

발 간 등 록 번 호

11-1541000-001383-01

수출 화훼류의 전자빔 검역기술 및 처리시스템 개발

**Development of Quarantine Technique and Treatment System on
Export Floricultural Crop Using an Electron Beam Irradiation**

(사)두레마을 친환경농업연구원

농 립 수 산 식 품 부

제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “수출 화훼류의 전자빔 검역기술 및 처리시스템 개발” 과제(세부과제 “수출 화훼류의 전자빔 검역기술 및 처리시스템 개발”)의 보고서로 제출합니다.

2012년 4월 9일

주관연구기관명 : (사)두레마을 친환경농업연구원

주관연구책임자 : 김 정 부

세부연구책임자 : 김 정 부

협동연구기관명 : 충북대학교

협동연구책임자 : 김 길 하

협동연구기관명 : (주)이비테크

협동연구책임자 : 한 범 수

협동연구기관명 : 천안연안대학교

협동연구책임자 : 권 혜 진

협동연구기관명 : (주)로즈피아

협동연구책임자 : 정 화 영

기관별 연구참여자

과 제 명	소 속	참여연구원명
[세부] 수출 농산물의 비화학적 소독기술 적용에 따른 수출경쟁력 확보	(사)두레마을 친환경농업연구원	김정부
		강정일
		우종석
		최은아
[1협동] 전자빔을 이용한 비화학적 살충기술과 검역기술의 개발	충북대학교	김길하
		윤창만
		구현나
		정진원
[2협동] 비화학적 소독기술 관련 원천기술 확보 및 처리시스템의 개발	(주)이비테크	한범수
		강원구
		김진규
		김유리
		김인수
		이현우
		김성면
		박홍규
		국승한
		윤종호
이준희		
[3협동] 수출 화훼류의 비화학적 살균기술 및 검역기술의 개발	천안연암대학	권혜진
		권 송
		조정아
		송기민
[4협동] 수출 화훼류의 생산과 화훼농가 정보수집	(주)로즈피아	정화영
		오태준
		김성식
		한병조

요 약 문

I. 제 목

1. 과제명 : 수출 화훼류의 전자빔 검역기술 및 처리시스템 개발

2. 세부연구과제 구성

구 분	연구기관	연구책임자	세부연구과제
주관연구기관	(사)두레마을 친환경농업연구원	김정부	- 수출 농산물에 대한 비화학적 소독기술 적용에 따른 수출경쟁력 확보
제1협동기관	충북대학교	김길하	- 전자빔을 이용한 비화학적 살충기술과 검역 기술 개발
제2협동기관	(주)이비테크	한범수	- 비화학적 소독기술 관련 원천기술 확보 및 처리 시스템의 개발
제3협동기관	천안연암대학	권혜진	- 전자빔을 이용한 수출 화훼류의 살균기 술 및 소독 기술의 개발
제4협동기관	(주)로즈피아	정화영	- 수출 화훼류의 생산과 화훼농가 정보 수집

II. 연구개발의 목적 및 필요성

1. 연구의 필요성

1989년 제정된 몬트리올 의정서에 의하여 식물소독용 메틸브로마이드(Methyl Bromide : MB)의 생산이 금지되면서 국제식물보호기구(IPPC)등 국제기구의 호응으로 식물 소독방법은 종전의 화학적 소독방법에서 비화학적 소독방법으로 변화되고 있다. 이러한 변화에 대응하기 위하여 추진된 이 연구의 필요성은 다음과 같다.

첫째, 메틸브로마이드(MB) 대체 소독기술의 개발에 대한 필요성이 대두되었다.

1989년의 몬트리올 의정서에 의거 메틸브로마이드(Methyl Bromide : MB)는 선진국의 경우 2005년, 개발도상국의 경우 2015년이후에는 식물검역용 이외의 생산 또는 수입이 불가능하게 되었기 때문에 MB 대체 소독기술의 개발 필요하다.

둘째, 훈증약제를 대체할 물리적 소독기술의 개발이 요구되고 있다.

1999년부터 MB 및 PH3 대체 식물소독용 약제로 수출입 신선농산물에 대하여 HCN (Hydrocyanic acid, 청산)을 등록하고 실용화하여 바나나, 절화 장미 등에 사용하고 있다. 그러나 HCN은 습기가 많은 식물에게는 살충력이 떨어지며, 약해를 발생시키고, 오존층을 파괴시킬 우려가 있다. 따라서 검역용 MB를 대체하기 위한 비화학적이며 물리적인 소독기술의 개발이 요구되고 있다.

셋째, 전자빔을 이용한 소독기술의 도입이 세계적인 추세이다.

미국 FDA는 병원성 대장균(O157)과 살모넬라균 등의 심각한 감염 원인인 미생물 살균에 대해 방사선 조사(照射)가 안전하다는 것을 확인하고, 식육에 대한 이의 조사(照射)범위를 확대하

였다. 이에 따라 2000년부터 미국 아이오와주에서 전자빔 육류 저온살균(선형가속시설) 시설에 의하여 연간 20만톤의 ground meat를 조사(照射)하고 있다. 한편 일본에서는 Dohino와 Masaki(1995)가 수입 화훼류의 식물 검역 처리를 위해 전자빔 조사(照射)에 의한 살충 효과를 연구한 결과, 곤충의 알에서부터 성충에 이르는 모든 발육 단계에 이르는 과정에 전자빔이 살충 또는 불임 효과가 있음이 확인되었다. 이에 따라 일본에서도 전자빔의 산업용 이용이 확대되고 있다.

넷째, 화훼 수출 검역시 병해충 발견 증가에 따른 개발 필요성이 대두되고 있다.

화훼류 수출 검역에서 병충해 발견시의 피해는 소량 수출시 폐기 처분, 대량 수출시 훈증 후 유통 등의 조치를 받는 것이다. 특히 러시아로 화훼를 수출할 경우 병해충 발견시 수입중단조치가 내려지고 있다. 2006년에는 안개꽃 수출에서 해충검역으로 인하여 수입 금지된 사례도 있다.

다섯째, 전자빔 기술을 농업분야에 응용하는 연구개발이 요구되고 있다.

선진국에서는 전자빔을 이용하여 화훼류와 과일, 채소의 살균과 살충, 저장 곡물의 살충, 식품과 의료품의 살균, 종자발아 억제 등에서 널리 이용되고 있다. 그러나 국내에서 전자빔 기술의 응용은 의료분야, 공산품 생산, 식품, 그리고 종자발아 억제 등의 분야에서 연구개발단계이거나 실용화 초기단계에 있다. 수출 화훼와 같이 부가가치가 높은 농산물에 전자빔을 응용하는 연구 개발은 연구가 아직 미진한 실정이다.

2. 연구 목적

이 연구의 목적은 위의 필요성에 따라 국제 무역규정에 맞는 “비화학적 소독기술인 전자빔” 소독기술의 개발, 전자빔 처리장치의 개발 및 원천기술의 확보, 전자빔 소독기술 적용에 따른 수출경쟁력을 확보하는데 있다.

Ⅲ. 연구개발 목표 및 내용

1. 연구개발의 최종 목표

이 연구의 최종목표는 다음과 같다.

첫째, 전자빔 조사에 따른 수출 화훼류의 품질변화, 검역대상 병해충의 감수성 평가 등을 통한 물리적 소독기술을 개발하고,

둘째, 소독기술에 대한 원천기술의 확보 및 개발된 기술을 활용하는 처리시스템을 구축하며,

셋째, 비화학적/물리적 소독기술인 전자빔 처리에 대한 기술평가 및 수요조사, 소비자 및 생산자의 인식조사, 기술의 실용화 가능성을 경제적 측면에서 진단하여 수출 화훼농가의 수출 경쟁력을 높이는데 있다.

2. 연구개발 과제 및 내용

이 연구의 과제별 담당 주체와 연구 개발의 내용은 다음과 같다.

가. 과제 1 : 수출 농산물에 대한 비화학적 소독기술 적용에 따른 수출경쟁력 확보

○ 연구개발 내용

- 수출입식품 소독기술에 대한 현행 기술평가 및 수요조사
- 수출 화훼류에 대한 비화학적 소독처리의 소비자, 생산자 인식조사

- 수출 화훼류에 대한 전자빔 소독처리 시스템의 실용화 가능성 진단
- 수출 화훼류에 대한 전자빔 소독처리에 대한 경제성 분석
- 연구기관 : 주관기관 (사)두레마을 친환경농업연구원
- 나. 과제 2 : 전자빔을 이용한 비화학적 살충기술과 검역기술의 개발
 - 연구개발 내용
 - 수출 화훼류의 현장적용 가능한 전자빔 살충기술 개발
 - 수출 화훼류의 검역대상 해충에 대한 전자빔 처리시스템 개발
 - 수출 화훼류의 전자빔 검역에 대한 가이드라인 제시
 - 연구기관 : 제1협동기관 충북대학교
- 다. 과제 3 : 비화학적 소독기술 관련 원천기술 확보 및 처리시스템의 개발
 - 연구개발 내용
 - 수출 화훼류에 대한 전자빔 처리의 Dose Mapping
 - 수출 화훼류에 대한 전자빔 처리 후 Dosimetry 개발
 - 수출 화훼류에 대한 전자빔 처리시스템 개발
 - 연구기관 : 제2협동기관 (주)이비테크
- 라. 과제 4 : 전자빔을 이용한 수출 화훼류의 살균기술 및 소독기술의 개발
 - 연구개발 내용
 - 수출 화훼류의 전자빔 처리후 감수성 평가
 - 수출 화훼류의 전자빔 처리후 살균 및 검증기술 개발
 - 수출 화훼류의 전자빔 살균 시스템 개발
 - 연구기관 : 제3협동기관 천안연암대학
- 마. 과제 5 : 수출 화훼류의 생산과 화훼농가 정보수집
 - 연구개발 내용
 - 연구 추진에 필요한 수출 화훼류의 제공
 - 화훼생산 농가, 유통방법, 소비자 등에 대한 정보 제공
 - 연구기관 : 4협동기관 (주)로즈피아

IV. 연구개발결과

1. 과제 1 : 수출 농산물에 대한 비화학적 소독기술 적용에 따른 수출경쟁력 확보

가. 수출입식물 소독기술에 대한 현행 기술평가

수출입식물 소독기술에 대한 현행 기술평가는 델파이기법(Delphi Method)을 이용하여 평가하였다.

