

## 저선량의 이온화방사선이 대두품종의 생육과 수량에 미치는 효과

김재성 · 이영근 · 송희섭 · 박홍숙 · 김정규<sup>1)</sup>  
한국원자력연구소 방사선응용연구팀, <sup>1)</sup>고려대학교 자연자원대학

### Effects of Low Dose Ionizing Radiation on the Growth and Yield of Soybean Cultivars

Jae-Sung Kim, Young-Keun Lee, Hi-Sup Song, Hong-Sook Park and Jeong-Kyu Kim<sup>1)</sup> (Korea Atomic Energy Research Institute, Taejeon, 305-353, Korea; <sup>1)</sup>College of Natural Resources, Korea University, Seoul, 136-701, Korea)

**ABSTRACT** : To investigate the hormetic effect of the low dose  $\gamma$ -ray, soybean (*Glycine max* L.) seeds of three cultivars (Hwangkeumkong, Bansakong, S900 cv.) were irradiated with the dose of 0.5~20.0 Gy and cultivated in the experimental field. The hormetic effects of the low dose  $\gamma$ -ray on the growth of field experiment were different from each cultivar, that is, more effective in the S900 cultivar of black seedcoat color than in the Hwangkeumkong and Bangsakong of yellow ones. The germination rate of S900 cultivar increased about 30% in the 0.5 Gy irradiated group compared with that of the control. The plant height of the 4.0 Gy irradiated group in both Bangsakong and S900 cultivar increased 15% more than that of the control. Grain yield and the number of pod in 1.0 Gy and 4.0 Gy irradiated group of S900 cultivar and that of 2.0 Gy irradiated group of Hwangkeumkong increased 25 and 35% on the average, respectively.

**Key words** : germination, growth, radiation hormesis,  $\gamma$ -ray, soybean

## 서 론

자연계의 다양한 물리적, 화학적, 생물학적 작용물질은 생물체에 작용하여 여러 가지 반응을 일으킨다. 이들의 공통적인 작용기작은 유해물질이 유해량 이하의 소량투여에서는 최적이하의 조건에서 생물체의 반응을 변화시킨다는 것이다. Hormesis는 유해물질의 작용에 대한 우리들의 개념을 바꾸어 놓았으며, 유해물질의 소량투여는 일반 스트레스 인자로 작용하여 특이적 반응을 일으키는데 대량투여시 물질의 특성에 따라 일어나는 특이적인 유해작용과는 반대로 작용물질보다도 반응조건에 의존하며 내외적으로 최적이하의 조건에서 따라서 다르게 반응한다. 이와 같은 개념은 약물에 관한 다수 문헌에서 서술되어 있으며 저선량방사선에 관한 자료에서도 확인되고 있어 방사선에 의한 자극작용도 hormesis 이론과 일치하는 것으로 생각된다<sup>1,2)</sup>.

곡물류 종자와 식물체에서 방사선조사에 의해 상당한 자

극작용이 나타났는데, 대조구에 비해 120%의 수량증가와 악조건하에서의 발아증가, 병에 대한 저항성증가 등이 많이 보고되었다<sup>3,4)</sup>. 김 등<sup>5)</sup>은 벼, 콩, 들깨, 배추, 무 등의 종자에 저선량 방사선을 조사하여 발아력 증가와 유묘 초장과 생체중 등 초기생육이 촉진되었다고 보고하였다<sup>6)</sup>. 대두의  $\gamma$ 선 저선량조사에 의한 자극효과는 숙기단축<sup>7)</sup>과 뿌리혹생성<sup>8)</sup> 및 수량증가<sup>9)</sup> 등이 있으며, Stan과 Croitoru<sup>7)</sup>는  $\gamma$ 선 (3~9 Gy) 조사구에서 112%의 생육촉진효과와 117%의 pod형성 증가효과를 보고하였다. 조사된 대두종자가 척박한 토양에서 재배될 때 단백질 함량이 증가되고 비옥한 토양에서는 거의 변화가 없었으며<sup>10)</sup>, 저선량 조사된 콩 식물체의 자엽에서 비타민C 함량이 높았다는 보고도 있다<sup>11)</sup>. 저선량 X선을 조사한 대두작물에서도 발아력 증가와 생육 촉진 및 수량증가 등에서  $\gamma$ -선 조사와 비슷한 효과가 나타났다<sup>12,13)</sup>.

