

## 감마선을 이용한 쉼련벌레(*Lasioderma serricornе* F.) 방제에 관한 연구

### Studies on the Effectiveness of Gamma Ray Irradiation for Control of Cigarette Beetle, *Lasioderma serricornе* F. (Coleoptera: Anobiidae)

오명희<sup>1</sup> · 정규희<sup>2</sup>

Myung Hee Ohh<sup>1</sup> and Kyu Hoi Chung<sup>2</sup>

**ABSTRACT** A method to control the cigarette beetle, *Lasioderma serricornе* F, in cigarettes by using gamma ray irradiation was evaluated. When all stages of cigarette beetle were placed in gelatin capsules and irradiated with gamma ray, no eggs survived, but mortalities of pupae, larvae and adults exposed to above 0.8 kGy of gamma ray were only from 0 to 30%. Similar results were also obtained in the control efficacy of the beetle when several kinds of currently produced cigarettes containing in gelatin capsules were irradiated with gamma ray. The cigarette beetle adults and larvae surviving gamma ray irradiation were reared on artificial diets to show that there were no reproductions was observed in the second generation. The survival periods for each growth stage became shorter with increase gamma ray dosage. The fourth instar larvae had the longest survival periods. No significant changes of cigarette flavor and taste were noticed after gamma ray irradiation. The cigarette packet, metal foil for packet and cigarette paper by the irradiation were not discolored by irradiation.

**KEY WORDS** Cigarette beetle, *Lasioderma serricornе* F, gamma-ray, irradiation, cigarette packet, cigarette paper

**초 록** 쉼련벌레(*Lasioderma serricornе* F.)가 제품담배내 오염되었을 때의 방제방법으로 감마선 이용법을 선정 방제효과를 조사하였다. Gelatin capsules에 공시충을 넣은 다음 감마선을 조사해 본 결과 0.8 kGy 이상의 선량에서 난태는 모두 살충되었고 용태나 성충태 및 유충태는 0~30%가 살충되었다. 몇가지 제품담배갑내에 공시충을 함유한 gelatin capsules이 삽입된 쉼련을 넣은 후 감마선 조사시의 쉼련벌레 충태별 방제효과도 동일한 결과를 얻었다. 감마선의 영향을 받은 쉼련벌레의 성충 및 유충태를 인공 먹이로 사육해 본 결과 차세대 개체군 증식이 확인되지 않았다. 감마선에 노출된 쉼련벌레의 각 충태는 선량이 높아질수록 생존기간이 짧아졌으며 4령 유충이 처리 공시충중 가장 오래 생존하였다. 감마선에 노출된 제품담배의 고유 향기나 맛은 선량 증가에도 영향을 받지 않았다. 감마선이 처리된 제품담배의 포갑지나 쉼련지 및 은박지 등은 고유의 색도 또한 변화하지 않았다.

**검색어** 쉼련벌레, *Lasioderma serricornе* F. 감마선, 조사, 담배포갑지, 쉼련지

저장 곡물류나 원료 및 제조 담배가 저장해충의 공격을 받게되면 이들이 먹어 치우는 양적 손실은 물론 가해 기간 동안의 배설물이 저장물내에 잔류하여 곰팡이와 같은 미생물들의 번식을 도와주어 부식토록하거나 변질시켜 품질을 저하시키고 또한 완성된 제품내에 들어있는 상태도가 소비자에게 발견되면 상품의 신뢰성에 흠집을 내어 막대한 간접적 피해를 입게한다(Akehurst 1981, Buscarlet 1987,

Howe 1957). 이와 같은 저장물 해충은 유독 화학물류 특히 CS<sub>2</sub>, aluminum phosphide, methyl bromide, propylene oxide 등의 훈증제에 의하여 방제되어져 오고 있다(Adem Esbaide & Waters 1985, Brower 1979, 변 등 1988, Ohinata *et al.* 1977). 그러나 훈증제에 의한 저장해충 방제는 밀폐된 포장 내부 잠재 해충에는 그 효과가 미치지 못한다. 그래서 이를 대체하는 방법으로 인축에 영향하지 않으며

<sup>1</sup>한국인삼연초연구원(Korea Ginseng and Tobacco Research Institute)

<sup>2</sup>경기도대학교(Kyung-gi University)

