

放射線 照射時의 水稻種子의 水分含量과 酸素와의 關係

李 榮 日 · 崔 光 泰

韓國原子力研究所

Post-Irradiation Oxygen Effect of Rice Seeds in Varying Seed Water Content

Y. Lee and K. T. Choi

Korea Atomic Energy Research Institute, Seoul, Korea

ABSTRACT

Junheung rice seeds ranging from 5.6 to 14.7 per cent of water content were X-irradiated from 1.5 to 25 kR in vacuum and then immediately hydrated in either oxygen- or nitrogen-bubbled water at around 19°C for 12 hours. Results, as reported in terms of reduction of M₁ seedling height and survival, sterility and M₂ mutation frequency, indicate that the post-irradiation oxygen effect in very dry seeds was conspicuous; the seedling height and the survival were drastically reduced, and the sterility and the mutation frequency were increased in super dry seeds.

緒 言

酸素가 突然變異를 誘發시키는 直接的인 要因이 된다는 事實은 既히 몇가지 動植物에서 알려졌으며^{7,10-12)} 放射線을 利用한 突然變異誘起에서 酸素가 放射線의 效果를 다르게 한다는 것도 大麥을 材料로 한 研究에서 밝혀졌다^{4,6)}. 또한 休眠種子의 水分含量에 따라서도 酸素의 效果가 다르다는 것도 報告된바 있다^{5,6)}.

그러나 放射線과 酸素와의 關係에 對한 研究가 지금까지 主로 大麥의 種子를 材料로 하여 遂行되었으며 몇가지 植物을 除外하고 이에 對한 研究報告는

적다. 特히 水稻에서는 Ukai¹¹⁾ 또는 韓等⁷⁾이 既히 報告한 바 있으나 水分含量이 다른 狀態에서는 檢討된바 없다. 水稻種子의 水分含量과 酸素와의 關係를 밝히 水稻突然變異 研究의 基礎資料를 얻는 것은 매우 중요한 일이라 생각된다.

本研究는 放射線處理時의 水稻種子의 水分含量을 달리 했을 때 酸素가 M₁世代의 生物學的要因과 M₂世代의 葉綠素突然變異에 미치는 影響을 調査코저 實施하였다.

材 料 및 方 法

우리나라 中部地方의 水稻獎勵品種인 振興의 種子를 精選하여 水分含量을 5.6~14.7%로 調節하였다⁸⁾. 水分含量이 調節된 種子를 100粒씩 硝子 vial에 넣고 大略 1×10⁻³mmHg까지 眞空封入하였다. 이때에 眞空度는 Geisler 管에 依하여 測定하였다. 이들 種子는 以上の 眞空狀態에서 放射線을 照射하였는데 放射線은 SHT-250M-2의 X-ray照射裝置로 250kV×30mA에서 Al 2mm filter를 끼워 479 R/min의 線量率로 水分含量에 따라 3~25kR까지의 線量을 各各 照射하였다. X-ray處理된 種子는 照射後 即時(1分內) 酸素및 窒素가 飽和溶存된 물속에 浸漬하여 12時間 동안 hydration 處理하였다. Hydration은 蒸溜水를 30分以上 끓여 그 속에 溶存되어 있는 여러가지 gas를 逐出한 다음 gas洗滌瓶에 옮겨 市販工業用 gas(純度 99.6%)인 酸素와 窒素 gas로 各各 bubbling하였고

室溫(18~20°C)까지 식힌 後 使用하였다.

Hydration處理가 끝난 種子는 M₁世代의 生物學的 要因에 미치는 影響을 調査하기 爲하여 種子를 0.1% HgCl₂溶液에 消毒한 後 吸紙에 播種하여 20~30°C의 growth chamber에서 2週間 키워 幼苗長을 測定하였고 反覆은 3反覆으로 하였다.

生存率 및 不稔率은 本圃에 5월 25일 湛水直播栽培하여 收穫期에 調査하였으며 M₂世代의 突然變異는 株當 2穗씩을 採取하여 이삭 全體를 床에 播種한 다음 約 3週後에 葉綠素突然變異를 調査하였다.

