

# X-ray照射를 利用한 濟州産양파의 貯藏力向上 可能性에 關한 研究

金在河, 鄭昌朝\*

## A Feasibility Study on the Preservation Improvement of Cheju-grown Onion Using X-ray Irradiation

*Kim Jai-ha and Choung Chang-cho\**

### Summary

For storage extension of Cheju grown onion, irradiations with the doses of 4 Krad and 8 Krad were applied and the quality was compared with unirradiated group. The reesults were as follows.

1. Under the room temperature storage, irradiated onion could be kept in unsprouted fresh state for 7 months while unirradiated onion started sprouting after 4 months storage.
2. With irradiated onion, sprout inhibition after 7 months until the next producing period of early variety is possible. However, since the marketability is damaged due to drying and decay including soft rot, onion should be stored under cold temperature after irradiation if further storage would be desired.
3. Since no significant difference in the quality of stored onion could be found between 4 Krad and 8 Krad, irradiation with 4 Krad is recommendable for the storage extension of Cheju grown onion.

### 序 論

근래에 식생활의 개선에 따라 종래의 穀類爲主에서 차츰 肉類 등 단백질식품과 각종 채소류에 대한 관심이 날로 높아지고 있고 특히 양파를 포함한 發芽食品의 소비도 매년 증가하는 추세에 있다.

양파는 마늘과 더불어 우수한 건강식품의 하나로 특히 구미제국의 서양인들이 즐겨 이용하는 채소류의 하나이다. 우리나라에서 1978~1980년 사이의 연간생산량은 약 250,000ton가량(Cho, 1981)이었던 것이 1980~1983년 사이의 연간 생산량은 384,000ton으로 이의 생산량은 계속 증가하는 추세에 있으며(Cho, 1984) 濟州道에서만도 1986년도에 440헥타에서 14,345ton 생산하였던 것이 1987년도

理工大學 副教授, 農科大學 教授\*

에는 550헥타에서 18,660ton으로 생산량이 증가될 것으로 예상되고 있다.

현재 우리나라에서는 양파 뿐만 아니라 대부분의 농산물이 일시에 다량으로出荷되고 이것이 적절한 유통구조를 경유해서 년중 원만하게 소비자에게 공급되지 못하는 것이 큰 문제점으로 지적되고 있다. 여기에는 여러가지 원인이 있겠지만 그중 가장 중요한 것은 貯藏施設의 미비와 貯藏에 드는 비용의 문제 및 貯藏技術을 들 수 있다. 양파는 濟州産 O·A 및 O·X등의 조생종의 경우 4월과 5월중에 수확되고 천주황과 같은 만생종은 6월 중순부터 夏至 전후에 시작하여 7월 초순까지는 수확이 끝난다. 양파의 貯藏方法은 濟州道の 경우 적은 양을 재배하는 일반농가에서는 발모통이에 돌을 쌓아 울려 벽을 만들고 풀로 지붕을 덮어 소위 움을 만들어 그 안에 넣어 출하할 때까지 貯藏하는데 이러한 방법으로 약 4개월 가량 貯藏할 수 있다. 다량을 장기 저장하는 방법으로는 역시 低溫貯藏施設이 갖추어진 창고에 넣어 약 0°C~5°C 정도에서 저장하는 것인데 이러한 방법으로는 이듬해 조생종이 나올 때까지도 貯藏할 수 있으나 費用(電力費)이 많이 드는 것이 흠이라 할 수 있다(Cho, 1983). 그밖에 發芽抑制劑인 M·H(maleic hydrazide)를 처리하는 방법이 있다. Maxie등(1971)에 의하면 양파나 감자의 放射線照射가 費用면에 있어서나 食品의 品質面에 있어서나 M·H와 같은 화학약제와는 경쟁이 되지 않을 것이란 견해를 보이고는 있지만 우리나라에서는 이러한 약제처리는 M·H의 처리시기가 장마철과 겹치게 되어 그의 효과가 불분명하고 약제성분의 殘留등으로 인하여 차츰 이의 응용은 감소하는 추세에 있다.

