

## 放射線을 利用한 양파貯藏에 關한 研究 (1)

朴 魯 豐·崔 彥 浩·邊 光 義

放射線農學研究所 食品工學研究室

(1972년 3월 21일 수리)

## Studies on the Storage of Onions by Radiation (1)

by

Nou POUNG Park, Eon Ho Choi and Kwang Eui Byun

Food Technology Division, Radiation Research Institute in Agriculture, Seoul

(Received March 21, 1972)

### Abstract

An experiment was carried out to investigate the optimum doses of gamma-irradiation for sprouting inhibition of onion bulbs with irradiation time and storage conditions. The results obtained are as follows:

1) The irradiation doses of 5, 7 and 10 krad, respectively, at 11, 32 and 66 days after harvest were sufficient to inhibit subsequent sprout of onion bulbs obtained from Nampyeong district. When they were irradiated at 96 day after harvest, however, there was little sprout-inhibition by 15 krad. In case of onion bulbs obtained from Changnyeong district, sprout was inhibited by doses of 8 and 12 krad respectively, at 51 and 89 days after harvest.

2) Low-temperature storage after irradiation was not effective in sprout-inhibition of onion bulbs. Onion bulbs stored at low temperature of 5°C rather showed higher sprouting rate as compared with that of room temperature.

3) Rot increased in irradiated lot and at room temperature, and spores of *Aspergillus sp.* were little germinated at a level of 100 krad.

4) The respiratory rate of irradiated onion bulbs was higher immediately after irradiation but lower one week after irradiation than control. Respiratory quotient of tissues seems to be little affected by gamma-irradiation.

### 結 論

葉蔬 및 果實類에 대한 放射線의 照射效果는 微生物의 殺菌, 殺蟲, 根菜類의 發芽抑制, 菁果物의 熟度調整 및 乾燥 葉果類의 放射線 改質 등으로 나타나고 특히 根菜類의 發芽抑制效果는 低線量에서도 그 效果가 顯著

하여 實用性을 追究하는 많은 研究가 推進되고 있다. (1-5)

筆者들은 前報<sup>(6)</sup>에서 양파의 發芽抑制效果와 揮發性物質에 미치는  $\gamma$ 線의 影響에 關하여 報告한 바 있으며 今般에는 照射時期別 發芽抑制 實用線量과 貯藏條件이 照射 양파의 發芽抑制效果에 주는 影響을 究明하고자 試驗하고 그 結果를 보고한다.

實驗材料 및 方法

1. 試料와 貯藏

試料는 全南 南平과 慶南 昌寧에서 泉州黃(Allium-cepa)을 收集하여 室溫에 保存하고 照射時期別 適正線

量을 求하고자 Table 1 과 같이 所定의 線量을 處理하여 室溫과 低溫(5°C)에 區分貯藏 하였으며 또한 가스代謝와 腐敗微生物의 致死線量을 調査하기 爲한 試料를 別途로 準備하였다 (Table 1).

Table 1. Materials and irradiation

Producing district & Harvesting time	Series No	Irradiation time	Storage days before irradi.	Doses (krad)
Nampyeong June 18, 1971	I	June 29, 1971	11	0, 4, 5, 6, 7
	II	July 20, 1971	32	0, 7, 8, 9
	III	Aug. 24, 1971	66	0, 10, 11, 12
	IV	Sep. 24, 1971	96	0, 13, 15
Changnyeong June 25, 1971	I	Aug. 16, 1971	51	0, 7, 8, 9
	II	Sep. 25, 1971	89	0, 10, 12

2. γ線照射

γ線照射는 室溫에서 <sup>60</sup>Co γ線을 使用하고 線量率은 南平 I~III期과 昌寧 I期分은 \*249 rad/hr에서, 南平 IV期과 昌寧 II期分은 \*\*163 rad/sec에서 各各 處理하였다.

3. 測定事項 및 方法

外觀觀察: 試料는 區當 50 球로 하여 照射時期 및 貯藏溫度別로 發芽와 腐敗率을 調査하고 發芽球에 對하여서는 葉의 平均 伸長度를 測定하였다.

