

저선량 γ 선 조사가 배추종자의 발아와 수량에 미치는 효과

김재성 · 김진규 · 이영근 · 백명화 · 김정규¹⁾
한국원자력연구소, ¹⁾고려대학교 자연자원대학

Effects of low dose gamma radiation on the germination and yield components of chinese cabbage

Jaе-Sung Kim, Jin-Kyu Kim, Young-Keun Lee, Myung-Wha Back and Jeong-Kyu Gim¹⁾(Korea Atomic Energy Research Institute, Taejon, 305-353, Korea, ¹⁾College of Natural Resources, Korea University, Seoul, 136-701, Korea)

ABSTRACT : To observe the stimulating effects of low-dose γ -radiation on the chinese cabbage, 1~5 years old seeds were cultivated in the green house and the experimental field after irradiation of 0.5Gy~30.0Gy and the growth characters of them were investigated. The germination rates and the seedling heights of old seeds increased positively in the green house, but different from each other depending on their period of storage. Those of 3-, 4-, and 5-year old seeds increased remarkably at the 4.0Gy-, 1.0Gy-, and 0.5Gy-irradiation group respectively. However, in the case of 1-year and 2-year old seeds, there were not significant effects of irradiation except the increase of seedling height. There were significant increasing effects of radiation on the plant height, fresh weight, and diameter of all seeds grown in the experimental field of 4.0Gy- and 8.0Gy-irradiation group, including the corresponding effects of 1-year and 2-year old seeds in 20.0Gy- and 30.0Gy-irradiation group.

서 론

방사선중 γ 선은 의학과 농학분야에서 많이 이용되고 있는데 치료에 사용하는 γ 선량은 통상 원자력 작업종사자 또는 원자력산업 관련 지역주민들의 피폭에 비해 상당히 높은 선량이며, 농업분야에서도 고선량 방사선이 식품첨가물, 살충, 돌연변이 육종, 해충구제, 발아억제 등에 사용되고 있는데 대부분이 유해효과를 나타내는 고선량으로 실험을 수행하였기 때문에 저선량에서의 hormesis 효과에 대한 어떤 암시도 줄 수 없었다^{1,2,3)}.

방사선 자극작용의 연구에서 적당한 저선량으로 식물을 조사하면 뿌리혹 형성과 토양의 질산화작용이 증가하였고 생장, 번식, 저항성, 생존율 등이 저선량 γ 선 조사 후에 증가하였으나 고선량에서는 유해하였다^{4,5,6)}. 곡물류 종자와 식물체의 방사선 조사에 대해 상당한 자극작용이 나타났는데, 대조구에 비해 120%의 수량증가와 악조건 하에서 발아증가와 병에 대한 저항성 증가 등이 많이 보고되었다^{1,3,6)}. 채소원예작물에 대한 연구는 상당한 변이를 보여주는데 토마토의 발아증가와 생육촉진 및 수량증가에 대해 많이 보고되어 있으며^{7,8,9)}, 무 종자에 대한 γ 선 조사에서도 발아와 생육촉진 및 수량증가 등이 보고되었다^{8,10,11)}. Kuzin¹²⁾은 배

추종자에 저선량 γ 선을 조사하여 발아와 생육촉진 효과를 보고 하였으며, 저자들¹³⁾이 배추와 무의 종자에 저선량 γ 선을 조사하여 발아와 초기생육에서 비슷한 효과를 관찰하였는데 본 실험에서는 1년에서 5년까지 저장기간이 다른 배추종자에 저선량 γ 선을 조사하여 발아와 수량구성에 미치는 영향을 조사하고자 온실과 포장 실험을 수행하였다.

재료 및 방법

공시품종

시험재배용 배추품종으로는 흥농종묘의 tropic emperor를 선정하였으며, 종자 저장기간에 따른 저선량 방사선효과를 보고자 1992년산 (5년저장), 1993년산 (4년저장), 1994년산 (3년저장), 1995년산 (2년저장), 1996년산 (1년저장) 종자를 분양 받았다.