본 실험은 국내에서 재배되고 있는 대두품종에 저선량  $\gamma$

선을 조사하여 종자의 발아력과 수량구성요소에 대한 저선량효과를 관찰하고자 하였다.

### 재료 및 방법

#### 공시품종

포장재배를 위한 대두(*Glycine max L.*) 품종은 한국원자력연구소 시험농장의 포장에서 1997년 재배, 수확하여 보존하던 종자중 황금콩과 콩나물용으로 장려품종인 방사콩 및 밤밀콩으로 검은 콩인 S900 계통을 선정하였다.

#### 방사선조사

저선량 방사선 조사에 사용한 조사시설은 한국원자력연구소에서 보유중인 저준위조사시설( $^{60}\text{Co}$ )을 이용하여 선량을 1Gy/h로 0, 0.5 Gy, 1.0 Gy, 2.0 Gy, 4.0 Gy, 8.0 Gy, 12.0 Gy, 16.0 Gy, 20.0 Gy의 선량 수준으로 풍건 종자에 직접 조사하였다. 조사선량율은 Fricke dosimeter로 측정하였다<sup>4)</sup>.

#### 포장재배실험

방사선조사 다음날인 1998년 5월 15일에 원자력시험농장의 포장에서 이랑너비 60cm, 주간거리 20cm, 이랑길이 3m의 5열 3반복으로 파종하였고, 비료는 전량기비로, 재배는 표준재배법으로 관리하였다. 수량구성요소는 등숙기에 포장에서 직접 조사하였고, 수확기에 가운데 3열에서 20주씩 건조탈곡한 후 수확하여 주당 수량으로 환산하였으며, 100립중은 수량 조사후 완전히 건조시킨 종자를 무작위로 100립씩 측정하였다.

### 결과 및 고찰

저선량 방사선이 포장에서의 대두 발아와 수량에 미치는 효과를 보고자 특성이 다른 세 품종에 저선량  $\gamma$ 선을 조사하여 수행한 실험결과는 품종에 따라서 다른 양상을 보였

다.

포장 발아율의 경우 그림 1에서 보는 바와 같이 황금콩과 방사콩에서는 저선량조사에 의한 발아율 증가효과는 없었으나 S900 품종에서는 대조구에 비해 크게 증가하였다. 황금콩의 경우 대조구가 100% 발아율을 보인 반면에, 저선량 조사구에서는 최저 90%에서 최고 97.5%로 대조구에 비해 낮은 발아율을 보였다. 방사콩에서도 대조구의 96.7%에 비해 저선량조사구에서는 4.0 Gy 조사구가 85.0%로 가장 낮은 값으로 오히려 발아가 억제되었고 16.0 Gy 조사구에서는 96.7%로 조사구 중 가장 높았으나 대조구와 같은 값을 보였다. 그러나 S900 품종에서는 저선량조사구 모두가 75.0~91.3% 범위로 대조구의 68.8%에 비해 높은 발아율을 보여 저선량 조사에 의한 발아율 증가효과를 보였다. 0.5 Gy 조사구에서는 91.3%로 가장 높은 발아율을 보였는데 통계처리에서도 유의성있는 효과( $p < 0.05$ )를 나타냈다. 김 등<sup>6)</sup>은 4.0 Gy의  $\gamma$ 선 조사구에서 대두종자의 발아율과 초기생육이 촉진되었으며, Stan과 Janga<sup>9)</sup>도 10.0 Gy이하의  $\gamma$ 선 조사에 의해 대두종자의 발아율이 증가되었다고 하였으나 저선량 조사한 종자의 재배환경<sup>1)</sup>과 토양조건<sup>10)</sup> 및 종자의 상태와 품종<sup>6)</sup>에 따라서 저선량 효과가 다르게 나타났다. 김 등<sup>15)</sup>은 저장기간이 다른 배추종자에  $\gamma$ 선을 조사한 결과, 생산 1~2년차 종자에서는 발아율 증가효과는 없었으나 3~5년차 묵은 종자에서 발아율 증가효과가 있었다고 하였으며, 이 등<sup>16)</sup>도 1년차 파종종자에서는 저선량 조사에 의한 발아율 증가는 작았으나 묵은 5년차 파종종자에서는 대조구의 42%에 비해 4.0 Gy 조사구에서 발아율이 78%까지 증가하였다고 하였다. 이상의 결과로 볼 때 저선량 조사에 의한 종자발아율 증가효과는 자체발아율이 높은 1~2년차의 신규종자보다는 발아율이 떨어지는 묵은 종자에서 더욱 효과적이라고 생각되었다.