잔류로 인한 환경 파괴 등에 관여하지 아니하고 방제 대상 저장해충만을 살충할 수 있는 방사선 조사 기술의 이용이 확대되고 있다. IAEA의 보고에 의하면 (IAEA 1987) 전 세계적으로 약 30여개국에서 40여개 식품류 저장시 발생 및 오염 유해 생물체 관리에 방사선 응용에 대한 안정성이 확인되어 실용화되고 있다고 한다

일정한 방사선량을 쪼이게 되면 생체를 구성하는 세포내에서의 DNA 복제를 방해하여 세포 증식이 중단되게 되고, 이로 인하여서 생명체는 죽게된다 (Adem Esbaide & Watters 1976, Cornwell & Bull 1960, Hooper 1971) 저장해충의 경우 종류나 총태에 따라 사멸 선량이 달리 나타나나 대부분이 0.2 kGy~0.3 kGy에 속하는 것으로 알려져 있다. 물론 3 kGy의 선량에서도 상당기간 생존하는 종류도 있으나 (Adem Esbaide 1985) 이는 극히 일부분이다. 대부분의 해충은 총태에 따라 다소 차이는 있으나 사멸하는 선량이 환경이나 인축에 영향하지 않아 저장해충을 방제하는 수단으로 생각되어 세계 여러 나라에서 응용에 관한 연구가 활발히 수행되어지고 있다 (Brower 1974; Tilton 1974, 1978).

저장해충이 전리 방사선에 노출되면 수명이 단축되거나, 발육이 정지되고, 수컷은 불임이 유발되며, 사멸되는 등의 현상이 나타나게 된다 (Tilton & Brower 1985, Watters 1978). 따라서 본 연구는 담배가해 해충중 켈런벌레 (*Lasioderma serricorne* F.)에 대한 총태별 치사 선량 및 제품 담배내 오염시 방제 이용 가능성과 이때 발생될 수 있을 제반 문제점들을 검토하여 보았다.

## 재료 및 방법

### 감마선을 이용한 제품담배내 켈런벌레 방제

제품 담배내에 오염된 켈런벌레 방제시 총태별 방제 유효 감마선량을 알아 보기 위하여 gelatin capsule내에 켈런벌레의 알, 유충, 번데기 및 성충을 각각 100개체씩 넣은 다음 0.2, 0.4, 0.8, 1.0, 2.0 및 10.0 kGy를 조사하였다. 조사 24시간후 공시충 보관 용기 (gelatin capsule)의 형태적 변형 여부 조사는 해부 현미경하에서 실시하였으며 전리 방사선에 노출됐던 유충은 곤충 사육상(28±2°C, 70% 상대습도, 12L/12D 광주기)에서 여지가 깔린 직경 9cm의 플라스틱

샤레에서 24시간 사육한 다음 실험실내에서 사망율을 조사하였다. 알의 경우는 해부 현미경을 써서 처리 전, 후간 형태적 변화 정도가 뚜렷한 것들이 제외된 나머지를 켈런벌레용 인공사료(wheatfeed 95%+ yeast 5%)로 7일간 사육한 다음 유충태로의 부화 여부로 살충율을 조사하였다.

켈런벌레를 gelatin capsule에 넣어 '88Gold', '청자', '88박하', '태양' 담배내 켈런속에서 접충한 다음 0.8 kGy, 1.0 kGy 및 2.0 kGy를 조사하였다. 처리후 각 감마 선량별 제품담배내 켈런벌레 살충율은 앞서의 방법과 동일한 조사 방법으로 실시하였다. 감마선이 처리된 켈런벌레 유충과 성충의 생존 기간을 알아 보기 위하여 2령, 4령 유충 및 성충 각각 100개체에 0.2 kGy와 2.0 kGy를 조사하였다. 감마선의 영향을 받은 각 령기별 유충은 인공먹이로 사육하면서 그들의 생존율을 조사하였고 성충은 여지가 깔린 직경 9cm 높이 3cm의 플라스틱 샤레에 사육하면서 생존율을 조사하였다.