重量變化: 貯藏中 減量은 外部鱗葉의 損失을 막기 爲하여 polyethylene film 에 3 球씩 넣어 3 反覆을 準備月一回씩 調査하였다.

Gas代謝: 個體呼吸은 杉山式呼吸裝置<sup>(7)</sup>를 一部 變更, 排出된 CO<sub>2</sub>를 30°C에서 KOH에 捕集, 定量<sup>(8)</sup>하고 組織呼吸은 양파 底盤部位에서 1g 採取, 30°C에서 Warburg 檢壓計에 依하여 酸素吸收量과 CO<sub>2</sub> 排出量 및 呼吸比를 調査하였다.

腐敗菌의 抵抗力: 純粹分離한 양파 腐敗菌(*Aspergillus sp.*)의 孢子懸濁液을 試驗管에 注入, 0~250 krad를 照射後, PDA 平板培地에 移植, 30°C에서 48時間 培養後 發芽孢子의 colony를 計數하였다.

結果 및 考察

1. 照射時期와 發芽抑制效果

照射後 室溫에 貯藏한 南平產의 發芽抑制效果는 Table 2에서와 같이 收穫 11日後(I期)에 照射한 것이 5 krad에서, 32日後(II期)에 照射한 것은 7 krad에서, 그리

고 66日後(III期)에 照射한 것은 10 krad에서 各各 發芽가 抑制되었다. 그러나 96日後(IV期)에 照射한 것은 15 krad에서도 發芽抑制效果를 設定할 수 없었다. 또 昌寧產은 收穫 51日後(I期)에 照射한 것은 8 krad에서, 89日後(II期)에 照射한 것이 12 krad에서 各各 發芽抑制效果가 顯著하였다 (Table 2, 3).

양파의 放射線에 對한 感受性도 休眠期에 銳敏하고 休眠覺醒期以後에 鈍感하여 收穫後 休眠期에는 低線量에서도 發芽抑制效果가 顯著하나 休眠覺醒期以後에는 時日이 經過할 수록 內芽의 生長이 活潑하고 抵抗性이 增大되어 發芽抑制效果는 漸次 低下되며 高線量을 要하게 된다.<sup>(9)</sup>

本試驗에서도 休眠期에 照射한 南平 I, II期는 5~7 krad의 比較的 低線量에서 充分히 發芽가 抑制되었으나 生理的 休眠覺醒期(豫想)以後에 照射한 南平 III期과 昌寧 II期는 10 krad 以上에서 抑制되었고 對照區에서 이미 相當한 發芽率을 보인 時期에 照射한 南平 IV期分은 15 krad에서도 抑制效果를 認定할 수 없었다. 따라서 發芽抑制를 目的으로 한 放射線의 照射는 收穫後 可及의 早期에 處理하는 것이 그 効率과 放射線障害를 輕減시키는데 有益하다고 생각되며 以上 各 照射時期別 發芽抑制線量을 該當時期에 있어 實用化할 수 있는 適正線量이라 一應 생각한다.

2. 貯藏溫度와 發芽抑制效果

照射後 低溫(5°C)에 貯藏한 南平產의 發芽抑制效果는 室溫貯藏의 境遇와 다른 結果를 나타냈다. 즉 照射 I期는 室溫區와 大體로 同一한 線量에서 抑制效果를 나타내고 있으나 II期分은 8 krad에서, 그리고 III期과 IV期分은 12 krad와 15 krad에서도 對照區와 大差 없이 發芽하고 있어 거의 照射效果를 認定할 수 없었다.