방사선조사

저선량 방사선 조사에 사용한 조사시설은 한국원자력연구소에서 보유중인 저준위 조사시설 (⁶⁰Co)을 이용하여 0, 0.5Gy, 1.0Gy, 2.0Gy, 4.0Gy, 8.0Gy, 12.0Gy, 16.0Gy, 20.0Gy, 30.0Gy의 10수준으로 건조종자에 직접 조사하였으

며 조사선량율은 Fricke dosimeter로 측정하였다¹⁰⁾.

온실재배실험

1997년 7월 28일에 γ 선을 조사한 직후에 종자 150립을 배양토와 질석이 1:1로 섞인 소형 50구 연결 pot에 1립씩 3반복으로 직파하여 온실에서 재배하였고 파종 2주후인 8월 12일에 발아율과 유효초장을 측정하였다.

포장재배실험

방사선 조사 다음날인 7월 29일에 종자 2~3립씩을 원자력 시험농장의 포장에 직파하였으며, 파종 2주후 정선하여 1줄당 7주씩 5줄, 3반복으로 일반 관행에 따라 비배관리하여 재배하였고, 파종 70일 후인 10월 7일에 5줄중 가운데 3줄씩 처리당 약 20주씩 수확하여 초장, 직경, 생체중을 측정하였다.

결과 및 고찰

온실 초기생육에 대한 효과

유효기간이 지난 묵은 종자의 활용 가능성에 대한 연구의 일환으로 1년에서 5년까지 저장기간이 다른 묵은 배추종자에 저선량 γ 선을 조사하여 온실에서 소형 pot에 파종하여 재배한 배추종자의 발아율과 유효초장은 표 1에서 보는바와 같이 저장기간에 따라 다른 경향을 보였는데 저장기간이 짧은 1995년과 1996년산 종자의 발아율에서는 저선량 조사에 의한 효과를 볼 수 없었으나 유효초장은 다소 생육이 촉진되었으며 5년에서 3년정도 묵은 종자인 1992~1994년산 종자에서는 발아율과 유효초장이 저선량 조사에 의한 증가효과가 뚜렷하게 나타났다. 즉 5년 묵은 종자인 1992년산 종자의 4.0Gy 조사구에서는 발아율과 유효초장이 75%와 8.3cm로 대조구의 68%와 7.8cm에 비해 각각 10%

와 6% 정도 증가하였고 30.0Gy 조사구의 경우 발아율은 50%로 대조구에 비해 30% 정도로 감소하였으나 유효초장은 9.2cm로 대조구에 비해 18% 정도 유의성있는 ($p < 0.05$) 증가를 보였다. 4년 묵은 종자인 1993년 종자에서는 저선량 효과가 더욱 뚜렷하였는데 1.0Gy 조사구의 발아율과 유효초장이 85%와 8.4cm로 대조구의 72%와 7.2cm에 비해 각각 18%와 17% ($p < 0.05$) 증가하였고 2.0Gy 조사구의 발아율은 가장 높은 87%로 대조구에 비해 20% 정도 증가하였고 12.0Gy 조사구의 유효초장은 8.6cm로 대조구에 비해 19% ($p < 0.01$) 정도로 고도의 유의성있는 증가를 보였다. 3년 묵은 종자인 1994년산 종자에서는 0.5Gy 조사구가 발아율과 유효초장이 85%와 9.1cm로 대조구의 77%와 7.8cm 비해 각각 10%와 17% ($p < 0.05$) 정도 증가하였으며 2.0Gy 조사구의 발아율이 87%로 가장 높았다. 농가 보급용인 2년과 1년 묵은 종자인 1995년산과 1996년산 종자의 발아율에서는 대조구가 각각 87%와 98%로 높아 저선량에 의한 발아율 증가효과를 볼 수 없었으며 유효초장에서도 1995년산 종자에서는 대조구와 비슷한 생육을 보였으나 1996년산 종자에서는 저선량 조사에 의해 초장이 대조구보다 증가하였는데 특히 4.0Gy와 30.0Gy 조사구가 각각 9.4cm와 10.0cm로 대조구의 8.3cm에 비해 약 10%와 20% 정도로 유의성 있는 ($p < 0.05$) 증가를 보였다.

