

## 감마선 조사-해바라기 종자의 저장기간에 따른 종자활력과 추출물의 항산화활성

김선일<sup>1</sup> · 이현화<sup>2</sup> · 김춘성<sup>3</sup> · 서명덕<sup>4</sup> · 이숙영\*

조선대학교 단백질소재연구센터, <sup>1</sup>조선대학교 생명화학공학과, <sup>2</sup>조선대학교 생물학과, <sup>3</sup>조선대학교 구강생리학실, 제주대학교 부속병원 내과<sup>4</sup>

## Changes in the Seed Viability and DPPH-radical Scavenging of *Helianthus annuus*. Seeds According to Low Dose $\gamma$ -ray irradiation

Sun-Il Kim<sup>1</sup>, Hyun-Hwa Lee<sup>2</sup>, Chun-Sung Kim<sup>3</sup>, Myung-Deok Seo<sup>4</sup>, and Sook-Young Lee\*

Research Center for Proteineous Materials, <sup>1</sup>Department of Chemical and Biochemical Engineering, <sup>2</sup>Department of Biology, <sup>3</sup>Department of Oral Physiology, Chosun University, 375 Seosuk-Dong, Gwangju 501-759 Korea <sup>4</sup>Department of Internal Medicine, Cheju National University Hospital, 27 Iaro, Jeju-si 690-716, Korea

Received May 7, 2008; Accepted June 10, 2008

This study was to elucidate the effect of low dose gamma ( $\gamma$ )-ray irradiation on the germination, seedling growth and antioxidant activity in sunflower seeds. The seed germination was stimulated in the range of 2.7~8.0% by low dose  $\gamma$ -ray irradiation compared with that of the control; however, the germination of seeds stored for 4 months after irradiated was decreased at all low dose  $\gamma$ -ray irradiation groups. Especially, the germination rate of 32 Gy-irradiated seed group was much lower than that of the other groups and 8 Gy was the optimal radiation dose for germination at room temperature. Though there was variation with storage time and temperature, seedling growth stored at 10°C for 4 months after irradiated was promoted at the 1 Gy  $\gamma$ -ray irradiation group compared to seed stored at 25°C. For the antioxidant activity of  $\gamma$ -ray irradiated seeds extract, 4 Gy and 32 Gy groups were significantly increased by 68.83% and 95.44%, respectively, compared to control at the concentration of 100  $\mu$ g/ml.

**Key words:** *Helianthus annuus*,  $\gamma$ -ray irradiation, seed viability, antioxidant, DPPH radical

### 서 론

방사선은 저선량으로 조사되었을 경우 오히려 생물체의 생리활성을 촉진(Hormesis) 시킨다고 알려져 있다.<sup>1,2)</sup> 이러한 저선량 방사선의 생리활성 촉진 효과는 동물과 식물에서 꾸준히 수행되어 왔으며, 식물의 경우 품종, 종자상태, 환경 및 재배조건, 측정하는 생리적 기능들이 선량에 따라 다르게 나타나고 있다.<sup>3)</sup> 방사선이 조사된 종자의 경우 품종이나 저장기간에 따라 차이가 있지만, 초기 성장과 발아율이 증가되고,<sup>4)</sup> 식물의 장기개화 유도, 발근력 등에 향상 및 수량증가 효과를 나타내어 농업적 가치가 있는 것으로 보고 되고 있다.<sup>5)</sup> 또한, 겨자 종자의 호흡과 catalase 활성, 묵은 고추 종자의 catalase와 peroxidase의 활성,<sup>4)</sup> 파와 시금치에서의 효소활성 증가<sup>6)</sup> 등 항산화 물질이 형성되어 저항성에 관련된 생리활성 증가 효과도 보고되어지고

있다.<sup>7)</sup> 본 저자가 보고했던 연구결과에서도 저선량의 감마선으로 조사된 무 종자의 발아율과 유묘생육, 항산화활성이 대조군보다 증가되었음을 밝힌바 있다.<sup>8,9)</sup>

해바라기(*Helianthus annuus*)는 국화과(Compositae)에 속하는 일년생 초본과 작물로 뿌리는 주로 비뇨기과, 순환계, 호흡기 질환 등을 다스리며 대소변 불통이나 류마티스를 치료하며, 꽃은 소장의 수축력 증가와 해열작용 및 시력을 좋게 하는 효능이 있다.<sup>10,11)</sup> 특히, 종자는 약 50%의 지방유를 함유하고 있으며, 그 중 70%를 차지하고 있는 리놀산과 인지질은 고지혈증과 고 콜레스테롤의 혈전억제 작용과 항암, 면역조절 및 지질 대사 관여에 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 또한, 이노제, 해열, 류머티즘 등의 약으로도 사용된다.<sup>12-14)</sup> 그러나 아직까지 방사선 조사에 따른 해바라기의 생리적인 효능에 대한 구체적인 연구는 미흡한 실정으로 다양한 연구를 통해서 해바라기의 식품 재료 및 천연물질 생산 원료로서의 중요성을 높일 필요가 있다. 본 연구는 저선량의 감마선을 조사한 해바라기 종자를 대상으로 종자발아와 유묘의 생육 및 항산화능에 미치는 효과를 알아보고자 초기 생육 변화와 DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)

\*Corresponding author  
Phone: +82-62-230-7567; Fax: +82-62-227-8345  
E-mail: seedbank2001@hanmail.net

radical 소거 활성을 조사하였다. 이러한 결과는 향후 작물별 저선량 감마선의 식물 유익효과와 안정성을 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

**재료 및 방법**

**식물 재료.** 본 실험에 사용된 해바라기 종자는 농가에서 당해년도(2003년산)에 수확한 것으로 전남 나주시에 소재한 종묘상에서 구입하였다. 수확 후 상온에서 6개월간 방치된 종자에 저선량의 감마선을 조사한 후 상온에서 4개월 동안 저장한 하여 종자 발아율을 측정하였다. 또한 방사선 조사 후 10°C와 25°C에서 각각 4개월 동안 저장한 종자를 대상으로 초기 생육을 비교하였으며, 항산화 활성 분석용 종자는 방사선 조사 직후 종자와 조사 후 25°C에서 4개월 동안 저장한 종자의 시료를 메탄올로 추출하여 비교 분석하였다.