\* 原子力研究所 Cobalt-60 Room

\*\* 放射線農學研究所 BNL-Shipboard Irradiator

Table 2. Sprouting percentage of irradiated onion bulbs (from Nampyeong) during storage

Series No.	Doses (krad)	Room temperature								Low temperature							
		9/2	10/2	11/2	12/2	1/2	2/2	3/2	Total	9/2	10/2	11/2	12/2	1/2	2/2	3/2	Total
I	0	32	12	26	8	2	4	0	84	0	4	2	8	42	16	14	86
	4	2	4	4	12	2	0	0	24	0	6	8	16	10	2	2	44
	5	2	0	0	2	0	0	0	4	0	0	0	4	4	0	0	8
	6	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	2	6	2	6	16
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	4
II	0	24	2	28	22	4	0	0	80	0	0	2	10	20	32	14	78
	7	0	0	6	0	2	0	0	8	2	0	8	4	10	2	8	34
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	2	0	0	8
	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	2	6
III	0	—	18	34	20	8	0	0	80	—	4	0	10	32	20	2	68
	10	—	2	2	0	0	0	0	4	—	6	2	16	16	4	0	44
	11	—	0	2	2	0	0	0	4	—	4	4	12	14	6	4	44
	12	—	0	2	0	0	0	0	2	—	6	6	22	16	0	0	50
IV	0	—	—	42	26	4	0	0	72	—	—	22	20	22	14	0	78
	13	—	—	50	20	2	0	0	72	—	—	26	32	8	6	2	74
	15	—	—	52	20	2	0	0	74	—	—	32	26	10	4	4	76

Table 3. Sprouting and sound percentages of irradiated onion bulbs (from Changnyeong) during storage at room temperature

Series No.	Doses (krad)	Sprout								Sound					
		10/2	11/2	12/2	1/2	2/2	3/2	Total	10/2	11/2	12/2	1/2	2/2	3/2	
I	0	6	16	8	8	0	0	38	62	46	38	30	30	30	
	7	8	4	4	2	0	0	18	78	68	64	50	44	38	
	8	2	2	0	2	0	0	6	84	74	74	52	52	44	
	9	0	0	0	0	0	0	0	84	78	72	64	56	52	
II	0	—	26	18	2	0	0	46	—	74	56	54	54	54	
	10	—	20	16	2	0	0	38	—	80	64	62	60	60	
	12	—	2	2	2	0	0	6	—	96	94	88	88	88	

小島等(1963)도 照射 양과의 發芽抑制效果에 對하여 發芽率은 球의 大小 및 貯藏溫度와 密接한 關係를 가진다고 報告하고 常溫貯藏區(15~30°C)에 比하여 13°C에서 發芽率이 높았다고 한다. 이와 같이 低溫區에서 오히려 發芽抑制效率이 低調한 原因이 放射線에 對한 抵抗性의 發現은 時日이 經過할 수록 高溫에서 보다 低溫에서 더욱 強하게 나타나고 있음을 意味하는 것인지 或은 濕度<sup>(10)</sup> 其他 要因이 關係하는지에 對하여서는 앞으로 究明하여야 할 課題라고 생각한다.

3. 發芽區의 葉伸長

發芽球의 葉의 伸長은 對照區에서 繼續 旺盛한데 比하여 照射區에서는 伸長이 緩慢하고 矮化하여 漸次 枯

死하였고 이러한 傾向은 高線量區에서 顯著하였다. 따라서 本實驗에서 室溫 IV期과 低溫 III, IV期の 照射區는 發芽가 完全抑制되지는 않았으나 對照區와 같이 發芽로 因하여 食用價値가 急變하는 일은 적었다.

4. 腐敗 및 重量의 變化

貯藏中 腐敗率은 照射區에서 對照區에 比하여 높았고 低溫區에 比하여 室溫區서 腐敗率이 增加하였다. 따라서 發芽가 完全히 抑制된 照射區에서도 貯藏末期의 健全球數는 事實上 顯著히 減少되었다 (Table 3, 4).

本試驗에서 腐敗率이 室溫과 低溫에서 다같이 I期과 II期에 높고 III期과 IV期에 낮은 것은 III, IV期分 試料는 양과의 腐敗가 가장 甚한 8月 中旬 以後에 健全球

Table 4. Sound percentage of irradiated onion bulbs (from Nampyeong) during storage

