

## 감마선이 *Artemia* 알의 부화에 미치는 영향

김원륙, 김진규, 이영근, 이창주, 장화형  
한국원자력연구소  
대전광역시 유성구 덕진동 150

### 요 약

감마선이 *Artemia* 알의 부화에 미치는 영향을 알아보기 위하여, 10Gy, 100Gy, 1kGy, 3kGy, 6kGy과 9kGy의 선량으로 건조 상태의 알을 조사한 후 부화율과 nauplius기의 출현률을 조사하였다.

1kGy이하의 방사선 조사군에서는 부화율과 nauplius기의 출현률이 대조군에 비하여 높게 나타났다. 3kGy 방사선조사군의 경우 대조군과 유사한 부화율을 보였으나 nauplius기의 출현률은 감소하였다. 6kGy의 방사선조사군에서는 알들의 부화 지연과 부화율의 감소가 뚜렷하였다. 50%의 부화율을 나타내는 선량은 약 5.5kGy였으며, 9kGy에서는 100% 치사선량을 나타내었다.

본 실험에서 조사한 선량중에서 비교적 낮은 선량의 범위에서는 이온화방사선에 의하여 *Artemia* 알의 부화시간 단축 및 부화율이 다소 증가하는 결과를 보였다. 따라서 이온화방사선을 이용한 *Artemia* 알의 부화율을 촉진시킬 수 있는 적정 선량에 대한 연구는 상업적으로도 가치가 있다고 생각되며, 향후 이에 대한 추가적인 연구를 통한 상업적인 활용이 기대된다.

### 서 론

*Artemia* 알의 부화능력에 관한 다양한 방사선 효과에 관한 연구들을 통하여, *Artemia* 알이 갖는 높은 방사선저항성은 살아있는 생물체에서의 방사선감수성 조절을 연구하는데 있어 가치있는 정보를 제공해 주며 [1], 특히 이온화방사선에서 높은 방사선저항성을 가진다고 알려져 있다 [2].

이온화 방사선에 의한 hormetic effects가 원생동물과 박테리아 [3], 쥐 [4]에 있어서 성장 자극과 면역반응을 나타내며, 특히 옥수수 [5], 감자 [6]와 같은 작물들의 종자에 있어서 발아력증진, 생장과 발아의 촉진 및 수량증가를 가져오며, 식물에 있어서도 생육촉진과 수량증가 등을 가져온다고 알려져 있다.

그러나 *Artemia* 알들에 대한 과거의 연구들이 주로 선량증가에 따른 부화율의 감소등을 중심으로한 선량-반응 효과와 방사선감수성을 중심으로 이루어져 왔으며, hormetic effects에 관련된 연구로는 비교적 낮은 범위의 방사선 조사시 발생의 자극

효과에 의하여 수명이 길어진다는 연구결과가 있을 뿐 [7], 이온화방사선을 통한 부화율에 있어서의 유용효과에 관한 연구는 거의 이루어 진적이 없다.

따라서 본 연구는 *Artemia* 알의 부화에 미치는 감마선의 영향을 파악함으로써 이온화방사선에 의한 초기 성장 촉진효과에 대한 실증자료를 얻기 위한 목적으로 실시하였다.

## 재료 및 방법

실험에 사용한 *Artemia*의 알들은 Great Salt Lake, Utah로부터 얻어진 Golden West *Artemia*를 냉장 보관하여 사용하였다.

한국원자력연구소의 감마선 발생장치 (Cobalt-60, 약 400 Ci 용량, Panoramic irradiator, Atomic Energy of Canada Ltd.)를 이용하여 상온, 공기중에서 시료를 10 Gy, 100Gy, 1kGy, 3kGy, 6kGy 및 9kGy의 선량으로 방사선 조사하였다.