이러한 방법 이외에 보다 경제적이고 효과적인 것으로 放射線을 照射하여 發芽를 抑制시킴으로서 貯藏性을 향상시키는 방법이 있다. 이미 1960년대부터 전세계적으로 많은 연구가 이루어져 왔는데 특히 인도, 파키스탄, 방글라데쉬, 필리핀 및 南美 등지의 고온다습한 지역의 국가들에서 많은 흥미를 가지고 있고 현재 實用化되고 있는 곳도 계속 늘어나고 있는 형편이다. 1984년 현재로 전세계적으로 朝鮮과 世界保健機構(WHO)를 포함한 15개

국가가 양파에 대해서 放射線照射를 잠정적으로 혹은 완전히 허가하고 있고 그밖에 4개국인 허가 준비를 위한 실험 및 test marketing의 단계에 있다(Farkas, 1984). 실제 농가에서 이 방법의 보급이 성공한 사례는 Chile를 예로 들 수 있는데 Chile에서는 1983년도에 7개월간 실온저장할 수 있는 농가 보급실험의 성공에 힘입어 보다 광범위한 보급을 꾀하고 있으며(Robio, 1984) Phillipine에서는 망고등 다른 열대작물과 더불어 장거리 수출과 Test marketing 실험결과 역시 성공을 거두었다고 발표한 바 있다(Lustre, 1984). 인도에서는 양파가 년간 약 250만톤 정도 생산되는데 수확후 발아, 건조 및 부패등에 의한 損耗率이 30~50%나 된다고 한다(Thomas, 1981). 따라서 放射線照射에 의한 貯藏力의 개선은 전력에너지의 비용이 높은 이들 나라에서 거의 필수불가결한 것으로 되어 있고, 사정은 파키스탄, 방글라데쉬, 스리랑카, 동남아제국 및 남미등지가 모두 비슷한 것으로 알려지고 있다.

우리나라에서는 이미 1972년도에 朴等에 의한 실험이 있었고 근래에도 趙等(1983)에 의한 경제성조사 등을 위한 실험이 있었다. 본연구는 濟州大學 放射能利用研究所에 설치된 X-ray machine을 이용하여 새로 설치된 기계의 효능을 검토하고 또한 FAO/WHO의 Codex Alimentarius Commission(1984)에서는 양파에 대한 放射線照射에 최고 15Krad까지 추천하고 있으나 Canada에서의 실험결과 低線量과 高線量間에 별차이가 없었다는 점(Macqueen, 1963)과 6Krad로도 양파의 발아억제가 가능하였다는 인도에서의 실험결과(Sudarsan, 1975)에 근거하여 비교적 낮은 線量인 4Krad 및 8Krad로 照射하고 濟州道에서 생산되고 있는 양파 품종에 실제로 이의 적용이 가능한지에 관한 예비지식을 얻기 위하여 본 실험을 수행하였다.

## 材料 및 方法

### 1. 試料

濟州道 北濟州郡 하키산 貯藏用 晩生種 양파(천주황, 1986년 6월 16일 수확)를 농가로부터 직접

구입하여 실험하였는데 放射線照射에 있어 照射機의 capacity가 적어 1회에 가능한한 많은 個數의 試料을 照射하기 위하여 45gm~70gm 정도의 적은 것들을 선택하여 사용하였다.