평가 결과는 <표 1>과 같은데 이는 2가지로 요약할 수 있다.

첫째, 화학적 소독기술은 선진국대비 격차가 1년 이내이나 현재 쇠퇴기에 들어선 기술이므로 향후 대체기술의 개발이 시급하다.

둘째, 물리적 소독기술은 최선진국 대비 현행 60-65% 수준으로 약 3-3.5년의 격차를 보이고 있으나, 5년 후 80-85%수준으로 발전하여 1.5-2년의 기술격차가 있을 것으로 나타났다.

현재 한국과 최선진국과의 기술수준 격차의 이유는 다음과 같이 조사되었다.

첫째, 식물 소독기술과 관련된 연구 인력이 부족하다.

둘째, 사회적, 정책적 관심이 미미하여 예산의 확보가 어렵다.

셋째, 관련 전문기관은 국립식물검역원 뿐이다.

표 1. 식물 소독기술의 기술수준 및 기술격차 평가 결과

구 분		현 행		5년 후	
		기술수준(%)	기술격차(년)	기술수준(%)	기술격차(년)
화학적 소독	CH3Br	90	1	95	0
	PH3	90	1	100	0
	HCN	60	7	75	4
물리적 소독	증열	60	3	80	2
	저온	60	3	80	2
	전자빔	65	3.5	85	2
	γ-ray	65	3.5	85	1.5
복합적 소독	화학+화학	-	-	-	-
	화학+물리	-	-	-	-
	물리+물리	-	-	-	-

자료 : 델파이기법(Delphi Method) 조사결과

넷째, 방사선 기술의 경우 기술수준 보다는 소비자 인식 및 품목에 따른 데이터 부족, 국내규정이 뒷받침되지 못한다.

다섯째, 대규모 처리시설의 보급이 미흡하다.

여섯째, 방사선기술의 실용화 실증연구가 미흡하다.

일곱째, 개발된 기술의 현장적용시험이 부진하다.

앞으로 5년 후에도 한국과 최선진국과의 기술수준에 차이가 발생하는 이유와 전망은 다음과 같이 조사되었다.

첫째, MB대체 등은 시장 수요가 적어 대기업 등의 투자 및 연구협력이 적을 것이다.

둘째, 정부차원의 예산 확보가 우선시 되면 해결될 것으로 보인다.

셋째, 국내에서 개발하지 못한 기술은 선진국에서 빠르게 도입해야 할 것이다.

넷째, 인프라 구축을 위한 시간이 필요하다.

다섯째, 선진국도 새로운 기술개발 및 적용을 추진할 것으로 생각된다.

나. 수출입 식물 소독기술에 대한 수요조사

수출입 식물 소독기술에 대한 수요조사는 델파이기법(Delphi Method)을 이용하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

먼저 수출입식물 소독기술 가운데 앞으로 연구개발 및 도입·보급이 시급한 소독기술은 CH3Br 대체기술, 약제분의기술, 전자빔(방사선) 기술, 신선채소 소독기술, CATTS (Controlled Atmosphere Temperature Treatment System) 등으로 조사되었다.

다음으로 이들 기술 가운데 앞으로 중점적으로 투자가 필요한 소독기술은 목재류 훈증제 개발기술, 전자빔(방사선) 처리기술, 저에너지단위 소독기법, 광범위성 소독기술 및 CATTS 등으

로 조사되었다.

다. 수출 화훼류에 대한 비화학적 소독처리의 소비자 및 생산자 인식조사

수출 화훼류에 대한 비화학적 소독처리의 소비자 인식조사는 조사표에 의한 방문면접 조사로 이루어졌다.

소비자 인식조사는 한국산 화훼 수입이 가장 많은 일본의 화훼 소비자, 수입상, 도·소매상과 국내 소독업 종사자 등을 대상으로 하였다. 이 조사에서 밝혀진 것은 다음과 같이 요약할 수 있다.

첫째, 전자빔 소독기술의 인식 정도는 응답자의 93%가 전자빔 소독기술을 알지 못하였다.

둘째, 전자빔 소독의 안전성에 대한 인식은 응답자의 81%가 잘 모르겠다고 응답하였다.

셋째, 전자빔으로 소독한 식용 농산물 구입의사에 대해서는 응답자의 70%가 구입하지 않겠다고 하였다.

넷째, 전자빔으로 소독한 비식용 농산물의 구입의사에 대해서는 응답자의 60%가 구입하겠다고 하였다.

라. 수출 화훼류에 대한 비화학적 소독처리의 생산자 인식조사

수출 화훼류에 대한 비화학적 소독처리의 생산자 인식조사는 소비자 조사와 마찬가지로 조사표에 의한 방문면접 조사로 이루어졌다.

생산자 인식조사의 조사대상은 국내 화훼 생산농가로 하였다. 이 조사에서 밝혀진 것은 다음과 같이 요약할 수 있다.

첫째, 전자빔 소독기술의 인식에서는 응답자의 73%가 전자빔 소독기술을 알지 못하였다.

둘째, 전자빔으로 소독한 식용 농산물 구입의사는 응답자의 90%가 구입하지 않겠다고 하였다.

셋째, 전자빔으로 화훼 방제에 대해 응답자들은 꼭해보겠다 33%, 해보겠다 62%로 응답하였다.

마. 수출 화훼류에 대한 전자빔 소독처리 시스템의 실용화 가능성 진단

수출 화훼류에 대한 전자빔 소독처리 시스템의 실용화 문제점은 다음과 같이 분석되었다.

첫째, 전자빔발생장치의 활용을 위한 기술적인 문제

둘째, 기술개발의 경제성 문제

셋째, 전자빔발생장치에 대한 소비자의 부정적 인식

넷째, 전자빔발생장치의 실용화를 위한 제도 미비

수출 화훼류에 대한 전자빔 소독처리 시스템의 실용화를 위한 개선방향은 다음과 같이 제안하였다.

첫째, ‘전자빔발생장치’의 활용을 위한 기술적인 문제를 극복하기 위하여 현재 국내 여건상 연구되어 있지 않은 품목에 대한 처리법과 공정을 향후 지속적으로 개발하여 체계화하는 것이 필요하다.

둘째, 기술개발의 경제성 문제는 ‘전자빔발생장치’가 처리선량에 따라 경제성의 차이가 심하므로 최적의 경제성이 나올 수 있는 최적선량을 경제성 연구를 통해 확보해야 한다.

셋째, 전자빔 발생시설의 단위시간당 처리 가능량이 많다는 장점이 처리품목이 없을 경우 시

설을 가동할 수 없다는 단점이 되므로 물량확보를 위하여 단독사업장에 설치를 하기 보다는 대형집하장(도 단위, 항구도시) 위주로 설치를 하는 것이 바람직하며, 초기설치비용 및 처리물품 적재를 위한 공간이 많이 필요하다.

넷째, ‘전자빔발생장치’의 실용화를 위한 제도 개선이 필요하다. 전자빔가속기는 일반 산업용 장비로는 등록되어 있으나, 농업용 장비로는 등록되어 있지 않기 때문에 APC(농산물산지유통센터) 일반장비류 품질보증제도의 지원을 받을 수 없다. 따라서 정부 또는 지방자치단체의 적극적인 지원과 관심이 요구된다.

다섯째, ‘전자빔발생장치’로 처리한 품목에 대한 소비자의 부정적 인식을 긍정적 인식으로 개선시키기 위한 대국민 홍보를 통해 전자빔의 실용화 가능성을 크게 높일 수 있다.

마. 수출 화훼류에 대한 전자빔 소독처리의 경제성 분석

수출 화훼류에 대한 전자빔 소독처리의 경제성 분석 결과는 다음과 같다.

‘전자빔 검역기술 및 처리시스템’ 개발의 편익은 화훼 감수성, 미생물 감수성, 해충 감수성, 유통 관련 비용절감 등으로 정의하여 계측하였다. 그리고 ‘전자빔 검역기술 및 처리시스템’ 개발의 비용은 ‘전자빔 검역기술 및 처리시스템’의 구입비 또는 사용료, 설치비, 유지관리비, 기타 경비 등으로 정의하여 계측하였다.

경제성분석 대상 화훼는 수출대상 화훼인 국화(백마 1품종)와 장미(레뷰, 일세브론즈, 레드자이언트 등 3품종)로 하였다.

경제성 분석은 제1안 전자빔가속기를 구입하여 사용하는 경우, 제2안 전자빔가속기를 이용료를 지불하고 사용하는 경우로 구분하여 분석하였다. 그리고 전자빔처리방법도 ① 에너지 2.5MeV, 10MeV, ② 선량 100Gy, 200Gy, 400Gy, 600Gy, 800Gy, 1,000Gy로 각각 차별화하여 실험한 결과를 이용하였다.

첫째, 국화에 대한 전자빔 소독처리에 대한 경제성 분석 결과 제1안은 에너지 2.5MeV에서는 선량 200Gy와 400Gy로 처리하였을 경우, 그리고 에너지 10MeV에서는 선량 100Gy, 200Gy, 400Gy로 처리하였을 경우 각각 경제성이 있는 것으로 나타났다. 한편 제2안은 제1안과 마찬가지로 에너지 2.5MeV에서는 선량 200Gy와 400Gy로 처리하였을 경우, 그리고 에너지 10MeV에서는 선량 100Gy, 200Gy, 400Gy로 처리하였을 경우 각각 경제성이 있는 것으로 나타났다.

둘째, 장미에 대한 전자빔 소독처리에 대한 경제성 분석 결과 제1안은 에너지 2.5MeV에서는 선량 100Gy와 200Gy로 처리하였을 경우, 그리고 에너지 10MeV에서는 선량 200Gy, 400Gy, 600Gy로 처리하였을 경우 각각 경제성이 있는 것으로 나타났다. 제2안은 에너지 2.5MeV에서는 제1안과 마찬가지로 선량 100Gy와 200Gy로 처리하였을 경우에 경제성이 있는 것으로 나타났으며, 에너지 10MeV에서는 제1안과는 달리 선량 200Gy, 400Gy로 처리하였을 경우에만 각각 경제성이 있는 것으로 나타났다.