### 감마선이 담배내용성분 변화에 미치는 영향

전리 방사선이 처리된 담배 연기중에 함유된 내용성분의 변화를 알아보기 위하여 10 kGy가 처리된 켈런을 자동 깍인 장치(Heiner Bogwaldt RM 20/cs, 서독 제품)로 CORESTA 표준조건에 따라 연소시켰고 92 mm 직경의 cambrige filter에 흡착된 입자상 물질을 평량하여 전 연기응축물(TPM: total particulate matter)을 구했으며 이들중 수분과 니코틴을 정량하여 tar값을 계산하였다. 니코틴은 TPM을 메틸알콜에 용해하고 CORESTA 표준분석법에 따라 수증기를 증류한 다음 UV-spectrometer로 흡광을 측정 정량하였다. 연기중 CO는 주류 연기중 TPM을 제외한 기체상 물질을 공기 주머니에 포집한 다음 알산화탄소 분석기(Heiner Bogwaldt Model 08)로 분석하였다. 담배잎중 전당과 니코틴의 함량은 자동분석기를 이용하여 분석하였다.

### 감마선 처리가 제품담배의 깍미 및 포장에 미치는 영향

감마선 처리시 제품 담배의 짝 모양이나 글씨 및 그림 등의 변화는 육안으로 조사하였고 포장 자재의 색도 변화는 hunter laboratory colorimeter(Model D-25, L-9)를 써서 조사하였다. 조사 포장 자재는 알

루미늄 은박지, 제품담배 외 포장지 및 켈런지였으며 명도, 적변지수, 황변지수를 조사하였다. 감마선이 처리된 제품담배의 껍미 변화는 88Gold, 청자, 88 박하 및 태양을 대상으로 하였으며 한국인삼연초연 구원 시킵 요원에게 시킵토록한 다음 조사하였다. 시킵에 참여한 요원은 20인이었다.

**결과 및 고찰**

**감마선을 이용한 제품담배내 켈런벌레 방제**

제품담배 내부에 오염된 켈런벌레 충태를 방제하고자 할 때에는 제품이 손상되지 않고 해충만을 사멸시킬 수 있는 것이어야 한다. 효과적인 방제 방법은 감마선이나 X-선과 같은 accelerated electrons을 이용하는 물리적인 것이 효과적일 수있다. 감마선량에 따른 켈런벌레 충태별 방제 효과를 조사하였다.

감마선을 이용 제품담배내 켈런벌레 각 충태별 방제 효과를 보면 성충태는 10.0 kGy에서 모두 사멸하였을 뿐 그외의 처리구에서는 98~99%가 살아 남았고 유충도 동일한 경향을 보였으며 번데기는 10.0 kGy에서 모두 사멸하였으나 0.2~2.0 kGy에서는 살충율이 12.0~30.0%에 불과 하였다. 반면에 알은 0.2 kGy 처리구에서 60%, 0.4 kGy에서는 85%만 방제되었으나 0.8 kGy 이상의 방사선량이 처리된 곳에서는 살아남은 개체가 발견되지 않았다.

몇 가지 제품담배내 켈런 속에 gelatin capsule에 담겨진 공시충을 접종한 다음 0.8, 1.0 및 2.0 kGy의 방사선량을 조사하였을 때의 방제효과는 표 2와 같았다.

「88 골드」, 「청자」, 「태양」 및 「88 마일드」 담배에 공시충을 앞서의 경우와 동일한방법으로 접종한 다음 표1에서 알을 모두 사멸시킬 수 있는 선량으로 조사된 0.8, 1.0, 2.0 kGy 처리시 방제 효과를 보면 켈런벌레 난태는 전 처리구에서 모두 사멸하였으며 유충, 번데기 및 성충태는 표 1의 결과와 동일하였다.

감마선량 0.2 kGy에 노출되었던 켈런벌레의 2령, 4령 유충과 우화 3일이내의 성충태를 wheatfeed 95%+5% yeast에 사육하면서 시기별 생존 상황은 그림 1, 그림 2와 같았다. 그림 1에서 보면 감마선에 영향을 받은 공시충이 50%가 생존했었을 기간은 2령 유충은 3일, 4령과 성충태는 5일이었다. 처리된 2령 유충과 성충태는 9일정도 지나면 생존율이 10%이

**Table 1. Effects of r-ray irradiation on the mortality (%) of the cigarette beetle, *Lasioderma serricorne* F., in gelatin capsule<sup>a</sup>**

Stages <sup>b</sup>	Dosages (kGy)					
	0.2	0.4	0.8	1.0	2.0	10.0
Adult	1.0	1.0	2.0	1.0	1.0	100.0
Larva	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
Pupa	12.0	30.0	27.0	30.0	21.0	100.0
Egg	60.0	85.0	100.0	100.0	100.0	100.0

<sup>a</sup>One hundred insects were placed in a gelatin capsules which were not damaged by all of the gamma ray irradiation in this experiment.

