

## 放射線照射에 의한 밤貯藏研究

### 제1보 低酸素狀態에서 放射線照射效果

朴 魯 豐\*·金 年 軫·金 成 器·李 鍾 旭

農村振興廳 放射線利用研究室·\*湖南作物試驗場

(1976년 11월 19일 수리)

## Studies on the Preservation of Korean Chestnut by Gamma Irradiation.

### Part 1. Radiation Effect of Low Oxygen Atmosphere.

Nou-Poung Park\*, Yun-Jin Kim, Sung-Kih Kim and Chong-Ouk Rhee.

Laboratory of Radiation Agriculture, Office of Rural Development, Suwon, Korea.

\*Honam Crops Experimental Station.

(Received November 19, 1976)

### Abstract

Experiments were carried out to determine the optimum dose for the preservability of each Korean chestnut varieties by means of gamma-radiation. They were associated with control of spots in the edible portion of chestnut due to irradiation at the final stage of storage. With this result the following summary can be made.

1. In consideration of those factors such as rooting, sprouting, rotting and undesirable spots on the flesh, it was shown that the optimum radiation dose was checked to be 25-35 Krad though there are some difference among the varieties of chestnut.
2. Rotting and the spots on the flesh of chestnut were remarkably inhibited by low oxygen atmosphere during irradiation. This condition greatly contributed to inhibit sprouting with the low radiation dose(15 Krad).
3. The nuts irradiated had a marked increase in carbon dioxide evolution immediately after the irradiation. However on the day succeeding the treatment, these increased curves gradually normalized as same as that of untreated.

### 序 論

政府의 積極的인 有實樹 植栽 장려로 우리나라 밤 생산은 1973년도에 재배면적 5,670ha에서 1,173%이 생산되었고 1975년에는 9,100%으로 증가하였으며 1982년에는 110,623%이 생산될 계획이다. 종래는 단순히嗜好

食品으로 또는 祭禮行事에만 주로 이용되던 밤이 이제 는 주요식품의 수출상품으로 활용될수 있을 정도로 생산량이 급격히 증가하였다. 따라서 본 연구실에서는 밤의 貯藏 및 加工에 관한 研究의 일환으로 放射線照射에 의한 밤의 貯藏法을 究明하기 위하여 본研究을 시도하였다.

일반적으로 밤은 수확후 밤바구미, 밤나방 등의 피해

를 많이 입고 있는 데 이를 방제하기 위하여 CS<sub>2</sub>로 燻蒸殺蟲<sup>(1,2,3,4,5)</sup>하고 屋內 혹은 露地에 充填物과 함께 저장한다. 또 밤은 품종 또는 貯藏條件에 따라 다소 차이는 있으나 이상 언급한 조건에서 저장하면 12월까지의 發根發芽率이 극소하나, 1월 하순~2월 상순에 들어가는 온도에 대하여 민감해지고 2~3월에 이르면 發根이 급격히 증가하므로 그 위험한계온도를 10~20°C<sup>(6)</sup>로 보았다. 한편 밤은 곰팡이 등 미생물에 의하여 腐敗現象이 나타날 수 있지만 대부분 밤 저장시의 乾燥多濕, 通氣不良, 堆積時의 發熱 등으로 인한 生理條件의 不調에 따른 생명력의 쇠약이 그 주된 원인이다.

生粟의 發芽를 억제하는 한 방법으로써 放射線을 이용한 研究가 內山<sup>(7)</sup>, 林<sup>(8)</sup> 등에 의하여 시도되었으며, 이들에 의하면 밤의 품종에 따라 다소 차이는 있지만 25~35 Krad로 발아가 완전히 억제되고 저장말기에는 조사선량에 비례하여 子葉黑變, 果肉黑斑點의 발생을 및 부패율이 높았다고 보고한 바 있다.

저자들은 현재 우리나라의 재배품종에 따른 밤의 適正線量을 구하고 또 저장말기에 발생하는 果肉黑斑點을 억제하기 위하여 低酸素狀態下에서 放射線을 照射하고 그 저장중의 發芽, 腐敗, 果肉黑斑點, 呼吸 및 成分의 變化를 調査하였던바 그결과를 보고한다.

