

## 벼의 방사선 감수성에 미치는 양분 결핍의 영향

김재성 · 신인철 · 이영근 · 이규승<sup>1)</sup>

한국원자력연구소 방사선응용실, <sup>1)</sup>충남대학교 농과대학 농화학과

### Effects of Deficiencies in Nutritional Elements on the Radiosensitivity of Rice Plant

Jae-sung Kim, In-Chul Shin, Young-Keun Lee and Kyu-Seung Lee<sup>1)</sup>(Radiation Application Division, Korea Atomic Energy Research Institute, Daejeon, 305-353, Korea ; <sup>1)</sup>Department of Agricultural Chemistry, Chungnam National University)

Abstract : Thirty day old rice seedlings, Ilpoom and Taeback variety, grown under deficient condition of several elements in nutrition solution of sand culture were exposed to 20Gy, 40Gy, 80Gy of gamma ray (<sup>60</sup>Co) to study the effect of their radiosensitivity. The results obtained are summarized as follows :

Plant height and fresh weight of nutrient deficient rice plants were far less than those of control. The effect was different with nutrient element and rice variety, as show increasing effect of radiosensitivity in the Ilpoom variety was high in the Fe deficient whereas that of Taeback was high in the P deficient.

Growth inhibition of rice plant irradiated with 20Gy was highly occurred in the Fe and Zn deficient plot in Ilpoom variety and P and Zn deficient plot in Taeback variety. In 80Gy irradiated group , radiosensitivity of rice plant was high in the P and Ca deficient plot of both Ilpoom and Taeback variety.

Key words : Radiosensitivity, Rice plant, Nutrients deficiency

## 서 론

생물은 방사선에 노출되면 생물의 종 또는 품종과 계통에 따라 다소 차이는 있으나 조직과 기관의 이상으로 돌연변이가 발생하거나 생육지연 또는 수명단축 내지는 치사에 이르기며 그밖에 형태적 또는 기계적 장애와 같은 여러 가지 생물학적 효과가 나타난다.<sup>1,2)</sup>

방사선 영향은 그 자손에까지 유전되는데 이를 이용하여 인위적으로 유용한 돌연변이를 유기하여 새로운 품종을 만들거나 개량하는 방사선 돌연변이 육종법에 관한 연구가 오래도록 수행되어 실용화된 품종만도 전세계적으로 수백종에 이르고 있다.<sup>1,2)</sup>

방사선 감수성은 같은 품종과 계통의 식물이라 할지라도 생육단계, 성별, 기관과 조직부위에 따라 방사선 영향이 다르게 되는데 종자에 비하여 생육중인 식물체에 대한 방사선 처리는 생육과 형태 발생에 매우 큰 영향을 주어 변이발생과 변이 조직 분포 등이 다르게 되므로 생육상태나 발육단계에 따른 식물의 방사선 감수성 조사는 식물 유전과 작물육종 분야에서 많은 관심을 받고 있다.<sup>1,3,4)</sup>

식물의 영양 상태에 따라서도 방사선 감수성에 차이를 보이는데 인산이 결핍된 수경액에서 재배된 귀리에 X선을 조사 하였을 때 발아율과 초장이 감소하였으며<sup>2)</sup>, 아연이 부족한 상태에서 생육한 토마토 종자의 방사선 감수성이 증가하였다는 보고도 있다<sup>5)</sup>. 수도에 대한 방사선 감수성

조사는 산소<sup>6)</sup>와 수분함량<sup>7)</sup>에 따른 연구 등이 수행되었고, 인산이 결핍된 수경액에서 재배된 벼에 방사선을 조사하면 다음 세대에서 돌연변이율이 증가하였다는 보고도 있다<sup>1)</sup>.

이에 본 연구는 영양 상태에 따른 수도 식물체의 방사선 감수성을 조사하고자 몇 가지 양분이 결핍된 영양액으로 수도를 사경 재배하면서 벼 유식물체에 방사선을 조사하여 그 생육상태를 관찰하여 얻은 결과를 보고하는 바이다.