<sup>b</sup>Adults which emerged 3 days after examination were treated. 4th instar larvae, 2 days old pupae and eggs were treated.

하로 낮아졌다. 그러나 4령 유충은 9일이 경과하여도 50%의 공시충이 살아 남아있었다.

감마선을 해충 방제적 측면으로서의 이용 경향을 살펴 보면 첫째 치사 작용만을 응용하거나(Adem Esbaide & Watters 1985; Adem Esbaide et al. 1976; Hooper 1971, 1971; Tilton 1974) 해충을 불임시키는 능력을 이용하는 경우(Buscarlet, Aminian & Bali 1987, Cornwell & Bull 1960, Ohita et al. 1977)로 나누어 생각할 수 있다. 감마선을 이용한 해충방제는 사용상의 여러 어려운 문제점들이 현재까지 해결되지 않고있어 경제적 방제법으로 보기에 어려우나 앞으로 과학기술이 발달하게 되면 환경과 인체에 영향하지 않는 효과적인 해충방제 기술로 정착 널리 사용 될 수 있을 것이다.

감마선을 써서 켈런벌레와 같은 저장해충을 구제해 보고자하는 시험은 Cornwell 등(1960)에 의해서 처음 시도 되었다. 그 당시에는 이미 감마선을 써서 수컷을 불임화 시켜 해충방제에 응용 효용성이 입증되어 있었다. 그는 실험실적 연구만으로 <sup>60</sup>C에서 방출되는 감마선량이 6~12 kRad면 그라나리바구미 (*Sitophilus granarius*)의 성충태는 완전 방제될 수 있다고 하였다. Watters(1978)는 저장곡물 가해 바구미류를 공시충으로하여 감마선을 이용한 방제효과 시험결과 조사선량이 0.25 kGy 이상이면 난태는 바로 사멸하고 성충이나 유충태도 5주정도가 지나면 살아남는 개체가 없었다고 하였다. 본 실험에서도

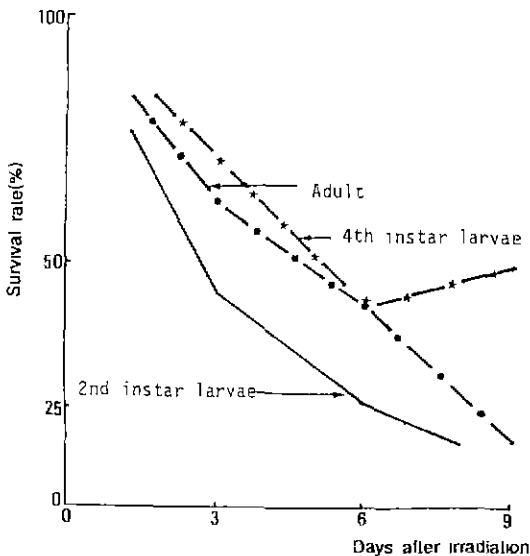
**Table 2. Effect of gamma ray irradiation on the mortality(%) of cigarette beetle, *Lasioderma serricorne* F., within several manufactured cigarette package cartoon<sup>a</sup>**

Dosage (kGy)	Trade name of cigarettes	Stages of cigarette beetle <sup>b</sup>			
		Egg	Larvae	Pupa	Adult
0.8	88 GOLD	100	0	14.2±3.2 <sup>c</sup>	17±2.8
	Taeyang	100	0	29.2±9.6	1.1±2.7
	Chungja	100	0	26.6±4.7	2.1±3.3
	88 MILD	100	0	26.7±8.6	44±1.8
1.0	88 GOLD	100	0	15.9±9.7	1.1±1.7
	Taeyang	100	0	25.9±4.2	1.7±2.8
	Chungja	100	0	29.2±4.2	2.8±3.8
	88 MILD	100	0	19.2±8.8	0.5±1.4
2.0	88 GOLD	100	0	20.8±3.2	1.7±2.8
	Taeyang	100	0	20.8±9.6	3.3±5.2
	Chungja	100	0	20.8±1.7	2.2±2.7
	88 MILD	100	0	28.3±4.3	1.7±2.8