## 2. 放射線照射 및 貯藏

照射 및 貯藏에 들어가기 전에 相對濕度 80~85%, 20~25°C의 습도에 약 7~10일간 펼쳐놓아 豫乾 시킨후 실험하였다. 試料은 90개씩 3group으로 하여 實溫貯藏(7°C~28°C), 農家式貯藏(2°C~29°C) 및 低溫貯藏(0°C~1°C)으로 나누고 각 group은 다시 30개씩 3區로 分類하여 0Krad, 4Krad 및 8Krad의 3 照射區로 나누었다. 照射는 濟州大學校 放射能利用研究所 內에 設置된 獨逸 Siemens社製의 治療用 X-ray machine(그림.1)을

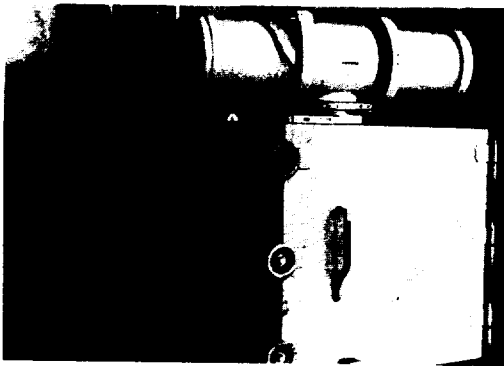


Plate I. X-ray equipment for sprout inhibition experiment.

사용하였는데 capacity가 제한되어 있어 1회에 알파 7~8개씩 밖에 照射하지 못하며 시간당 6Krad 정도만 照射가 가능하였다. 거리는 일정하게 하고 照射時間의 경과로서 원하는 線量을 얻는데 dosimetry control은 低線量에 적합한 Fricke dose meter system을 적용하여 ferrous sulfate 용액을 每回 照射時마다 試料과 함께 照射한 후 O·D를 측정하여 원하는 線量이 照射되었는지를 확인하였다.

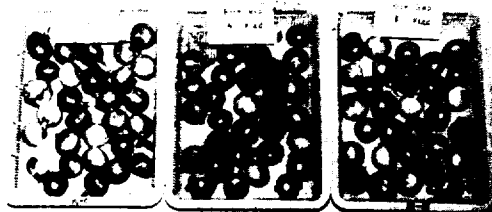
## 3. 發芽率, 腐敗率 및 重量變化

試料가 貯藏된 장소의 온도 및 습도를 수시로 체크하고 월 1회씩 9개월간 重量을 달아 그의 變化를 조사하였으며 동시에 腐敗有無와 發芽有無를 肉眼 檢査하였다. 非照射區에서의 發芽가 生行되어 發芽되지 않은 區와 명확히 구별될 수 있을 때(약 5개월 후)부터 寫眞撮影을 하였다.

## 結果 및 考察

### 1. 發芽率

양파 貯藏上 가장 문제시 되는 것은 發芽에 의해서 食用이 불가능하게 되고 상품의 가치가 저하되는 것이다. 본 실험의 경우 發芽는 室溫 및 農家式貯藏에 있어서 수확후 약 4개월경부터 시작되었는데(그림2), 室溫貯藏(7°C~28°C)의 것이나 室外의 農家式貯藏에 놓아둔 것(2°C~29°C)이나 發芽



(a)



(b)

Plate II. Comparative evaluation of irradiated and unirradiated onions (after 4 months)

(a) Room temperature storage (b) Farm type storage

시작 시기에 있어 아무런 차이를 발견할 수 없었다.

또한 표1에서 볼 수 있는 바와 같이 전반적으로 볼 때 8개월 후의 貯藏性에 있어 室內에서 常溫下

에 저장한 것이나 농가식저장을 한 것이나 별 차이를 볼 수 없었다. 원래 濟州道農家에서의 재래식 저장이 생산된 밭의 한모퉁이에 돌을 쌓아 벽을 만들고 마른풀로 지붕을 덮어 비맞지 않게한 簡易式

Table 1. Visual evaluation on 8 months stored onion (%)

