

감마선과 속중성자를 조사한 밀종자의 저장기간과 저장온도가 발아후 유묘생장에 미치는 영향

韓 昶 烈 · 金 智 文 · 金 泳 相

原子力廳 放射線農學研究所

EFFECTS OF TEMPERATURE AND DURATION OF POST-IRRADIATION STORAGE ON SEEDLING HEIGHT OF WHEAT

Changyawl Harn, Chi Moon Kim and Young Sang Kim

Radiation Research Institute in Agriculture Office of Atomic Energy, Seoul, KOREA

Summary

The experiment was carried out to investigate post-irradiation storage effect which was related to temperature (i.e. at 2°C, 17°C and 40°C) on wheat seeds; Weibull's Svenno, treated with gamma-ray and fast neutron.

Results obtained showed that the seedling height in both radiation sources was decreased with prolongation of storage period, especially when the seeds were treated with high dosage and stored at high temperature (40°C).

The results of this trial, however, showed that storage effect was influenced by irradiation dose, temperature and storage time.

서 언

밀, 보리의 돌연변이 육종 연구에 있어서 그들의 추파성, 저온처리적 적용, 또는 종자휴면성이 적다는 점 등으로 M₁식물체의 효율적인 양성을 위하여는 mutagen 처리종자를 일정기간 저장하는 경우가 적지 않다.

X선이나 감마선으로 조사된 종자에서 저장에 따라 생육장애를 증가시키고 유전학적효과도 달리 나타나고 있는 것은 잘 알려진 사실이다. 이미 이들의 연구는 주로 보리에서 많은 결과가 얻어졌으며 중성자처리에 따라 생육장애로 보이는 저장효과가 없다는 보고^(3,6)가 있다. 한편 저장효과에 관한 연구에서 온도와 관련시켜 수행된 연구보고는^(1,9)는 많지 않다.

본 연구는 밀종자에 감마선과 속중성자를 조사하고 온도를 달리하여 저장하였을 때 나타나는 생물학적장

해정도를 조사하여 앞으로의 밀돌연변이육종에 기초자료를 얻고자 시행된 것이다.

1. 재료 및 방법

공시된 밀 품종은 Weibull's Svenno, 수분함량을 11.3%로 평형시켜 조사하였다. 감마선처리는 선량을 7, 677rad/Min.인 ⁶⁰Co감마 Cell을 사용하여 25kR과 40kR의 선량으로, 속중성자는 Austria Reactor의 SNIF(Standard Neutron Irradiating Facility)를 사용하여 500, 600, 및 700 rad로 조사하였는데 이때에 감마선의 contamination은 600, 660 및 720 rad로 각각 측정되었다.

저장기간동안의 온도유지는 2°C (속중성자처리에서는 제외되었음), 17°C 및 40°C 온도조건에서 각각 일정기간 저장되었고 이들 종자는 IAEA의 Seibersdorf 연구소에서 이용되고 있는 파종상을 사용하여 각 처리

구당 50입씩 파종하여 맥류용 growth chamber⁸⁾에서 발아생육 시켰으며 묘장계측등은 Myhill 과 Konzak¹⁰⁾에 의하여 고안된 방법에 준하였다.

이들 생물학적장해정도를 저장기간 온도조건을 달리 한 경우의 저장효과로서 비교조사하였다.

2. 결과 및 고찰

감마선을 조사한 밀종자에서 저장효과는 표 1에서와 같은 묘생장으로 보여주고 있으며 그들의 묘생육정도를 표준구(무조사, 17°C; 실온상태에서 저장된 종자)에 대한 백분비로 표시하면 그림 1과 같이 된다.

Table 1. Storage effect on seedling height of wheat seeds treated with gamma-ray and then stored in different temperature as post-irradiation treatment.