Series No	Doses (krad)	Room Temperature							Low Temperature						
		9/2	10/2	11/2	12/2	1/2	2/2	3/2	9/2	10/2	11/2	12/2	1/2	2/2	3/2
I	0	54	40	14	6	4	0	0	100	96	94	86	44	28	12
	4	58	42	38	26	18	18	12	94	88	78	62	52	50	48
	5	60	54	54	52	38	34	24	96	94	92	88	84	76	70
	6	70	64	62	60	52	50	42	98	96	96	94	88	82	66
	7	52	50	50	48	40	40	38	96	94	94	94	92	92	92
II	0	66	54	26	4	0	0	0	98	94	92	82	62	26	12
	7	88	86	78	78	62	62	58	92	92	84	80	70	64	54
	8	80	72	68	68	58	56	54	94	94	92	86	84	82	82
III	9	72	58	54	54	42	42	40	96	96	96	96	92	90	88
	0	—	80	44	24	16	16	16	—	96	92	82	50	28	26
	10	—	98	96	96	70	64	60	—	92	88	72	56	48	48
	11	—	96	90	88	66	64	58	—	96	92	80	62	54	50
IV	12	—	92	90	90	76	76	72	—	94	88	66	48	48	48
	0	—	—	56	28	22	22	22	—	—	76	56	34	20	20
	13	—	—	50	30	20	20	20	—	—	74	42	32	26	24
	15	—	—	48	28	26	26	26	—	—	66	40	30	26	22

만을擇하여 試料로 使用하였기 때문이라고 생각한다.

照射 양파의 腐敗에 關하여서는 茶珍<sup>(11)</sup>, William<sup>(9)</sup>, 佐藤<sup>(12)</sup> 등의 報告가 있으며 大體로 照射區에서 腐敗率이 增加하고 線量이 높을 수록 腐敗率도 增加한다는 見解에서 本試驗의 結果와 一致되고 있다.

照射 양파는 內芽가 褐變하는 現象을 觀察할 수 있다. 이와 같은 現象은 一種의 放射線障害이며 放射線 障害는 比단 內芽에만 局限되는 것이 아니라 그 程度와 樣相에 差異가 있을 뿐, 外部鱗葉에도 發生하여 微生物의 繁殖을 容易하게 하는 것이라 생각되며 또한 障害로 因하여 影響을 받은 energy 代謝系는 生長物質의 生合成을 弱화하고 組織形成에 까지도 防禦能力을 低下시키는 結果, 照射區에서 腐敗率이 增加되는 것으로 생각된다.

貯藏中 重量의 變化는 室溫貯藏의 境遇, 9月上旬까지, 즉 對照區에서 發芽, 伸長이 本格化되기 以前까지는 照射區와 對照區間에 큰 差異가 없었으나 그 以後에

있어서는 對照區에서 減量이 顯著하였으며 照射區에 있어 線量間의 差異는 크게 問題視되지 않았다.

5. 呼吸의 變化

果實 및 菜蔬 등 生體類에 있어 貯藏中 生理的 活性을 推定하기 爲하여서는 呼吸의 量的 및 質的 變化를 調査한다.<sup>(13-15)</sup>

本試驗에서도 放射線照射가 양파의 代謝機能에 미치는 影響을 觀察하기 爲하여 呼吸量과 呼吸比를 調査하였든 바 個體呼吸에서 照射區는 照射 1週日까지 對照區에 比하여 높은 呼吸量을 보였으며 특히 8, 9 krad 照射區는 照射直後 呼吸의 上昇現象이 顯著하였다. 즉 對照區는 比較的 安定된 呼吸을 維持하였으나 生理的 休眠覺醒期로 推定<sup>(16)</sup>되는 8月 14日부터는 急速히 增加하기 始作하였으며 照射區는 8, 9 krad區가 照射直後 上昇한 呼吸이 急減하여 1週日 後부터는 對照區에 比하여 낮은 呼吸量을 보였다 (Table 5).