## 재료 및 방법

수도 재배는 사경재배용으로 보관중인 모래를 수도물로 3회 반복하여 세척한 다음 소형 pot에 충전하고 일품벼와 태백벼 종자 20립씩을 파종하여 45개 pot를 3반복으로 plastic 재배용기(10ℓ용량)에 담아 온실에 정치하였다, 수도물(표 1)을 관개용수로 사용하여 표 2와 같은 농도로 P, Ca, Zn, Fe의 네 개 양분결핍구를 만들어 표 3과 같은 화학조성을 가진 수경용액으로 1주일에 2, 3회씩 영양액 4ℓ씩 조제하여 재배용기의 수경용액을 교체하였고 전 실험기간 동안 동일 농도를 유지하면서 생육시켰고 기타 재배관리는 관행방법에

Table 1. Chemical properties of irrigation water.

(unit : mg/l)

pH	T-N	T-P	K	Ca	Mg	Na	Zn	Fe
7.2	1.12	-	3.66	2.62	2.52	7.98	0.5	0.5

Table 2. Treatment concentration of each element.

Element Treatment	(unit : ppm)						
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Zn	Fe
Control	40	20	30	4	6	0.2	5
-P	40	-	30	4	6	0.2	5
-Ca	40	20	-	4	6	0.2	5
-Zn	40	20	30	4	6	-	5
-Fe	40	20	30	4	6	0.2	5

Table 3. Chemical composition of nutrient solution in sand culture.

Elements	Concentration (ppm)	Compound
N	40	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	20	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> · 12H <sub>2</sub> O
K <sub>2</sub> O	30	KCl
CaO	4	CaCl <sub>2</sub> · 2H <sub>2</sub> O
MgO	6	MgCl <sub>2</sub> · 6H <sub>2</sub> O
Fe	5	FeEDTA
Zn	0.2	ZnSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O

All solution contained micro-elements as follows(mg/l) : H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> ; 2.86, CuSO<sub>4</sub> 5aq ; 0.08, MnSO<sub>4</sub> 4aq ; 2.00, (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub> 4aq ; 0.02.

준하였다<sup>8)</sup>.

30일간 재배한 후 각 pot의 20여주의 유묘에서 초장과 생육 상태가 비슷한 유식물체 10주씩을 pot에 남겨 <sup>60</sup>Co의 γ-ray 20Gy, 40Gy, 80Gy씩 방사선을 조사하고 동일한 방법으로 30일간 재배한 후 수도 식물체의 초장과 생체중 및 분얼수를 측정하였으며, 식물체중의 무기원소 분석은 각 시료를 건조 후 분쇄하여 혼합산(HNO<sub>3</sub> : HClO<sub>4</sub> : H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> = 10 : 4 : 1)으로 분해시켜 여과하고 그 여액을 Atomic absorption spectrophotometer(ANALAB 9100A)를 사용하여 Ca, Mg, K, Na, Zn, Fe를 측정하였고, T-N은 Kjeldahl법으로, T-P는 ammonium vanadate법으로 비색정량하였다.

### 결과 및 고찰

생육중인 작물의 영양상태에 따른 방사선 감수성을 구명하고자 30일간 사경 재배한 수도 유묘에 방사선을 처리하고 30일간 재배한 후 수도 식물체의 초장과 생체중 등의 생육 특성을 조사한 결과를 표 4에 나타내었다. 방사선 조사에 따른 수도 식물체의 영향은 양분결핍으로 말미암아 생육이 다소 저조하였으나 그 정도는 양분과 수도 품종에 따라 다른 반응을 보였다. 일관적인 일품벼에서는 전 양분을 공급한 대조구의 경우 초장과 생체중이 47.4cm와 2.49g이었는데, 양분결핍구에서는 인산과 칼슘 및 아연결핍구 순서로 초장과 생체중이 같은 경향으로 감소하였다. 철 결핍구는 초장과 생체중이 38.9cm와 1.57g로 처리구 가운데 최저치를 보이면서 대조구와 비교해 유의성 있는 차이(p<0.05)를 보였

으나, 분얼수의 경우 영양 결핍에 따른 차이를 나타내지 않았다. 통일계인 태백벼의 경우는 대조구의 초장이 44.5cm로 최고였고 다음이 칼슘결핍구가 41.1cm, 아연 결핍구가 40.9cm, 철 결핍구 40.6cm로 감소하면서 인산 결핍구가 34.0cm의 최저치로 대조구와 유의성있는 차이(p<0.01)를 보이면서 양분 결핍에 따른 반응이 일품벼와는 다른 경향을 보여 주었다. 생체중에서도 대조구의 2.82g에 비해 철 결핍구 2.60g, 칼슘 결핍구 2.04g, 아연 결핍구 1.93g 순서로 감소하면서 인산 결핍구가 1.59g로 최저치를 보이면서 대조구와 유의성있는 차이(p<0.01)를 보였고 분얼수의 경우는 일품벼에 비해 다소 많았으나 양분결핍구간에 별 차이를 보이지 않았다.