**식물재료의 방사선 조사.** 실험에서 사용되어진 해바라기 종자는 한국원자력연구소의 저준위 조사시설(<sup>60</sup>Co, AECL, Canada)을 이용하여 1, 4, 8, 16, 32 Gy의 선량으로 각각 건조 종자에 직접 조사한 후 초기 생육과 항산화 활성을 측정하는 재료로 사용하였다.

**종자의 발아와 초기생육 조사.** 감마선 조사 후 저장 기간에 따른 선량별 발아율과 초기생육 조사를 위해 각 선량별로 건전한 해바라기 종자를 육안으로 선별하여 표면살균을 위해 70% 에탄올에 30초간 살균하여 NaOCl 10% 용액에 10분간 침지 소독한 후, 멸균수에 7시간 침지하여 사용하였다. 발아실험은 직경 12 cm의 발아접시(square dish)에 여과지(Whatman No. 1)를 깔고 증류수 10 ml 첨가한 후 50립씩 치상하여 암상태의 25°C 발아상(EYELA Multi Thermo Incubator MTI-201)에서 3반복으로 실시하였다. 유근이 1 mm 이상 나온 것을 발아한 것으로 간주하였고 종자를 치상하여 24시간 간격으로 6일 동안 조사하였다. 초기생육은 발아 후 7일째 유묘의 초장, 근장과 생체중을 측정하였고 이때 최고치와 최저치를 나타낸 유묘의 시험수치에 포함시키지 않으며 건물중은 50°C의 건조기에서 6일간 건조시켜 측정하였다.

**항산화 활성 시료 추출물 제조.** 각각의 선량별 종자를 마쇄하여 하여, 종자중량의 10배에 해당하는 99.8% 메탄올에 침지하여 실온에서 48시간 동안 2회 반복 추출하여 여과하였다. 이 여과액을 회전식 감압농축기 (EYELA, Japan, SB-1000) 로 농축한 후 남은 용매 및 수분은 동결 건조로 제거하여 -20°C의 냉동고에 보관하여 실험에 사용하였다.<sup>18)</sup>

**항산화 활성 측정.** 감마선조사 후 저장기간에 따른 해바라기 종자의 항산화 활성은 DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)을 사용하여 시료의 radical 소거효과를 측정하여 나타내었다.<sup>15,16)</sup> 해바라기 종자 추출물은 DMSO(dimethyl sulfoxide)에 녹여 100 mg/ml로 조제하여 단계별로 에탄올에 희석하여 10, 25, 50 및 100 µg/ml 농도로 사용하였으며, DPPH는 무수 에탄올에 녹여 517 nm에서 흡광도 1.1-1.2가 되는 농도로 희석하여 사용하였다.<sup>17,18)</sup> 에탄올 80 µl를 96 well plate에 취한 다음, 각 농도별 시료 20 µl와 위에서 조성한 DPPH용액을 100 µl를 넣어 잘 혼합한 다음 암 상태에서 30분간 방치한 후 ELISA reader를 사

용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 천연 항산화물질인 ascorbic acid 및 BHT(butylated hydroxytoluene)를 동일한 방법으로 흡광도를 측정하였으며, 대조군에 대한 50% 흡광도를 나타내는 검체의 농도(IC<sub>50</sub>)와 유리 라디칼 소거활성은 흡광도차를 이용한 백분율로 나타내었다.<sup>7)</sup>