대두품종별로 저선량 방사선을 조사하여 포장재배후 수량구성요소를 조사하였는데 초장에서는 저선량 조사구 모두 대조구와 비슷한 경향을 보였다(그림 2). 황금콩의 경우 8.0 Gy 조사구의 89.4cm를 제외한 전체 조사구가 대조

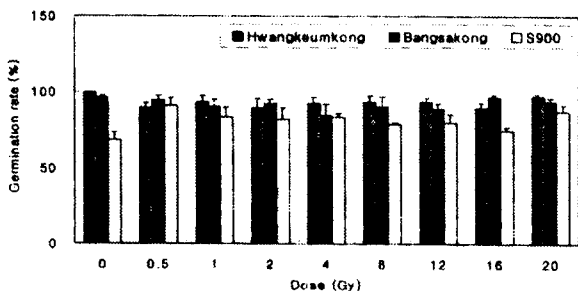


Fig 1. Effect of the  $\gamma$ - ray radiation on germination of three cultivars of soybean in field experiment. Seeds were irradiated at the dose of 0.5~20.0 Gy. Data represent mean  $\pm$  standard error.

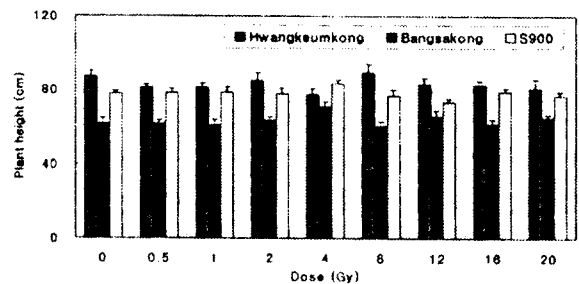


Fig 2. Effect of the  $\gamma$ - ray radiation on plant height of three cultivars of soybean in field experiment. Seeds were irradiated at the dose of 0.5~20.0 Gy. Data represent mean  $\pm$  standard error.

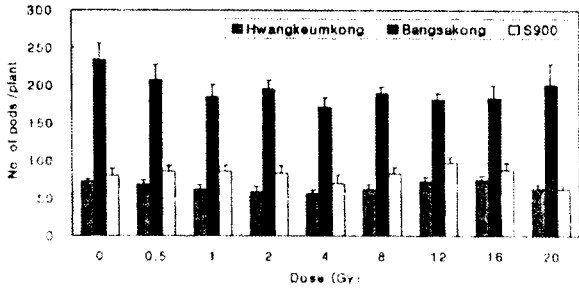


Fig 3. Effect of the  $\gamma$ - ray radiation on No. of pods of three cultivars of soybean in field experiment. Seeds were irradiated at the dose of 0.5~20.0 Gy. Data represent mean  $\pm$  standard error.