## 材料 및 方法

### 1. 實驗材料 및 放射線照射

은기, 산대 천대전의 3품종을 京畿道 安城郡 밤 재배단지에서 74년 10월에 구입하여 放射線照射에 편리하도록 Polyethylene film으로 包裝한 후 구멍을 뚫어 呼吸에는 영향이 없도록 하였다. 放射線照射은 韓國原子力研究所의 약 15,000CiCo<sup>60</sup> BNL-Shipboard Irradiator를 사용하여 10Krad/min의 線量率로 15, 25, 35, 45Krad씩 상온에서 照射하였다. 放射線照射 중에 低酸素條件을 만들기 위하여 0.1mm Polyethylene film으로 밀봉하여 44, 68, 92시간 경과한 후 照射하고 즉시 개봉하였다. 放射線照射가 끝난 시료는 관계습도 50~55%의 톱밥에 묻어 屋內에서 常溫貯藏하였다.

### 2. 實驗方法

貯藏중인 밤의 外觀調査를 위하여 發根, 發芽 및 腐敗는 월 1회, 根伸張, 芽伸張은 본 실험 최종일에 根部分 및 芽部分을 절단하여 100개체당 g으로 표시하였다. 硬度는 Universal hardness tester로 5반복으로 調査하였다. 果肉黑斑點 및 子葉黑變은 貯藏末期에 밤의 內部를 절단하여 그들의 發生 有無를 調査하였다. 成分分析은 照射直後 및 末期에 걸쳐 실시하였다. 水分은 105°C 乾燥法으로 粗蛋白은 micro-kjeldahl법으로, 還元

糖 및 澱粉은 除蛋白後 somogyi變法으로, Vitamine C는 2,4-dichlorophenol indophenol법으로 ascorbic 酸을 測定하였다. 呼吸量은 均一한 크기의 試料 50個體씩을 眞空 desiccator에 넣어 24시간 密封 定置한 뒤 Orsat Gas Analyzer로 CO<sub>2</sub>를 測定하였다.

## 結果 및 考察

### 1. 放射線照射에 의한 밤의 貯藏性

供試品種인 은기, 산대 및 천대전의 貯藏에 따른 外觀을 檢査한 結果는 table 1과 같다. 發根, 發芽率은 저장 약 4개월 후인 75년 2월 25일에 12, 6 및 7% 發根發芽되었으나 放射線照射區에서는 전혀 나타나지 않았다. 4월 30일에는 對照區에서 64.40 및 37% 발근 발아 되었으나 25Krad 放射線照射區에서는 최저 2%, 최고 12% 정도 나타났으며, 45Krad 區에서는 2~3% 밖에 발근 발아되지 않았고 그후 1개월이 더 경과해도 放射線照射區에서는 큰 변화가 없었다. 이렇게 放射線照射은 胚芽의 生長能力을 抑制하였으며 線量의 증가에 따라 그 효과는 현저하였다. 또 供試品種中 發根 發芽에 對한 放射線 感受性은 천대전이 가장 높았고 산대, 은기의 순이었다.

貯藏중인 밤의 腐敗率은 일반적으로 對照區 및 放射線照射區에 관계없이 貯藏初期('74년 12월말)에 대부분 부패하기 시작하여 그후에는 큰 變化가 없다가 貯藏末期에 약간 증가하는 경향이였다. 단지 45Krad 放射線照射區에서 低線量區보다 腐敗率이 많은 것은 放射線照射에 의한 組織의 軟化現象이 아닌가 推測된다. 또 品種 間에는 早生種인 천대전이 다른 品種보다 현저하게 많았다.

害蟲의 發生은 은기 및 산대 品種의 對照區에서만 있었을뿐, 放射線照射區에서는 전혀 없었다. 이 결과로서 殺蟲劑를 燻蒸하지 않고 放射線照射만으로 害蟲을 完全히 驅除할 수 있다고 본다.

子葉枯死點은 放射線照射로 胚芽組織이 파괴되어 發生하는 작은 黑點이기 때문에 그 발생은 불가피하며, 밤의 脫皮時에 除去되므로 밤의 가공에 있어서 아무런 지장이 없다. 단지 저장말기에 발생하는 果肉黑斑點은 線量의 증가에 따라 그 발생 빈도가 많았다.

그리고 貯藏에 따라 伸長된 胚芽와 뿌리의 무게를 測定한 結果는 table 2와 같다. '75년 5월 15일 對照區에서 試料 100개체당 은기 57.55g 산대 62.43g 및 천대전은 52.24g이었으나 放射線照射區에서는 전혀 伸長되지 않았다. 이와같이 照射區에서는 大部分 發根, 發芽가 抑制되거나 간혹 發根, 發芽가 나타나더라도 貯藏中 繼續적으로 生長하지 못하고 나중에는 枯死하였다.