結 果

放射線照射後 hydration處理時에 酸素를 供給하거

나 除去해 줌으로서 酸素가 放射線感受性 및 突然變異率에 미치는 影響을 調査하기 爲하여 水分含量을 달리한 水稻種子를 眞空狀態에서 水分含量에 따라 X-ray의 線量을 各各 달리 照射하고 곧 이 種子를 酸素로 bubbling 하여 酸素가 飽和溶存된 狀態의 물과 窒素로 bubbling 하여 酸素를 除去한 물에 各各 hydration處理한 것의 幼苗長을 測定한 것은 Table 1과 같다. 全般的으로 酸素가 溶存되어 있는 狀態에서 處理한 것과 無酸素狀態에서 處理한 것을 比較해 보면 酸素가 飽和溶存된 狀態에서 hydration處理한 것이 苗長의 減少를 보였다. 苗長의 減少는 種子水分含量에 따라서 아주 큰 差異를 보였는데 5.6%의 低含量은 極히 顯著한 苗長의 減少現象을 나타내었다. 그러나 水分含量 8.8% 까지는 이러한 減少의 程度가

Table 1. Seedling height grown from seeds X-rayed and then immediately hydrated in the presence of either oxygen or nitrogen

Dosage of X-ray(kR)	Seed water content (%)	Bubbling gas	Seedling height (cm)	Percent
6	5.6	Oxygen	3.8	58
		Nitrogen	9.8	152
		None	6.5	100
6	8.8	Oxygen	6.9	87
		Nitrogen	10.3	130
		None	7.9	100
10	9.6	Oxygen	8.0	98
		Nitrogen	9.5	116
		None	8.2	100
10	10.4	Oxygen	8.2	95
		Nitrogen	9.9	118
		None	8.5	100
15	13.0	Oxygen	9.2	94
		Nitrogen	9.4	99
		None	9.5	100
15	14.7	Oxygen	9.1	101
		Nitrogen	9.5	106
		None	9.0	100

Table 2. Survival to maturity grown from seeds X-rayed and then immediately hydrated in the presence of either oxygen or nitrogen

Seed water content (%)	Dosage of X-ray (kR)	Bubbling gas	No. of treated seed	No. of survival	Percent of control
6.2	3	Oxygen	300	75	34
		Nitrogen	"	103	46
6.2	9	Oxygen	"	6	3
		Nitrogen	"	108	49
6.2	15	Oxygen	"	4	1
		Nitrogen	"	59	27
12.9	25	Oxygen	"	47	22
		Nitrogen	"	62	28
13.9	15	Oxygen	"	147	66
		Nitrogen	"	137	62
Control	—	—	"	222	100

認定되지만 그 이상의含水量에서는 差異가 없었다.

播種에서收穫期까지의生存率을處理別로調査한結果는 Table 2와 같다. 역시水分含量이 낮은種子를放射線照射後 hydration處理時에酸素를供給한것은生存率이極度로低下되었는데水分 6.2%의 낮은含水量의種子에 3, 9, 15kR의線量으로照射後酸素存在下에서 hydration處理한것을統合해서보면總 900個의處理種子中 겨우 85個만이 살아 남

았지만無酸素狀態에서 hydration處理한것은 270個體가生存하여 단연酸素處理에依한生存率의減少가 컸다. 그러나 13.9%의水分含量에서는酸素處理에依한生存率의變動은 없었다. 즉 6.2%에서 12.9%까지의含水量은酸素의影響을받지만그이상의含水量에서는無關하였다. 또한같은水分含量이라도酸素의影響은放射線량이높을수록큰傾向인듯하다.

Table 3. Chlorophyll mutation frequencies of rice derived from the seeds treated with X-ray of various dosage depending on seed water content, and then immediately hydrated in the presence of either oxygen or nitrogen.

