

채소작물 종자의 발아와 생리활성에 미치는 저선량 방사선 효과

Effects of Low Dose Gamma-ray Radiation on the Seed Germination and Physiological Activity of Vegetable Crops

김재성, 백명화, 이영근
한국원자력연구소

정규희
경기대학교

요 약

목은 배추와 무 종자에 저선량 γ 선을 조사하여 종자 발아율과 발아종자의 생리활성변화를 관찰하였다. 발아율은 대조구에 비해 저선량 조사구에서 증가하는 경향을 보였는데 특히 발아초기단계에 배추는 4 Gy, 10 Gy, 50 Gy 조사구에서, 무는 2 Gy, 6 Gy, 10 Gy 조사구에서 증가하였다. 저선량 γ 선이 조사된 배추와 무의 유효초장도 저선량 조사구에서 증가하였는데 특히 배추의 경우는 4 Gy와 10 Gy 조사구에서, 무는 6 Gy 조사구에서 뚜렷한 증가효과를 보였다. 저선량 조사구의 단백질 함량은 발아초기단계에 대조구에 비해 증가하였으며 POD와 CAT 활성은 4 Gy와 10 Gy 조사구에서 증가하였다. 이에 저선량 γ 선에 의해 목은 종자의 발아와 생리활성이 촉진됨을 확인할 수 있었다.

ABSTRACT

To determine the effect of low dose gamma-ray radiation on the germination rate and physiology of germinative seeds of Chinese cabbage (*Brassica campestris* L. cv. Hanyoreum) and radish (*Raphanus sativus* L. cv. Chung sukoungzoung). The germination rate of irradiation group was higher than that of the control. Especially it was highest at the early stage of induction. The germination rate of Chinese cabbage increased at 4 Gy-, 10 Gy- and 50 Gy irradiation group and that of radish increased at 2 Gy-, 6 Gy- and 10 Gy irradiation group. The seedling height of Chinese cabbage and radish increased positively in low dose irradiation group. The seedling height of Chinese cabbage was noticeably higher at 4 Gy and 10 Gy irradiation group and that of radish at 6 Gy irradiation group. The protein contents of seeds irradiated with low dose gamma-ray radiation was increased compared to that of the control especially at the early stage of induction. The enzyme activity of seeds irradiated with low dose of gamma-ray radiation was increased at 4 Gy and 10 Gy irradiation group. These results suggest that the germination and physiological activity of old seeds could be stimulated promisingly by the low dose gamma-ray radiation.

서 론

인구증가에 따른 식량 수요를 충족시키기 위해서는 고갈되어 가는 유전자원과 현재의 농경법으로는 한계가 있다. 따라서 이를 해결하기 위한 획기적인 식량 생산 방법이 필요하며 또한 농업 생산성 향상 및 종자의 발아력 향상과 건전한 생육을 위한 기술이 매우 필요하다. 종자발아를 향상시키는 것은 농작물 생산면에서 매우 중요한데 최근 염류용액이나 친수성 고분자화합물과 같은 고침수압액 또는 생장조절제를 이용하여 종자의 발아를 향상시키기 위한 물리적 혹은 화학적 처리 방법이 많이 이용되고 있다. 이온화 방사선은 이것이 발견된 후 짧은 시간 내 식물에 자극작용이 있는 것으로 알려져 있다. 이러한 방사선 조사에 대한 자극작용은 곡물류 종자와 식물체에서 나타났는데 대조구에 비해 120%의 수량증가와 악조건 하에서 발아증가와 병에 대한 저항성 증가 등이 많이 보고되었다[1]. 채소원예작물에 대한 연구는 상당한 변이를 보여주는데 토마토의 발아증가와 생육촉진 및 수량증가에 대해 많이 보고되어 있으며, 무 종자에 대한 γ 선 조사에서도 발아와 생육촉진 및 수량증가 등이 보고되었다. 배추종자에 저선량 γ 선을 조사하여 발아와 생육촉진 효과를 Kuzin 등이 보고하였으며[2], 김 등이 고랭지와 엇갈이배추 및 알타리무의 시판종자에 저선량 γ 선을 조사하여 발아와 초기생육에서 비슷한 생육촉진 효과를 관찰하였다[3]. 이외에도 농업적 가치가 있는 식물의 저선량 방사선 조사에 의한 효과가 많이 보고되어 있는데, 당근의 광합성과 핵산 합성 증가[4], 겨자의 호흡, catalase 활성, vitamin C와 질소 함량 증가[5], 홍화의 catalase와 lipase 활성 증가[6] 등이 있다. 본 실험에서는 저선량의 γ 선을 조사한 묵은 배추와 무 종자의 발아와 유묘생육 및 발아종자의 생리적 변화를 관찰하였다.