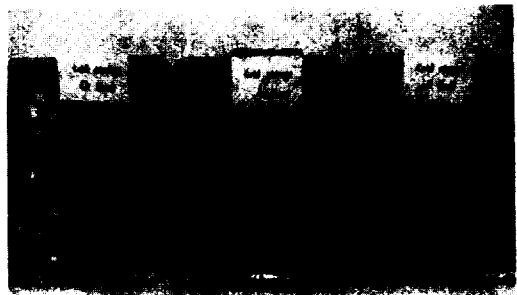
Storage type	Dose	Sprout	Decay	Dried & Other defects	Marketability
Room temp. storage	0 Krad	90.0	6.7	0	3.3
	4 Krad	0	6.7	30.0	63.3
	8 Krad	0	3.3	26.7	70.0
Farm type storage	0 Krad	86.7	10.0	0	3.3
	4 Krad	0	3.3	50.0	46.7
	8 Krad	0	20.0	50.0	30.0
Cold storage	0 Krad	0	10.0	0	90.0
	4 Krad	0	0	6.7	93.3
	8 Krad	0	0	3.3	96.7

貯藏庫로 집까지의 운반으로 인한 일손을 덜기 위해 함과 각 농가에서의 倉庫不足 등에 대한 방편인 것으로 생각되어지므로 근본적으로 室溫貯藏과 在來式貯藏과 별차이를 기대할 수 없었던 것이다. 그러나 0°C~1°C의 低溫貯藏下에 놓아둔 것들에 있어서는 실험이 끝난 9개월 후 까지에도 放射線을 照射한 것이든 안한 것이든 모두가 전혀 發芽된 것을 볼 수 없었다(그림3). 따라서 에너지소비 등의 경제적인 여건등을 勘案하고 또한 4월부터는 早生

種 양과가 생산되기 시작한다는 점을 고려할 때 양과 貯藏上의 放射線照射에 있어서는 室溫에서의 약 7개월간의 貯藏이나 혹은 그 이상의 貯藏을 원할 경우 5°C~10°C 정도에서는 어떤 효과를 기대할 수 있겠으나 0°C정도의 低溫貯藏에서는 아무런 의미가 없는 것으로 나타났다. 室溫貯藏에서나 農家式貯藏에서나 4Krad와 8Krad간에는 별차이를 발견할 수 없었는데 Canada에서의 MacQueen (1963)의 보고에서도 2Krad로 照射했을 때도



(a)



(b)

Plate III. Comparative evaluation of irradiated and unirradiated onions (after 9 months)  
(a) Room temperature storage (b) Cold storage

12Krad로 照射했을 때와 같은 發芽抑制效果를 나타내었다고 하였다.

## 2. 腐敗率 및 販賣可能性

腐敗率에 있어서는 표1에서 볼 수 있는 바와같이 室溫貯藏이나 農家式貯藏에 있어서도 차이가 없었고 또한 照射한 것과 照射하지 않은 것 간에도 뚜렷한 차이를 보이지 않았는데 원래 腐敗는 곰팡이 등 微生物에 의해서 일어나기 때문에 양파表面에 있는 이들 微生物을 死滅시키기 위하여서는 적어도 200Krad 이상의 높은 線量을 요구하기 때문에 低線量照射에 의한 發芽抑制實驗과는 별 관계가 없는 것이다. MacQueen(1963)도 또한 發芽抑制用 低線量의 放射線處理는 腐敗防止에는 아무런 영향을 미치지 못하고 있다고 보고하였는데 照射는 수확후 약 2주일 경과한 시기를 最適照射時期로 보고한 바 있지만 適正照射量은 品種과 貯藏環境 등의 차이에 의하여 약간씩 다르게 나타날 것으로 쉽게 짐작할 수 있다.