포장수량에 대한 효과

저장기간이 다른 배추종자의 포장수량에 미치는 저선량 γ 선 조사효과를 보기위하여 초장, 생체중, 직경을 조사한 결과는 5년 저장종자인 1992년산의 경우는 그림 1에서 보듯이 대조구 초장의 34.9cm에 비해 저선량 조사구가 대체로 양호한 생육을 보였는데 0.5Gy 조사구가 37.0cm로 약 6% 정도 증가하여 가장 높은 생육을 보였고 다음이 36.6cm의 4.0Gy 조사구가 5% 정도 증가하였으나 2.0Gy 조사구는 33.7cm로 대조구에 비해 3% 정도 감소하였다. 배추포기당 생체중과 직경의 경우는 저선량 조사구에서 대체로 감소하는 경향을 보였으나 8.0Gy 조사구가 각각

Table 1. Germination rate and Seedling height of chinese cabbage grown from old seeds irradiated with different doses of gamma radiation in the greenhouse

Production Traits	1992		1993		1994		1995		1996	
	GR	SH	GR	SH	GR	SH	GR	SH	GR	SH
Cont.	68	7.8	72	7.2	77	7.8	87	8.7	98	8.3
0.5	73	7.8	65	7.5	85	9.1*	77	8.8	73	9.0
1.0	75	7.6	85	8.4*	77	8.1	87	8.2	90	9.3
2.0	73	7.0	87	8.3	87	7.3	90	8.1	95	8.6
4.0	75	8.3	78	8.0	82	7.5	90	8.7	88	9.4*
8.0	60	7.0	75	7.5	77	8.7	83	8.8	88	8.7
12.0	55	7.3	68	8.6**	82	8.3	75	8.2	95	8.9
16.0	62	7.8	73	6.8	57	8.1	73	9.0	92	9.0
20.0	53	7.2	52	7.5	52	7.5	70	8.4	82	8.5
30.0	50	9.2*	43	7.6	40	7.7	50	7.9	50	10.0*

GR ; Germination rate (%), SH ; Seedling height (cm)
 *, ** ; Significant at 5% and 1% level, respectively

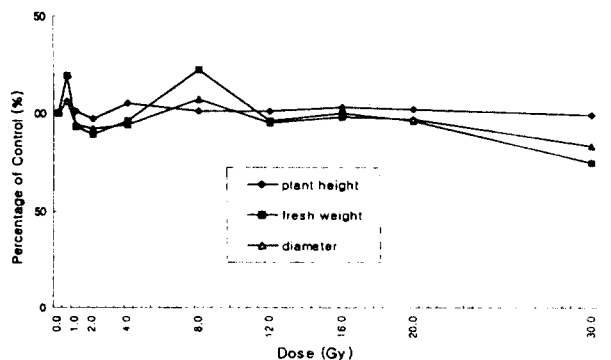


Fig 1. Agronomic characters of chinese cabbage grown from seeds (produced in 1992) irradiated with low dose gamma ray in field experiment.

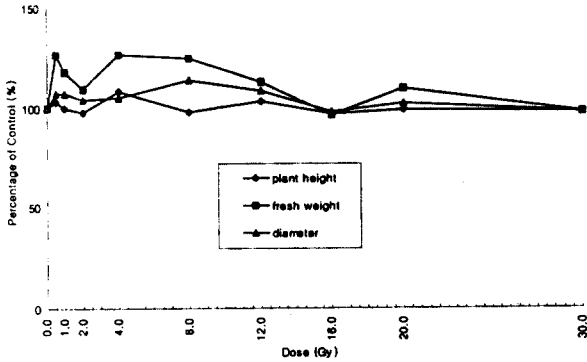


Fig 2. Agronomic characters of chinese cabbage grown from seeds (produced in 1993) irradiated with low dose gamma ray in field experiment.