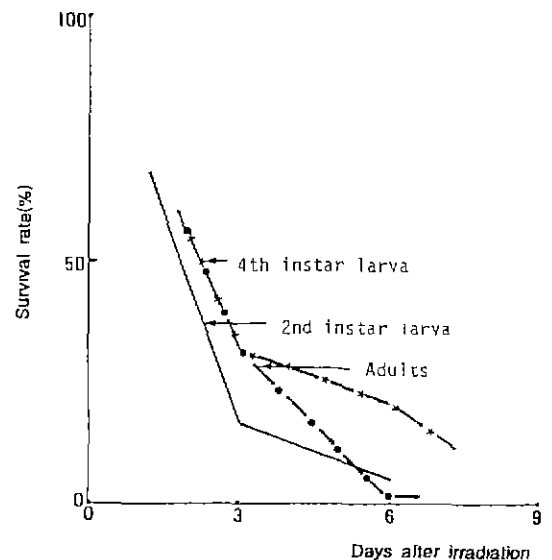
<sup>a</sup>One hundred insects were placed in a gelatin capsule within a cigarette package cartoon which was exposed to gamma ray irradiation.

<sup>b</sup>Adults which emerged 3 days after examination were treated. 4th instar larvae, 2 days old pupae and eggs were treated.

<sup>c</sup>Numbers are averages±standard deviations of three replications.



**Fig. 1.** Survival of adult, 2nd and 4th instar larvae of cigarette beetle after 0.2 kGy gamma ray irradiation



**Fig. 2.** Survival of adult, 2nd and 4th instar larvae of cigarette beetle after 2.0 kGy gamma ray irradiation.

0.8 kGy 이상 감마선량이 처리되면 알은 모두 죽고 (표 1, 표 2) 0.2 kGy 이상일 경우 성충이나 유충태는 시간이 경과할수록 생존율이 낮아져 9일 이상이 경과되면 살아있는 개체가 매우 적었다(그림 1, 그림

2). Watters(1978)는 쌀바구미류에 감마선을 조사 방제하는 실험을 실시해서 15~25 kRad 선량에 노출시켰을 경우 6주 이내에 모든 충태가 생존하지 못하였다는 결과를 얻었고, 동일량의 감마선이 거짓

**Table 3. Effect of gamma ray irradiation on the chemical components of cigarette smoke and cured tobacco leaves**

Dosage (kGy)	Cigarette smoke (mg/cig.)				Tobacco leaves (%)	
	TPM	CO	Tar	Nicotine	Nicotine	T-sugar
10.0	12.59	14.47	12.33	1.00	1.53	8.2
0.0	11.01	15.84	11.78	0.98	1.36	7.7

TPM: Total particulate matters. CO: Carbon monoxide T-sugar: Total sugar.

**Table 4. Effect of gamma irradiation on the color of cigarette packet**

Dosage (kGy)	L	a	b
0.0	59.87±0.24	3.85±0.34	4.34±0.16
0.2	62.66±0.41	5.43±0.18	4.04±0.18
1.0	63.16±0.49	4.68±0.14	4.13±0.23
2.0	63.20±0.40	4.90±0.14	4.30±0.21
10.0	61.55±0.26	4.82±0.13	5.00±0.12

L: Degree of brightness (white-black: +100~0)

a: Degree of red color (red-green: +100~-80)

b: Degree of yellow color (yellow-blue: +100~-70)

쌀도독(*Tribolium castaneum*)에 처리되면 최대 생존 기간이 4주 이상 초과하지 못하였다 또한 100 kRad 처리구에서는 3주도 되지않아 총태가 모두 죽었다. 본 실험의 0.2~0.25 kGy 선량구에서 100% 사멸 기간이 9일 이상으로 나타난 결과는 처리 공시충이 다른데서 오는 생존기간의 차이로 보아 외국의 보고와 크게 다르지 않다고 볼 수 있다. 다만 성충태의 0.2 kGy처리시 처리 6일 이후의 생존율이 다소 높아지는 현상을 보였는데 이는 처리 공시충의 개체간 차이에서 기인된 것이 아닌가 생각된다.