재료 및 방법

공시재료 : 시험용 종자로는 서울종묘의 1993년산 한여름배추 (*Brassica campestris* L.)와 흥농종묘의 1995년산 청수궁중무 (*Raphanus sativus* L.)를 선정하였다.

방사선 조사 : 한국원자력연구소에서 보유중인 저준위조사시설 (^{60}Co)을 이용하여 γ 선 0, 2, 4, 6, 8, 10, 50 Gy 7수준으로 건조종자에 직접 조사하였다. 조사선량율은 Fricke dosimeter로 측정하였다[7].

발아실험 : 방사선 조사직 후 직경 9 cm petridish에 여과지 (Whatman No. 2) 2장을 깔고 50립씩 5반복으로 치상하여 멸균수 5 ml을 준 후 발아양상과 유묘생육을 조사하였다.

조효소액 추출 : 발아초기와 후기에 종자 0.2 g을 액체질소를 사용하여 얼린 다음 막자사발에서 마쇄한 후 0.05 M 인산완충액 (pH 7.0) 0.4 ml을 첨가한 다음 4°C에서 10,000 g으로 10분간, 11,000 g에서 15분간 원심분리하여 얻은 상등액을 조효소액으로 사용하였다.

단백질 정량 : 단백질 정량은 BSA를 표준단백질로 사용한 Bradford의 방법에 따라 측정하였다[8].

효소 활성 측정: Peroxidase (POD) 활성은 pyrogallol (Sigma, Cot# P-0381)을 기질로 사용한 Sigma사의 방법에 따라 측정하였다. 조효소액 100 μ l를 3 ml cuvette에 넣고 0.1 M 인산완충액 (pH 6.0) 0.32 ml, 0.147 M H_2O_2 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) = $[(\Delta A_{420}/20\text{sec}) \times (\text{희석배율})] / (12^* \times \text{g시료/ml 반응액})$. 여기서 12*는 420 nm에서의 흡광계수이다. Catalase (CAT) 활성은 기질인 H_2O_2 의 감소량을 측정하는 방법 (Aebi, 1984)을 사용하였다. 효소측정을 위한 반응용액은 0.053 M H_2O_2 1 ml, 효소액 0.1 ml, 0.05 M 인산완충액 (pH 7.0) 1.9 ml의 혼합액으로 하여, 효소활성 (unit)은 cuvette내에서 효소에 의한 H_2O_2 의 분해를 240 nm의 흡광도감소를 1분간 측정하여 다음의 식으로 계산하였

다. CAT 활성 (unit/g 건물중) = $(\Delta A_{240}/\text{min} \times \text{희석배율}) / (2 \times 43.6^*)$. 여기서 43.6*은 240 nm에서 H₂O₂의 흡광계수이다.