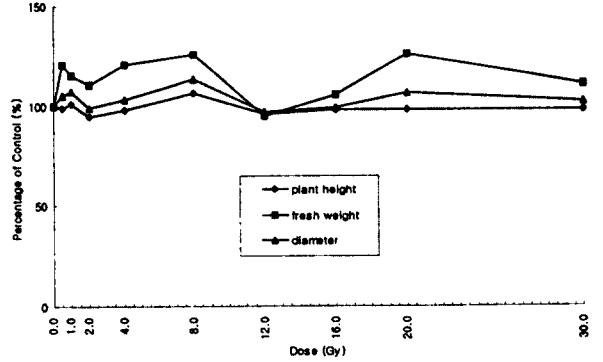


Fig 4. Agronomic characters of chinese cabbage grown from seeds (produced in 1995) irradiated with low dose gamma ray in field experiment.

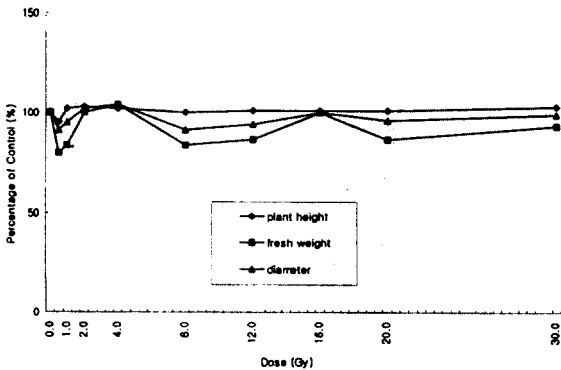


Fig 3. Agronomic characters of chinese cabbage grown from seeds (produced in 1994) irradiated with low dose gamma ray in field experiment.

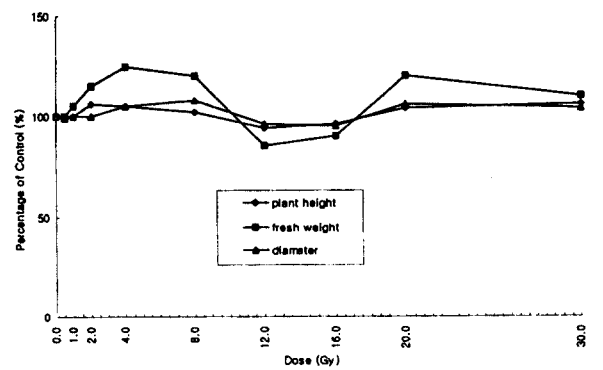


Fig 5. Agronomic characters of chinese cabbage grown from seeds (produced in 1996) irradiated with low dose gamma ray in field experiment.

3.3kg과 23.2cm로 대조구의 2.7kg과 21.6cm에 비해 각각 22%와 7% 증가하였고 다음이 0.5Gy 조사구로 생체중과 직경이 각각 3.2kg과 22.9cm로 대조구에 비해 각각 19%와 6% 증가하였다. 4년간 저장한 1993년산 종자의 포장수량 구성요소를 조사한 결과는 4.0Gy 조사구의 초장과 생체중 및 직경이 각각 40.7cm, 2.9kg, 20.9cm로 대조구의 37.8cm, 2.3kg, 19.8cm에 비해 각각 8%, 26%, 13% 증가하였고 그 다음은 0.5Gy 조사구가 각각 39.1cm, 2.9kg, 21.1cm로 대조구에 비해 각각 7%, 26%, 7% 증가하였으며, 8.0Gy 조사구는 직경이 22.3cm로 대조구의 19.8cm에 비해 시험구중 가장 높은 13% 정도 증가하였고 생체중도 2.86kg으로 대조구에 비해 24% 정도 증가하였으나 초장이 37.2cm로 대조구의 37.8cm에 비해 2% 정도 감소하였다(그림 2). 그림 3은 3년 저장종자인 1994년산의 수량구성요소를 보여주는 것인데 초장의 경우는 저선량 조사에 의해 다소 증가한 생육을 보였으나 생체중과 직경은 대체로 감소하는 경향을 보여 저선량 효과가 가장 적게 나타났다. 시험구중 4.0Gy 조사구가 가장 양호한 생육을 보였는데 초장과 생체중 및 직경이 각각 37.9cm, 3.0kg, 21.6cm로 대조구의 37.3cm, 2.9kg, 20.7cm에 비해 각각 2%, 4%, 4% 정도 증가하였다.