Dose	Temp.	Storage period (days)							
		Imme- diate	1	2	3	7	14	21	35
Control	2°C			13.15±0.32	11.28±0.30	10.06±0.40	10.30±0.29	9.16±0.34	10.28±0.31
	17°C	10.79± 0.24	11.08±0.40	13.26±0.50	11.43±0.30	10.53±0.45	10.03±0.29	8.94±0.35	11.06±0.23
	40°C			12.69±0.43	11.21±0.29	10.29±0.44	8.88±0.56	8.27±0.32	10.25±0.25
25kR	2°C		8.91±0.39	11.44±0.32	9.88±0.23	9.30±0.36	8.99±0.33	6.92±0.24	8.35±0.36
	17°C	8.73± 0.25	9.94±0.32	11.52±0.28	—	9.15±0.35	8.85±0.30	7.23±0.23	8.43±0.25
	40°C		8.88±0.25	10.54±0.30	—	7.34±0.32	6.55±0.25	5.19±0.22	6.09±0.22
40kR	2°C		8.11±0.24	9.25±0.28	7.90±0.29	7.41±0.34	7.25±0.26	5.27±0.32	7.41±0.22
	17°C	6.83± 0.20	7.83±0.23	8.74±0.30	7.61±0.32	7.61±0.34	6.74±0.31	5.83±0.19	6.06±0.21
	40°C		6.61±0.23	7.69±0.25	—	6.45±0.38	4.06±0.23	2.93±0.17	—

— means the missing data.

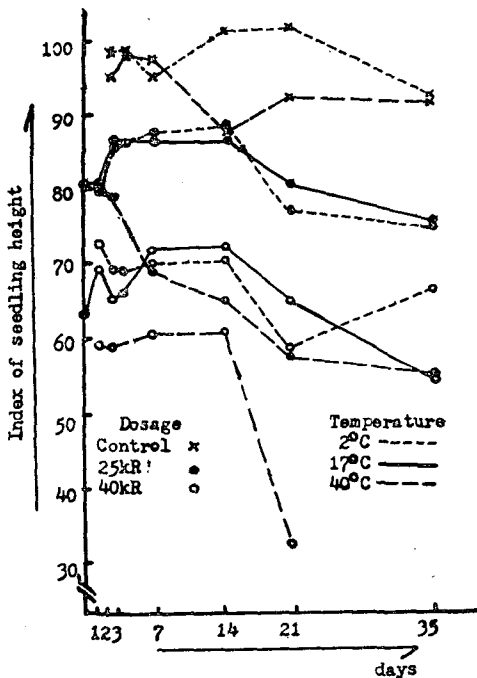


Fig. 1. Variation on seedling height of wheat seeds which were treated with gamma-ray and then stored in different temperature as post-irradiation treatment.

저장기간을 달리한 경우에 나타난 뚜렷한 경향은 25 kR선량으로 조사된 종자에서는 저장기간에 따른 묘생장감소정도가 고선량(40kR)으로 조사된 종자에서 보다 선량에 의한 영향이 적게 나타났고 20°C와 17°C에 저장된 종자는 저장21일구에서 경미한 묘생육감소를 보였고 그 이상의 저장구에서는 평행으로 나타났으며 40°C에서 저장된 종자는 저장 7일구부터 묘생육감소를 보이기 시작하였다.

40kR선량으로 조사된 종자가 40°C에서 저장되었을 적에 저장후 21일구에서는 14일구에 비하여 약 30%나 생육감소를 보여 묘생장비율이 33%로서 제일낮게 나타났다. 또한 17°C에서 저장되었을 경우는 저장 21일구에서는 5%로 35일구에서는 10%로 각각 묘생육감소를 보였고 2°C에서 저장된 종자가 14일 이상의 저장구에서 묘생육장해가 나타나 17°C와 2°C에서 저장온도에 따른 묘생육감소비율은 거의 비슷한 경향으로 선량수에 따라 생육장해 정도의 차이가 나타났다.