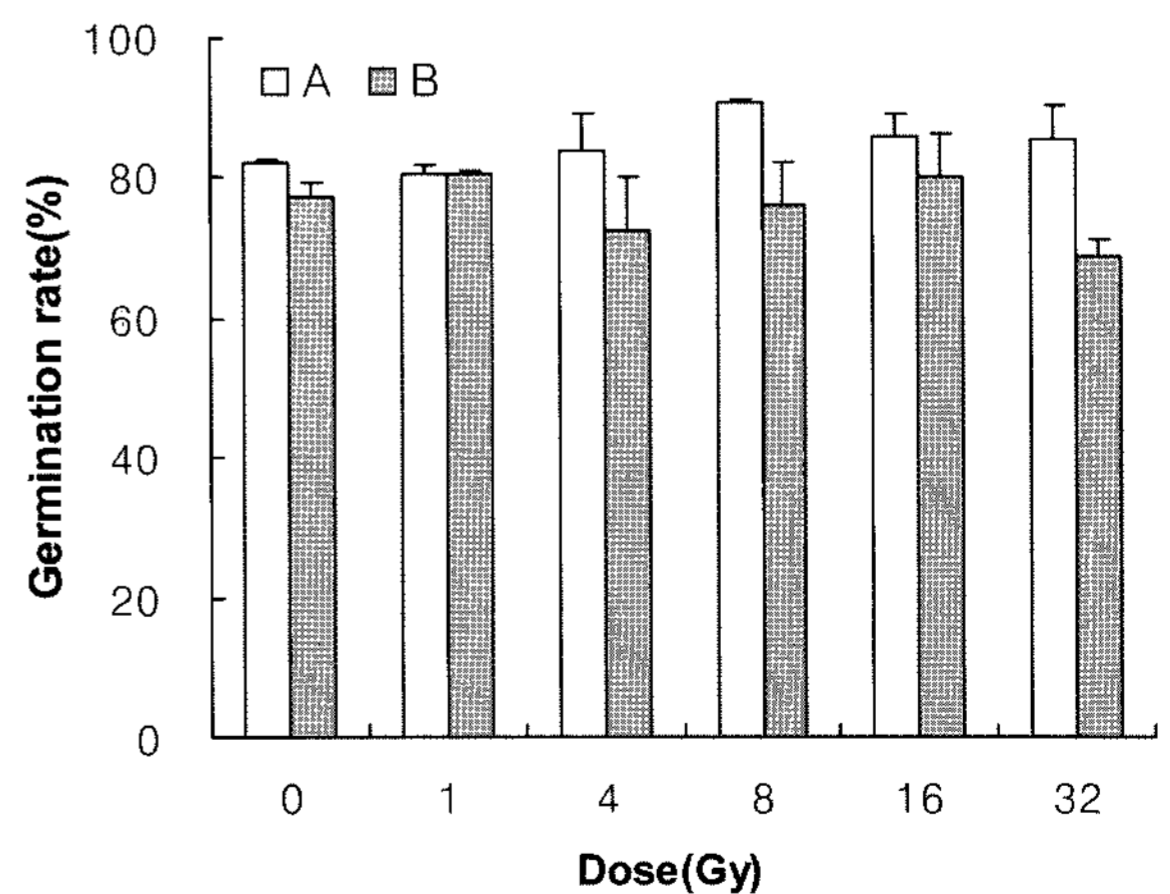
$$\text{Election donating ability (\%)} = (1 - \frac{\text{실험구의 흡광도}}{\text{대조구의 흡광도}}) \times 100$$

**통계처리.** 3회 반복실험을 통해 측정된 결과의 통계적인 유의성은 paired t-test(SPSS for Windows 12.0 package, SPSS Inc.)를 이용하여 분석하였다.

**결과 및 고찰**

**저선량 감마선 조사에 의한 발아율과 초기생육.** 저선량 방사선에 의한 식물종자의 활력변화 및 항산화활성 증감을 조사하고자 해바라기 종자에 저선량의 감마선을 조사하여, 조사한 직후(0개월)와 실온에서 4개월 보관한 종자의 발아율을 조사하였다 (Fig. 1). 방사선을 조사한 직후 발아율은 무처리의 대조구에 비해 1, 4, 16, 32 Gy 모두 각각 2.7, 6, 8, 7.4%씩 전체적인 증가 효과를 나타내었다. 특히 8 Gy의 경우, 총 발아율이 91%로 대조구의 발아율 (78%)에 비해 13%의 증가를 보였다. 본 저자가 보고했던 감마선조사 무 종자의 경우엔 비조사구는 69%의 발아율을, 조사구(1, 8, 16, 32 Gy)는 40%의 저조한 발아율을 보였으며, 4 Gy 조사구에서만 비조사구와 비슷한 발아율을 보였다. 이상과 같이 두 종류의 종자를 비교해 볼 때, 저선량의 감마선이 식물에 미치는 영향은 식물종에 따라 상당한 차이가 있음을 알 수 있으며, 유효선량의 범위도 종에 따라 차이가 있는 것으로 증명되었다.<sup>8)</sup>

방사선을 조사 후 4개월 실온 보관한 종자 발아율을 살펴보면, 대조구에 비해 4, 8, 32 Gy 모두 각각 6, 2, 11%씩 감소하였다. 1 Gy와 16 Gy 조사구에서는 4개월 저장 처리한 무처리구에 비하여 2.64%, 2%씩 증가하였으나 조사 직후의 발아율과



**Fig. 1. Germination percentage of sunflower seeds irradiated with different doses of gamma radiation.** The bars represent standard error of the mean of 3 replicates. A, non-stored seed after irradiated; B, the seed of 4 month storage after irradiated.