방사선을 조사한 *Artemia* 알들은 5%의 NaCl 용액에서 전 배양기간 동안 기포발생기를 이용하여 폭기를 실시하였다. 배양조건은 온도 28℃, 광도 1500 lux를 유지하였다. 조사선량별 부화율을 조사하기 위하여 조사후 10시간부터 48시간까지는 2시간 간격으로, 이후에는 12시간 간격으로 60시간과 72시간까지의 시료를 채취하여 20% formalin에 고정하였다. 각 선량별 부화율은 고정된 시료를 해부현미경 (Nikon SMZ-U, ×10)하에서 계수하여 평균값을 사용하였다.

## 결과 및 고찰

*Artemia*의 건조된 알에서 부화율을 통한 실험의 결과로 보면 6kGy이상의 높은 선량의  $\gamma$ -선에 의하여 부화율이 두드러지게 지연되고 있음을 알 수 있으며 (Fig. 1), 이는 일반적으로 방사선에 의하여 가장 뚜렷하게 나타나는 효과중의 하나로 알려진 세포분열의 억제 또는 지연된다는 사실과 일치되는 결과를 보여 주고 있다. 양자에 의한 방사선 조사 실험에서 대조군과 10Gy, 100Gy에서 방사선 조사한 알들에 있어서의 부화율은 유사한 결과를 보인 반면 100Gy 이상의 선량에서는 *Artemia* 알의 부화율 감소와 선량-반응 효과를 관찰하였으며, 특히 4kGy의 방사선 조사군에 있어서는 부화율이 뚜렷하게 낮아짐을 보고하였다 [1]. 그러나 본 연구에서는 방사선 조사선량 중에서 1kGy 이하의 방사선 조사군의 경우 오히려 방사선을 조사하지 않은 대조군에 비하여 배양후 24시간 이전에 있어서의 부화율은 오히려 증가함을 나타내었는데, 이는 *Artemia*의 알들이 1kGy 보다 낮은 선량의 이온화방사선에 의하여 부화가 촉진됨을 알 수 있었다 (Fig. 1).

대조군과 3kGy이하에서 방사선 조사된 알들의 부화율은 선량의 증가에 따른 뚜렷한 선량-반응 효과를 관찰할 수 없었으며, 오히려 1kGy이하의 조사선량에서는 대조군에 비하여 높은 부화율을 나타내었다. 배양후 24시간이 지난후에는 부화율에 있어서 커다란 차이를 보이지 않는 것으로 보아 *Artemia* 알들의 최대 부화율을 나타내는 시간

은 배양후 24시간 이내임을 알 수 있었다. 24시간 이후의 부화율이 일정하지 않고 변화되는 요인으로서는 본 연구에서 배양시 먹이를 공급해 주지 않은 결과에 따른 자연적인 사멸 및 중간 포식에 따른 감소에 의한 것이라고 생각된다. 그러나 6kGy 이상의 조사선량에서는 대조군에 비하여 뚜렷한 선량-반응 효과를 나타내었으며, 9kGy에서 알들은 100% 치사 선량을 보였다 (Fig. 1).

대조군의 알과 10Gy, 100Gy, 1kGy에서 방사선 조사한 알들의 nauplius기는 12시간부터 출현하기 시작하였다. 1kGy보다 높은 선량에서 방사선에 노출된 알들에 있어서는 nauplius기의 출현이 늦어지는 결과를 보였다 (Fig. 2). 10Gy, 100Gy에서 방사선 조사된 알에서의 nauplius기의 출현률은 대조군과 비교하여 높게 나타났으며, 24시간이 지난후에는 거의 같은 출현률을 나타내었다 (Fig. 2). 그러나 3kGy이상의 선량에서는 선량이 증가함에 따라 nauplius기의 출현지연과 출현률의 감소가 나타났으며, 6kGy에서는 뚜렷하게 관찰되었다.