수분함량에 따른 방사선감수성의 의존성은 화곡류작물종자에서 현저하게 나타나고 휴면종자일지라도 그 함수량에 의하여 생물학적반응정도는 달리 나타나고 있다. 밀 종자에 대한 Biobl들(1965)²⁾은 방사선감수성을 최소로 나타내는 수분함량이 12.9%라고 하였고 그 이하의 수분함량종자에서는 방사선감수성의 증가를 보고하였다. Curtis(1958)⁶⁾는 보리종자에서 방사선처리후

저장에 따라 나타나는 생육장해를 저장효과곡선으로 표시하였는데 이것을 2구분하여 급격하게 나타나는 4시간 이내의 첫번째의 부분과 완만하고 수주일동안 횡적으로 보이는 두번째부분으로 인용하여 두번째 부분에서의 생육장해 정도는 건조종자나 습한 종자에서 동일하게 나타난다고 하였다. 한편 Caldecott(1958)⁴⁰는 건조종자에서 처음부분의 장해가 10시간동안에 일어난다고 하였으며 Bergbuschi et al.(1963)⁴¹은 보리종자에 방사선조사후 48시간에 산소 gas로 bubbling한 종자에서 생육장해를 크게 보였다는 보고도 있다. 본 실험에서는 수분함량이 11.3%이었으므로 생육장해는 유리기에 의한 간접작용으로 나타나고 건조된 종자가 아니므로 최소한 2일 이상의 저장종자에서 비교할 수 있다. Hoskinson et al.(1961)⁷⁾은 감마선을 조사하기전 24시간 침지한 보리종자에서 생육장해를 보이지 않았으나 1~2시간 침지한 경우에 방사선조사후저장 7시간까지는 감수성이 증가되었으나 그 이상 저장기간을 길게하면 감수성을 적게 하였다고 보고하였다. 종합된 실험결과로는 Conger et al. (1968)⁴⁴이 Electron Spin Resonance를 이용한 유리기측정으로 저장에 따른 유리기의 감소 때문에 생육장해를 적게 한다고 보고하였고 저장에 따른 장해양상은 산소와 무관하고 오랫동안 잠재하는 유리기에 의하여 아주 서서히 나타나고 온도요인이 그 영향 정도를 더한다고 보고하였으며 다른 한편 이미 행하여진 한 실험에서 건조종자에서는 함수량이 많은 종자에 비하여 유리기의 감소속도가 느리다고 밝혔다. 이는 건조종자에서는 유리기가 건조상태에서는 장기간 남아 있으므로 생체내에서 생육에 관여하는 물질분자와 결합하여 장해를 유발함은 잘 알려져 있다. 잘 알려진 사실의 하나는 최초 생물학적장해효과는 전혀 종자수분함량에 무관하고 후효과(2차효과)는 매우 크게 관계되어 나타나고 있다는 것이다.

온도효과로서는 종자가 방사선조사에 그 효과가 나타날 과정까지는 다양한 화학적, 생리적 작용기구가 관여됨으로 온도를 중요시해서 다루어져야 할 것이다. mabuchi(1964)⁴⁰는 일립계 밀종자를 감마선조사후 13°C와 30°C에서 436시간(약 18일) 저장후 묘생장과 임성에서 나타난 장해로 저장효과를 보고하였고 이에 대한 실험에서 특히 완조사의 경우 변경요인에 대한 영향을 고려하여야 한다고 강조하였다. 일반적으로 식물종자는 저온에서는 생물의 호흡률이 저하되고 고온에 있어서보다 산소량이 많아지는데 반면에 고온에서는 호흡이 촉진되어 산소농도의 저하를 가져오는데 2차적인 장해반응면에서도 관여의 정도는 알 수 없지만 이 실험의 결과로서 감마선을 조사한 종자에서 저장효과는 완

만하게나마 생육감소를 보이고 있으며 그 묘생육장해 정도가 고선량(40kR)으로 조사된 종자의 고온저장구(40°C)에서는 크게 나타나고 있다.