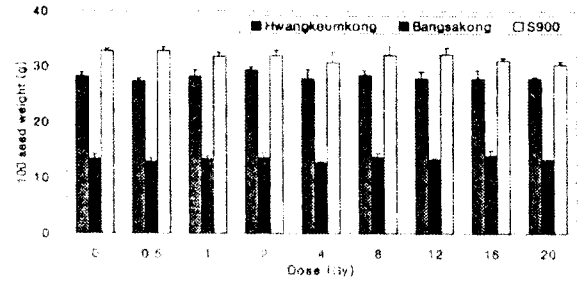


Fig 4. Effect of the  $\gamma$ - ray radiation on 100 seed weight of three cultivars of soybean in field experiment. Seeds were irradiated at the dose of 0.5~20.0 Gy. Data represent mean  $\pm$  standard error.

구 87.3cm에 비해 경장이 감소하였고 특히 0.5 Gy와 1.0 Gy 조사구에서는 각각 81.1cm와 81.3cm로 오히려 유의성 있는( $p < 0.05$ ) 억제효과를 보였다. 방사콩에서는 저선량조사구가 대체로 대조구에 비해 경장이 증가하였는데 대조구의 61.7cm에 비해 4.0 Gy 조사구에서는 71.3cm로 유의성 있는 증가효과( $p < 0.05$ )를 보였다. 다음이 12.0 Gy와 20.0 Gy 조사구로 각각 66.0cm와 65.2cm의 경장을 나타냈고, 8.0 Gy 조사구가 가장 낮은 60.6cm의 경장을 보였다. S900 품종의 경우 방사콩과 유사하게 4.0 Gy 조사구가 가장 높은 83.3cm의 경장으로 대조구의 77.8cm에 비해 유의성 있는 ( $p < 0.05$ ) 증가효과를 나타냈다. 다음이 16.0 Gy와 1.0 Gy 조사구로 각각 79.0cm와 78.8cm의 초장을 보였고 12.0 Gy 조사구의 경장이 73.6cm로 가장 낮았다.

수량구성요소 중 꼬투리수에서는 발아율과 유사한 경향을 보였다(그림 3). 황금콩의 경우 16.0 Gy 조사구가 74.7개로 대조구의 72.2개에 비해 다소 높은 값을 보일 뿐 저선량 조사구 전체가 감소하였다. 특히 4.0 Gy 조사구에서는 56.7개로 대조구에 비해 통계적으로 유의성 있는 감소를 보였다. 방사콩에서도 대조구 234.2개에 비해 저선량조사구 전체가 낮은 값을 보였고 특히, 4.0 Gy 조사구에서는 가장 낮은 172.0개로 유의성 있는 감소효과를 보였다. S900 품종에서는 황금콩과 방사콩의 경우와는 반대로 저선량 조사구의 꼬투리수가 대조구에 비해 대체로 증가하였다. 대조구의 79.8개에 비해 12.0 Gy 조사구에서는 97.1개로 가장 높았고 다음이 16.0 Gy와 1.0 Gy 조사구로 각각 87.7개와 86.1개였다. 저선량 조사구 중 4.0 Gy와 20.0 Gy 조사구가 각각 70.2개와 61.8개( $p < 0.05$ )로 대조구에 비해 감소하였다.

그림 4는 대두 새싹의 백립중을 나타낸 것인데 황금콩의 경우 2.0 Gy 조사구가 29.2g으로 가장 높았고 다른 조사구들은 대조구의 28.1g과 비슷하였으며 0.5 Gy 조사구가 27.2g으로 가장 낮았다. 방사콩에서는 16.0 Gy, 8.0 Gy, 2.0 Gy 조사구가 각각 14.0g, 13.8g, 13.6g으로 대조구의 13.4g에 비해 높았고, 4.0 Gy 조사구가 12.6g으로 가장 낮았다.