Table 5. Effect of radiation on the carbon dioxide evolution of onion bulbs (Nampyeong, Series II)

Doses (krad)	7/23	7/25	7/27	7/29	7/31	8/6	8/14
0	24.1	25.3	24.2	24.1	22.1	20.5	29.3
7	25.6	28.2	28.7	22.7	21.7	20.5	19.5
8	32.9	38.0	25.4	20.5	19.3	16.3	16.5
9	35.8	31.3	17.5	17.1	18.4	19.9	19.0

Unit : mg/kg/hr

組織呼吸에서도 個體呼吸의 境遇와 마찬가지로 照射直後 CO<sub>2</sub> 放出量이 8, 9 krad 에서 餘他區에 比하여 높았으나 照射 4 日後에 回復하고 그 後 緩慢한 減少를 나타냈다. 이에 對하여 對照區와 7 krad 區는 照射 7 日

後부터 再次上昇하기 시작하였으므로 結局 8, 9 krad 에 比하여 多少 높은 傾向을 보였다. 그러나 呼吸商에 있어서는 對照區와 照射區間에 始終 差異 없이 約 1.0 을 維持하였다 (Table 6).

Table 6. Effect of radiation on respiration of onion bulbs (Nampyeong, Series II) (Irradiated on July 20, 1971)

Doses (krad)		7/21	7/24	7/26	7/28	7/30
0	O <sub>2</sub>	31.3	55.1	42.2	50.0	53.6
	CO <sub>2</sub>	34.9	59.7	50.0	54.0	58.2
	R.Q*	1.1	1.0	1.1	1.0	1.0
7	O <sub>2</sub>	31.0	52.6	41.2	47.7	51.7
	CO <sub>2</sub>	30.6	53.2	48.6	51.1	53.3
	R.Q	1.0	1.0	1.1	1.0	1.1
8	O <sub>2</sub>	49.9	48.3	43.4	48.4	49.8
	CO <sub>2</sub>	57.9	51.9	47.7	50.0	46.1
	R.Q	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
9	O <sub>2</sub>	59.8	43.4	48.3	42.1	37.8
	CO <sub>2</sub>	68.1	50.5	48.6	44.3	43.2
	R.Q	1.1	1.1	1.0	1.0	1.1

\* Respiratory Quotient

緒方等(1959)은 照射양파의 組織呼吸(底盤部位)을 測定하고 3~12 krad 에서는 對照區와 照射區間에 큰 差異가 없으나 發芽期 以後에는 對照區에서 呼吸이 上昇하는 故로 末期에 呼吸量은 對照區에서 높았다고 하였으나 Gustafson (1957)은 照射감자가 15 krad 이하에서 照射直後 酸素吸收量과 CO<sub>2</sub> 排出量이 多같이 增加하였고 그 後 漸次 減少하여 10 週 後에는 對照區에 比하여 呼吸量이 낮았다고 한다.

放射線에 의한 양파의 發芽抑制는 目的에 따라 이를 放射線의 效果라 하나 양파의 立場에서 볼 때는 一種의 放射線 障害이며 따라서 放射線障害로 因하여 mitochondria 中の 酸化酵素의 活性이 促進되고 葡萄糖, 蔗糖 등의 增加로 糖이 蓄積되어 呼吸代謝에 異常이 생기는 것이라 생각한다.

6. 腐敗菌의 抵抗性

貯藏양파의 腐敗菌은 bacteria, *Fusarium* 屬, *Penicillium* 屬, *Botrytis* 屬, *Aspergillus* 屬, *Collotrichum* 屬, *Erwinia* 屬 등으로 알려져 있으며<sup>(17,18)</sup> 그 중 *Aspergillus* 와 *Penicillium* 및 bacteria 에 依한 腐敗率이 가장 甚하다고 한다. 本試驗에서는 *Aspergillus* 屬의  $\gamma$  線에 대한 抵抗性을 觀察하고자 純粹分離한 *Aspergillus sp.* 에 0~250 krad 를 照射하고 發芽胞子の colony 를 計數한 바, Table 7 과 같이 50 krad 에서는 發芽率이 17% 였으나, 100 krad 에서는 1%에 미달하였고 그 以上の

線量에서는 完全히 抑制되었다. 茶珍等<sup>(11)</sup>도 *Penicillium sp.*와 *Aspergillus sp.*는 50 krad 에서는 生育이 抑制되지 않았으나 100 krad 에서는 抑制되었다고 보고하였다. 따라서 發芽抑制線量 範圍에서는 腐敗菌의 生育을 抑制하기는 不可能한 것으로 생각된다 (Table 7).

