm)		
	Partner	Support	FR Yongja	Partner	Support	FR Yongja	Partner	Support	FR Yongja
0	14.9±0.4 [†]	17.1±0.5	15.2±0.7	2.7±0.2	3.0±0.2	3.6±0.6	3.3±0.1	3.7±0.2	3.7±0.3
0.5	16.5 ^{**} ±0.3	20.9 ^{***} ±0.6	19.8 ^{**} ±1.2	3.2 [*] ±0.2	4.1 ^{**} ±0.2	4.9±0.7	3.3±0.2	3.9±0.2	4.3±0.3
1	17.9 ^{***} ±0.5	20.2 ^{***} ±0.5	22.0 ^{***} ±0.9	3.7 ^{**} ±0.2	3.8 [*] ±0.2	5.7±1.4	3.7 [*] ±0.1	3.8±0.2	5.1 ^{**} ±0.0
2	18.2 ^{***} ±0.4	22.5 ^{***} ±0.5	19.5 [*] ±1.9	3.9 ^{***} ±0.2	4.3 [*] ±0.5	5.1±1.0	3.5±0.2	3.8±0.3	4.5±0.4
4	16.4 [*] ±0.7	19.9 ^{***} ±0.3	19.8 ^{***} ±0.5	3.2±0.2	3.7 [*] ±0.2	4.7±0.4	3.8 ^{**} ±0.1	4.0±0.1	4.8 ^{**} ±0.2
8	18.0 ^{***} ±0.3	17.7±0.5	15.7±1.6	3.8 ^{**} ±0.3	3.5±0.2	3.8±1.1	3.7 [*] ±0.2	3.3±0.2	4.6±0.5
12	19.2 ^{***} ±0.4	20.3 ^{***} ±0.6	17.6 [*] ±1.0	4.3 ^{***} ±0.3	3.7 [*] ±0.3	3.9±0.6	3.8 [*] ±0.2	3.5±0.1	4.4 [*] ±0.3
16	19.3 ^{***} ±0.5	22.5 ^{***} ±0.5	19.2 [*] ±1.7	4.5 ^{**} ±0.5	4.5 [*] ±0.4	4.5±1.3	3.5±0.2	4.0±0.2	4.2±0.4
20	18.8 ^{***} ±0.3	22.6 ^{***} ±0.7	17.8±2.3	4.3 ^{***} ±0.3	4.6 ^{***} ±0.3	3.6±1.1	3.8 [*] ±0.2	3.8±0.1	4.4±0.4
30	14.2±2.3	19.6 ^{**} ±0.6	20.9 ^{***} ±1.1	4.2±1.3	3.4±0.2	4.8±1.0	3.5±0.4	3.5±0.2	4.8 [*] ±0.3

† ; Figure represents the mean and the standard error of 30 plants.

*, **, *** ; Significant at 5%, 1% and 0.1% level, respectively.

5.7 g과 5.1 g으로 높은 증가를 보였으나 통계적으로 유의성은 없었다.

참박의 줄기직경에서도 저선량 조사에 의해 대체로 증가하는 경향을 보였는데, Partner 품종에서는 4 Gy와 12 Gy 및 20 Gy 조사구가 모두 3.8 mm로 대조구의 3.3 mm에 비해 유의성있는 생장증가를 보였고 1 Gy와 8 Gy 조사구가 3.7 mm로 다음순이었다. Support 품종에서는 4 Gy와 16 Gy 조사구가 4.0 mm로 가장 높았고 다음이 0.5 Gy 조사구가 3.9 mm로 대조구의 3.7 mm에 비해 높았으나 통계적 유의성은 없었다. FR용자에서는 대조구의 3.7 mm에 비해 1 Gy 조사구가 5.1 mm로 통계적으로 높은 유의성있는 (p<0.01)증가효과를 보였고 다음이 4 Gy와 30 Gy 조사구가 4.8 mm로 유의성있는 (p<0.05)증가를 나타내었다. 이상의 결과로 볼 때 저선량에 의한 참박의 생육효과는 품종에 따라 다른 경향을 보였는데 종자발아율의 경우는 2 Gy와 8 Gy에서 효과가 있었고 초기생육은 Partner와 Support 품종에서는 4 Gy, 16 Gy, 20 Gy가 FR용자에서는 1 Gy가 효과적이었다.