2. 과제 2 : 전자빔을 이용한 비화학적 살충기술과 검역기술의 개발

‘전자빔을 이용한 비화학적 살충기술과 검역기술의 개발연구’에서 밝혀진 결과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

첫째, 전자빔의 선량에 따른 검역대상 해충의 감수성을 평가한 결과 배추좀나방은 150 Gy 이

상, 담배가루이 100 Gy 이상, 점박이응애 200 Gy 이상, 복숭아혹진딧물 100 Gy 이상, 아메리카 잎굴파리 150 Gy 이상, 담배거세미나방 200 Gy, 그리고 꽃노랑총채벌레는 400 Gy 이상에서 완전 억제되었다.

둘째, 또한 이 시험에서 화훼가 포함된 박스실험에서는 200 Gy 선량에서 박스하부까지 거의 억제효과가 나타났다.

셋째, 이처럼 전자빔 조사는 유충이나 성충에 대한 직접적인 치사효과보다는 알의 부화억제와 성충의 불임을 유발하였다.

넷째, 수출 화훼류의 전자빔 살충 시스템 개발에서는 전자빔 살충에 대한 가이드라인을 제시하였다.

3. 과제 3 : 비화학적 소독기술 관련 원천기술 확보 및 처리시스템의 개발

‘비화학적 소독기술 관련 원천기술 확보 및 처리시스템의 개발’의 연구 결과는 다음 5가지로 요약할 수 있다.

첫째, 중에너지 및 고에너지급 전자가속기는 설비에 대한 적격성을 판단하기 위하여 수시로 선량분포도를 측정관리하고 있으며, 수출화훼류의 포장 형태별로 선량을 측정하였다. 수출화훼류에 조사된 흡수선량은 저선량의 범위로 처리되었으며, 포장재의 재질이나 충전되어 있는 화훼류의 유형에 따라 민감하게 변화하였다.

둘째, 수출 화훼류의 유효투과 깊이는 2.5MeV에서 160mm로 조사한 모든 시료는 제품의 바닥 면까지 투과되는 것으로 확인되었으며, Sample 종류별 동일 두께에서의 표준편차는 0.01~0.07로 측정되었고, 10MeV에서 580mm로 조사한 모든 시료는 제품의 바닥 면까지 투과되는 것으로 확인되었으며, Sample 종류별 동일 두께에서의 표준편차는 0.01~0.02로 측정되었다.

셋째, 수출화훼류의 포장용기의 종류별 선량분포도를 확인한 결과 전자빔의 깊이와 선량과의 이론적인 관계에 일치하는 것으로 나타났으며, 조사 시료의 밀도와 조사물질의 두께에 따라 전자빔 조사 설비의 운전조건을 결정할 수 있었다.

넷째, 전자빔 조사에 따른 온도 영향은 흡수선량 0.1~10kGy 범위로 조사 처리되어 온도 변화는 조사 전과 후에 큰 차이를 나타내지 않았다.

다섯째, 수출화훼류 상품의 전자빔 조사 서비스 시설 이용을 위한 품질보증 및 품질관리를 위한 시스템을 구축하고 공정적용 매뉴얼을 확립하였다.

4. 과제 4 : 전자빔을 이용한 수출 화훼류의 살균기술 및 소독기술의 개발

가. 수출 화훼류의 전자빔 처리후 감수성 평가

수출 화훼류의 전자빔 처리후 감수성 평가결과는 다음과 같다.

감수성 평가실험 화훼는 장미, 국화, 백합, 카네이션, 꽃도라지, 스토크 등 6가지를 이용하였다.

전자빔에 대한 절화의 감수성은 화훼의 품종과 전자빔의 에너지 강도에 따라 다음과 같이 다양하게 나타났다.

첫째, 대부분의 절화에서 400 Gy를 기준으로 감수성을 구분할 수 있었다.

둘째, 장미의 경우 품종에 따라 전자빔 감수성이 다양하였는데 ‘레뷰’는 감수성이 낮았으며, ‘데코레이션’, ‘리디아’, ‘러블리리디아’는 보통, ‘엠세컨드러브’, ‘비비안’, ‘일세브론즈’, ‘퀸비’, ‘자나’는 감수성이 높았다.

셋째, 스탠다드 타입 국화 ‘백마’의 경우 감수성이 보통이었으며, 스프레이 타입 국화 ‘텔몬트’는 감수성이 낮았다.

넷째, 오리엔탈나리 ‘시베리아’와 나팔나리 ‘오거스타’의 감수성도 보통이었다.

다섯째, 카네이션 ‘몬테주마’와 꽃도라지 ‘로지나화이트’는 전자빔 감수성이 낮아 600 Gy 이상에서도 절화 품질에 이상이 없었다.

여섯째, 십자화과 화훼류인 스토크 ‘글로리라벤더’는 전자빔 감수성이 높았다.

나. 전자빔에 대한 수출 화훼류의 세포구조학적 평가

전자빔에 대한 수출 화훼류의 세포구조학적 평가 결과는 다음과 같다.

화훼류의 세포구조학적 평가실험 화훼는 장미와 백합 2가지를 이용하였다.

화훼류의 세포구조학적 평가실험 결과는 다음과 같이 나타났다.

첫째, 장미 비탈(*Rosa hybrida* 'Vital') 꽃잎 꽃잎 앞면(adaxial)은 전자빔 조사 당일은 대조구와 10 MeV 200, 400 Gy 처리구는 차이를 보이지 않았으나, 5일이 지난 후에는 10 MeV 1000 Gy를 처리한 꽃잎 세포는 팽압이 약간 손실되었다.

둘째, 오리엔탈나리 ‘시베리아’(*Lilium Oriental Hybrid* ‘Siberia’) 꽃잎 세포 내 구조는 전자빔 조사에 의해 백합의 내화피와 외화피 모두 노화가 더욱 진전되었다.

다. 전자빔에 대한 검역대상 병균의 감수성 평가

전자빔에 대한 검역대상 병균의 감수성 평가에서 평가대상 병균은 *Botrytis cinerea*로 하였다. 전자빔에 대한 검역대상 병균의 감수성 평가결과는 다음과 같다.

첫째, *Botrytis cinerea*에 의한 잣빛곰팡이병은 전 세계적으로 널리 분포하며, 원예작물에 가장 일반적이고 가장 광범위하게 발생하는 중요 식물병의 하나이다.

둘째, *Botrytis cinerea*의 포자 발아는 전자빔 에너지에 따른 차이는 없었으며, 조사선량이 높아지더라도 1,000 Gy가 될 때까지 현저하게 억제되지 않음을 보여주었다.

셋째, 전자빔은 20℃에서보다는 10℃에서 *Botrytis cinerea*의 포자성장을 감소시키는데 보다 효과적이었다.

라. 수출 화훼류의 전자빔 살균 시스템 개발

수출 화훼류의 전자빔 살균 시스템 개발에서는 전자빔살균에 대한 가이드라인을 제시하였다. 전자빔살균에 대한 가이드라인의 주요 내용은 다음과 같다.

- 대상 병균 및 작목
 - 대상 병균 : *Botrytis cinerea*
 - 대상 작목 : 장미, 국화, 백합, 카네이션, 꽃도라지, 스토크 등 6가지 종류
- 표준시험기구 기준
 - 멸균선량 설정 : ISO 11137-2 (ISO, 2006)
 - 바이오버든 측정 : ISO 11737-1 (ISO, 2006)

- 무균시험법 : ISO 11737-2 (ISO, 2007)
- 병원균 시험방법
 - 병원균의 분리, 포자 발아 실험, 균사 생장 실험, In vivo 살균활성 검정
- 전자빔 조사 계획

5. 과제 5 : 수출 화훼류의 생산과 화훼농가 정보수집

수출 화훼류의 생산과 화훼농가 정보 수집의 과제에서는 이 연구에 필요한 각종 실험용 수출 화훼를 제공하고, 아울러 화훼생산 농가, 유통방법, 소비자 등에 대한 자료를 수집하여 각 연구 팀에 제공하였다.

V. 연구성과 및 성과활용 계획

1. 연구성과

이 연구의 주요 성과는 다음과 같다.

- 첫째, 수출화훼류의 품질보증 및 품질관리를 위한 전자빔 처리에 대한 공정매뉴얼 작성
- 둘째, 수출화훼류의 전자빔 살충에 대한 매뉴얼 작성
- 셋째, 수출화훼류의 전자빔 살균에 대한 가이드라인 제시
- 넷째, 각종 전자빔 조사를 통한 살충 및 살균실험 결과의 학술적 자료 축적

2. 활용계획

이 연구에서 얻어진 연구성과는 다음과 같은 방법으로 활용될 것이다.

- 첫째, 비화학적/물리적 소독기술에 대한 대안 제공
- 둘째, 농가의 처리비용 감소로 농가경쟁력 향상 및 소득 증대
- 셋째, 환경오염 방지로 인한 국가신인도 제고
- 넷째, 비화학적/물리적 처리시스템에 대한 영농활용의 기초자료 제공
- 다섯째, 기술이전을 통한 산업화와 기업창업을 통한 일자리 창출
- 여섯째, 수출입식물검역 통합관리 시스템 구축에 기초자료 제공

Key words : 경제분석, B/C 비율, 살균 및 소독기술, 수출화훼작물, 전자빔 조사(照射)

SUMMARY

I. Project title and researcher

1. Project title : Development of Quarantine Technique and Treatment System on Export Floricultural Crop Using an Electron Beam Irradiation

2. Detailed research sub-project and researcher

Detailed sub-project	Research institutions	Researcher
- Secure of export competitiveness for agricultural products export using a electron beam irradiation as the non- chemical quarantine technique	Environment-Friendly Agriculture Research Institution	Kim Jeung-Boo
- Development of non-chemical pest control and quarantine technique using an electron beam irradiation	Chungbuk National University	Kim Gil-Ha
- Non-chemical Disinfection Technology Developed Fundamental Technology and Processing Systems	EB Tech Ltd, Co.	Han Bumsoo
- Development of disinfection and quarantine technique on export floricultural crop using an electron beam irradiation	Cheonam Yonam College	Kwon Hye Jin
- Production of export floricultural crop and collection of information about flower farmers, marketing and consumers	Rosepia. Ltd. Co.	Chung Hwa Young

II. The objectives and necessity of the project

1. Necessity

According to the Montreal Protocol in 1987, Methyl bromide (MB), an ozone depleting pesticide, will be banned worldwide by 2015. Also, the international society recommends to avoid chemical treatment for sterilization after harvesting agro-products and to use physical and environmental-friendly treatment methods. Since 1999, Korea have been used HCN (Hydrocyanic acid) for quarantine of banana and cutting roses, etc. However, HCN had reduced quarantine effects in high moisture content products and caused negative effects, such as chemical damages and ozone depletion. Therefore, new physical quarantine techniques should be developed to replace the uses of MB and HCN.