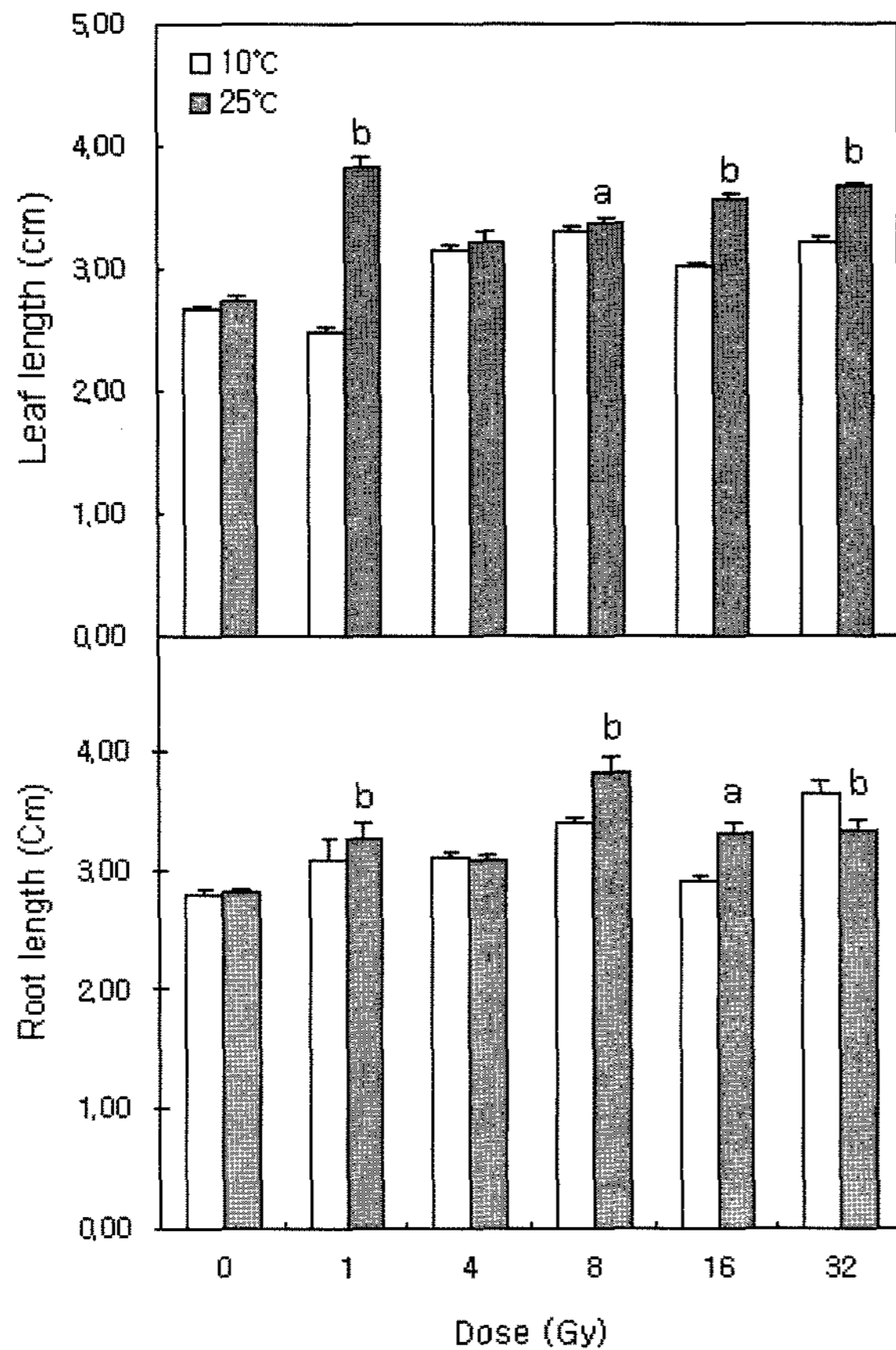


Fig. 2. Changes in the shoot and root length of the sunflower seedling of 4 months store at 10°C and 25°C after irradiated with different dose of gamma radiation. Each value is means±S.E. of three separated experiments (<sup>a</sup> $p < 0.05$ , <sup>b</sup> $p < 0.001$ ).

비교하여 볼 때 전체적으로 감소하는 효과를 나타내었다. 특히 조사량이 높은 32 Gy에서의 감소율이 가장 높았으나 조사선량과 감소율에는 유의성을 나타내지 않았다. 이와 같은 결과를 통해 해바라기 종자의 발아율을 높이기 위한 최적 감마선 조사량은 8 Gy로 조사 즉시 발아를 유도하는 것이 타당할 것으로 판단되며, 1 Gy와 10 Gy에서는 4개월 저장에도 대조구에 비해 특별히 발아율이 저해되지 않았으므로 해바라기 종자를 일정기간 동안 저장 보관하여 파종하기 위한 수단으로 사용해도 될 것으로 사료된다. 그러나 무종자의 경우, 감마선을 조사하여 실온에서 12개월 저장 되었던 조사구가 비조사구와 유의할만한 차이를 보이지 않았으며 조사직후에 감소되었던 발아율과는 달리 13.33~14.17%까지 오히려 증가함을 알 수 있었다.<sup>8)</sup> 이와 같이 무종자와 해바라기 종자의 방사선 조사하여 일정기간 저장한 발아율의 현저한 차이는 감마선조사로 인하여 일시적으로 또는 단기간(4개월) 저하되었던 종자의 활력이 저장기간이 경과됨에 따라 서서히 회복되면서 종자활력이 촉진되어진 것으로 판단된다.

또한 방사선 조사 후 된 10°C, 25°C에서 각각 4개월 보관한 종자를 유묘의 초장, 근장, 생체중 및 건물중의 초기 생육변화를 조사하였다(Fig. 2). 유묘의 초장을 비교한 결과 10°C에서 보관된 1 Gy 조사구가 가장 높은 4 cm로 대조구에 비해 1.11 cm 더 많은 신장을 나타내었다. 그러나 25°C에서 보관된 경우 대조구에 비해서 0.25 cm 더 작은 가장 낮은 신장을 나타내었으