Table 7. Sprouting percentage of *Aspergillus sp.* spores irradiated by gamma-ray

Dose (krad)	Sprouting percentage
0	100
25	85
50	17
100	+
200	—
250	—

結 論

放射線에 依한 양파의 發芽抑制에 있어 照射時期別 發芽抑制 實用線量과 貯藏條件이 照射양파의 發芽抑制 效率에 미치는 影響을 調査하고자 試驗하고 다음과 같은 結果를 얻었다.

1) 照射後 室溫에 貯藏한 南平産은 收穫 11 日後에 照射한 것이 5 krad 에서, 32 日後에 照射한 것이 7 krad

에서, 66日 後에 照射한 것이 10 krad에서, 그리고 昌寧産은 51日 後에 照射한 것이 8 krad에서, 89日 後에 照射한 것이 12 krad에서 各各 發芽가 抑制되었다. 그러나 96日 後에 15 krad 照射한 것은 發芽抑制 效果가 認定되지 않았다.

2) 照射양과의 低溫貯藏(5°C)은 室溫貯藏에 比하여 同一線量에서 發芽率이 顯著히 높았다.

3) 貯藏中 腐敗率은 照射區와 室溫區에서 增加하며 腐敗菌 *Aspergillus sp.*는 100 krad에서 孢子發芽가 抑制되었다.

4) 照射양과는 照射直後 呼吸이 上昇하나 漸次 減少하여 1週日 後 부터는 對照區에 比하여 呼吸量이 낮고 底盤部位의 呼吸商은 照射區와 對照區間에 거의 차이가 없었다.

#### 참 고 문 헌

- 1) Chachin, K. and Ogata, K.: *J. Food Sci. Technol. (Japan)*, 18, 20 (1971).
- 2) Dharker, S. D. and Srenivasan, A.: *Food Irradiation*, IAEA, 645 (1966).
- 3) Park, N. P., Kim, Y. S. and Choi, E. H.: *J. Nucl. Sci. (Korea)*, 7 (2-2), 7 (1967).
- 4) Park, N. P., Choi, E. H. and Kim, Y. M.: *J. Korean Agr. Chem. Soc.*, 12, 83 (1969).
- 5) Park, N. P., Kim, Y. S. and Choi, E. H.: *J. Nucl. Sci. (Korea)*, 7 (2-2), 13 (1967).
- 6) Kim, H. S., Park, N. P., Cho, H. O., Choi, E. H., Lee, H. S. and Kim, Y. M.: *J. Nucl. Sci. (Korea)*, 9 (2-2), 95 (1970).
- 7) 杉山直儀, 高岡峰雄: *農業及園藝*, 39 (2), 385 (1964).
- 8) Park, N. P., Choi, E. H., Lee, O. H. and Kim, Y. M.: *J. Korea Assoc. Food Sci.*, 2 (1), 81 (1970).
- 9) Mullins, W. R. and Burr, H. K.: *Food Technol.*, 15, 178 (1961).
- 10) 緒方邦安: *農業及園藝*, 31 (1), 93 (1956).
- 11) Chachin, K. and Kurosaki, T.: *J. Japan. Soc. Hort. Sci.*, 40 (1), 91 (1971).
- 12) 佐藤友太, 梅田圭司: *ジャパンプードサイエンス* 9回, 61 (1969).
- 13) Inoue, T., and Ogata, K.: *J. Japan. Soc. Hort. Sci.*, 27 (1), 49 (1957).
- 14) Maxie, E. C.: *Plant Physiol.*, 40, 407 (1965).
- 15) Ogata, K., Iwata, T. and Chachin, K.: *J. Japan. Soc. Hort. Sci.*, 28 (3), 1 (1959).
- 16) 緒方邦安: *園藝食品の利用と加工*, 養賢堂 129, (1968).
- 17) 川崎重治: *農業及園藝*, 46 (5), 71 (1971).
- 18) 勝又廣太郎: *農業及園藝*, 45 (8), 74 (1970).