Electron ion beam radiation treatment shows promise for disinfection of fresh commodities in the United States, Australia, India, and Thailand. The FDA of US has approved irradiation of meat and poultry and allows its use for a variety of other foods, including fresh fruits and vegetables to con-

trol E.coli 0157:H7 and salmonella. Today, approximately 18-20 million pounds of ground beef and poultry are being irradiated in the US. In Japan, Dohino and Masaki (1995) found that doses 200 Gy of irradiation as a potential treatment to disinfect floricultural commodities in trade sterilized egg a nymph stages of the Comstock mealybug and *Pseudococcus comstocki* (Kuwana). After that, electron ion beam irradiation is widely used for the sterilization and modification of bio-resources in Japan.

Especially, new physical quarantine techniques are important for floricultural commodities in trade. To prevent the entry and spread of diseases and pests from foreign countries, the inspection of plants is mandatory. In 2006, Russia banned flower exports after the discovery of pests in *Gypsophila elegans*.

In developed countries, electron ion beam radiation is widely used for the sterilizations of plants, including flowers, fruits, and vegetables, stored grains, foods, and medical products, and inhibition of seed germination. However, electron ion beam technology is developing stages for the application of agriculture, industry, and food in Korea.

2. Objectives

This study aims to analyze economical efficiency and feasibility of developing quarantine techniques and treatment systems of using “electron beam irradiation as non-chemical sterilization technology” for improving the method of sterilizing export horticultural crops.

III. The goals and contents of the project

1. Final goals

The final goals of the projects are as follows.

First goal is developing physical pest control and quarantine technique through the sensitivity test of pests in export flower plants.

Second goal is developing processing systems and fundamental technology for physical sterilization.

Third goal is evaluating the possibility of commercialization of physical pest control and quarantine technique through survey analysis on the consumer’s and producer’s perception.

2. Contents

- A. Sub-project 1 : Secure of export competitiveness for agricultural products export using a electron beam irradiation as the non-chemical quarantine technique
 - Demand survey for non-chemical quarantine technique
 - Survey on the consumer’s and producer’s perception of non-chemical quarantine technique
 - Evaluation of the possibility of commercialization of non-chemical quarantine technique
 - Economic analysis of non-chemical quarantine technique
- B. Sub-project 2 : Development of non-chemical pest control and quarantine technique using an electron beam irradiation

- Development of electron beam quarantine technique for export flower plants
 - Development of processing system of electron beam for pests in export flower plants
 - Suggestion of guideline for election beam quarantine against export flower plants
- C. Sub-project 3 : Non-chemical Disinfection Technology Developed Fundamental Technology and Processing Systems
- Dose Mapping of electron beam treatment to export flower plants
 - Development of dosimetry after electron beam treatment to export flower plants
 - Development of processing systems of electron beam for export flower plants
- D. Sub-project 4 : Development of disinfection and quarantine technique on export floricultural crop using an electron beam irradiation
- The sensitivity test of cut flowers to electron beam irradiation
 - Development of disinfection and quarantine technique
 - Development of disinfection and quarantine technique on export floricultural crop using an electron beam irradiation
- E. Sub-project 5 : Production of export floricultural crop and collection of information about flower farmers, marketing and consumers
- Provide flower for these projects
 - Collection of information about flower production, marketing, farmers, dealers, and consumers

IV. Results

1. Sub-project 1 : Secure of export competitiveness for agricultural products export using a electron beam irradiation as the non-chemical quarantine technique

A. Evaluation of current technology for sterilizing imported and exported plants

The Delphi method was applied to evaluating current technology for sterilizing imported and exported plants. <Table 1> shows the result of evaluation described in the following.

Table 1. Assessment Results of Skill Levels and Skills Gaps on Plant disinfection technology

Classification		Present Level		Level of Five Years Later	
		Skill Levels (%)	Skills Gaps (years)	Skill Levels (%)	Skill Levels (%)
Chemical disinfection	CH ₃ Br	90	1	95	0
	PH ₃	90	1	100	0
	H ₂ CN	60	7	75	4
Physically sterilization	Steaming	60	3	80	2
	Low Temperature	60	3	80	2
	Electron Beam	65	3.5	85	2
	γ-ray	65	3.5	85	1.5
Combined disinfection	Chemical+Chemical	-	-	-	-
	Chemical+Physical	-	-	-	-
	Physical+Physical	-	-	-	-

Source : Results of Delphi Method survey for this study.

a) Since the temporal gap with advanced countries is not more than one year but is currently at the stage of decline with respect to chemical sterilization technology, it is highly necessary to develop alternative technology to be used in the future.

b) Physical sterilization technology is currently at the level of 60-65% as compared to the most advanced countries, and the temporal gap with them is approximately 3-3.5 years. It is expected the technology will develop to be at the level of 80-85% and has a gap of 1.5-2 years in five years. The reason of the technology gap between Korea and the most advanced countries is investigated as follows.

a) There is a need of ensuring a sufficient number of staffs for research involved in plant sterilization.

b) It is hard to ensure budgets because of little interest from the society and policy.

c) The National Plant Quarantine Service is the only specialized institution for plant sterilization.

d) Radiation technology should be underpinned by means of consumers' awareness, enough data and regulations rather than advanced technology.

e) It is necessary to disseminate big processing facilities.

f) Empirical studies for commercializing the radiation technology are required.

g) More field application test of developed technology is required.

The investigation revealed the reason of technology difference between Korea and the most advanced countries and perspective in five years, described below.

a) There is a little market demand for MB alternatives to result in difficulty in encouraging investment and research cooperation with major companies.

b) It seems addressed if national budgets are ensured.

c) It is necessary to quickly introduce technology not developed in Korea from advanced countries.

d) Time is needed for building up infrastructure.

e) It is expected that advanced countries will accelerate new technology development and application.

B. Investigation of demand for imported and exported plant sterilization technology

The Delphi method was used to investigate demand for imported and exported plant sterilization technology and the following is the result of investigation.

The investigation revealed that, among imported and exported plant sterilization technologies, the sterilization technology that should be studied, developed, introduced and disseminated is the technology alternative to CH₃Br, electron beam (radiation) technology, fresh vegetable sterilization technology and CATTS (Controlled Atmosphere Temperature Treatment System).

Investigation revealed exemplary sterilization technologies which need concentrated investment including wood fumigant development technology, electron beam (radiation) processing technology, low energy unit sterilization, wide scalability sterilization technology and CATTS.

C. Survey of consumer and producer awareness of non-chemical sterilization for exported flowers

Survey was made through face-to-face interview with questionnaires about consumer awareness of non-chemical sterilization for exported flowers.

Consumer awareness survey targeted flower consumers, importers, wholesalers and retailers of Japan who import the most flowers from Korea, and employees involved in flower sterilization in Korea. The survey revealed the following result.

- a) 93% of respondents did not know the electron beam sterilization technology with respect to the awareness of electron beam sterilization technology.
- b) 81% of respondents said they did not know the safety of electron beam sterilization.
- c) 70% of respondents said they would not purchase agri-products for food sterilized with electron beams.
- d) 60% of respondents said they would purchase non-food agri-products sterilized with electron beams.

D. Survey of producer awareness of non-chemical sterilization for exported flowers

Survey was made through face-to-face interview with questionnaires about producer awareness of non-chemical sterilization for exported flowers as for the consumer survey.

The survey of producer awareness targeted flower farmers in Korea. The survey revealed the following result.

- a) 73% of respondents did not know the electron beam sterilization technology with respect to the awareness of electron beam sterilization technology.
- b) 90% of respondents said they would not purchase agri-products for food sterilized with electron beams.
- c) 33% of respondents said they would absolutely do flower sterilization with electron beams, and 62% said they would try it.

E. Diagnosis of potential of commercializing electron beam sterilization technology for exported flowers

Analysis revealed the following issues involved in commercializing the electron beam sterilization system for exported flowers.

- a) Technology issues for using electron beam generators.
- b) Economic issues in technology development.
- c) Consumer's negative opinion on electron beam generators.
- d) Support by institutions for commercializing the electron beam generators.

The direction for promoting commercialization of the electron beam sterilization system for exported flowers is suggested as follows.

- a) It is necessary to continue to develop and systematize processing methods and process for items not studied under the circumstance of Korea in order to overcome technology issues for using the

‘electron beam generators’.

b) Because economical efficiency highly depends on the volume of radiation by a ‘electron beam generator’, it is necessary to ensure optimum radiation for the highest economical efficiency through studies on economical efficiency, for addressing economic issues for technology development.

c) Since the advantage that the electron beam generators exhibit great treatment capability per unit time is a disadvantage that the facility cannot be operated if there is no item to be treated, it is desirable to install the facility in big collection sites (on a province, or port city basis) rather than installation in a single site in order to ensure the amount of products to be treated. The electron beam generators require a lot of initial installation cost and space for storing treated products.

d) The institution should be improved for commercializing the ‘electron beam generators’. While the electron beam accelerators are registered as ordinary industrial equipment but not as farming equipment, they are not supported under the APC (Agricultural product Processing Center) Equipment Quality Assurance Framework. Therefore, required is positive support and interest of the government and municipalities.

e) Enhance the potential for commercializing electron beams through PR for the public in order to convert consumer’s negative opinion to positive opinion for the items treated with the ‘electron beam generators’.