속중성자를 조사한 밀 종자에서 보여지는 저장효과를 생물학적장해 정도로서 표 2와 그림 2에서 보여지고 있는데 증성자조사에 따른 저장효과를 저장중 온도 수준면에서 보면 고온저장구에서 17°C(실온상태) 저장구에서 보다 생육장해 정도를 저장후 12일, 20일, 60일에서도 크게 보였고 표준구(무조사구)에서도 60일 저장한 종자가 40°C에서 저장되었을 경우에 묘생육장해를 보였는데 이는 고온에서 호흡량의 증가로 나타난 종자 자체의 활력저하에 기인되어 생리적 영향으로 설명할 수 있겠다.

Table 2. Seedling height of wheat seeds following stored with different temperature after fast neutron irradiation.

Treatment	Storage temp.	12	20	60days
Nf Control	17°C	16.05±0.32	9.91±0.41	8.0
	40°C	10.85±0.26	10.45±0.44	7.1
500 rad	17°C	10.12±0.50	9.66±0.51	6.9
	40°C	9.36±0.42	8.66±0.44	6.8
600 "	17°C	9.85±0.35	8.73±0.54	6.9
	40°C	8.75±0.28	8.30±0.52	6.1
700 "	17°C	9.82±0.29	8.54±0.38	6.4
	40°C	9.49±0.21	8.59±0.46	5.7

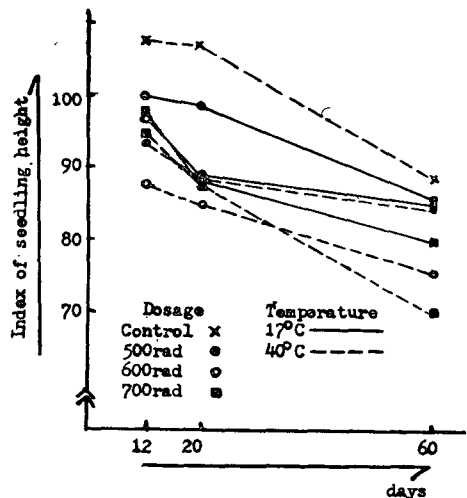


Fig. 2. Influences of temperature and duration of post-irradiation storage on the seedling height of wheat seeds irradiated with fast neutron.

조사선량수준으로 본 저장효과는 선량차로 나타난 묘생육정도를 12일, 20일 저장구에서는 뚜렷하지 않지만 60일저장구에서는 선량 100rad차이를 묘생장의 차이정도에서도 잘 나타나고 있다. 특히 600rad와 700rad로 조사된 종자에서는 60일저장으로 생육장해가 증가되었다.

Caldecott(1958)⁹⁾는 수분함량 4%인 보리종자를 사용한 증성자처리후 저장효과실험에서 거의 무시할만한 미소한 생육장해를 보였음을 증성자조사시 감마선의 Contamination으로 설명하였고 Curtis et al. (1958)⁶⁾은 4%, 8% 및 13% 수분함량인 보리종자를 사용하여 속증성자 및 열증성자처리에 의한 저장효과는 없었고 단지 저장시간의 요인때문에 경미한 생육장해만을 보인다고 보고하였다. 그러나 Conger et al. (1970)⁶⁾에 의하여 이루어진 한 실험에서는 3.3%로 건조된 보리종자에 속증성자조사후 2주일간 저장범위 내에서는 생육장해를 보이지 않았다는 결과를 인용하였으며 Conger와 그의 공동연구자(1966)에 의하여 행하여진 실험에서 감마선조사를 수분함량 13%인 보리종자에서는 3주일동안 실온 상태에 저장된 종자에서는 생육장해를 나타내지 않았다는 결과를 기초로 하여 감마선에 의한 종자의 저장효과가 거의 무시되어지는 약 13% 수분함량 보리종자에서 증성자 처리후 500시간(3주) 저장된 종자에서는 확실하게 큰 장해를 보였다고 보고하였다. 증성자 처리후 저장효과를 몇 연구자^{3,6)}들은 시험오차와 증성자조사시설의 경미한 감마선의 contamination으로 기인되어 나타난 것으로 설명하기도 했다.