약 7개월 이후 부터는 서서히 건조 혹은 軟化로 인한 Marketability에 미치는 영향이 나타나기 시작하였다. 照射한 양파에 있어서는 發芽는 되지 않아도 수확후 7개월이상 경과하게 되면 冬季의 乾燥한 공기(貯藏期間中 濕度, 60%~90%)에 의한 수분증발로 인하여 표면이 주글주글하게 되어 新鮮度가 低下되고 또한 組織이 무르게 되어 식용가

치를 현저하게 저하시키게 된다. 본실험 결과 照射하지 않은 양파가 室溫에서 약 4개월 이후부터 發芽되고 照射한 양파가 약 7개월 이후부터 乾燥, 軟化 및 腐敗 등에 의하여 販賣 및 食用에 지장을 주는 것으로 나타났다. 따라서 室溫貯藏의 경우 放射線照射에 의해서 약 3개월 간의 貯藏延長效果를 얻을 수 있으며 그 이상의 저장을 위하여서는 低溫貯藏을 필요로 하는데 照射를 하지 않더라도 0°C~1°C의 低溫貯藏에서라면 어차피 이듬해 早生 種生産時期까지 貯藏할 수 있으므로 만일 放射線照射과 低溫貯藏을 함께 하여 貯藏期間을 보다 더 延長하려면 이 보다는 더 높은 온도로 하여 에너지 비용을 절감할 수 있을 것으로 기대된다.

## 3. 重量變化

各區當 30개씩의 양파중 10개씩을 골라서 貯藏을 시작한 날로부터 매 1개월 경과시마다 개체별 重量을 달아 그의 平均値를 계산하여 重量減少狀況을 살펴본 결과는 표2와 같다. 重量減少率은 發芽와 밀접한 관계가 있어서 發芽가 시작되기 전까지는 照射한 것이나 안한 것이나 별 차이를 보이지 않다가 發芽가 시작되면서 重量은 급격한 차이를 보이기 시작한다. 표에서 볼 수 있는 바와 같이 貯藏 3個月이 경과한 후부터 차이를 보이기 시작하였는데 6個月 貯藏한 양파에 있어서 照射한 것과 안한 것 간에는 3%~8%의 차이를 볼 수 있었고

Table 2. Monthly change of weight on 9 months stored onion (%)

Storage type	Dose	Monthly weight loss (%)								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Room temp. storage	0 Krad	1.48	2.58	4.17	5.77	8.41	13.62	21.73	29.71	38.72
	4 Krad	1.80	3.90	5.05	5.15	8.52	10.62	13.41	15.29	18.72
	8 Krad	1.72	3.42	4.94	6.28	7.70	9.31	11.39	13.59	15.25
Farm type storage	0 Krad	2.10	2.59	4.29	6.90	9.80	14.86	23.49	32.82	44.06
	4 Krad	2.07	2.90	4.06	4.82	5.57	6.68	8.13	9.75	12.20
	8 Krad	2.31	4.31	6.61	6.75	8.23	10.53	14.15	14.32	16.05
Cold storage	0 Krad	0.62	1.54	1.84	2.36	2.69	3.16	3.54	4.21	5.22
	4 Krad	0.52	1.90	2.25	2.58	2.80	3.17	3.53	3.96	4.58
	8 Krad	0.10	1.65	1.89	2.30	2.62	2.90	3.08	3.40	4.01

이 차이는 기간이 경과할 수록 더 벌어져서 실험종료 시기인 9개월 때에는 照射한 것과 안한 것 간에는 2~3배의 감소율의 차이를 볼 수 있었다. 照射線量間에는 室溫의 경우에 있어서는 8Krad 照射가 4Krad보다 5개월 이후부터 重量減少率이 약간 낮은 것으로 나타났으나 농가식 貯藏에 있어서는 그반대의 결과를 보이고 있다. 그러나 線量間의 차이에 있어서는 Uruguay에서의 실험결과(Martin 1984) 貯藏時日이 경과함에 따라 重量減少現狀이 照射안한 것의 경우에는 너무 급격하여 5개월 이후 부터는 腐敗로 인하여 Sample을 모두 폐기하지 않을 수 없었고 照射線量間의 차이에 있어서도 10Krad나 5Krad 혹은 15Krad 照射한 것들간에 큰 차이는 없었다고 한다. 朴等(1972)에 의한 국내실험에서도 發芽와 伸長이 본격화되기까지는 照射區와 非照射區間에 重量上 別 차이가 없다가 그 이후부터 차이를 보이기 시작하였음을 보고하고 있고 線量間의 차이도 별문제시 되지 않는 것으로 나타나 있다. 또한 0°C~1°C의 低溫貯藏의 경우 실험종료 시기인 9개월 경과시까지도 發芽가 일어나지 않은 상태이고 따라서 重量감소율에 있어서도

별 뚜렷한 차이를 보이지 않는 것은 당연한 결과라고 보여진다.