김²⁾과 Luckey³⁾는 저선량 방사선 조사에 의한 채소종자의 발아율과 초기생육 촉진 및 생장증대에 대해 종합 고찰하였고, Kuzin¹¹⁾은 배추종자에 5~10 Gy의 X선을 조사하여 발아와 생육 촉진 및 20% 이상의 수량증가 효과를 보고하였다. 김 등⁵⁾은 시판중인 몇 가지 배추와 무의 종자에 저선량 γ 선을 조사하여 0.2~4 Gy 범위에서 발아와 초장 등이 증가하였으나 품종에 따라 적정선량이 다르다고 하였다. 이 등^{7,8)}은 고추와 파종자에 저선량 γ 선을 조사하여 발아율과 초기생육을 조사한 보고에서 신규 종자보다도 묵은 종자에서 그 효과가 뚜렷하였다.

엽록소함량 변화

저선량 γ 선을 조사하여 재배한 참박 유식물체중 생육에 다소 차이를 보인 저선량 조사구 1 Gy, 4 Gy, 8 Gy, 16 Gy, 30 Gy 조

사구와 무조사한 대조구를 선정하여 생육을 조사한 후에 잎중의 엽록소함량을 분석한 결과는 그림 1에서 보는바와 같이 생육과 뚜렷한 어떠한 경향을 보이지 않았다.

품종 Partner의 경우 초장과 생체중이 낮고 직경이 큰 4 Gy 조사구만이 19.69 mg/g으로 대조구의 16.74 mg/g보다 높았고 나머지 조사구는 같거나 적은 값을 보였다. Support 품종에서도 생육이 빈약했던 1 Gy와 8 Gy 조사구가 각각 24.75 mg/g와 23.61 mg/g으로 대조구의 22.06 mg/g보다 높은 값을 나타냈고 생육이 양호하였던 16 Gy 조사구에서는 19.83 mg/g으로 대조구보다 낮았다. FR용자에서는 저선량 조사구가 대조구에 비해 생육이 모두 양호하였으나 엽록소함량은 모두 대조구보다 낮은 값을 보였다.

저선량 방사선 조사에 의한 식물의 생리활성 증진효과 중에는 광합성능⁴⁾, 엽록소 함량^{15,16)} 및 효소 활성^{10,17,18)} 증가 등 많은 결과들이 보고되어 있다. Gorlanov¹⁵⁾는 강남콩 종자에 저선량 γ 을 10~20 Gy 조사하여 발근촉진 효과와 함께 잎의 엽록소 함량이

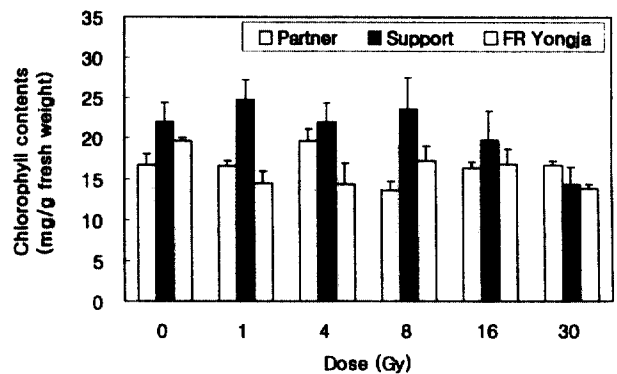


Fig. 1. Chlorophyll contents of gourd developed from seeds irradiated with different doses of gamma radiation. Bars represent the standard error of the mean.

대조구에 비해 높았다고 하였으며, Pal¹⁶⁾도 저선량 조사한 토마토의 생육촉진과 엽록소 함량이 증가하였다고 보고하였다. 본 실험에서는 품종에 따라 다른 경향을 보이면서 저선량 조사에 의한 뚜렷한 경향을 보이지 않아 계속해서 관찰할 필요가 있겠다.

항산화효소 활성 변화

저선량 조사한 참박 유식물체중의 엽록소함량 분석과 함께 항산화효소 활성도 함께 분석하였다. 잎중의 POD 활성은 그림 2에서 보는바와 같이 Patner와 Support 품종은 모두 저선량 조사구가 대조구에 비해 높은 활성을 보였으나 품종별로 다른 경향을 보였고 생육상황과도 어떠한 뚜렷한 상관성이 없었다. Patner의 경우 대조구의 18.96 unit에 비해 8 Gy 조사구가 34.27 unit로 가장 높았고 다음이 1 Gy와 30 Gy로 각각 28.43 unit와 27.37 unit순이었다. Support 품종에서는 1 Gy 조사구가 39.72 unit로 가장 높았고 다음이 4 Gy 와 30 Gy 조사구로 각각 39.47 unit와 35.66 unit로 대조구의 25.61 unit에 비해 통계적으로 유의성있는 ($p < 0.05$) 증가를 보였다. FR용자에서는 4 Gy와 8 Gy 조사구가 각각 50.48 unit와 36.71 unit로 대조구 32.38 unit보다 높은 값을 보였으나 30 Gy와 16 Gy 조사구는 각각 28.39 unit와 22.79 unit로 대조구보다 낮은 값을 보였다.