결과 및 고찰

저선량 조사한 한여름배추와 청수궁중무 종자의 발아율은 저선량 조사구가 대조구보다 대체로 향상되었는데 특히 한여름배추의 경우는 발아초기인 파종 5일 후에 4, 10, 50 Gy 조사구에서 각각 26.4%, 33.0%, 31.4%로 대조구 24.0%에 비해 약 10~38% 정도 증가하였고(Fig. 1), 청수궁중무의 경우도 발아초기인 파종 3일 후 발아율이 대조구 14.0%에 비해 2, 6, 10 Gy 조사구에서 각각 22.9%, 22.1%, 23.2%로 51~65% 정도 증가하였다(Fig. 2). 배추와 무의 유효생육은 모든 저선량 조사구에서 증가하였는데 한여름배추의 경우는 4 Gy와 10 Gy 조사구에서 각각 2.67 cm와 2.82 cm로 대조구 19.6 cm에 비해 36% ($p < 0.01$)와 43% ($p < 0.001$) 정도 증가하였고(Fig. 3A), 청수궁중무의 경우는 대조구 3.07 cm에 비해 6 Gy 조사구에서 4.50 cm로 47% 정도 증가하였다(Fig. 3B). 저선량 조사가 종자의 발아 생리에 미치는 효과를 발아초기와 최종 발아시 나누어 조사하였는데, 발아 중인 배추종자의 단백질 함량은 파종 5일 후에는 4 Gy와 6 Gy 조사구에서 각각 17.39 mg과 17.42 mg으로 대조구 16.51 mg에 비해 5~6% 정도 증가하였으나, 파종 9일 후에는 별다른 증가효과가 없었다(Fig. 4). POD 활성은 파종 5일 후엔 10 Gy 조사구에서 8.65 unit로 대조구 7.46 unit에 비해 16% 정도 증가하였고 파종 9일 후에는 4 Gy와 10 Gy 조사구에서 각각 31.01 unit와 35.34 unit로 대조구 23.07 unit에 비해 34~53% 정도 증가하였다(Fig. 5). CAT 활성은 파종 5일 후엔 모든 저선량 조사구에서 증가하였는데 특히 10 Gy 조사구에서 2.67 unit로 대조구 1.27 unit에 비해 111% ($p < 0.05$) 정도 증가하였고 파종 9일 후에도 10 Gy 조사구에서 1.30 unit로 대조구 1.05 unit에 비해 24% ($p < 0.05$) 정도 증가하였다(Fig. 6). 청수궁중무의 경우는 단백질 함량에서 파종 3일 후에는 2~10 Gy 범위에서 증가하였는데 특히 2 Gy 조사구에서 17.81 mg으로 대조구 13.57 mg에 비해 31% 정도 증가하였으며 파종 6일 후에는 10 Gy 조사구에서 12.66 mg으로 대조구 11.39 mg에 비해 11% 정도 증가하였다(Fig. 7). POD 활성은 파종 3일 후엔 별다른 증가효과가 없었으나 파종 6일 후에는 모든 저선량 조사구에서 대조구 13.08 unit에 비해 5~29% 정도 증가하였고(Fig. 8), CAT 활성은 파종 3일 후에 10 Gy 조사구에서 0.84 unit로 대조구 0.67 unit에 비해 24% 정도 증가하였으며 파종 6일 후에는 별다른 증가효과가 없었다(Fig. 6).

감사의 글

본 연구가 과학기술부의 원자력사업의 일환으로 수행되었음

참고문헌

1. Simon, J., M. Digleria. and Z. Lang. Comparative studies on the effects of low doses X-ray and gamma irradiation on the amylase activity of maize seedling. Proc. European Soc. for Nuclear Methods in Agriculture. Aberdeen. U. K.(1981).
2. Kuzin, A. M., V. A. Kopylov and M. E. Vagobova. On the role played by radiotoxins in stimulation of the growth and development of irradiated seeds. Stim. Newsl. 9 : 27-31. The utilization of ionizing radiation in agriculture. Proc. Int. Conf. Peaceful Uses Atomic Energy, United Nations, Geneva. 12 : 149-151(1976).
3. Kim, J. S., Kim, J. K., Lee, E. K. and Lee, Y. B. Radiation hormesis on the growth of

chinese cabbage and radish. Kor. J. Environ. Agri., 16 : 390-393(1997).