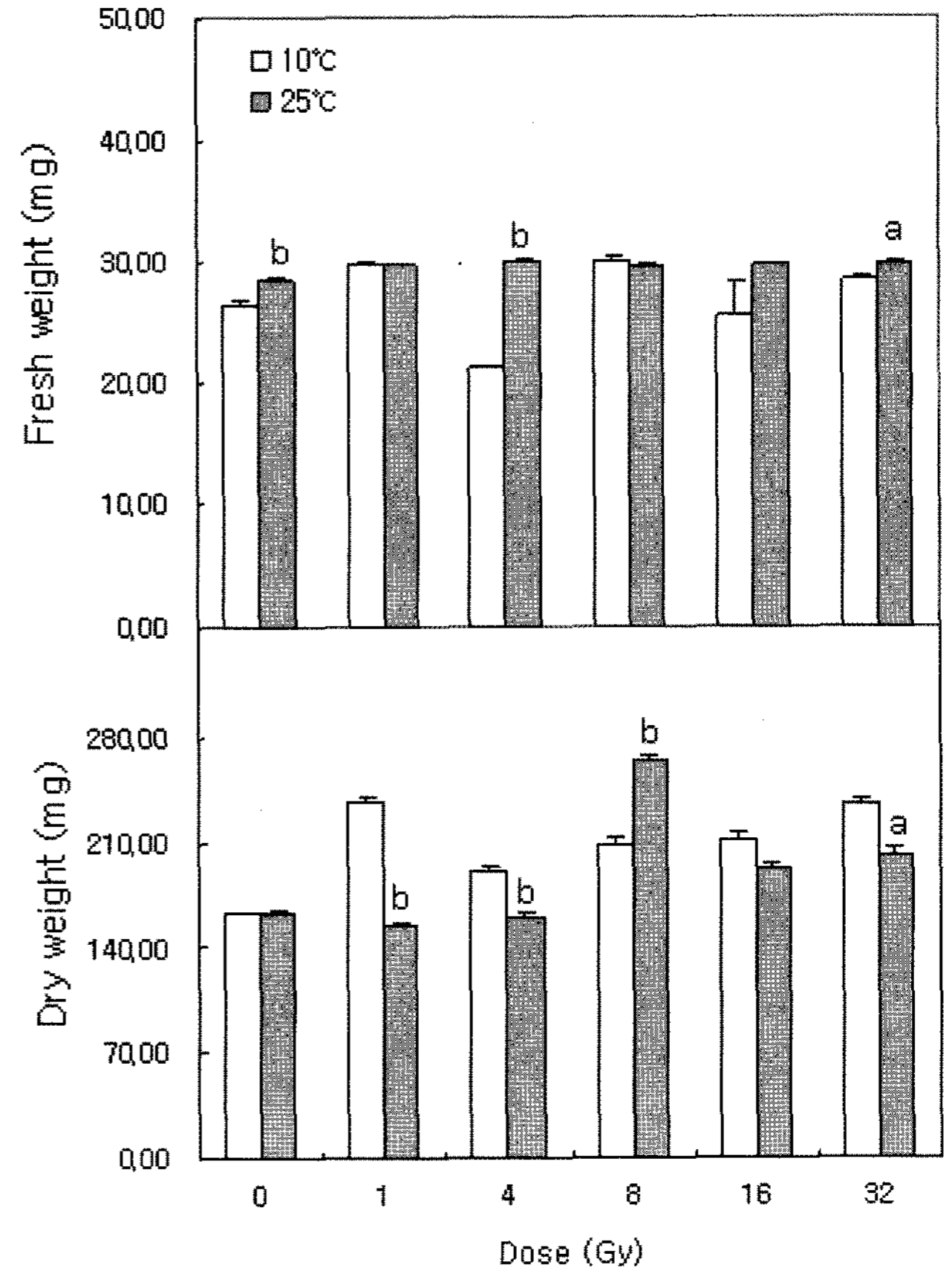
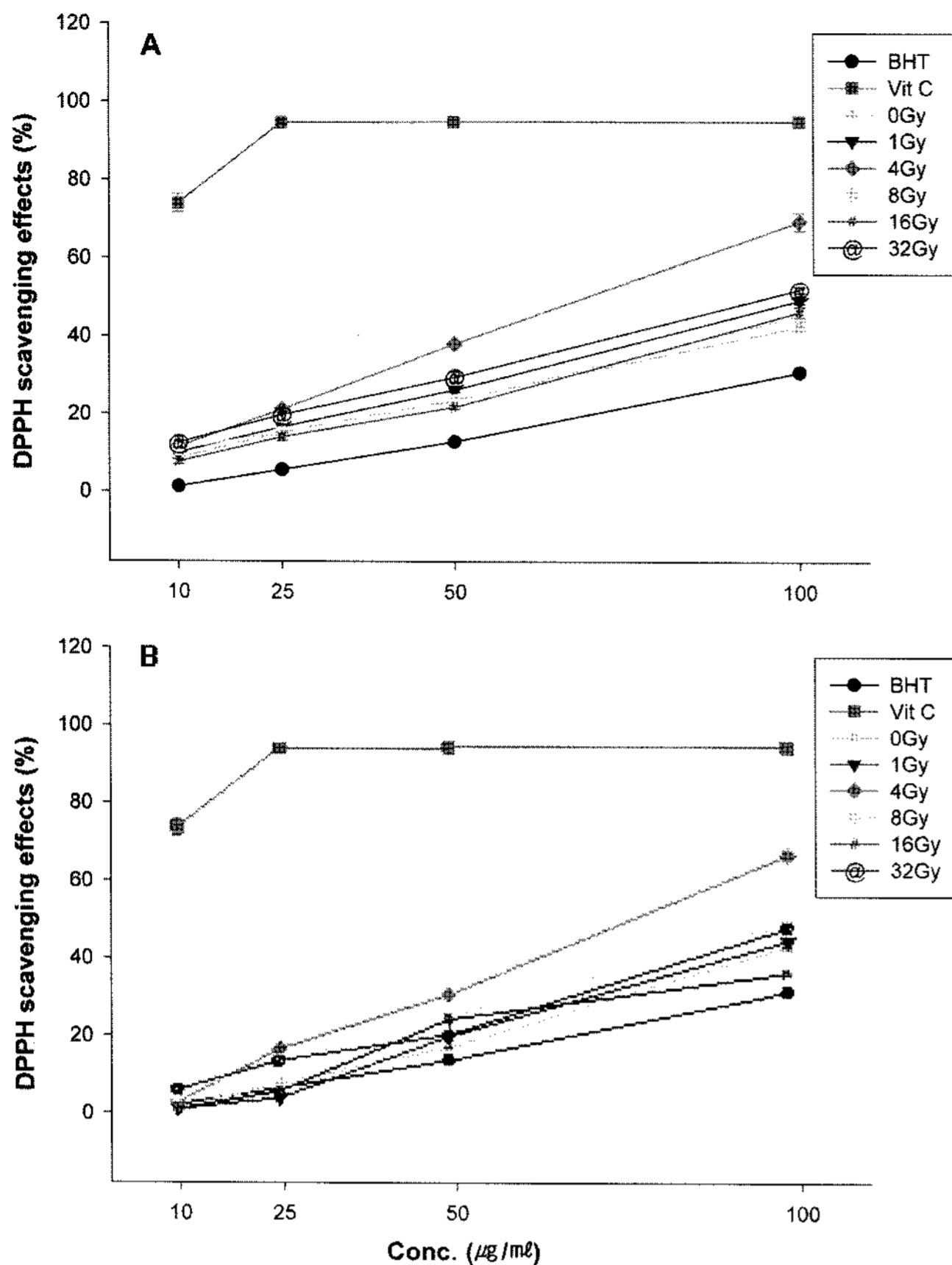