F. Analysis of economical efficiency for electron beam sterilization for exported flowers

Analysis of economical efficiency for electron beam sterilization for exported flowers revealed the following result.

The benefit of the developed ‘electron beam quarantine technology and treatment system’ was defined as and measured with respect to flower sensitivity, sensitivity to microbes, sensitivity to harmful insects and reduced cost involved in distribution. The cost of the developed ‘electron beam quarantine technology and treatment system’ was defined as and measured with respect to the cost for purchasing or royalty for ‘electron beam quarantine technology and treatment systems’, installation cost, maintenance cost and other expenses.

Target flowers for analysis of economical efficiency were chrysanthemums (Baekma 1) and roses (Revue, Ilsebronze, Red Giant).

Economical efficiency was analyzed for the scheme 1 of purchasing and using electron beam accelerators, and the scheme 2 of paying royalty for using the electron beam accelerators. The method of electron beam treatment was differentiated as 1) Energy of 2.5MeV and 10MeV, 2) Radiation of 100Gy, 200Gy, 400Gy, 600Gy, 800Gy and 1,000Gy for experiment, respectively.

a) Analysis of economical efficiency for electron beam sterilization for chrysanthemums revealed feasibility in the treatment of radiation with 200Gy and 400Gy at energy 2.5MeV, and with 100Gy, 200Gy and 400Gy at energy 10MeV in the scheme 1, respectively. The analysis for scheme 2 also revealed feasibility in the treatment of radiation with 200Gy and 400Gy at energy 2.5MeV, and with 100Gy, 200Gy and 400Gy at energy 10MeV, respectively, the same as in scheme 1.

b) Analysis of economical efficiency for electron beam sterilization for roses revealed feasibility in

the treatment of radiation with 100Gy and 200Gy at energy 2.5MeV, and with 200Gy, 400Gy and 600Gy at energy 10MeV in the scheme 1, respectively.

The analysis for scheme 2 also revealed feasibility in the treatment of radiation with 100Gy and 200Gy at energy 2.5MeV the same as in scheme 1, and only with 200Gy and 400Gy at energy 10MeV, respectively, unlike scheme 1.

2. Sub-project 2 : Development of non-chemical pest control and quarantine technique using an electron beam irradiation

The effects of electron beam irradiation on each developmental stage in *Tetranychus urticae*, *Bemisia tabaci*, *Plutella xylostella*, *Myzus persicae*, *Liriomyza trifolii*, *Spodoptera litura*, and *Frankliniella occidentalis*, were examined. Eggs, larvae, puparia, and adults were irradiated with increasing doses of electron beam irradiation (seven levels between 30 and 250 Gy). Fecundity and egg hatchability decreased depending on the doses applied. Reciprocal crosses between irradiated and unirradiated flies demonstrated that males were more radio tolerant than females. Adult longevity was not affected in all stages. The levels of DNA damage in *Plutella xylostella*, *L. trifolii*, and *Spodoptera litura* were evaluated using the alkaline comet assay. Our results indicate that electron beam irradiation increased levels of DNA damage in a dose-dependent manner. Moreover, low doses of electron beam irradiation led to the rapid appearance of p53 protein within 6 h. These results suggest that electron beam irradiation induced not only abnormal development and reproduction but also p53 stability caused by DNA damage.

3. Sub-project 3 : Non-chemical Disinfection Technology Developed Fundamental Technology and Processing Systems

In order to find disinfection technology for high-quality export flower plants, disinfection tests were carried out by applying electron beam to commercial export flower plants. The disinfection condition was set up by evaluating a beam current, beam output and beam uniformity for irradiation treatment with electron beam, and by estimating physiological characteristic, microbiology, physico-chemical and a sensual quality.

- a) Setting up beam current, beam output and beam uniformity.
- b) Dose distribution chart characteristic understanding of electron beam along irradiation patterns.
- c) Development of electron beam treatment process for export flower plants and optimizing disinfection conditions.
- d) Establishing manuals for a quality management and guarantee of export flower plants.
- i) In order to estimate eligibility for facility, mid energy and high energy electron beam accelerator was frequently measured and managed a dose distribution chart and dose classify by packages of export flower plants was measured. The absorbed dose irradiated to export flower plants were dealt with ranges of low dose and changed sensitively for variation of package materials or quantity of export flower plants filled.

- ii) In case of export flower plants, a available penetration depth was confirmed to penetrate sample material fully that was irradiated by condition 2.5MeV and 160mm depth, and electron beam standard deviation by types was measured 0.01~0.07. And irradiated by condition 10MeV and 580mm depth, and electron beam standard deviation by types was measured 0.01~0.02.
- iii) The verification result of a dose distribution chart classify by sort of export flower plants packages was found out agreements of theoretical relation for depth and dose of electron beam and operation conditions for electron beam irradiation facilities were determined by density and thickness of irradiating materials.
- iv) The temperature effect by irradiating electron beam was not different with before and after of irradiating by carried out 0.1~10kGy range of absorbed dose.
- v) Set up the quality management and guarantee of export flower plants for using electron beam irradiation service facilities and established progress application manuals.

4. Sub-project 4 : Development of disinfection and quarantine technique on export floricultural crop using an electron beam irradiation

The sensitivity of cut flowers to electron beam irradiation varied from species to species and to a lesser extent variety to variety. ‘M-second Love’, ‘Vivian’, ‘Il se Bronze’, ‘Queen Bee’, ‘Red Giant’, ‘Jana’, and ‘Red Giant’ roses showed high sensitivity to electron beam irradiation. ‘Decoration’, ‘Lydia’, and ‘Lovely Lydia’ roses were less affected and showed medium sensitivity, while ‘Revue’ rose had low sensitivity to electron beam irradiation. ‘Baekma’ chrysanthemum was more affected than ‘Delmonte’ chrysanthemum spray and showed medium sensitivity. Lily ‘Siberia’ and ‘Augusta’ had medium sensitivity. Carnation ‘Montezuma’ and lisianthus ‘Rosina White’ was maintained upto 600 Gy and showed low sensitivity. Stock ‘Glory Lavender’ showed high sensitivity to electron beam.

Electron beam affected the ultrastructure of petal cells in rose and lily. As the irradiation dose increased, the flower senescence progressed.

Botrytis cinerea is a serious pathogen of roses and other cut flower crops. Electron beam inhibited spore germination of *Botrytis cinerea* with increasing irradiation doses. The effective irradiation dose for 50% inhibition of mycelial growth was 981 Gy for 2.5 MeV and 819 Gy for 10 MeV electron beam. Electron beam was more effective in reducing mycelial growth of *Botrytis cinerea* at 10°C than at 20°C.

Guideline for electron beam disinfection involves:

- a) Test organism: *Botrytis cinerea*
- b) Test crops: Rose, Chrysanthemum, Lily, Carnation, Lisianthus, Stock
- c) Test standards:
 - Dose setting methods for radiation sterilization: ISO 11137-2
 - Bioburden test: ISO 11737-1
 - Sterility test: ISO 11737-2

- d) Pathogen testing methods:
- Pathogen isolation
 - Spore germination test
 - Mycelial growth test
 - Screening for *in vivo* antifungal activity
- e) Schedule for electron beam irradiation

5. Sub-project 5 : Production of export floricultural crop and collection of information about flower farmers, marketing and consumers

In this sub-project, the Rosepia Ltd. Co. were provided flowers for these projects to each research team, and collecting information about flower production, marketing, farmers, dealers, and consumers

V. Research achievements and utilization Plan

1. Research achievements

Major achievements of this study are as follows:

- a) Creating electron beam processing and handling manual for the ornamental quality assurance and quality control of export flowers
- b) Creating electron beam pesticide manual for ornamental pesticide control of export flowers
- c) Creating electron beam guidelines for electron beam sterilization of export flowers
- d) Accumulating scientific data through various electron beam irradiation experiments for pesticides and disinfection of export flowers

2. Utilization Plan

The research results obtained in the projects will be used in the following way.

- a) The non-chemical/physical disinfection technology provides an alternative to chemical disinfection technology
- b) Reducing farmers processing costs and increasing farm income and competitiveness of export floricultural crop farm
- c) Improve national credibility caused by the pollution prevention
- d) Non-chemical/physical processing system provides the basic data for the export floricultural crop farm
- e) Industrialization through transfer of technology, and job creation through corporate entrepreneurship
- f) Providing basic data for building an integrated management system of the export-import plant quarantine

Key words : Economic Analysis, B/C Ratio, Disinfection and Quarantine Technique, Export Floricultural Crop, Electron Beam Irradiation

CONTENTS

Chapter 1. Introduction	1
Section 1. The Necessities of the Research Project	1
Section 2. The Objectives and Content of the Research Project	5
Chapter 2. The Review of Previous Studies	17
Section 1. The Previous Domestic Studies of the Technique Associated with the Research Project	17
Section 2. The Previous Studies of the Technique Associated with the Electron Beam	20
Chapter 3. The Content and Scope of the Research Project	25
Section 1. Secure of Export Competitiveness for Agricultural Products Export Using a Electron Beam Irradiation as the Non-chemical Quarantine Technique	25
Section 2. Development of Non-chemical Pest Control and Quarantine Technique Using an Electron Beam Irradiation	108
Section 3. Non-chemical Disinfection Technology Developed Fundamental Technology and Processing Systems	140
Section 4. Development of Disinfection and Quarantine Technique on Export Floricultural Crop Using an Electron Beam Irradiation	180
Section 5. Production of export floricultural crop and collection of information about flower farmers, marketing and consumers	243
Chapter 4. Achievement of the Research Project	245
Section 1. Achievement of the Research Project	245
Section 2. Contribution of the Research Project	248
Chapter 5. Application of the Research Project	249
Section 1. Application Plan of the Research Project	249
Section 2. Application Performance of the Research Project	249
Chapter 6. R&D Information from Oversea in the Process of the Research Project	253
Section 1. Introduction	253
Section 2. Trends of the Radiation Quarantine Technique	253
Section 3. Conclusion	258
Chapter 7. References	261
Annendix Table	267
Annex	278