Table 4. Agronomic characters of rice plant after irradiation with gamma ray in relation to nutrition deficiency in the culture solution.

Variety	Treatment	Seedling height(cm)	Fresh wt. (g/plant)	No. of tillering
Ilppom	Control	47.4	2.49	1.5
	-P	45.9	2.39	1.4
	-Ca	21.1	1.75	1.4
	-Zn	40.8	1.68	1.5
	-Fe	38.9*	1.57*	1.4
Taebak	Control	44.5	2.82	1.9
	-P	34.0**	1.59**	1.8
	-Ca	41.1	2.04	1.8
	-Zn	40.9	1.93	1.8
	-Fe	40.6	2.60	2.0

\*. \*\* : Significant at 5%, 1% level, respectively.

Table 5. Effect of nutrition deficiency in the culture solution upon mineral concentration of rice plant irradiated with gamma ray. (unit : %)

Variety	Treatment	T-N	T-P	Ca	Mg	K	Na	Zn	Fe
Ilppom	Cont.(untreated)	1.83	0.29	0.30	0.55	5.18	0.32	0.013	0.14
	Cont.(treated)	1.53	0.28	0.30	0.47	5.20	0.31	0.014	0.16
	-P	1.54	0.14	0.26	0.49	2.13	0.30	0.015	0.15
	-Ca	1.49	0.40	0.21	0.51	0.53	0.32	0.016	0.15
	-Zn	1.61	0.31	0.29	0.53	5.26	0.29	0.013	0.13
-Fe	2.03	0.40	0.27	0.50	5.24	0.25	0.013	0.13	
Taebak	Cont.(untreated)	1.73	0.29	0.33	0.45	5.42	0.33	0.014	0.14
	Cont.(treated)	1.53	0.32	0.32	0.51	5.20	0.28	0.014	0.15
	-P	1.52	0.12	0.27	0.51	5.12	0.24	0.015	0.13
	-Ca	1.46	0.38	0.25	0.56	5.09	0.25	0.014	0.14
	-Zn	1.67	0.32	0.30	0.48	5.27	0.30	0.015	0.16
-Fe	2.15	0.34	0.28	0.55	5.38	0.23	0.015	0.13	

방사선 처리에 따른 수도 식물체의 양분 흡수 경향을 조사한 결과는 표 5에서 보듯이 대조구의 경우 방사선 조사구와 무조사구에 별 차이를 보이지 않았으며 수도 품종간에도 비슷한 흡수경향을 보였으나 양분결핍구에서는 해당 양분의 결핍에 따라서 각각의 양분 흡수량도 양분 공급구에 비해

낮았으며 특히 인산의 경우 결핍구의 흡수량이 절반 수준 이하였다. 아연 결핍구의 경우는 해당 양분의 공급구에 비하여 수도채 흡수량에 별 차이가 없었는데, 이는 관개수로 사용한 수도물의 아연 함량이 0.5ppm으로 처리량 0.2ppm에 비해 매우 높아 결핍구로서의 영향이 미약했던 것으로 사료된다.