Seed water content (%)	Dosage of X-ray (kR)	Bubbling gas	No. of panicles analyzed	Sterility (%)	No. of chlorophyll mutation					No. of mutations per 100 panicles
					Albino	Xantha	Viridis	Striata	Total	
6.5	1.5	O	165	15.7	0	0	1	4	5	3.0
		N	145	16.5	0	0	0	0	0	3.0
	3.0	O	164	17.8	1	1	0	0	2	1.2
		N	162	15.6	0	0	0	0	0	0
	6.0	O	158	18.4	10	1	1	0	12	7.6
		N	122	16.9	0	0	0	0	0	0
12.0	O	30	32.2	1	0	3	0	4	13.6	
	N	119	15.6	1	0	0	0	1	0.8	
10.0	9.0	O	299	17.9	11	4	0	0	15	5.0
		N	299	15.6	1	0	1	0	2	0.7
	12.0	O	187	25.8	1	0	2	3	6	3.2
		N	171	16.4	1	1	0	0	2	1.2
11.0	12.0	O	423	18.2	6	2	1	2	11	2.6
		N	470	16.3	4	0	3	1	8	1.7
	15.0	O	537	18.2	7	0	3	2	12	2.2
		N	434	18.7	9	0	1	2	12	2.8
12.0	15.0	O	572	20.8	7	1	0	0	8	1.4
		N	255	19.8	0	1	0	1	2	0.8
	20.0	O	449	20.0	17	1	0	5	23	5.1
		N	401	20.3	14	0	0	0	14	3.5
13.0	20.0	O	601	22.8	9	0	0	6	15	2.5
		N	316	28.1	7	0	0	1	8	2.5
	25.0	O	615	17.0	10	0	1	1	12	1.9
		N	482	22.4	5	0	1	1	7	1.4

이 두處理間에不稔率의變化를調査하였던바 (Table 3 左 5列) 酸素處理에依하여全般的으로不稔率이增加한것을볼수있다. 특히低水分含量 6.5%의種子에 12kR의高線量을照射한것은酸素處理與否에따라서不稔率의差異가가장크고水分含量 10%까지는酸素의有無에따라不稔率의差가顯著하나그이상의含水量에서는差異가적었다.

突然變異調査는 albino, xantha, viridis, striata 등의葉綠素突然變異를調査한結果 Table 3 右列과 같다. 變異의 spectrum에對해서는 albino가大部分을 차지하고다음이 viridis, striata xantha의順이었다. 酸素와無酸素處理間에變異率의差異는顯著한便이었는데低水分含量에서는그差異가極히 컸으나 13%의高水分含量에서는差異가없거나아주적

은傾向을나타내었다. 또한放射線量과酸素處理와의關係를보면低線量에서보다高線量에서酸素에依한突然變異率이增加하였다.

考 察

酸素는 비록放射線을照射할때만이問題되는것은아니고그單獨으로서도充分히生物學的要因에效果를미친다는것이일찍부터알려졌다²⁾. 放射線障害를이르키는原因의一部로서放射線照射에依한細胞內的電離作用을들수있고이렇게하여생긴여러가지遊離基(free-radical) 들은다시그들相互間에 radical-radical 結合이나또는 SH基와같은生體에存在하는遊離基와結合하여生體에無害한

상태로 되돌아 갈수도 있지만 酸素의 存在下에서는 酸素와 結合하여 peroxy radical과 같은 生體에 有害한 物質을 만듦으로서 生物學的障害를 誘發케 된다는 것이다. 그런데 種子內에 含有하고 있는 水分은 radical의 움직임을 活發하게 하여 radical間的 再結合을 圖謀하기 때문에 有害要素가 되는 radical의 存續期間을 短縮시켜 酸素와의 結合을 阻止하는 役割을 한다고 보아 왔고 實際 이러한 假定은 EPR techniques에 依하여 증명되었다⁵⁾. Conger *et al.*^{3,4)}은 大麥의 種子에서 水分含量이 2.5~12.7%까지는 含量이 낮을 수록 酸素의 影響이 크고 그 以上の 含量에서는 效果가 없었다고 報告한 바 있고 韓等⁷⁾도 水分含量 10.7%의 水稻種子에서 酸素의 效果를 볼 수 없었다는 報告가 있었다. 本實驗에서도 水分含量 13%以上에서는 酸素處理에 依한 苗長의 減少現象을 認定할 수 없었지만 5.6%에서 8.8%까지는 크게 減少하는 現象을 나타내었다. 이것은 種子內에 水分이 많으면 有害要素가되는 遊離基의 存續期間을 줄이는 同時에 酸素와의 結合을 阻止한다는 前記의 基告와 같은 結果라 볼 수 있겠다.