S900 품종의 경우는 0.5 Gy 조사구의 32.8g을 제외한 전 저선량 조사구가 대조구의 32.7g에 비해 낮은 값을 보였고 20.0 Gy 조사구는 30.3g으로 유의성 있는( $p < 0.05$ ) 감소를 보였다.

저선량 조사에 의한 대두 품종별 종자수량을 조사한 결과는 그림 5와 같다. 황금콩의 경우 조사구 중 16.0 Gy와 20.0 Gy 조사구가 각각 14.1g과 14.3g으로 대조구의 14.6g에 비해 낮았고 나머지 조사구는 모두 대조구보다 높은 수량을 보였다. 2.0 Gy 조사구가 19.7g으로 통계적 유의성은 없으나 가장 높은 수량을 보였고 4.0 Gy와 8.0 Gy 조사구가 각각 17.4g과 17.5g으로 유의성 있는( $p < 0.05$ ) 수량증가효과를 보였다. 방사콩에서는 대조구의 37.0g에 비해 저선량 조사구 전체가 낮은 수량을 보였고 1.0 Gy 조사구는 27.5g으로 유의성 있는( $p < 0.05$ ) 감소경향을 보였다. S900 품종의 경우 0.5 Gy 조사구의 20.5g을 제외한 전체 저선량 조사구가 대조구의 22.0g보다 높은 수량을 보였으나 유의성은 없었다. 12.0 Gy 조사구가 27.5g으로 가장 높았고 다음이 1.0 Gy와 4.0 Gy 조사구로 각각 27.3g과 27.1g 순이었다. 이상의 결과로 볼 때 저선량 방사선 조사에 의한 대두 수량증가효과는 품종에 따라 다른 반응을 보였는데 방사콩에서는

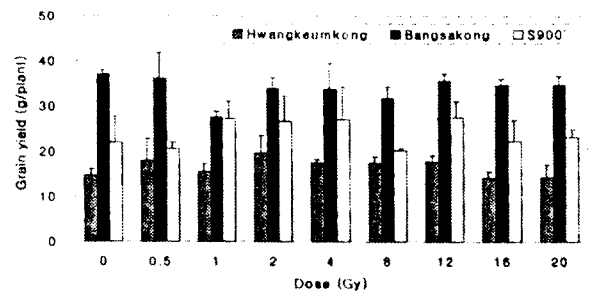


Fig 5. Effect of the  $\gamma$ - ray radiation on grain yield of three cultivars of soybean in field experiment. Seeds were irradiated at the dose of 0.5~20.0 Gy. Data represent mean  $\pm$  standard error.

저선량에 의한 수량증수효과는 없고 오히려 감소하는 경향이였다. 황금콩에서는 2.0~8.0 Gy 조사구에서 20~30%의 수량증가 효과를 보였고 S900 품종에서는 1.0~4.0 Gy 조사수준에서 20% 정도의 증수효과를 보였다. Luckey<sup>1)</sup>와 Miller<sup>3)</sup>는 작물종자에 저선량 방사선을 조사하면 초기생육 촉진과 수량증가에 대한 효과가 있다고 하였고, Stan과 Croitoru<sup>7)</sup>는 대두종자에  $\gamma$ 선 3.0~9.0 Gy 조사에서 생육촉진과 pod형성이 증가되었다고 보고하였다<sup>9)</sup>. 저선량의  $\alpha$ 선을 대두종자에 조사한 Gaur와 Desai<sup>13)</sup>도 발아력과 생육 및 수량증가효과를 인정하였다.

방사선 hormesis에 관한 많은 보고에 따르면 조사된 종자의 재배환경과 토양 및 종자상태에 따라서 저선량의 효과가 다르게 나타나므로<sup>12,10)</sup>, 향후 시험에서는 작물과 품종 및 재배조건에 따른 차이를 고려하여야 할 것이다.