$\gamma$ -선 조사시 *Artemia* 알의 생존곡선에 의한 50% 부화선량 또는 50% 출현선량은 약 5kGy [8]와 5.75kGy [1] 정도라고 보고 하였다. 따라서 현재의 실험에서 나타난  $\gamma$ -선에서의 50% 부화선량은 약 5.5kGy로 이전의 연구결과와 비슷한 부화 선량을 나타내었다. 그러나 본 연구에서 나타난 *Artemia* 알의 부화율은 3kGy 이상의 방사선 조사군에 있어서는 이전의 연구결과와 같은 부화율이 감소되는 선량-반응효과를 관찰할 수 있었지만, 1kGy 이하의 방사선 조사군에 있어서는 오히려 부화율이 증가함을 나타내었는데 이는 방사선 조사시 식물이나 동물들에서 나타난다고 알려진 방사선에 의한 방사선 hormesis의 한 결과라고 사료된다.

동,식물을 포함한 생물체들에 있어서 이온화방사선에 의한 hormetic effects는 매우 다양하게 나타나며, 특히 곡물류와 두류에 있어서 적정 선량으로 조사되었을 때 상업적으로 실용적 가치가 있는 수량 증가를 가져 온다고 알려져 있다 [9, 10]. 일반적으로 식물들에 있어서  $\gamma$ -선에 의한 조사시 50Gy 이하의 선량들에서 방사선 hormesis를 나타내며, 특히 감자에 있어서는 100Gy의 선량에서도 hormetic effects가 나타난다고 알려져 있다 [11]. 그러나 본 연구결과에서 보면 *Artemia*의 알들에 있어서는 조사선량중 1kGy이하의 선량들에서 초기 성장촉진과 nauplius기 부화율의 증가를 나타내었는데 이는 알들을 둘러싸고 있는 두꺼운 껍질에 의하여 방사선의 침입을 막아줌으로써 다른 생물들에서 보다도 높은 선량범위에서 유용효과를 나타내는 것이라 생각된다. 특히 휴지상태의 알들이 가지고 있는 본래의 특성인 물질대사 정지에 의한 부화시간의 지연이 오히려 증가되는 결과를 보이는 것은 이온화방사선에 의한 자극에 의하여 알들의 성장이 촉진된 것이라고 사료되며, 이에 대한 정확한 생화학적인 작용기작과 부화를 촉진시키는 이온화방사선의 적정 선량등에 관하여서는 추후 계속적인 연구가 이루어져야 할것이다.

## 결론

*Artemia*의 알에 있어서 본 실험에서 조사한 선량중에서 비교적 낮은 범위의 선량에서는 이온화방사선에 의하여 *Artemia* 알의 부화시간 단축 및 부화율이 다소 증가하는 결과를 보였다. 따라서 이온화방사선은 *Artemia*의 알에 있어서 부화율에 결정적

인 영향을 미치지 않는 수준의 선량에서는 오히려 초기 성장촉진과 같은 유용효과를 나타내는데 이는 보건물리측면에서 보고있는 저선량 방사선조사시에 나타난다고 하는 hormetic effects의 개념과 일부 상응하는 결과로 생각된다. 특히 이온화방사선에 의한 nauplius기의 출현률 증가는 부화된 nauplius들이 양식장이나 수족관등에서 물고기들의 중요한 먹이원으로 많이 사용된다는 점에서 이온화방사선을 이용하여 *Artemia* 알의 부화율을 촉진시킬 수 있는 적정 선량에 관한 연구는 상업적으로도 가치가 있다고 생각되며, 앞으로 이에 대한 추가적인 연구를 통한 상업적인 측면에서의 활용도 가능하리라고 본다.