그림 3은 CAT 활성을 나타낸 것인데 세 품종 모두 1 Gy와 4 Gy 조사구가 가장 높은 값으로 대조구에 비해 통계적으로 유의성있는 증가경향을 보였다. 이상의 결과로 볼 때 저선량 조사에 의한 참박의 초기생육과 항산화효소 활성은 어떤 뚜렷한 상관관계를 나타내지는 않았으나 저선량 조사에 의해 초기생육과 항산화효소 활성은 대체로 증가하는 경향을 보였다. 품종별로도 다른 경향을 보였는데 Patner와 Support 품종에서는 생육이 양호한 저선량 조사구는 항산화효소 활성이 낮았고 생육이 대체로 빈약한 조사구에서 항산화효소 활성이 높았으나 FR용자에서는 발아와 생육이 양호한 조사구에서 항산화효소 활성도 대체로 높았다. 본 자료는 짧은 기간 초기생육에서의 분석결과이므로 생육시기별로 더 많은 선량에서 좀 더 세밀한 관찰이 필요하다고 사료된다.

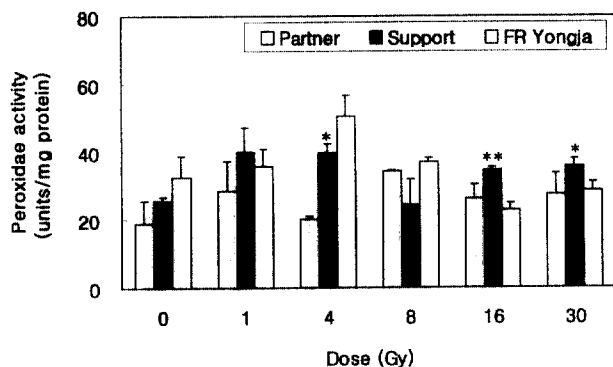


Fig. 2. Peroxidase activity of gourd developed from seeds irradiated with different doses of gamma radiation. Bars represent the standard error of the mean.

*, ** ; Significant at 5% and 1% level, respectively.

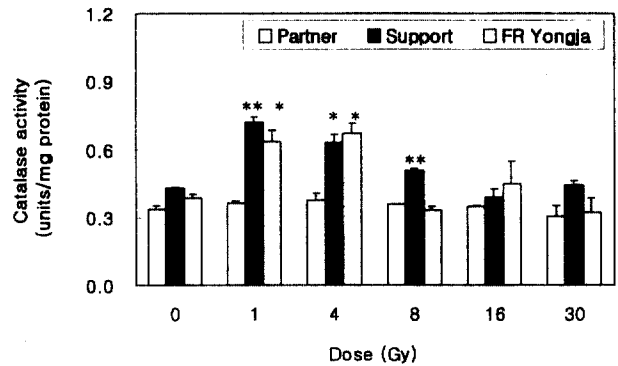


Fig. 3. Catalase activity of gourd developed from seeds irradiated with different doses of gamma radiation. Bars represent the standard error of the mean.

*, ** ; Significant at 5% and 1% level, respectively.

Zhezhe¹⁷⁾은 식물에 저선량 방사선을 조사하면 POD 활성과 단백질 함량이 증가한다고 하였으며 이 등¹⁹⁾의 보고에 의하면 카사바 세토펙터리에 방사선 조사시 선량 증가에 따라 생육이 감소하였으나 POD 활성은 증가하여 70 Gy 조사구에서는 250% 증가하였다. Sah와 Pramanik¹⁸⁾은 보리종자에 유해한 방사선량을 조사한 결과 유효초장은 감소하였으나 POD 활성은 35~100% 증가하였다고 보고하였다. Garg 등¹⁰⁾은 겨자종자에 방사선 조사시 저선량에서는 발아와 생장이 촉진되고 CAT 활성도 증가하였으나 고선량에선 감소하였다고 하였고 이 등¹⁹⁾은 CAT 활성이 방사선 조사에 별 영향이 없다고 하였다.

요 약

저선량 방사선조사에 의한 참박의 초기생육과 유묘 생리활성에 미치는 영향을 보고자 세 품종의 참박종자에 γ 선을 0.5~30 Gy 까지 조사하여 온실에서 재배하며 관찰한 결과는 다음과 같다.