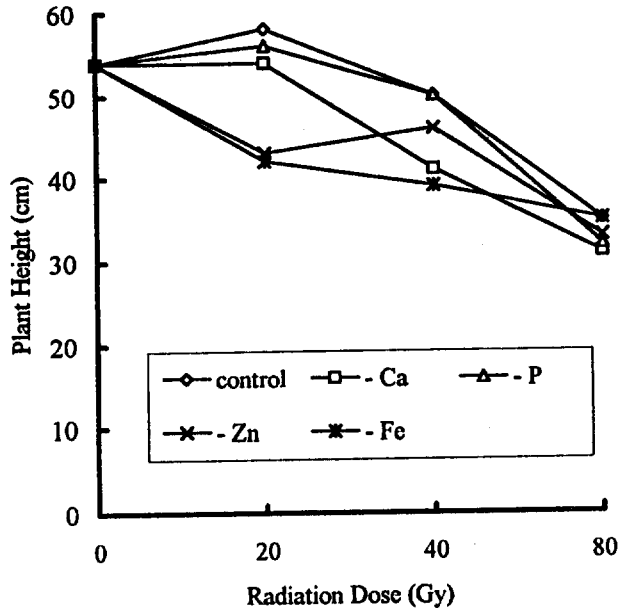


Fig. 1. Influence of nutrient deficiency on the plant height of *Ilpoom* rice variety 30 days after irradiation with different doses of gamma rays.

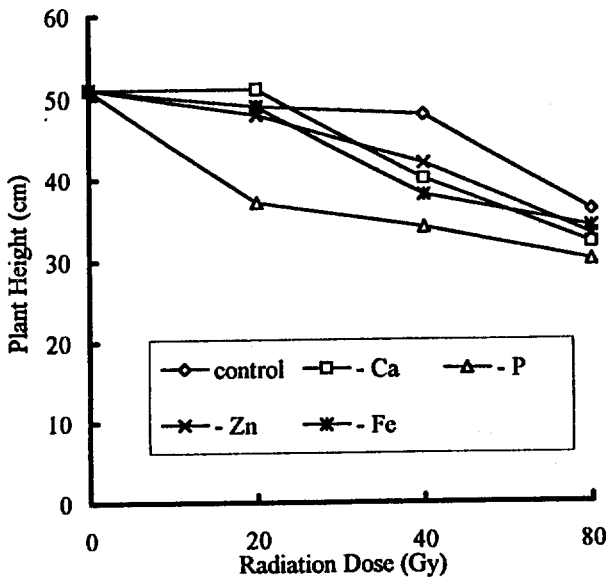


Fig. 2. Influence of nutrient deficiency on the plant height of *Taebak* rice variety 30 days after irradiation with different doses of gamma rays.

수도 식물체의 초장을 방사선 조사량에 따라 관찰해 본 결과, 일품벼의 경우(그림 1) 수도식물체의 초장은 방사선 처리량의 증가에 따라 대체로 감소하는 경향이었으나 선량에

따라 다소 차이를 보였다. 20Gy의 저선량 조사구에서는 대조구와 인산결핍구의 초장이 방사선 무조사구보다 증가하는 경향을 보여 생육을 다소 촉진하는 효과가 있었으나, 80Gy의 고선량 조사구에서는 대조구와 철결핍구가 높고 칼슘과 인산결핍구가 가장 낮은 초장을 보였다. 태백벼의 경우는 그림 2에서 보듯이 방사선 조사량의 증가에 따라 초장이 대체로 감소하는 경향을 보였고 인산 결핍구가 전체 처리구의 다른 결핍구에 비해 뚜렷하게 낮은 초장을 보였으며 대조구의 경우는 40Gy 조사까지도 완전한 감소를 보여 양분 결핍구에 비해 저항성이 다소 있음을 나타냈다. 방사선 조사량별로 보면 20Gy 저선량 조사구에서는 칼슘결핍구와 철결핍구가 높고 인산결핍구와 아연결핍구가 낮은 초장을 보였으나 80 Gy 고선량 조사구에서는 대조구와 철결핍구가 높고, 인산결핍구와 칼슘결핍구가 낮은 초장을 보였다.

심 등<sup>1)</sup>과 김<sup>2)</sup>은 식물의 종과 품종 및 계통에 따라서 방사선 감수성이 다르다고 하였으며, 한 등<sup>6)</sup>과 Soriano<sup>9)</sup>는 수도 품종간에도 방사선 장애가 다르게 나타나며 초기 생육이 억제되어 초장감소가 심하며 후대에서도 돌연변이가 잘 일어난다고 하였고, Takeshi와 Tadayoshi<sup>3)</sup>는 생육중인 수도체에 방사선 조사시 생육초기인 분얼기경에 방사선 감수성이 가장 높아 초장 감소 영향이 크다고 하였다. 본 실험에서도 생육초기인 30일된 유묘에 방사선을 조사하여 수도체의 초장 감소가 뚜렷하게 나타남을 관찰할 수 있었으나 저선량인 20 Gy 조사에서는 무조사구에 비하여 생육이 다소 양호하여 초장이 증가하는 경향도 있었다. 이는 Javed와 Zahur<sup>4)</sup>가 수도 생육초기에 10Gy와 25Gy의 방사선 조사에서 생육촉진 효과가 있었다는 보고와 일치하며, 저자도<sup>10)</sup> 저선량 방사선에 의한 식물의 초기 생육촉진 효과를 구명하는 저선량 방사선의 식물 유익효과에 대한 연구를 수행하고 있는 중이다.