Fig. 3. Changes in the fresh and dry weight of the sunflower seedling of 4 months store at 10°C and 25°C after irradiated with different dose of gamma radiation. Each value is means±S.E. of three separated experiments (<sup>a</sup> $p < 0.05$ , <sup>b</sup> $p < 0.001$ ).

며, 근장의 경우 10°C에서 보관된 32 Gy 조사구가 3.98 cm로 가장 높았으며, 1 Gy 조사구 또한 3.72 cm로 대조구에 비해 0.76 cm 더 높은 신장을 나타내었다. 생체중과 건물중을 측정 한 결과 초장과 근장에서 높은 신장을 보여준 10°C에서 보관된 1 Gy 조사구가 대조구에 비해 각각 35.64 mg, 5.01 mg 더 높은 증가 효과를 보여주었다 (Fig. 3). 10°C에서 보관된 종자의 생육이 25°C에서 보관된 종자의 초기 생육에 비해 다소 높은 증가를 보여줌으로써 방사선 조사한 후의 보관 상태에 따라 생육효과가 차이가 나며, 가장 효율적인 초기 생육 증가의 조건은 1 Gy 조사한 후 10°C 보관으로 사료된다.

배추를 비롯한 여러 채소류의 종자에서 방사선을 조사한 후 그 발아율과 생육 촉진을 조사한 결과 수량증가 효과가 보고 되었으며, 신규종자보다 2-3년 경과된 묵은 종자의 최종발아율과 초기생육에서도 높은 증가 효과를 나타내었다.<sup>9)</sup> 참박, 호박의 습윤종자와 건조 종자를 대상으로 방사선 효과를 살펴본 결과 습윤종자가 상대적으로 높은 결과를 보였으며 이는 종자의 수분상태에 따라 저선량 방사선의 효과가 다르게 나타남을 보여준다.<sup>3)</sup> 그러나, 감마선이 조사된 벼와 찰벼의 발아와 유묘 생장을 측정 한 결과 조사량이 증가할수록 성장 정도가 감소하였다.<sup>19)</sup> 또한, 콩류의 방사선 조사에 의한 발아 특성 실험에서도 성장의 감소를 확인할 수 있었다.<sup>20)</sup> 본 실험의 결과에서도 방사선 조사한 시간이 경과함에 따라 발아율은 억제 효과가 우세





**Fig. 4. Antioxidant activity of sunflower seed extract irradiated with different doses of gamma radiation.** The bars represent standard error of the mean of 3 replicates. A, non-stored seed after irradiated; B, the seed of 4 month storage after irradiated. BHT (butylated hydroxytoluene), Vit C (ascorbic acid); control group.

하였으며, 이는 종자 발아율의 경우 방사선 조사한 직후 생리활성이 증가됨을 알 수 있었다. 또한 생장효과의 경우 보관의 온도가 중요한 요인으로 작용하여 생리활성을 촉진시키는 것으로 사료된다.

**저선량 감마선조사에 의한 종자의 DPPH radical 소거능.** 감마선 조사 후 0개월 및 4개월째 DPPH radical 소거 활성을 비교한 결과, 실험구인 32 Gy의 10, 25, 50 및 100 µg/ml 농도에서 조사 직후의 소거율은 각각 12.46, 19.71, 29.54, 52.07%였고, 조사 후 4개월째 소거율은 각각 5, 12.83, 19.64, 47.69%로 모든 농도에서 감마선조사 직후의 소거율이 높은 것으로 나타났다(Fig. 4). 그러나 8 Gy는 50 µg/ml 및 100 µg/ml 농도에서 저장 4개월째 소거율이 방사선 조사 직후의 소거율보다 각각 1.08%, 3.43%씩 높아 예외적인 경향을 보였다. 감마선조사 농도별 소거율은 25, 50, 100 µg/ml 농도에서 4 Gy > 32 Gy > 1 Gy 순으로 나타났고, 조사하여 저장 4개월째 소거율은 위와 같은 농도에서 4 Gy가 가장 높았다. 이를 통해 저장기간에 관계없이 25, 50, 100 µg/ml의 모든 농도에서 4 Gy가 소거율이 가장 높게 나타나 항산화 활성이 높은 것으로 확인되었다. 천연 항산화제인 ascorbic acid와 소거활성을 비교했을 때 해바라기 종자추출물의 소거활성은 비교적 낮은 수준이었으나 우수한 합성항산화제로 많이 사용되고 있는 BHT의 소거능에 비해서는