**Table 1. Effect of gamma-radiation on the rooting, sprouting, insect injure, and undesirable spot of edible portion of chestnut stored at room temperature.** (Unit : %)

Dose(Krad)		Date																							
		Dec. 30 1974		Jan. 30 1975		Feb. 25 1975		Mar. 30 1975		Apr. 30 1975		May 15 1975													
Observation		0	25	35	45	0	25	35	45	0	25	35	45	0	25	35	45	0	25	35	45				
Eungi	Sprouting rooting	4	0	0	0	5	0	0	0	12	0	0	—	62	4	0	0	64	12	4	3	65	17	4	3
	Rotting	26	16	10	17	26	16	11	23	26	16	14	24	26	18	14	25	26	18	14	28	26	19	19	33
	Insect injure	6	0	0	0	1	0	0	0	10	0	0	0	10	0	0	0	10	0	0	0	10	0	0	0
	*Spot	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	14	15	17
Sandae	Sprouting rooting	5	0	0	0	5	0	0	0	6	0	0	0	31	0	0	0	40	11	4	2	47	11	6	2
	Rotting	20	5	10	6	20	8	12	6	20	8	12	7	22	12	17	10	23	16	22	18	26	17	27	25
	Insect	3	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0
	Spot	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	13	18	25
Cheondaejeon	Sprouting rooting	0	0	0	0	1	0	0	0	7	0	0	0	34	0	0	0	37	4	0	0	37	6	0	0
	Rotting	35	41	31	41	35	41	33	46	35	41	33	46	36	41	34	49	40	46	44	56	41	46	46	60
	Insect	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Spot	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	5	3	7

\*Spot : Undesirable spot of edible portion.

**Table 2. Sprout and root weight of irradiated chestnut during storage at room temperature.**

(May 15, 1975)

Variety Dose(Krad)	Eungi				Sandae				Cheondaejeon			
	0	25	35	45	0	25	35	45	0	25	35	45
Root weight	42.30	0	0	0	48.33	0	0	0	39.52	0	0	0
Sprout weight	15.25	0	0	0	14.10	0	0	0	12.72	0	0	0
Total	57.55	0	0	0	62.53	0	0	0	52.24	0	0	0

(Unit : g/100 chestnuts)

**2. 低酸素狀態下의 放射線照射가 밤의 貯藏性에 미치는 영향**

Table 3에서 보는 바와 같이 0.1mm Polyethylene film 속에 밤을 넣고 밀봉시켜 48.72 및 96시간 후에 CO<sub>2</sub>의 함량을 보면 5.0, 8.3 및 11.6%로서 密封期間이 길어짐에 따라 增加하였다. 이것은 film內의 밤의 呼吸과 有關하다고 보여진다.

低酸素狀態에서 照射한 밤의 外觀變化를 調査한 結果는 Table 4와 같다. 發根 및 發芽는 各處理區마다 '75년 3월 30일까지는 전혀 나타나지 않았으나 4월 30일부터 發根이 시작되어 大氣下에서 25Krad 照射한 區에서 11%였으나 低酸素狀態에서 15Krad 照射區는 4~7%로서 현저한 發根, 發芽抑制效果가 있었고 이때 酸素의 濃度에 따른 차이는 별로 없는 것 같다.

腐敗率은 25Krad 照射區는 '74년 12월 말에서 '75년 3월 까지 5~12%였으나 低酸素狀態에서 25Krad 照射區는 그 때까지 전혀 腐敗하지 않았다. 貯藏末期인 5월 15일에는 25Krad 照射區가 17%인데 비하여 低酸素狀態에서

25Krad 照射區는 2~8%로서 역시 抑制效果가 있었고, 이때 酸素의 濃度가 낮을수록 腐敗率이 낮았다. 果肉黑斑點發生은 貯藏末期까지 25Krad 照射區가 25%인 반면 92시간 密封狀態(低酸素)에서 放射線處理區는 11~14%로서 低酸素處理에 의하여 果肉黑斑點發生이 현저하게 抑制되었다. 즉 低酸素狀態에서 15Krad의 放射線을 照射하면 發芽, 腐敗 및 果肉黑斑點 發生이 抑制되어 照射의 實用的인 面을 고려할 때 가장 有用한 것으로 판단된다. 그러나 film內의 CO<sub>2</sub>와 O<sub>2</sub>의 最適濃度에 對해서는 더 검토가 필요하다.