목 차

요 약 문	iii
제1장 연구개발과제의 개요	1
제1절 연구개발의 필요성	1
1. 메칠브로마이드(MB) 대체 소독기술의 개발 필요성 대두	1
2. 훈증약제를 대체할 물리적 소독기술 개발 요구	1
3. 전자빔을 이용한 소독기술 도입의 세계적인 추세	2
4. 화훼 수출 검역시 병해충 발견 증가에 따른 개발 필요성 대두	3
5. 농업분야에서 전자빔기술을 응용한 연구개발 요구	4
제2절 연구개발 목표 및 내용	5
1. 연구개발의 최종목표 및 주요내용	5
2. 과제별(세부·협동) 연구개발의 목표 및 내용	5
2.1 연구개발 주체 및 연구목표 및 내용	5
2.2 연차별 연구개발의 목표 및 내용	7
3. 연구개발의 추진전략·방법 및 추진체계	10
3.1 추진전략 및 방법	10
제2장 국내외 선행연구 고찰	17
제1절 본 과제의 기술과 관련된 국내 선행연구	17
1. 화훼류의 전자빔 처리에 따른 품질 평가	17
1.1 재료 및 방법	17
1.2 결과 및 고찰	17
2. 전자빔 처리에 따른 Botrytis cinerea 의 생장저해 효과 평가	18
2.1 재료 및 방법	18
2.2 결과 및 고찰	19
제2절 전자빔과 관련된 선행연구	20
1. 전자빔과 미생물 및 해충과 관련된 연구	20
2. 전자빔을 이용한 소독기술관련 연구	20
3. 농업분야의 전자빔 기술 개발·이용 관련 연구	21
3.1 전자빔 기술 이용 관련 연구	21
3.2 전자빔가속기 기술 개발·이용 관련 연구	21
4. 전자빔 기술의 경제성 분석	23

제3장 연구개발과제의 개요25

제1절 수출 농산물에 대한 비화학적 소독기술 적용에 따른 수출 경쟁력 확보25

1. 연구개발과제의 개요 25

 1.1 연구개발의 목적 및 필요성 25

 1.2 연구 목표 및 연구내용 25

 1.3 연구방법 27

2. 수출입 식물 소독기술에 대한 현행 기술평가 및 수요조사 28

 2.1 현행 소독기술에 대한 기술평가 및 수요조사 방법 28

 2.2 현행 소독기술에 대한 기술평가 및 수요 추정 개요 30

 2.3 식물 소독기술의 평가 및 국제비교 33

 2.4 금후의 식물 소독기술의 수요와 발전 전망 40

 2.5 기타 식물 소독기술 관련 제언 41

3. 수출 화훼류에 대한 비화학적 소독기술의 소비자 및 생산자 인식조사 41

 3.1 조사목적 41

 3.2 비화학적 소독기술에 대한 소비자 인식조사 42

 3.3 비화학적 소독기술에 대한 생산자 인식조사 53

 3.4 한국의 수출 화훼류 생산실태 및 수익성 조사 60

4. 수출 화훼류에 대한 전자빔 소독기술의 경제성 분석 70

 4.1 수출 화훼류 전자빔 소독기술의 편익과 비용의 계측방법 70

 4.2 전자빔 검역기술의 경제성 분석방법 73

 4.3 전자빔 소독기술의 편익과 비용의 개념정립 74

 4.4 전자빔조사 관련 편익 75

 4.5 전자빔조사 관련 편익의 계측결과 81

 4.6 전자빔조사 관련 비용 계측결과 96

 4.7 전자빔조사에 의한 수확 후 농산물의 경제성 계측 100

5. 수출 화훼류에 대한 전자빔 소독기술의 실용화 가능성 진단 및 분석 103

 5.1 수출 화훼류에 대한 전자빔 소독기술의 실용화 가능성 진단 103

 5.2 ‘전자빔 소독기술’의 실용화 문제점과 개선방안 분석 107

제2절 전자빔을 이용한 비화학적 살충기술과 검역기술 개발 108

1. 연구개발과제의 개요 108

 1.1 연구개발의 목적 108

 1.2 연구개발의 필요성 108

 1.3 연구개발의 범위 109

2. 국내외 기술개발 현황 109

3. 연구개발 수행 내용 및 결과 110

 3.1 연구목표 및 연구내용 110

 3.2 접근방법 및 연구내용 110

 3.3 실험방법 및 연구결과 111

제3절 비화학적 소독기술 관련 원천기술 확보 및 처리시스템의 개발	140
1. 비화학적 소독기술	140
1.1 전자빔 소독	140
1.2 전자가속기 및 처리시스템	143
1.3 선량추정 시스템	148
2. 선량추정	153
2.1 전자빔 조사설비	153
2.2 화훼의 선량분포도	155
3. 포장소재의 적합성평가	163
4. 전자빔 조사공정 절차	167
4.1 전자빔 조사공정의 안전성	167
4.2 전자빔의 조사 절차	167
4.3 전자빔 조사에 따른 모니터링과 일상관리	172
5. 전자빔 조사공정의 매뉴얼	174
5.1 조사시설 및 기기 기준 작성	174
5.2 조사기록 및 표준 문서화 기록	175
5.3 조사인증서 발급 및 관리	178
6. 결 론	179
제4절 전자빔을 이용한 수출 화훼류의 살균기술 및 검역기술의 개발	180
1. 수출 화훼류의 전자빔 처리후 품질특성 평가	180
1.1 전자빔에 대한 수출 화훼류의 감수성 평가	180
1.2 전자빔에 대한 수출 화훼류의 세포구조학적 평가	205
1.3 보존용액 처리를 통한 수출 화훼류의 전자빔 처리후 회복율 평가	209
2. 수출 화훼류의 전자빔 살균기술 개발	212
2.1 전자빔에 대한 검역대상 병균의 감수성 평가	212
2.2 전자빔 조사선량 검증	220
2.3 전자빔 멸균 공정 매뉴얼 제작	226
3. 수출 화훼류의 전자빔 살균시스템 구축	227
3.1 수출 화훼류의 일본 현지에서의 식물검역 및 유통 현황	227
3.2 전자빔 살균에 대한 가이드라인 제시	240
제5절 수출 화훼류의 생산과 화훼농가 정보수집	243
제4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	245
제1절 연구개발의 목표달성도	245
1. 제1차년도 연구개발의 목표달성도	245
2. 제2차년도 연구개발의 목표달성도	246
3. 제3차년도 연구개발의 목표달성도	247

제2절 관련분야에의 기여도	248
1. 경제적 측면	248
2. 학술적 측면	248
제5장 연구개발 성과 및 성과활용계획	249
제1절 연구개발결과의 활용방안 및 기대성과	249
제2절 연구개발결과의 성과 및 활용목표	249
1. 연구성과 목표	249
2. 연구성과 활용 목표	249
3. 특히 성과	250
4. 논문 게재성과	251
5. 국내 및 국제학술회의 발표	252
제6장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술 정보	253
제1절 머리말	253
제2절 방사선 소독기술 동향	253
1. 과거 동향	253
2. 지역 및 국제기준	254
3. 최근 연구 동향	256
3.1 일반적 동향	256
3.2 전자빔을 이용한 비화학적 살충기술 개발의 동향	257
4. 향후 동향	258
제3절 맺음말	258
제7장 참고문헌	261
<부 표>	267
<부 록>	278
<부록 1> 수출 화훼류 생산농가 생산비 조사표	278
<부록 2> 수출 화훼류 생산농가의 수출 검역실태 조사표	284
<부록 3> 수출입 식물 소독기술에 대한 Delphi 조사표	288
<부록 4> 수출 화훼류 비화학적 소독기술에 대한 수출입회사 및 소비자 인식 조사표	296

표 목 차

제1장

표 1-1-1	우리나라 오존층 파괴물질 사용량 감축 현황	2
표 1-1-2	수출 화훼류의 품목별 검역에 의한 피해사항	3
표 1-1-3	병해충 발견시 훈증 비용 및 품질저하에 따른 손실	4
표 1-1-4	일본 수출식물검사 해충 발견건수(2001-2005)	4
표 1-1-5	국내외 전자빔가속기 의료 식품분야의 이용현황 비교(2003)	5

제2장

표 2-2-1	국내 전자빔 산업 현황	22
---------	--------------	----

제3장

표 3-1-1	델파이기법(Delphi Method) 조사대상 전문가 선정결과	30
표 3-1-2	델파이 조사 응답자 분포	31
표 3-1-3	식물 소독처리 전문가의 직업분포	31
표 3-1-4	식물 소독처리 전문가의 연구분야 분포	31
표 3-1-5	식물 소독처리 전문가의 연구분야 현황	32
표 3-1-6	식물 소독처리 전문가의 자기평가 현황	32
표 3-1-7	식물 소독처리 전문가의 자기평가 현황	32
표 3-1-8	식물 소독처리 전문가의 연령별, 성별 분포	33
표 3-1-9	적용범위 또는 소독 수요측면에서의 중요성 평가 결과	33
표 3-1-10	친환경성 및 안전성 평가 결과	37
표 3-1-11	식물 소독기술의 기술수준 및 기술격차 평가 결과	39
표 3-1-12	국가별 조사대상 소비자 분포 및 조사결과	43
표 3-1-13	국가별 조사대상 소비자 조사결과	44
표 3-1-14	응답자의 연령 분포	44
표 3-1-15	응답자의 학력 분포	44
표 3-1-16	화훼구입 결정요인	45
표 3-1-17	농산물 및 식품의 소독방법 인지도	45
표 3-1-18	기술별 농산물 및 식품의 소독방법 인지정도 및 인지경로	46
표 3-1-19	연령별 농산물 및 식품의 소독방법 인지도	47
표 3-1-20	‘전자빔 조사’ 제품의 안전성에 대한 의견	47
표 3-1-21	‘전자빔 조사’ 제품의 안전성에 대한 의견별 이유	48
표 3-1-22	전자빔으로 소독된 식용 농산물의 구입의사	49
표 3-1-23	전자빔으로 소독된 식용 농산물 및 식품의 구입의지 정도	49
표 3-1-24	전자빔으로 소독된 식용 농산물을 구입하겠다면 그 이유	50
표 3-1-25	전자빔으로 소독된 식용 농산물을 구입하지 않겠다면 그 이유	50
표 3-1-26	전자빔으로 소독된 화훼의 구입의사	51