**Table 1. Free radical scavenging activity of sunflower seed extracts irradiated with different doses of gamma radiation on DPPH radical scavenging method**

Dose (Gy)	IC <sub>50</sub> value in (µg/ml)*	
	0 month	4 months
0	112.04±2.4	112.04±2.4
1	102.65±9.5	118.43±19.2
4	68.83±11.5	77.11±3.1
8	115.25±6.9	104.07±7.9
16	112.35±13.2	135.70±21.5
32	95.44±1.2	108.39±12.9
<b>Control group</b>		
Vit C	≤ 25	
BHT	123.04±7.91	

\*Means (n=3) with different letters are significantly different.

비교적 뛰어난 항산화 활성을 나타내었다.<sup>21)</sup> 해바라기 종자 추출물의 DPPH radical 소거율을 IC<sub>50</sub>값으로 산출한 결과, 감마선 조사 후 0개월과 4개월째 소거능은 4 Gy에서 각각 68.83 µg/ml와 77.11 µg/ml로 항산화 활성이 가장 높게 나타났으며, 32 Gy의 선량에서 각각 95.44 µg/ml와 108.39 µg/ml의 소거능을 보여 두 번째로 높은 항산화 활성을 보였다(Table 1). 이것은 ascorbic acid(6.80 µg/ml)의 항산화 효과보다 낮은 활성을 보였으나 BHT(193.94 µg/ml) 보다는 월등히 뛰어난 것으로 나타났다. 또한 조사량이 높아질수록 항산화 활성이 높아지는 경향은 보이지 않아 선량에 따른 상관관계는 나타나지 않았으며 특정 선량인 4 Gy에서 저장기간에 관계없이 항산화 활성이 가장 높게 나타났다. 그 중 가장 낮은 활성을 보인 조사량은 방사선조사 직후에는 8 Gy였고 조사 4개월째는 16 Gy인 것으로 나타나 다소 차이가 있었다. 본 저자가 보고했던 무종자의 경우엔, 100 µg/ml의 시료농도에서 8 Gy 조사구가 비조사구보다 8% 더 높은 DPPH radical 소거능을 나타냈고, 해바라기와 마찬가지로 다른 조사구에서는 비조사구에 비하여 저하되는 경향을 보였다. 1000 µg/ml의 시료농도에서는 100 µg/ml의 농도와는 다르게 비교적 유사한 활성을 나타냈다.<sup>8)</sup> 이 두 식물종자 결과를 비교할 때, DPPH radical 소거능의 유지 또는 촉진을 유도하는 감마선의 유효선량도 발아율에서와 마찬가지로 식물 종에 따라 또는 종자의 건전상태에 따라 다르게 나타남을 알 수 있었다.

방사선이 조사된 식물체에서의 다양한 생육촉진과 항산화 활성기작은 아직까지 정확히 보고된 바가 없으나 생리활성 시 발생하는 다양한 유해 인자로부터 자신을 방어하기 위해 항산화 효소들을 발생시키는 것으로 알려져 있다.<sup>20,21,23)</sup> 저선량의 방사선 조사가 해바라기 종자의 항산화 활성에 어느 정도 영향을 미치는지 살펴본 결과, 특정 4 Gy 조사선량에서 비조사구에 비하여 활성이 높아짐을 관찰하였으며, 그 밖의 조사구에서는 저장 상태와 관련지어 크게 유의할만한 결과는 나타나지 않았다. 이러한 실험결과는 저선량의 방사선이 해바라기 종자의 기능성 및 생리활성 등에 크게 영향을 미치지 않는다는 사실을 실험적으로 입증하는 기초 자료를 제공하였다.

## 초 록

저선량 감마선 조사에 의한 해바라기종자의 발아율과 초기생육을 통해 수량증감 여부를 조사하였고, DPPH radical 소거능 조사를 통한 항산화 활성을 분석하였다. 방사선을 조사한 직후 발아율은 무처리의 대조구에 비해 증가하였으며, 4개월 실온 보관 후의 종자 발아율은 대조구에 비해 전체적으로 감소하는 효과를 나타내었다. 특히 조사량이 높은 32 Gy에서의 감소율이 가장 높았으나 적정선량은 8 Gy이다. 조사된 종자의 보관 온도에 따른 초기생육에 미치는 영향을 조사한 결과, 1 Gy 조사구의 10°C 보관된 종자가 25°C 보관된 조사구에 비해 초장과 근장의 높은 증가 효과를 보여주었다. DPPH radical 소거법에 의한 항산화활성을 측정된 결과 방사선을 비조사한 대조구에 비해 조사구에서 항산화 활성이 증가하였으며, 감마선조사 후 저장기간에 관계없이 4 Gy에서 가장 높은 활성이 관찰되었다.

**Key words:** *Helianthus annuus*,  $\gamma$ -ray irradiation, seed viability, antioxidant, DPPH radical

## 사 사

이 논문은 2006년도 전통식품 첨단화 인력양성 사업단 산학협력 연구비(NURI)의 지원을 받아 연구되었음.