#### 감마선 처리가 담배연기 성분 및 잎담배 내용성분 변화에 미치는 영향

감마선이 처리된 제품담배의 연기 및 원료 잎담배 내용성분 변화를 조사한 결과는 표 3과 같았다.

표에서 보면 담배 연기중 일산화탄소만이 감소하는 경향을 보였을 뿐 TPM, Tar 및 nicotine은 감마선 처리에서 증가 현상을 나타내었다. 그러나 증감폭은 크지않았으며 통계적으로도 유의성을 보이지 않았다. 켈런담배 제조 전 단계인 원료 잎담배에서의 니코틴과 전당의 함량이 처리된 곳에서 다소 증가하였다. 이들 또한 증가 폭이 0.3~0.5% 정도이었으며 통계적 유의성 또한 인정되지 못하였다. 따라서 감마선

**Table 5. Effect of gamma irradiation on the color of metal foil for cigarette package**

Dosage (kGy)	L	a	b
0.0	54.99±0.75	3.42±0.22	-2.88±0.12
0.2	57.87±0.83	2.56±0.20	-2.43±0.16
1.0	56.90±0.83	3.30±0.15	-3.14±0.17
2.0	55.49±0.50	3.38±0.22	-3.08±0.13
10.0	59.51±1.57	3.20±0.23	-2.80±0.17

L: Degree of brightness (white-black +100~0)

a: Degree of red color (red-green: +100~-80)

b: Degree of yellow color (yellow-blue: +100~-70)

처리로는 켈련을 이루고있는 원료담배 내용성분은 우려될 정도의 변화가 발생하지 않는다고 보아야 할 것이다.

#### 감마선 처리가 제품담배의 껍미 및 포장지재에 미치는 영향

감마선이 처리된 제품담배 포장재의 색도 변화를 hunter laboratory tristimulus colorimeter를 써서 조사하였다.

담배 포갑지가 감마선에 노출되었을 때 처리전과 처리후의 감마선량 변화에 따른 색도는 명도(L), 적변지수(a) 및 황변지수(b) 모두 통계적으로 유의성이 인정될 정도의 차이를 보이지 않았다.

제품담배 포갑지내에 들어있는 metal foil이 감마선 처리를 받았을 때의 선량별 색도변화를 보면(표 5) 명도는 다소 증가하는 경향을 나타내었으나 적변지수나 황변지수는 무처리 대비 차이를 보이지 않았다. 명도의 증가분도 육안으로 식별이 가능할 정도의 차이는 아니었다.

켈련지도 감마선에 영향을 받은 경우와 무처리구 간 색도 차이는 표 7에 나타난 결과와 같이 명도, 적변지수, 황변지수 모두 식별 가능한 정도의 차이를 보이지 않았다.

**Table 6. Effect of gamma irradiation on the color of cigarette paper**

Dosage (kGy)	L	a	b
0.0	79.64±0.16	2.38±0.04	-1.23±0.05
0.2	80.14±0.12	3.52±0.03	-1.51±0.04
1.0	80.34±0.23	3.35±0.02	-1.20±0.06
2.0	78.80±0.84	2.99±0.05	-1.18±0.11
10.0	79.19±0.43	2.61±0.04	-1.45±0.02

L: Degree of brightness (white-black: +100~0)  
 a: Degree of red color (red-green: +100~-80)  
 b: Degree of yellow color (yellow-blue: +100~-70)

**Table 7. Flavors and taste panel test result of the cigarettes irradiated with gamma ray<sup>a</sup>**

Cigarettes	Positive	Negative
88 GOLD <sup>b</sup>	20	0
Chungja	19	1
Taeyang	20	0
88 MENTHOL	20	0
Total	79(98.75) <sup>c</sup>	1(1.25)

<sup>a</sup>Panel membership was 20 adults  
<sup>b</sup>Trade name of cigarettes  
<sup>c</sup>Percentages

제품에 전혀 손상을 주지않고 담배내에 오염된 킬린빌레를 방제하고자 할 때에는 제품을 구성하고 있는 어느 자재에도 이상 현상을 발현시킬 수 있는 방법은 고려 대상에서 제외되어야 할 것이다. 제품 담배의 얼굴이라고 할 수 있는 포장지들이 해충방제를 위하여 처리된 감마선으로 인하여 모양이나 구성 색깔들이 달라진다면 상품으로서의 가치가 사라지게 된다. 조사 결과를 보면 감마선량에 따른 제품담배 포장자재의 색깔 변화는 찾아볼 수 없었다.