표 3-1-27	전자빔으로 소독된 화훼를 구입하겠다는 그 구입의욕의 정도	51
표 3-1-28	전자빔으로 소독된 화훼를 구입하겠다는 그 이유	52
표 3-1-29	전자빔으로 소독된 화훼를 구입하지 않겠다는 그 이유	52
표 3-1-30	전자빔을 이용한 소독기술에 대한 인식도	53
표 3-1-31	지역별 조사대상 농가 분포	54
표 3-1-32	지역별 작물별 농가조사 계획 대 실적	55
표 3-1-33	수출 화훼생산 농가의 해충방제 현황	55
표 3-1-34	수출 화훼생산 농가의 해충방제시 애로사항	56
표 3-1-35	수출 화훼생산 농가의 해충방제 현황	56
표 3-1-36	수출 화훼생산 농가의 식품에 대한 방사선처리 인식	57
표 3-1-37	수출 화훼생산 농가의 방사선 처리 식품에 대한 구입의사	57
표 3-1-38	수출 화훼생산 농가의 방사선 처리 공산품에 대한 인식	58
표 3-1-39	수출 화훼생산 농가의 방사선 처리 공산품에 대한 인식	58
표 3-1-40	수출 화훼생산 농가의 해충방제 의향	59
표 3-1-41	수출 화훼생산 농가의 해충방제현황	59
표 3-1-42	수출 화훼생산 농가의 해충방제현황	59
표 3-1-43	화훼생산 농가 추이	60
표 3-1-44	화훼 재배면적 현황	61
표 3-1-45	화훼 품목별 재배 현황	61
표 3-1-46	화훼 품목별 판매금액	62
표 3-1-47	화훼 품목별 수출액	62
표 3-1-48	재배작물별 경영주 학력별 분포	63
표 3-1-49	재배작물별 경영주 학력별 분포	63
표 3-1-50	재배작물별 경영주 친환경농업 실천경력	64
표 3-1-51	재배작물별 호당 가족규모 분포	64
표 3-1-52	재배작물별 호당 총경작농지규모 분포	65
표 3-1-53	수출 화훼생산 농가의 수출 판매율	65
표 3-1-54	수출 화훼의 단위면적당 생산량	65
표 3-1-55	수출 화훼의 분당 판매가격	66
표 3-1-56	수출 화훼의 단위면적당 조수입	66
표 3-1-57	농산물 생산비 구성	67
표 3-1-58	수출 장미와 국화의 생산비 구성	67
표 3-1-59	2008년도 국화와 장미 생산비의 전국평균 구성	68
표 3-1-60	병충해방제비 투입 실태	68
표 3-1-61	수출 장미생산 농가의 수익성	69
표 3-1-62	수출 국화생산 농가의 수익성	70
표 3-1-63	수출용 화훼류의 전자빔 조사방법	71
표 3-1-64	수출용 화훼류에 대해 전자빔 소독기술의 편익항목	74
표 3-1-65	수확 후 농산물에 대한 전자빔 소독기술의 비용항목	75
표 3-1-66	국화 절화 수명의 증감효과	75

표 3-1-67	국화 관상가치의 증감효과	76
표 3-1-68	국화 엽록소 함량의 증감효과	76
표 3-1-69	장미 절화 수명의 증감효과	77
표 3-1-70	장미 관상가치의 증감효과	77
표 3-1-71	젯빛곰팡이병 포자 발아율의 증감효과	78
표 3-1-72	젯빛곰팡이병 균사 생장율의 증감효과	78
표 3-1-73	국화에서 발생하는 해충의 성충에 대한 전자빔의 살충력 증감효과	79
표 3-1-74	국화에서 발생하는 해충에 대한 전자빔의 불임력 증감효과	79
표 3-1-75	장미에서 발생하는 해충에 대한 전자빔의 불임력 증감효과	80
표 3-1-76	국화에서 발생하는 해충의 성충에 대한 전자빔의 살충력 증감효과	80
표 3-1-77	수출 화훼류의 품목별 검역에 의한 피해사항	81
표 3-1-78	병해충 발견시 훈증 비용 및 품질저하에 따른 손실	81
표 3-1-79	전자빔조사에 의한 국화 ‘백마’ 1 컨테이너(40FT)당 총편익(2.5MeV, 100Gy)	82
표 3-1-80	전자빔조사에 의한 국화 ‘백마’ 1 컨테이너(40FT)당 총편익(2.5MeV, 200Gy)	82
표 3-1-81	전자빔조사에 의한 국화 ‘백마’ 1 컨테이너(40FT)당 총편익(2.5MeV, 400Gy)	83
표 3-1-82	전자빔조사에 의한 국화 ‘백마’ 1 컨테이너(40FT)당 총편익(2.5MeV, 600Gy)	83
표 3-1-83	전자빔조사에 의한 국화 ‘백마’ 1 컨테이너(40FT)당 총편익(2.5MeV, 800Gy)	84
표 3-1-84	전자빔조사에 의한 국화 ‘백마’ 1 컨테이너(40FT)당 총편익(2.5MeV, 1,000Gy)	84
표 3-1-85	전자빔조사에 의한 국화 ‘백마’ 1 컨테이너(40FT)당 총편익(10MeV, 100Gy)	85
표 3-1-86	전자빔조사에 의한 국화 ‘백마’ 1 컨테이너(40FT)당 총편익(10MeV, 200Gy)	86
표 3-1-87	전자빔조사에 의한 국화 ‘백마’ 1 컨테이너(40FT)당 총편익(10MeV, 400Gy)	86
표 3-1-88	전자빔조사에 의한 국화 ‘백마’ 1 컨테이너(40FT)당 총편익(10MeV, 600Gy)	87
표 3-1-89	전자빔조사에 의한 국화 ‘백마’ 1 컨테이너(40FT)당 총편익(10MeV, 800Gy)	87
표 3-1-90	전자빔조사에 의한 국화 ‘백마’ 1 컨테이너(40FT)당 총편익(10MeV, 1,000Gy)	88
표 3-1-91	전자빔조사에 의한 장미 1 컨테이너(40FT)당 총편익(2.5MeV, 100Gy)	89
표 3-1-92	전자빔조사에 의한 장미 1 컨테이너(40FT)당 총편익(2.5MeV, 200Gy)	89
표 3-1-93	전자빔조사에 의한 장미 1 컨테이너(40FT)당 총편익(2.5MeV, 400Gy)	90
표 3-1-94	전자빔조사에 의한 장미 1 컨테이너(40FT)당 총편익(2.5MeV, 600Gy)	90
표 3-1-95	전자빔조사에 의한 장미 1 컨테이너(40FT)당 총편익(2.5MeV, 800Gy)	91
표 3-1-96	전자빔조사에 의한 장미 1 컨테이너(40FT)당 총편익(2.5MeV, 1,000Gy)	91
표 3-1-97	전자빔조사에 의한 장미 1 컨테이너(40FT)당 총편익(10MeV, 100Gy)	92
표 3-1-98	전자빔조사에 의한 장미 1 컨테이너(40FT)당 총편익(10MeV, 200Gy)	93
표 3-1-99	전자빔조사에 의한 장미 1 컨테이너(40FT)당 총편익(10MeV, 400Gy)	93
표 3-1-100	전자빔조사에 의한 장미 1 컨테이너(40FT)당 총편익(10MeV, 600Gy)	94
표 3-1-101	전자빔조사에 의한 장미 1 컨테이너(40FT)당 총편익(10MeV, 800Gy)	94
표 3-1-102	전자빔조사에 의한 장미 1 컨테이너(40FT)당 총편익(10MeV, 1,000Gy)	95
표 3-1-103	전자빔조사에 의한 국화 1 컨테이너(40FT)당 총편익	95
표 3-1-104	전자빔조사에 의한 장미 1 컨테이너(40FT)당 총편익	96
표 3-1-105	전자빔발생장치(2.5MeV) 제조원가 계산서(2010)	97
표 3-1-106	전자빔발생장치(10.0MeV) 제조원가 계산서(2010)	97