저선량에 의한 참박의 초기생육 효과는 품종에 따라 다른 경향을 보였는데 종자발아율의 경우는 대체로 2 Gy와 8 Gy에서 효과가 있었고, 초기생육에서는 Patner와 Support 품종에서는 4 Gy, 16 Gy, 20 Gy 조사구에서, FR용자는 1 Gy 조사구에서 효과적으로 증가하였다. 저선량 γ 선을 조사한 참박 유식물체의 엽록소함량은 생육과 어떠한 경향을 보이지 않았으나 초기생육과 항산화효소 활성은 저선량 조사에 의해 대체로 증가하는 경향을 보였다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부의 원자력연구개발사업의 일환으로 수행 되었음.

참 고 문 헌

1. Dubner, D., Gircone, P., Jaitovich, I. and Perez, M. (1995) Free radicals production and estimation of oxidative stress related to gamma irradiation. *Biol. Trace. Elem. Res.* 47, 265-270.
2. Kim, J. S. and Lee, Y. B. (1998) Ionizing radiation hormesis in crops. *Korean J. of Environ. Agri.* 17(1), 76-85
3. Luckey, T. D. (1980) Hormesis with ionizing radiation. CRC press. Inc. Boca Raton. Fla.
4. Vlasjuk, P. A. (1964) Effect of ionizing radiation on the physiological-biochemical properties and metabolism of agricultural plants. *Inst. Fiziol. Biokhim. Rast. SSR.* 24-31.
5. Kim, J. S., Kim, J. K., Lee, E. K. and Lee, Y. B. (1997) Radiation hormesis on the growth of chinese cabbage and radish. *Korean J. of Environ. Agri.* 16(4), 390-393
6. Kim, J. S., Kim, J. K., Lee, Y. K., Back, M. H. and Kim, J. K. (1998) Effects of low dose gamma radiation on the germination and yield components of chinese cabbage. *Korean J. of Environ. Agri.* 17(3), 274-278.
7. Lee, E. K., Kim, J. S., Lee, Y. K. and Lee, Y. B. (1998) The Acceleration of germination in welsh onion seed irradiated with the low dose γ -ray radiation. *Korean J. of Environ. Agri.* 17(4), 215-219.
8. Lee, E. K., Kim, J. S., Lee, Y. K. and Lee, Y. B. (1998) Effect of low dose γ -ray irradiation of the germination and growth in red pepper (*Capicum annuum* L.). *Korean J. of Horti. Sci.* 39(6), 670-675.
9. Kim, J. S., Lee, Y. K., Back, M. W., Lee, Y. B. and Park, Y. S. (1999) Influence of the low dose gamma-ray radiation on the old seed germination and growth of chinese cabbage. *Korean J. of Environ. Biol.* 17(1), 11-15.
10. Garg, C. K., Tirwari, B. and Singh, O. (1972) Effect of presowing gamma irradiated seeds in relation to the germination behavior of Indian colza (*Brassica campestris* L. var. Sarson Prain). *Indian J. Agric. Sci.* 42, 553.
11. Kuzin, A. M., Vagobova, M. E. and Revin, A. F. (1976) Molecular mechanism of stimulating action of an ionizing radiation on seeds. II. Activation of protein and high molecular weight RNA synthesis. *Radiobiology(Moscow).* 16, 259.
12. Niels, W. H. and Roger, J. B. (1970) Manual on Radiation Dosimetry Mard Dekker Inc. New York.
13. Arnon, D. L. (1949) Copperenzymes in isolated chloroplasts polyphenoloxidase in veta vulgaris. *Plant Physiol.* 24, 1-15.
14. Bradford, M. M. (1976) A rapid sensitive method for quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal Biochem.* 72, 248-254.
15. Gorlanov, N. A. (1973) Change in chlorophyll and its properties in the leaves of rotting kidney bean cuttings, grown from gamma irradiated seeds. *Radiobiology (Moscow).* 13, 634.
16. Pal, I. (1975) Investigation on the effects of seed irradiation of plants in a phytotron. I. Tomato. *Stim. Newsl.* 8, 23-36.
17. Zhezhe, N. G. (1968) Studies on the mechanism of the biological effect of small doses of ionizing radiation in plant. *Vestsel'Skokhoz Nauk.* 8, 123.
18. Sah, N. K. and Pramanik, S. S. (1996) Peroxidase changes in barley induced by ionizing and thermal radiation. *Int. J. Radiat Biol.* 69, 107-111.
19. Lee, H. S., You, S. H., Kwon, S. Y., Kim, J. S. and Kwak, S. S. (1999) Gamma radiation-induced changes of antioxidant enzymes in callus cultures of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) *Korean J. Plant Tissue Culture.* 26(1), 53-58