## 참고문헌

- Atkison, G. F. (1989) Report upon some preliminary experiment with the Rontgen rays of plant. *Science*, **7**, 7-9.
- Kim, M. S., Park E. J., Yang J. S. and Kang, M. H. (2002) Changes of DNA fragmentation by irradiation doses and storage in gamma-irradiated fruits. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.*, **31**, 594-598.
- Beak, M. H., Kim, J. S., Lee, Y. G., Lee, Y. B. and Yang, S. G. (2003) Effects of low does gamma radiation and seed moisture content on germination and early growth of vegetable crops. *Kor. J. Environ. Agri.*, **22**, 215-219.
- Kim, J. S., Beak, M. H., Lee, H. Y. and Lee, Y. K. (2001) Effects of low does gamma irradiation on the germination and physiological activity of old red pepper (*Capsicum annum* L.) seed. *J. Korea Asso. Radiat prot.*, **26**, 409-415.
- Lee, E. K., Kim, J. S., Lee, Y. K. and Lee, Y. B. (1998) Effects of low dose  $\gamma$ -ray irradiation on the germination and growth in red pepper. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.*, **39**, 670-675.
- Baek, M. H., Chung, B. Y., Kim, J. H., Wi, S. G., Kim, J. S. and Lee, I. J. (2005) Synergistic effects of low does gamma irradiation and growth regulators on seed germination, growth and photosynthesis in rice (*Oryza sativa* L.). *Kor. J. Environ. Biol.*, **23**, 64-70.
- Kim, J. H., Kim J. K., Kang, W. W., Ha, Y. S., Choi, S. W. and Moon, K. D. (2003) Chemical compositions and dpph radical scavenger activity in different sections of safflower. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.*, **32**, 733-735.
- Jang, E. S., Lee, H. W., Kim, J. S. and Lee, S. Y. (2005) Effects of low dose  $\gamma$ -ray irradiation on antioxidant activity of seeds and seedling growth in *Raphanus sativus* L. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.*, **23**, 245-249.
- Droge, W. (2002) Free radicals in the physiological control of cell function. *Physiol. Rev.*, **82**, 47-95.
- Choi, K. Y. (1979) Studies on the constituents of Korean edible oils and fats. *K. J. N.*, **12**, 75-76.
- Kim, Y. J. (1975) Effects of planting density and fertilizer levels on the growth and yields in sunflower culture. *Rural Development Rev.*, **9**, 111-112.
- Belokrlov, G. A. and Molchanova, I. V. (1992) The immunotropism of sunflower oil and starch in peros administration to mice. *Biull. Biol. Med.*, **114**, 633-634.
- Jo, S. K., Chung, S. K. and Byun, M. W. (2002) Effects of Hyebaton, an extract from herb mixture containing sunflower, on immune activity and metabolism of glucose and lipid. *Food industry and Nutrition.*, **7**, 27-34.
- Kloeze, J. and Abdellatif, A. M. (1975) Effects of palm-kernel oil and sunflower seed oil on serum lipids and atherogenesis in alloxan-diabetic rabbits. *Atheroscleriosis.*, **22**, 349-368.
- Han, W. S. (2003) Isolation and structure elucidation of radical scavengers from *Chrysanthemum boreale* Makino. *Kor. J. Medical crop Sci.*, **11**, 1-4.
- Kang, M. Y., Kim, S. L., Koh, H. J. and Nam, S. H. (2004) Antioxidant activity of ethanolic extract from germinated giant embryonic rices. *J. Kor. Soc. Appl. Biol. Chem.*, **47**, 293-294.
- Choi, J. S., Lee, W. K., Son, B. W., Kim, D. S., Choi, H. D., Choi, J. S., Jung, J. H., Jung, K. S., Im, and Cho, W. C. (2000) Screening on radical scavenging activity of marine microalgae. *Kor. J. Pharmacogn.*, **31**, 253-254.
- Kwak, C. S., Lim, S. J., Kim, S. A., Park, S. C. and Lee, M. S. (2004) Antioxidative and antimutagenic effects of korean buckwheat, sorghum, millet and job's tears. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.*, **36**, 921-923.
- Oh, K. N., Kim, K. E. and Yang J. S. (2001) Germination properties of rice and glutinous rice exposed to gamma irradiation. *J. Fd Hyg. Safety.*, **16**, 76-81.
- Oh, K. N., Kang, E. K., Park, C. R. and Yang, J. S. (2002) Identification of germination properties for the screening of gamma-irradiated beans. *Kor. J. Food Sci. Technol.*, **34**, 1002-1006.
- Lee, S. E., Sung, N. S., Park, C. G. and Seong, J. S. (2002) Screening for antioxidative activity of oriental medicinal plant materials. *Kor. J. Medicinal Crop Sci.*, **10**, 172-174.
- Lee, H. J., Lee, B. J., Lee, D. S. and Seo, Y. W. (2003) DPPH radical scavenging effect and in vitro lipid peroxidation inhibition by *Protulaca oleracea*. *J. Kor. Soc. Food Sci.*, **29**, 1127-1132.
- Kim, J. S., Lee, Y. K., Song, H. S., Park, H. S. and Kim, J. K. (1999) Effects of low dose ionizing radiation on the growth and yield of soybean cultivars. *Kor. J. of Environ. Agri.*, **18**, 66-69.
- Kong, Y. J., Kang, T. S. Lee, M. K. and Park, B. K. (2001) Antimicrobial and antioxidative activities of solvent fractions of *Quercus mongolica* leaf. *J. Korean Soc. Food Sci.*, **30**, 339.