## 摘 要

濟州產양파의 長期貯藏을 위하여 放射線을 4Krad 및 8Krad의 線量으로 照射하고 照射한 것과 하지 않은 것 및 線量間의 차이를 비교한 결과는 다음과 같다.

1. 室溫貯藏의 경우 照射하지 않은 양파가 약 4개월정도 貯藏할 수 있는데 비하여 照射한 것은 약 7개월가량 貯藏이 가능하다.

2. 放射線照射에 의해서 7개월 이후 다음 厚生種 생산시기 까지에도 發芽抑制는 가능하나 乾燥 및 軟腐等에 의해서 상품가치를 손상 받으므로 그 이후의 貯藏을 위하여는 照射後 低溫에서 貯藏하여야 한다.

3. 4Krad와 8Krad를 비교할 때 貯藏力에 있어 별 차이를 발견할 수 없으므로 4Krad가 보다 경제적이다.

## 參 考 文 獻

- Cho, H. O. 1981, Radiation effect, packaging studies and economic evaluation of irradiated onions in Korea. IAEA-SR-60/26 p.47.
- Cho, H. O. 1983. Background for the food irradiation and approach to the preservation of foods by irradiation. KAERI-AR-169/83. p.50.
- Cho, H. O, J. H. Kwon and M. W. Byun 1984. Evaluation of preservation and economic feasibility for the potatoes, onions, garlic and chestnut stored on experimental batches by combination with irradiation and natural low temperature. FAO/IAEA Research Coordination Meeting on The Asian Regional Cooperative Project on Food Irradiation 9-13 April, 1984, Seoul, Korea p.5.
- FAO/WHO Codex Alimentarius commission, 1984. Codex general standard for irradiated foods and recommended international code of practice for the operation of radiation facilities used for the treatment of foods. Joint FAO/WHO Food Standard Programme Codex Alimentarius Commission Vol. XV-Ed. 1. p.12.
- Farkas, J. 1984. Clearacne for food irradiation granted in different countries of the world. 5th IFFIT training course handout material.
- Macqueen, K. F. 1963. Sprout inhibition of vegetables using gamma radiation. Radiation

- Preservation of Foods. National Academy of Sciences-NRC Publication 1273. p.127-140.
- Martin, V. 1984. Technical and economical studies to install a food irradiation unit-potatoes and onion irradiation under Uruguayan conditions. 5th IFFIT training course material L-110.
- Maxie, E. C., F. N. Sommer and G. E. Mitchell 1971. Infeasibility of irradiating fresh fruits and vegetables. Hort. Sci. 6: 202.
- Lustre, A. O. 1984. Outline for shipping and test market trials on irradiated commodities. 5th IFFIT training course material L-172-2.
- Park, N. P., E. H. Choi and K. E. Byun 1972. Studies on the storage of onions by radiation (I): Kor. J. Food Sci. Technol. 4(2): 84-89.
- Rubio, T. C. 1984. Technology transfer of food irradiation techniques in a developing country. Chile. 5th IFFIT training course material L172-1.
- Sudarsan, P. 1975. Prospects of onion irradiation in India, proceedings of a panel, Vienna, 18-22 Mar. 1974. Organized by the Joint FAO/IAEA Division of Atomic Energy in Food and Agriculture p.89-112.
- Thomas, P. 1981. Prospects and problems of commercial irradiation of onions and potatoes in India. IAEA-SR-60/23, p.41