### 참고문헌

1. Gaubin, Y., H. Planel, B. Pianezzi, E. E. Kovalev and V. I. Popov, Effects of 645 MeV and 9.2 GeV protons on *Artemia* eggs. Int. J. Radiat. Biol., 36 : 489-497, 1979.
2. Easter, S. S. and F. Hutchinson, Effects of radiations of different LET on *Artemia* eggs. Radiat. Res., 15 : 333-340, 1961.
3. Planel, H, Influence on cell proliferation of background radiation or exposure to very low chronic gamma radiation. Health Phys., 52 : 571-578, 1987.
4. Liu, S. Z., W. H. Liu and J. B. Sun, Radiation hormesis: its expression in the immune system. Health Phys., 52 : 579-584, 1987.
5. Kaindl, K. and M. Fosner, The accelerating effect of small radiation doses on plants, Bayer, Landwirtsch. Jahrb. Sonderh., 42 : 11, 1965.
6. Sparrow, A. H. and E. Christensen, Effects of X-ray, neutron and chronic gamma irradiation on growth and yield of potatoes. Am. J. Bot., 37 : 667, 1950.
7. Gaubin, Y., B. Pianezzi, G. Gasset, H. Planel and E. E. Kovalev, Stimulating effect of space flight factors on *Artemia* cysts: comparison with irradiation by gamma rays. Aviat. Space Environ. Med., 57 : 583-590, 1986.
8. Iwasaki, T, Sensitivity of *Artemia* eggs to the  $\gamma$ -irradiation I. Hatchability of encysted dry eggs. J. Radiat. Res., 5 : 69-75, 1964.
9. Sheppard, S. C. and W. G. Evenden, Factors controlling the response of field crops to very low doses of gamma irradiation of the seed. Can. J. plant Sci., 66 : 431, 1986.
10. Sheppard, S. C. and P. J. Regitig, Factors controlling the hormesis response in irradiated seed. Health physics, 52 : 599, 1987.
11. Metlitskii, L. V, Irradiation of potatoes and other vegetables to prevent sprouting. Radiat. Obrabotka Pisch. Prod. Izdatel. Ekon. Moscow, NSA 23, 1967.

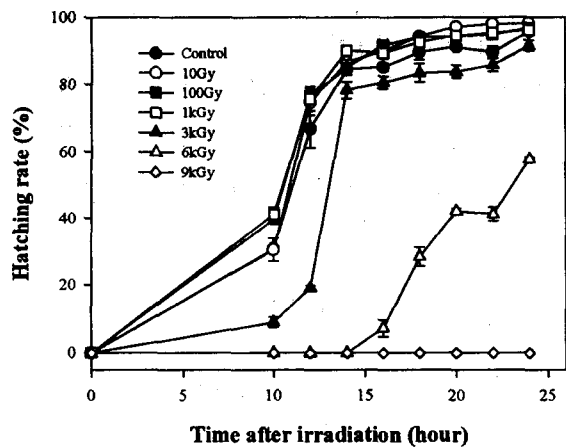


Fig. 1. Time course of hatch of *Artemia* eggs and irradiated with various dose of  $\gamma$ -rays. Bars represent standard error of the mean

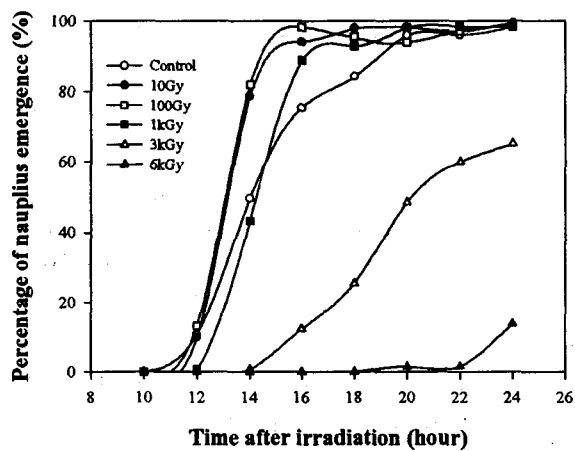


Fig. 2. Time course of hatch of nauplius emergence of *Artemia* eggs and irradiated with various dose of  $\gamma$ -rays