4. Vlasyuk, P. A. Effect of ionizing radiation on the physiological-biochemical propperties and metabolism of argicultural plants. Inst. Fiziol. Biokhim. Rast. SSR. 24-31(1964).
5. Garg, C. K., B. Tirwari and O. Singh. 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(1972).
6. Kuzin, A. M., M. E. Vagobova and A. F. Revin. Molecular mechanism of stimulating action of an ionizing radiation on seeds. II. Activation of protein and high mol-ecular weight RNA synthesis. Radiobiology (Moscow), 16 : 259(1976).
7. Niels, W. H. and J. B. Roger. Manual on Radiation Dosimetry Mard Dekker Inc. New York.(1970).
8. Bradford, M. M. A rapid sensitive method for quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding, Anal Biochem, 72: 248-254(1976).

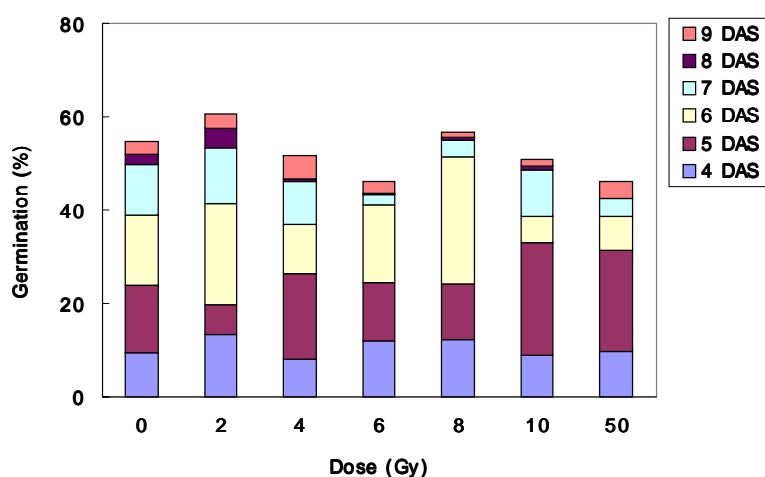


Fig. 1. Germination of Chinese cabbage grown from seeds(produced in 1993, cv. Hanyoreum) irradiated with different doses of gamma radiation. DAS ; days after sowing.

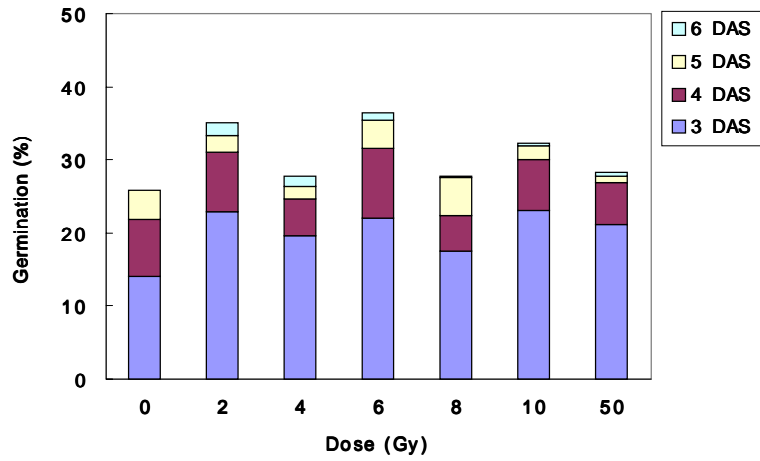


Fig. 2. Germination of radish grown from seeds(produced in 1995, cv. Chung sukoungzung) irradiated with different doses of gamma radiation. DAS ; days after sowing.