**Table 2. Air composition of polyethylene bag containing chestnut after sealing.**

(Unit : %)

Time(hrs)	48	72	96
CO <sub>2</sub>	5.0	8.3	11.6
O <sub>2</sub>	15.7	12.4	10.4

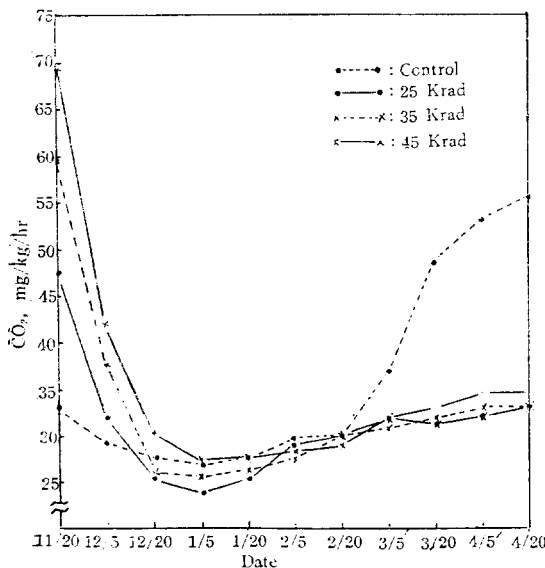
**Table 4. Effects of gamma-radiation under low oxygen atmosphere on sprouting, rotting and undesirable spot of edible portion during storage at room temperature.** (Unit : %)

Dose(Krad)	Time(hrs)	Date Item	'74. 12. 30				'75. 3. 30				'75. 4. 30				'75. 5. 15			
			A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
15	48		—	—	—	—	—	—	—	—	4	0	0	0	4	4	0	15
	72		—	—	—	—	—	—	—	—	7	5	0	0	7	5	0	15
	96		—	—	—	—	—	—	—	—	5	1	0	0	5	2	0	11
25	48		—	—	—	—	—	—	—	—	2	4	0	0	3	8	0	23
	72		—	—	—	—	—	—	—	—	1	4	0	0	4	7	0	20
25	96		—	—	—	—	—	—	—	—	4	2	0	0	4	3	0	14
	0		0	5	0	0	0	12	0	0	11	16	0	0	11	17	0	25

A : Sprouting and rooting  
 B : Rotting  
 C : Insect Injure  
 D : Undesirable spot of edible portion

3. 呼吸量의 變化에 대한 영향

放射線照射가 밤의 呼吸에 미치는 영향은 Fig.1과 같이 放射線照射 直後의 CO<sub>2</sub>發生量은 線量的 增加에 따라 急激히 높아져서 對照區에 비하여 35, 45Krad照射區는 呼吸量이 約 倍로되나 照射後 約 2週日 정도 경과하면 對照區와 비슷하게 되었고 3월 초순부터 對照區의 CO<sub>2</sub>發生量이 급격히 증가하는 반면 照射區는 별다른 變化가 없었다. 이는 發芽에 따른 呼吸量增大과 有關하다고 보며 照射直後의 呼吸量이 급격히 증가하는 것은 일시적으로 呼吸代謝를 刺戟하여 일어나는 현상으로서 밤의 부패에는 影響을 주지 않을 것으로 생각된다.

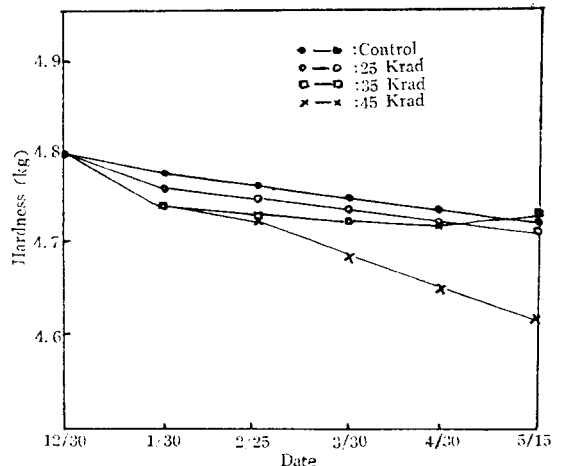


**Fig. 1. Effect of gamma irradiation on CO<sub>2</sub> evolution of Chestnut(Sandae) during storage at 20°C**

4. 成分 및 硬度

밤을 貯藏하면서 貯藏初期 및 末期의 化學成分의 變化를 調査하였던 바 Table 5 및 6에서 보는 바와 같이 對照區는 3품종 다같이 貯藏期間이 길어짐에 따라 澱粉과 Ascorbic酸 및 粗蛋白質은 감소하는 반면 還元糖은 增加하였고 照射區에 있어서는 還元糖과 澱粉은 對照區에 비하여 높았으나 粗蛋白質은 별다른 차이가 없었다. Ascorbic 酸은 奈良<sup>(11)</sup>에 의하면 25Krad照射로서는 거의 파괴되지 않는다고 하였으나 본 실험에서는 照射區에서는 모두 Ascorbic酸의 含量이 적었으며, 특히 45Krad照射區는 상당량 파괴되었다.