감마선이 처리된 「88GOLD」, 「청자」, 「태양」 및 「88백하」 담배를 한국인삼연초연구원내 시킵 요원 20명으로 하여금 담배맛의 변화를 무처리와 비교하였다.

시킵 요원 20인에 의한 시킵 검사에서 「청자」에서만 1명이 무처리 담배와 맛에서 차이가 있다고 하였을 뿐 다른 제품담배에서는 맛과 향에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서 감마선 처리로 제품담배내 오염된 킬린빌레를 방제할 경우 제품담배 고유의 맛과 향에 영향하지 않는다고 보아야 할 것

이다.

인 용 문 헌

Adem Esbaide & F L Watters. 1985. Response of malathion-susceptible and resistant strains of *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) to a combination of <sup>60</sup>Co gamma irradiation and malathion *J of Stored Prod. Res.* **21**: 59-63.

Adem Esbaide, F. L. Watters Roberto Uribe-rendon & Anibal De La Piedad. 1976. Comparison of <sup>60</sup>Co gamma radiation and accelerated electrons for suppressing emergence of *Sitophilus* spp. in stored maize. *J. of Stored Prod. Res.* **14**: 135-142.

Akehurst, B. C. 1981. Tobacco. Longman group Ltd. 2nd eddition: pp764.

Brower, J. H. 1974. Radio-sensitivity of an insecticide-resistant strain of *Tribolium castanum* (Herbst). *J. of Stored Prod. Res.* **10**: 129-131.

Brower, J. H. 1979. Effects of irradiation on reproductive biology of adult tobacco moth *Ephestia ellutela* H.. *J. Georgia Entomol. Soc.* **14**: 198-201.

Buscarlet, L. A., Beatrice Aminian & Chaza Bali. 1987. Effect of irradiation and exposure to nitrogen on mortality of adults of *Tribolium confusum* J. Du V.. *Proceedings of the Fourth Int. Working Conf. on Stored-Prod. Prot.*: 186-193.

변명우, 권중호, 차보숙, 정규희, 조한우. 1988. 곡류의 해충 구제를 위한 감마선의 이용. *한국농화학회지* **31**: 143-146.

Cornwell, P. B. & J. O. Bull. 1960. Insect by gamma irradiation: An appraisal of the potencialities and problems involved. *J. Sci. Food Agric.* **11**: 754-768.

Hooper, G. H. S. 1971. Competitiveness of gamma sterilized males of the mediterranean fruit fly: effect of irradiating pupal or adults stages and of irradiating pupae in nitrogen. *J. of Econ. Entom.* **64**: 1364-1368.

Hooper, G. H. S. 1971. Sterilization and competitiveness of the mediterranean fruit fly after irradiation of pupae with fast neutrons. *J. of Econ. Entom.* **64**: 1369-1372.

Howe, R. W. 1957. A laboratory study of cigarette beetle, *Lasioderma serricorne* (F) (Col., Anobiidae) with a critical review of the literature on its biology *Bull. Ent. Res.* **48**: 8-56.

IAEA. 1987. Food Inadiation Newsletter: pp16.

Ohinata, K., M. Ashraf & E. J. Harris. 1977. Mediterranean fruit flies: Sterility and sexual compactiveness

- in the laboratory after treatment with gamma irradiation in air, carbon dioxide, helium, nitrogen or partial vacuum. *J of Econ. Entom.* **70**: 165-168 .
- Tilton, E. W 1974. Achievement and limitations of ionizing radiation for stored-product insect control. Proceedings of 1st. Int. Working Conf. on Stored-Prod. Prot.: 354-361.
- Tilton, E. W 1978. Current status of irradiation for use in insect control. Proceedings of 2nd Int. Working Conf. on Stored-Prod. Prot.: 218-221.
- Tilton, E. W. & J. H. Brower. 1985. Supplemental treatments for increasing the mortality of insects during irradiation of grain. *Food Technology* **39**: 75-79.
- Watters, F. L. 1978 Potential of accelerated electrons for insect control in stored grain. Proceedings of 2nd Int. Working Conf on Stored-Prod Prot.: 278-286  
(1994년 8월 31일 접수)