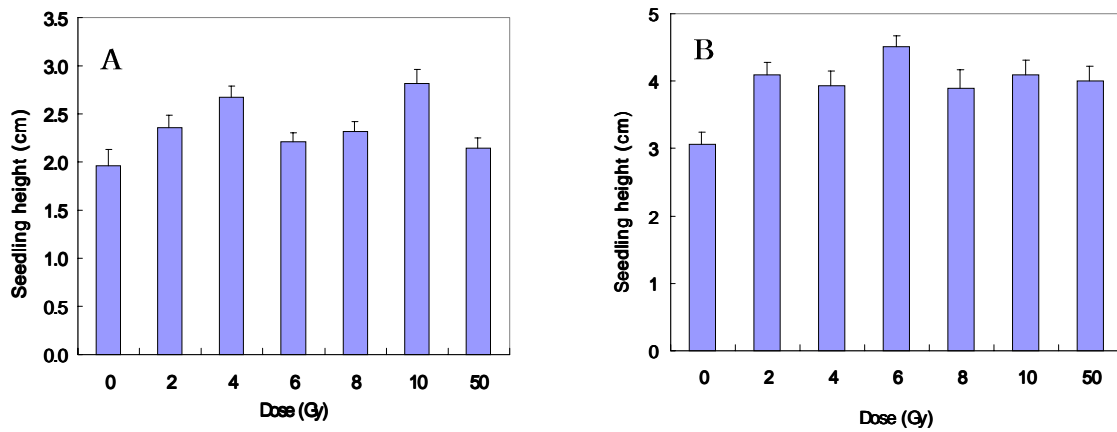


Fig. 3. Seedling height of grown from seeds irradiated with different doses of gamma radiation. DAS ; days after sowing. A ; produced in 1993, cv. Hanyoreum. B; produced in 1995, cv Chung sukoungzung. Data represents mean \pm SE.

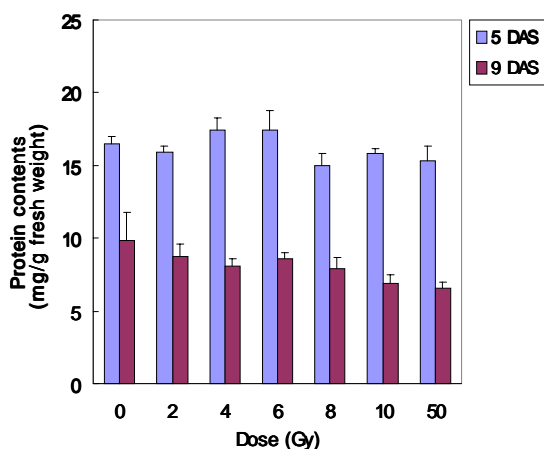


Fig. 4. Protein contents of Chinese cabbage grown from seeds (produced in 1993, cv. Hanyoreum) irradiated with different doses of gamma radiation. Data represents mean \pm SE. DAS ; days after sowing.

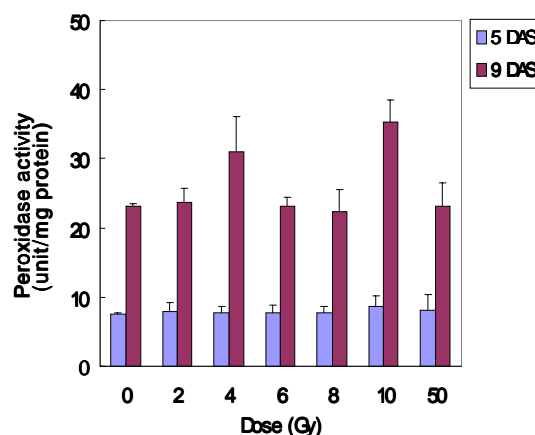


Fig. 5. Peroxidase activity of Chinese cabbage grown from seeds (produced in 1993, cv. Hanyoreum) irradiated with different doses of gamma radiation. Data represents mean \pm SE. DAS ; days after sowing.