硬度變化는 Fig.2 에서 보는 바와 같이 35Krad까지의 放射線照射로서는 저장중 별 변동이 없으나 45Krad를 照射할 경우 '75년 3월부터 감소되기 시작하였다. 이는 組織의 軟化現象과 관계가 있다고 본다.



**Fig. 2. Changes in hardness of chestnut(Eungi) during storage at room temperature**

Table 5. Changes in chemical composition of chestnut during storage period. (Unit : %)

Variety	Date	Moisture		Reducing Sugar		Total sugar		Crude protein		Ascorbic acid (mg %)	
		'74. 11. 1'	'75. 5. 15'	'74. 11. 1'	'75. 5. 15'	'74. 11. 1'	'75. 5. 15'	'74. 11. 1'	'75. 5. 15'	'74. 11. 1'	'75. 5. 15'
Eungi		57.90	65.50	0.26	0.87	34.45	24.10	2.60	2.12	31.90	18.05
Sandae		62.60	60.50	0.26	0.87	32.89	26.33	3.28	2.76	28.80	21.40
Cheondsejeon		60.50	63.20	0.25	0.93	31.84	28.26	3.51	2.71	26.00	19.35

Table 6. Changes in chemical composition of Sandae chestnut irradiated during storage period. (Unit : %)

Dose(Krad)	Date	Moisture		Reducing Sugar		Total sugar		Crude protein		Ascorbic acid (mg%)	
		'74. 11. 1'	'75. 5. 15'	'74. 11. 1'	'75. 5. 15'	'74. 11. 1'	'75. 5. 15'	'74. 11. 1'	'75. 5. 15'	'74. 11. 1'	'75. 5. 15'
Control		62.60	60.50	0.26	0.87	32.89	21.33	3.28	2.76	25.80	21.40
25		—	64.29	—	2.04	—	26.25	—	2.69	—	19.60
35		—	65.44	—	2.32	—	27.15	—	2.79	—	19.10
45		—	65.16	—	2.51	—	27.94	—	2.70	—	15.40

要 約

參 考 文 獻

밤品種에 따른 適正線量을 구하고 照射밤의 貯藏末期에 發生하는 果肉黑斑點 抑制에 대한 實驗을 하여 다음과 같은 結果를 얻었다.

1. 大氣下에서 放射線을 照射할 경우 밤의 發根, 發芽率, 腐敗率 및 果肉黑斑點 發生率을 考慮할 때, 品種에 따라 약간의 차이는 있으나 適正線量은 25~35Krad 였다.

2. 低酸素狀態에서의 放射線照射는 腐敗, 果肉黑斑點 發生을 현저하게 抑制할 뿐 아니라 15Krad로서도 發芽抑制效果가 현저하였다.

3. 貯藏中인 밤의 品種별 化學成分의 큰 변화는 없고 貯藏期間에 따라 감소하는 경향이었으며, 放射線照射로 인한 營養素의 변화가 뚜렷하지 않았다.

4. 呼吸은 放射線照射 直後에 急激히 上昇하였으나 시일이 경과함에 따라 점차 正常化되었다.

1. 농수산부: 농업부문장기전망('73~'81) p.291(1973).
2. 松本熊市: 果實及蔬菜貯藏の研究, 養賢堂. 東京 p. 275(1947).
3. 松本熊市: 農業及園藝 17(8) 129(1942).
4. 岩田 隆, 緒方邦安: 農業及園藝. 34(1) 879(1959).
5. 佐藤敬雄: クリの增收技術. 富民協會. 東京. p.229(1966).
6. 田村民和: 農業及園藝. 39(11). 114(1964)
7. Uchiyama, Y.: *J. Japan Soc. Hort. Sci.* 35(3), 348(1966).
8. 朴魯豐, 金研植, 崔彥浩, 朴啓仁: 원자력연구 논문집. 7(2-2), 1(1969).
9. Iwata, T. and Ogata, K.: *Bull. Inst. Chem. Res., Kyoto Univ.*, 37, 425(1959).
10. Iwata, T. and Ogata, K.: *Bull. Inst. Chem. Res., Kyoto Univ.*, 39, 112(1961).
11. 奈良省三: 日本農化學會誌. 35(5) 415(1961).