2년 저장종자인 1995년산의 경우 초장을 제외하고 생체중과 직경이 저선량 조사에 의해 다소 증가하는 경향을 보였는데, 8.0Gy 조사구의 초장과 생체중 및 직경이 각각 39.1cm, 2.5kg, 20.3cm로 대조구의 37.0cm, 2.0kg, 17.9cm에 비해 각각 6%, 25%, 13% 정도 증가하여 시험구중 가장 양호한 생육을 보였고 다음이 20.0Gy 조사구로서 생체중과 직경이 각각 2.5kg과 19.0cm로 대조구에 비해 각각 25%와 6% 정도 증가하였으나 초장이 36.4cm로 대조구의 37.0cm에 비해 2% 정도 감소하였으며 4.0Gy와 0.5Gy에서도 생체중과 직경이 대조구에 비해 증가하였으나 초장이 다소 감소하는 경향을 보였다(그림 4). 일반 농가에 보급하는 종자인 1년차의 1996년산 종자의 경우는 그림 5에서 보듯이 저선량 조사에 의해 생육이 다소 증가하는 효과를 보였는데 4.0Gy 조사구의 초장과 생체중 및 직경이 각각 37.4cm, 2.5kg, 18.5cm로 대조구의 35.5cm, 2.0kg, 17.7cm에 비해 각각 5%, 25%, 5% 정도 증가하며 시험구중 가장 양호한 생육을 보였고, 다음이 8.0Gy 조사구로 초장과 생체중 및 직경이 각각 36.2cm, 2.4kg, 19.0cm로 대조구에 비해 각각 2%, 20%, 8% 정도 증가하였으며 시험구중 대체로 높은 선량인 20.0Gy와 30.0Gy 조사구에서도 대조구에 비해 다소

양호한 생육을 보였고 시험구중 2.0Gy와 30.0Gy 조사구의 초장이 37.5cm로 대조구의 35.5cm에 비해 6% 정도 증가하면서 가장 높은 초장을 보였다. 이상의 결과로 볼 때 통계적 유의성은 없었으나 묵은 배추종자의 포장생육에 대한 저선량 조사효과는 4.0Gy와 8.0Gy 조사구에서 뚜렷한 효과를 볼 수 있었다. 작물 품종과 계통에 따라서 또한 종자의 보관상태나 생리상태에 따라서 방사선 감수성이 다른데^{3,6)}, 본 실험에서도 동일한 배추품종의 종자라도 종자 저장기간에 따라서 저선량에 대한 반응이 다르게 나타났다. Kuzin¹²⁾은 배추종자에 5.0~10.0Gy의 저선량 방사선을 조사하여 발아와 생육촉진에 의한 20~30% 수량증수 효과를 보고하였는데 본 실험에서도 4.0~8.0Gy 사이에서 비슷한 효과를 얻었으며, 저자들이 품종이 다른 배추의 시판종자로 수행하여 보고한 전보¹³⁾에서도 품종에 따라서 다소 차이는 있으나 초장과 생체중이 4.0Gy의 저선량 조사에서 증가함을 보여 주었다. Balint 등¹⁵⁾은 20.0~30.0Gy의 저선량 방사선을 조사한 채소류의 생육촉진과 수량증가효과는 온실재배에서는 인정되었으나 포장실험에서는 효과가 없었다고 하여 재배환경에 따라 저선량의 생육촉진 효과가 다를 것을 보여 주었는데 본 실험에서도 동일품종의 종자라도 온실과 포장생육이 다른 경향을 보였고 1~2년차 종자에서는 20.0~30.0Gy 조사에서 생육이 다소 촉진되었으나 3년이상 묵은 종자에서는 별 효과가 없었고 4.0~8.0Gy에서 더욱 효과가 있음을 보여주었다.