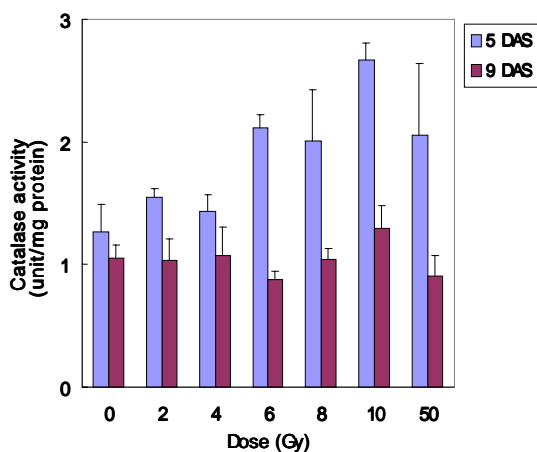


Fig. 6. Catalase activity of Chinese cabbage grown from seeds (produced in 1993, cv. Hanyoreum) irradiated with different doses of gamma radiation. Data represents mean \pm SE. DAS ; days after sowing.

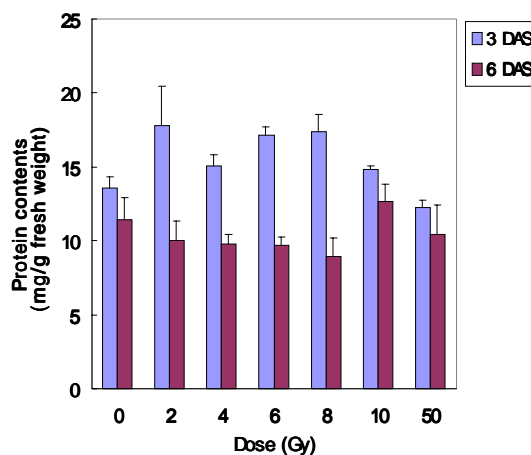


Fig. 7. Protein contents of radish grown from seeds (produced in 1995, cv Chungsu-koungzoung) irradiated with different doses of gamma radiation. Data represents mean \pm SE. DAS ; days after sowing.

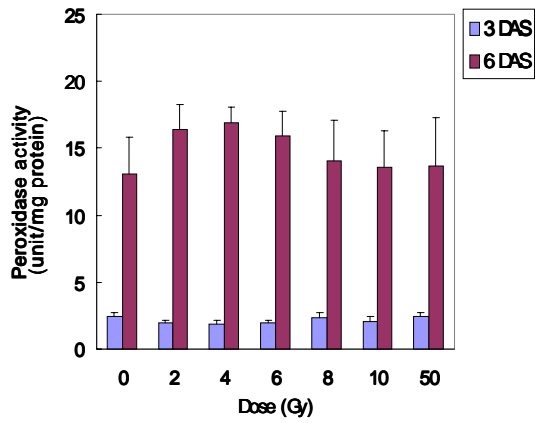


Fig. 8. Peroxidase activity of radish grown from seeds (produced in 1995, cv Chung sukoungzoung) irradiated with different doses of gamma radiation. Data represents mean \pm SE. DAS ; days after sowing.

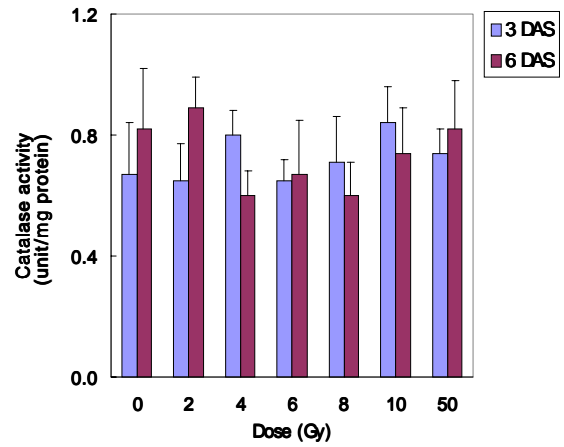


Fig. 9. Catalase activity of radish grown from seeds (produced in 1995, cv Chung sukoungzoung) irradiated with different doses of gamma radiation. Data represents mean \pm SE. DAS ; days after sowing.