심 등<sup>1)</sup>과 김<sup>2)</sup>은 생물체의 영양 물질 특히 인산과 칼슘 결핍시 방사선 감수성이 증대되며 인산이 결핍된 영양액으로 수경 재배한 수도 식물체의 방사선 조사로 M<sub>2</sub>세대에서 돌연변이가 증대되었고, 귀리와 옥수수 유식물체의 방사선 감수성이 증대되어 초장이 감소하였다고 보고하였으며, Bowen과 Cawse<sup>5)</sup>는 아연 결핍된 영양액으로 사경재배한 토마토에 방사선 조사시 초장이 감소하였다고 보고하였다. 본 실험에서는 몇 가지 양분이 결핍된 영양액으로 사경 재배한 수도 식물체에 방사선을 조사하여 초기 생육상태를 조사한 결과 인산과 철결핍이 수도식물체의 초장 감소에 유의성있는 효과를 보여주었다.

요 약

작물의 방사선 감수성에 대한 영양결핍 효과를 구명하고자 몇 가지 양분이 결핍된 영양액으로 사경 재배한 수도 유식물체에  $\gamma$ 선을 조사하고 30일간 재배하여 그 생육상태를 조사한 결과는 다음과 같다.

양분 결핍으로 재배된 수도 유식물체는 양분 전량 첨가된

대조구에 비해 초장과 생체중이 크게 감소되어 방사선 감수성이 증가됨을 보였다. 그 효과는 영양소와 수도 품종에 따라 다르게 나타났는데 일품벼에서는 철결핍이, 태백벼에서는 인산 결핍이 유의성 있는 방사선 감수성 증가효과를 보였다.

방사선 조사량에 따른 효과는 저선량인 20Gy 조사구의 경우 일품벼는 철과 아연 결핍구가, 태백벼에서는 인산과 아연결핍구가 생장 저해가 높았으나, 80Gy 조사구에서는 일품벼와 태백벼 모두 인산과 칼슘결핍구가 방사선 감수성이 높았다.

### 참고문헌

1. 심상철, 윤상현, 정원채. 1997. 방사선 농학. p. 47. 향문사.
2. 김길환. 1970. 방사선 생물학. P168. 문운당.
3. Takeshi, K and Tadayoshi, I. 1965. Effects of gamma ray irradiation on growing rice plants - 1. Irradiations at four main developmental stages, Radiation Botany, 5 : 233~255.
4. Javed Iqbal and Zahur, M.S. 1975. Effects of acute gamma irradiation and developmental stages on growth and yield of rice plants, Radiation Botany, 15 : 231~240.
5. Bowen, H.J.M. and Cawse, P.A. 1962. The effects of deficiencies in essential elements on the radiosensitivity of tomato seeds, Rad. Bot. 1 : 215~222.
6. 한창열, 김지문, 이영일. 1972. 산소가 X선 처리한 벼 종자에 미치는 영향, 한국육종학회지, 4(1) : 45~48.
7. 한창열, 이영일. 1973. 방사선 및 약품처리시의 제요인이 벼의 M<sub>2</sub>세대에 미치는 영향, 한국육종학회지, 5(1) : 17~26.
8. 김복영, 김규식. 1986. 농작물에 대한 납의 흡수 및 피해 경감에 대한 연구, 사경용액 중 납농도가 수도체 흡수 및 수량에 미치는 영향, 한국토양비료학회지, 19(2) : 147~151.
9. Soriano, J.D. 1971. The response of several rice varieties to fast neutrons, Radiation Botany, 11 : 341~346.
10. 김재성. 1996. 고등식물에서의 방사선 hormesis. KAERI /AR-435/96, 한국원자력 연구소.