요 약

저선량 방사선에 의한 식물생육 촉진효과를 보고자 남방계 배추품종의 1~5년간 묵은 종자에 저선량 γ 선을 0.5~30.0Gy 까지 조사하여 온실과 포장에서 재배하여 그 생육 상황을 조사한 결과는 다음과 같다.

배추 묵은 종자의 발아율과 유묘초장은 저선량 조사에 의해 향상되었으나 그 효과는 저장기간에 따라 달랐다. 저장기간이 5년차, 4년차, 3년차인 종자에서는 각각 4.0Gy, 1.0Gy, 0.5Gy 조사에서 발아율과 유묘초장 증가효과가 인정되었고 1년차와 2년차 종자에서는 발아율 촉진효과는 없었으나 유묘초장은 증가하였다.

포장재배한 배추의 초장, 생체중, 직경으로 본 수량은 모든 저장종자의 4.0Gy와 8.0Gy 조사구에서 증가효과가 있었고 1년차와 2년차 종자에서는 20.0Gy와 30.0Gy에서도 수량 증가 효과가 있었다.

참 고 문 헌

1. Simon, J., Digleria, M. and Lang, Z. (1981).

Comparative studies on the effects of low dose X-ray and gamma irradiation on the amylase activity of maize seedling. Proc. European Soc. for Nuclear Methods in Agriculture, Aberdeen, U. K.

2. Stan, S. and Croitoru, A. (1970). Effect of low, moderate, and high levels of gamma radiations (^{60}Co) on soybean plants. I. Analysis of growth and yield, Stim. Newsl., 1, 23.
3. Luckey, T. D. (1980). Hormesis with ionizing radiation. CRC press, Inc., Boca Raton. Fla.
4. Miller, M. W. and Miller, W. M. (1987). Radiation hormesis in plants. Health physics. 52 (5), 607.
5. Sheppard, S. C. and Evenden, W. G. (1986). Factors controlling the response of field crops to very low doses of gamma irradiation of the seed. Can. J. plant Sci., 66, 431.
6. Kim, J. S. and Lee, Y. B. (1998). Ionizing radiation hormesis in crops. Korean J. Environ. Agri., 17 (1), 76-85.
7. Abdullaev, M. A. and Berezina, N. M. (1968). Radiostimulating effect in γ irradiated tomato seedlings. Dokl. Akad. Nauk. Az. SSR, 24, 38.
8. Vlasyuk, P. A. (1964). Effect of ionizing radiation on the physiological -biochemical properties and metabolism of agricultural plants. Inst. Fiziol. Biokhim. Rast. SSR, 24-31.
9. Southam, C. M. and Ehrlich, J. (1943). Effects of extract of western red-cedar heartwood on certain wood decaying fungi in culture. Phytopathology, 33, 517.
10. Breslavets, I. P., Berezina, N. M., Shchibria, G. I., Romanchikovam, M. L., Lazykova, V. A. and Mileshko, Z. F. (1960). Increased yield of radishes and carrots by x or γ irradiation of seeds before sowing. Biophysics (USSR), 5, 86.
11. Kaindl, K. and Rosner, M. (1965). The accelerating effect of small radiation doses on plants. Bayer. Landwirtsch. Jahrb. Sonderh., 42, 11.
12. Kuzin, A. M., Kopylov, V. A. and Bagabova, M. E. (1976). On the role played by radiotoxins in stimulation of the growth and development of irradiated seeds. Stim. Newsl., 9, 27. The utilization of ionizing radiation in agriculture. Proc. Int. Conf. Peaceful Uses Atomic Energy, United Nations, Geneva, 12, 149.
13. 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. Environ. Agri., 16 (4), 390-393.
14. Niels, W. H. and Roger, J. B. (1970). Manual on Radiation Dosimetry. Marcel Dekkar Inc. New york.
15. Balint, A., Simon, J., Menyhert, Z., Viglasi, P. and Pannonhalmi, K. (1971). Radiostimulation experiments on the early red radish. Sitm. Newsl. 3, 41.