## 요 약

대두작물의 생육에 대한 방사선 hormesis를 구명하고자 세 품종의 콩종자에 저선량  $\gamma$ 선을 조사하여 포장에서 시험하였다. 생육에 대한 저선량  $\gamma$ 선의 자극효과는 품종에 따라서 다른 반응을 보였는데, 백태인 황금콩과 방사콩보다도 흑태인 S900 품종에서 더욱 효과적이었다. 포장밭아울은 S900 품종의 0.5 Gy 조사구에서 30%정도, 경장에서는 방사콩과 S900 품종의 4.0 Gy 조사구에서 15%정도 증가하였다. 꼬투리수와 종자 수량에서는 황금콩은 2.0Gy 조사구에서 35%정도, S900 품종은 4.0 Gy 조사구에서 25%정도 증가하였다.

## 사 사

본 연구는 과학기술부의 원자력연구개발사업의 일환으로 수행되었음.

## 참 고 문 헌

- Luckey, T. D. (1980). Hormesis with ionizing radiation. CRC press, Inc., Boca Raton. Fla.
- Kim, J. S. and Lee, Y. B. (1998). Ionizing radiation hormesis in crops. Korean J. Environ. Agric. 17(1) : 61~68.
- Miller, M. W. and Miller, W. M. (1987). Radiation hormesis in plants. Health physics, 52 (5) : 607~616.
- 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.
- Kim, J. S. Song, H. S. Kim, J. K. and Lee, Y. K. (1998). Growth Stimulation of cereals and vegetables by low dose gamma ray Proceeding of the Korean Nuclear Society spring meeting Vol. II. Seoul, Korea. May. 654~650.
- Kim, J. S. Song, H. S. Kim, J. K. and Lee, Y. K. and Lee, Y. B. (1998). Stimulation effect of early growth in crops by low dose radiation. Korean J. Environ. Agric. 17(2) : 1~9.
- Stan, S. and Croitoru, A. (1970). Effect of low, moderate, and high levels of gamma radiations ( $^{60}\text{Co}$ ) on soybean plants. I. Analysis of growth and yield, Stim. Newsl., 1 : 23.
- Hamatova, E. (1969). Influence of chronic  $\gamma$  irradiation on nodulation soya. Rostl. Vyroba, 15 : 197.
- Stan, S. and A. Jinga, S. (1966). The effects of low gamma ray doses of  $^{60}\text{Co}$  on bean and soybean plants. Ann. inst. Cercet. Pentru, Cereale Plante The. Fundulea, 34 : 369.
- Corbean, S. and Bajescu, N. (1965). Effect of chronic gamma radiation upon protein content of soybeans. Ann. I. C. C. P. T. Fundulea 33.
- Weber, F. (1952). Vitamin C content of x-rayed seedlings. Phyton(Am. Rev. Bot.). 4 : 144.
- Bhattacharya, S. Joshi, R. K. and Fendrik, I. A. (1975). A preliminary report on the effect of low doses of x-rays on the yield of two species of Phaseolus(Mungbean). Stim. Newsl., 8 : 4.
- Gaur, B. I. and Desai, B. M. (1971). Screening of crop plants for radiation induced stimulation. I. Kidney bean, onion and lettuce. Stim. Newsl., 3 :
- Niels, W. H. and Roger, J. B. (1970). Manual on Radiation Dosimetry. Marced Dekker Inc. New York.
- Kim, J. S. Kim, J. K. Lee, Y. K. and Back, M. W. (1998). Effect of low dose gamma radiation on the germination and yield components of Chinese cabbage. Korean J. Environ. Agric. 17(3) : 274~278.
- Lee, E. K. Kim, J. S. Lee, Y. K. and Lee, Y. B. (1998). The acceleration of germination in welsh onion seed irradiation with the low dose  $\gamma$ -ray radiation. Korean J. Environ. Agric. 17(4) : 215~219.