증성자조사후 생육장해의 증가에 대한 기구는 잘 알려져 있지 않으나 감마선으로 조사된 종자의 장기(長期) 저장동안에 나타날 Oxygen-independent한 장해증가에 대한 영향은 흡사하다고 본다⁴⁾. 그러나 증성자조사에 의한 종자의 생육장해는 감마선조사에 의한 것보다 더 빨리 장해비율을 나타내고 있다⁵⁾. 이러한 경향은 본 실험에서도 인정할 수 있었다. 선원별(線源別)로 ion 밀도에 대한 차이와 비전리능(比電離能)의 정도 차이에 따라 달리 관여하고 있는 것은 잘 알려져 있고 이는 ion 밀도 또는 비전리능이 낮은 X-선은 산소효과가 크고 종자속에 함유된 수분에서 생성된 유리기의 간접작용이 큰데 비하여 이와는 달리 증성자에서는 생물학적 효과가 거의 산소에 좌우되지 않으며 증성자조사시 입자의 직접작용에 의하여 저장효과로는 함수량과 무관하다는^{3,5,6)} 기구(機構)의 차이가 본 실험의 결과에서도 적용되어 진다.

이 실험의 결과로서 저장효과는 선원, 선량, 온도,

저장기간에 영향되어 생물학반응의 차이정도를 분명하게 나타냄을 알 수 있었다. 그러나 이에 관한 실험연구를 위하여는 그 이외의 변경요인을 판별시켜 종합적 비교 조사연구가 수행되어야 할 것이다.

3. 摘 要

본 실험은 소맥품종 Weibull's Svenno종자(수분함량 11.3%)에 감마선과 속증성자를 조사한후 일정기간의 저장효과를 저장시 온도와 관련시켜 조사한 결과이다.

감마선이나 속증성자조사에 의하여 모두 묘생육은 저장기간의 연장에 따라서 감소되었고 선량구에서는 그 정도가 더욱 크게 나타났다. 저장온도효과에 대한 묘생육장해는 높은온도(40°C)구에서 크게 보였다.

이의 결과로서는 명확한 저장효과를 인정할 수 있었다.

4. 引用文獻

1. Bergbusch, V.L. and R.S. Caldecott, 1963. The effects of preirradiation and postirradiation temperature treatments on the X-ray sensitivity of seeds of *Hordeum*. *Rad. Research* 20 : 207-220.
2. Biebl, R and I.Y. Mostafa, 1965. Water content of wheat and barley seeds and their radiosensitivity. *Rad. Bot.* 5 : 1-6.
3. Caldecott, R.S., 1968. Post-irradiation modification of injury in barley its basic and applied significance. *Ind U.N. Inter. Conf. Peaceful Uses of Atomic Energy* 27 : 260-269.
4. Conger, B.V., R.A. Nilan, C.F. Konzak, 1968. Radiobiological damage: A new class identified in barley seeds stored after irradiation. *Science* 162 : 1142-1143.
5. _____, and M.J. Constantin, 1970. Fast neutron irradiation of Himalaya barley seeds: Effects of packaging material and Post-irradiation storage on seedling height. In press.
6. Curtis, H. J., N. Delilhas, R.S. Caldecott, and C. F. Konzak, 1958. Modification of radiation damage in dormant seeds by storage *Rad. Research* 8 : 526-534.
7. Hoskinson, P.E. and T.S. Osborne, 1961. Radiosensitivity of seeds, II. Effects of soaking, storage and gamma rays. *Rad. Res.* 14 : 681-688.

8. Konzak, C.F., K. Mikaelson, B. Sigurbjörnsson, and A. Burtscher, 1967. Recommended standard procedures for irradiating, cultivating and measuring cereal seeds to determine the effects of neutron irradiation in the neutron-seed-irradiation program. IAEA Tech. Rep. Ser. No. 76 : 103-107.
9. Mabuchi, T., 1964. Effects of temperature on post-irradiation storage in einkorn wheat. Annual Rep. of National Inst. of Genetics. No. 15 : 138-139.
10. Myhill, R. R. and C.F. Konzak, 1967. A new technique for cultivating and measuring barley seedling. Crop Sci. 7 : 275-276.