Adams and Nilan¹⁾이 大麥의 種子를 X-ray處理後 다시 酸素를 處理하여 줌으로서 染色體異常이 甚하게 일어 난다는 報告와 함께 Sire and Nilan¹⁰⁾은 *Crepis capillaris*를 X-ray照射後 100Lbs의 酸素壓狀態에서 貯藏한 結果 染色體異常이 急增하였으나 同一匣의 窒素狀態에 貯藏한것은 染色體分體들의 再結合率이 높다고 한 바 있으며 Konzak⁹⁾도 옥수수 的花粉을 酸素壓下에서 X-ray照射한 結果 역시 染色體異常이 增加한 바 있다고 하였다. 植物에서 染色體異常이 많으면 結局 不稔이 甚하게 되는 것은 當然한 故로 水稻種子를 材料로 實施한 本實驗에서도 酸素를 處理한것은 全般的으로 不稔率이 높았다.

Conger *et al.*⁶⁾은 水分 2.1%의 보리種子에 放射線을 處理한 後 酸素의 存在下에서 hydration한것은 突然變異率이 顯著히 높았다고 한 바 있는데 水稻에서도 같은 效果를 얻었다.

摘 要

放射線後處理로서 酸素가 水分含量이 다른 水稻種子에 미치는 影響을 調査코져 水分含量 5.6~14.7%까지의 種子에 3~25kR의 放射線量을 照射한 後 酸素 및 窒素로 bubbling한 狀態에서 hydration處理하였다.

酸素가 飽和溶解된 狀態에서 hydration處理한 種子의 幼苗長 및 生存率은 水分含量이 낮을수록 酸素의

效果가 顯著하여 5.6~12.9%까지는 酸素處理에 依한 苗長 및 生存率의 減少가 나타났지만 13.9%부터 그 以上에서는 差異가 없었다.

葉綠素突然變異率 및 不稔率은 6.5%의 低水分에서 13.0%의 高水分含量에 이르기까지 供히 酸素處理에 依한 影響이 있었고 特히 低水分含量일수록 또는 放射線量이 높을수록 그 差異는 顯著하였다.

引 用 文 獻

1. Adame, J. D. and R. A. Nilan. 1958. After-effects of ionizing radiation in barley. II. Modification by storage of X-rayed seeds in different concentration of oxygen. *Radiat. Res.* 8:111-122.
2. Berg, C. C., R. A. Nilan and C. F. Konzak. 1965. The effect of pressure and seed water content on the mutagenic action of oxygen in barley seeds. *Mutation Res.* 2:263-273.
3. Bozzini, A., R. S. Caldecott and D. T. North. 1962. The relation of seedling height to genetic injury in X-irradiated barley seeds. *Radiat. Res.* 16: 764-772.
4. Conger, B. V., J. R. Hileman and C. F. Konzak. 1971. The influence of temperature on radiation induced oxygen-dependent and-independent damage in barley seeds. *Natl. Acad. Sci. Vol. 42, 5:239-345.*
5. Conger, B. V., R. A. Nilan and C. F. Konzak. 1968. Post-irradiation oxygen sensitivity of barley seeds varying slightly in water content. *Radiat. Bot.* 8:31-36.
6. _____, _____, _____ and S. Metter. 1965. The influence of seed water content on the oxygen effect in irradiated barley seeds. *Radiat. Bot.* 6:129-144.
7. Fenn, W. O., R. Gerschman, D. L. Gilbert, D. E. Terilliger and F. V. Cothran. 1957. Mutagenic effects of high oxygen tensions on *Escherichia coli*. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.* 43:1027-1032.
8. Harn, C., C. M. Kim and Y. I. Rhee. 1972. The post-irradiation oxygen effect in rice seeds. *Korean J. Breed.* 4(1):45-48.
9. Harn, C. and Y. I. Rhee. 1973. Effects of modifying factors in irradiation of rice seeds and conditions in chemical treatment. *Korean J. Breed.* 5(1):17-26.

10. Konzak, C. F. 1957. The influence of oxygen on the mutagenic effects of X-rays on maize endosperm loci. *Radiat. Res.* 6:1-10.
11. Sire, M. W. and R. A. Nilan. 1959. The relation of oxygen post-treatment and heterochromatin to X-ray-induced chromosome aberration frequencies in *Crepis capillaris*. *Genetics* 44:124-136.
12. Ukai, Y. 1969. Studies on varietal differences in radiosensitivity in rice. V. Radiation sensitivity in irradiation with different modifying factors. *Japan. J. Breed.* 22(4):223-231.