표 3-1-107	전자빔발생장치(2.5MeV) 운영비 계측	98
표 3-1-108	전자빔발생장치(10MeV) 운영비 계측	98
표 3-1-109	전자빔조사시 수출용 화훼류의 유통비용증감효과 계측	99
표 3-1-110	수출용 화훼류의 시간당 전자빔 처리량 계측	99
표 3-1-111	수출용 화훼류의 전자빔조사 시설 40ft 컨테이너당 비용	100
표 3-1-112	수출용 화훼류의 전자빔조사 관련 비용 계측결과	100
표 3-1-113	국화 ‘백마’의 전자빔처리 관련 편익-비용 계측결과	101
표 3-1-114	장미의 전자빔처리 관련 편익-비용 계측결과	102
표 3-1-115	화훼 시장의 항목별 가치값	104
표 3-1-116	한약재 시장의 항목별 가치값	104
표 3-1-117	사료 시장의 항목별 가치값	105
표 3-1-118	목재 시장의 항목별 가치값	105
표 3-1-119	한약재 시장의 항목별 가치값	105
표 3-1-120	전자빔 사업전반의 SWOT 분석 결과	108
표 3-2-1	국화에 피해를 주고 있는 해충의 종류	117
표 3-2-2	전자빔 조사에 의한 국화 해충의 구제와 불임조건에 대한 외국연구 조사	121
표 3-2-3	장미에 피해를 주고 있는 해충의 종류와 발생	125
표 3-2-4	전자빔 조사에 의한 장미 해충의 구제와 불임조건에 대한 외국연구 조사	125
표 3-2-5	Effect of electron beam on emergence, longevity and fecundity of adult from irradiated <i>B. tabaci</i> and <i>T. urticae</i> eggs	127
표 3-2-6	Effect of electron beam on pupation, emergence, longevity, fecundity and hatchability from irradiated <i>B. tabaci</i> , <i>M. persicae</i> and <i>T. urticae</i> nymph/larvae	127
표 3-2-7	Effect of electron beam irradiation on the developmental stages of <i>P. xylostella</i>	130
표 3-2-8	Reproduce performance of <i>P. xylostella</i> when treated or untreated adults are mated in reciprocal crosses	130
표 3-2-9	Electron beam irradiation-induced DNA drainage in <i>P. xylostella</i> larvae at 5 h after irradiation	131
표 3-2-10	Emergence, longevity, fecundity and hatchability of electron beam irradiated <i>L. trifolii</i> eggs	132
표 3-2-11	Pupation, emergence, longevity, fecundity and hatchability of electron beam irradiated <i>L. trifolii</i> larvae	132
표 3-2-12	Emergence, longevity, fecundity and hatchability of electron beam irradiated <i>L. trifolii</i> pupae	133
표 3-2-13	Longevity, fecundity and hatchability of electron beam irradiated <i>L. trifolii</i> adults	133
표 3-2-14	Reproductive performance of <i>L. trifolii</i> when irradiated or unirradiated adults are mated in reciprocal crosses	134
표 3-2-15	Effect of electron beam on hatchability pupation, emergence, longevity, fecundity and hatchability of adult when irradiated on <i>S. litura</i> eggs	135
표 3-2-16	Effect of electron beam on pupation, larva period, emergence, longevity, fecundity and hatchability when irradiated on <i>S. litura</i> larvae	136

표 3-2-17	Effect of electron beam on emergence, longevity, fecundity and hatchability when irradiated on <i>S. litura</i> pupae	136
표 3-2-18	Effect of electron beam on longevity, fecundity and hatchability when irradiated on <i>S. litura</i> adults	137
표 3-2-19	Effect of electron beam on egg hatchability of <i>F. occidentalis</i>	138
표 3-2-20	점박이용애 알에 대한 박스높이별 전자빔 투과선량 실험	139
표 3-2-21	아메리카잎굴파리 알에 대한 박스높이별 전자빔 투과선량 실험	139
표 3-2-22	아메리카잎굴파리 유충에 대한 박스높이별 전자빔 투과선량 실험	139
표 3-2-23	아메리카잎굴파리 번데기에 대한 박스높이별 전자빔 투과선량 실험	140
표 3-2-24	담배겨세미나방 알에 대한 박스높이별 전자빔 투과선량 실험	140
표 3-3-1	소독 방법의 비교	141
표 3-3-2	연구개발에 사용된 전자가속기 사양	145
표 3-3-3	Classes of dosimeter	149
표 3-3-4	Specifications of CTA film dosimeter(FTR-125)	150
표 3-3-5	Useful penetration for irradiation with electron energy	152
표 3-3-6	10MeV 전자빔을 이용한 조사선량 분포도 측정(절화통 포함 제품)	160
표 3-3-7	2.5MeV 전자빔을 이용한 조사선량 분포도 측정(절화통 포함 제품)	161
표 3-3-8	10MeV 전자빔을 이용한 조사선량 분포도 측정(단면조사)	162
표 3-3-9	10MeV 전자빔을 이용한 조사선량 분포도 측정(양면조사)	163
표 3-3-10	플라스틱 재료평가를 위한 물리적 시험 및 기능적 시험 방법	166
표 3-3-11	조사 안정성이 높은 소재(평균선량 범위 내)	166
표 3-3-12	선량한도(제2조 제4호 관련)	167
표 3-4-1	Effects of electron-beam on the postharvest quality of 'Revue' Rose	182
표 3-4-2	Effects of electron-beam on the postharvest quality of 'Decoration' Rose.	183
표 3-4-3	Effects of electron-beam on the postharvest quality of 'M-second Love' Rose	185
표 3-4-4	Effects of electron-beam on the postharvest quality of 'Vivian' Rose	186
표 3-4-5	Effects of electron-beam on the postharvest quality of 'Il se Bronze' Rose	188
표 3-4-6	Effects of electron-beam on the postharvest quality of 'Queen Bee' Rose	189
표 3-4-7	Effects of electron-beam on the postharvest quality of 'Red Giant' Rose	191
표 3-4-8	Effects of electron-beam on the postharvest quality of 'Lydia' Rose	192
표 3-4-9	Effects of electron-beam on the postharvest quality of 'Lovely Lydia' Rose	193
표 3-4-10	Effects of electron-beam on the postharvest quality of 'Jana'	193
표 3-4-11	Effects of electron-beam on the postharvest quality of 'Baekma' Chrysanthemum	194
표 3-4-12	Effects of electron-beam on the postharvest quality of 'Delmonte' Chrysanthemum	196
표 3-4-13	Effects of electron-beam on the postharvest quality of 'Siberia'	198
표 3-4-14	Effects of electron-beam on the postharvest quality of 'Augusta' Lily.	199
표 3-4-15	Effects of electron-beam on the postharvest quality of 'Montezuma' Carnation.	201
표 3-4-16	Effects of electron-beam on the postharvest quality of 'Rosina White' Lisianthus. ...	202
표 3-4-17	Effects of electron-beam on the postharvest quality of Stock.	204
표 3-4-18	Effects of preservative solution and electron-beam on the postharvest quality of 'Siberia' Lily.	210

표 3-4-19	Bioburden of rose flowers.	221
표 3-4-20	Calculation of correction factor by recovery efficiency.	222
표 3-4-21	Determination of bioburden applied a correction factor.	222
표 3-4-22	Sterility test of rose flowers exposed to the verification dose using 2.5 MeV linear electron-beam accelerator.	224
표 3-4-23	Sterility test of rose flowers exposed to the verification dose using 10 MeV linear electron-beam accelerator.	225
표 3-4-24	우리나라의 품목별 화훼류 수출 실적	227
표 3-4-25	우리나라의 국가별 화훼류 수출 실적	227
표 3-4-26	우리나라의 주요 화훼류 일본 수출 실적	228
표 3-4-27	일본의 품목별 절화 수입 실적	228
표 3-4-28	일본의 국가별 절화 수입 실적	229
표 3-4-29	일본의 국가별 장미 수입 검역 통계	230
표 3-4-30	일본의 국가별 국화 수입 검역 통계	231
표 3-4-31	일본의 국가별 백합 수입 검역 통계	232
표 3-4-32	일본의 한국산 절화류 검역 및 소독 통계	232
표 3-4-33	한국산 절화의 병해충 발견기록 (2010년)	233
표 3-4-34	부관페리호 일본도착 및 식물검역, 통관 일정표	233
표 3-4-35	도쿄도 중앙도매시장 화훼류 시장 거래 정보	235
표 3-4-36	일본의 화훼소매시장 규모	237
표 3-4-37	일본 도쿄도 화훼소매점 조사	238
표 3-4-38	일본 후쿠오카시 화훼소매점 조사	239
표 3-4-39	대상 작목별 전자빔 감수성 및 최대선량	242
표 3-4-40	절화 품질 특성표	242
표 3-4-41	화훼류의 전자빔 멸균 선량 설정	243

제4장

표 4-4-1	산업화를 통한 전자빔 가속기의 기대효과	248
---------	-----------------------------	-----

제6장

표 6-2-1	식물위생조치를 위한 방사선 소독 과거동향	254
표 6-2-2	APHIS에서 규정한 방사선 소독처리기준(2002)	255
표 6-2-3	ISPM No. 18 요약	256
표 6-2-4	식물위생조치를 위한 방사선 소독의 지역 및 국제기준 동향	256
표 6-2-5	식물위생조치를 위한 방사선 소독의 최근 동향	257

부표

<부표 1>	농가호수, 농지면적 및 농산물 생산량	268
<부표 2>	장미, 국화 관행농법 평균 수익성(전국, 2008)	269
<부표 3>	수출 장미 수익분석	270
<부표 4>	수출 국화 수익분석	276

그 립 목 차

제1장

그림 1.1-1	미국 아이오와주의 전자빔 육류 저온살균 시설	2
그림 1-1-2	연구개발의 추진체계	11

제2장

그림 2-1-1	전자빔을 이용한 화훼류의 처리	17
그림 2-1-2	전자빔 조사후 분화 시클라멘의 수확 후 평가	18
그림 2-1-3	전자빔 조사 후 리갈베고니아의 수확 후 품질 평가	18
그림 2-1-4	<i>Botrytis cinerea</i> 균사에 대한 전자빔 조사 효과	19

제3장

그림 3-1-1	식물 소독기술의 기술적 성숙도 현황	36
그림 3-1-2	수출용 화훼류의 편익계측 방법	72
그림 3-1-3	검역대상 병균의 편익계측 방법	72
그림 3-1-4	검역대상 해충의 편익계측 방법	72
그림 3-1-5	농축산물에 대한 전자빔 소독기술의 실용화 가능성	106
그림 3-2-1	Effect of electron beam irradiation on developmental stages of (A) <i>B. tabaci</i> , (B) <i>M. persicae</i> , (C) <i>P. xylostella</i> , (D) <i>T. urticae</i>	128
그림 3-2-2	Effect of electron beam on longevity, fecundity and hatchability from irradiated <i>B. tabaci</i> , <i>P. xylostella</i> , <i>M. persicae</i> , and <i>T. urticae</i> adults.	129
그림 3-2-3	Comet assay of electron beam-induced DNA damage in the cells of <i>P. xylostella</i> larvae ..	131
그림 3-2-4	Comet assay of electron beam-induced DNA damage in the cells of <i>L. trifolii</i> larvae	134
그림 3-2-5	Western blotting of the p53 protein in electron beam-irradiated <i>L. trifolii</i> adults ..	135
그림 3-2-6	Comet assay of electron beam-induced DNA damage in cells of <i>S. litura</i> adults.	137
그림 3-2-7	박스높이별 전자빔 투과시험 모습	138
그림 3-3-1	전자빔의 소독원리	141
그림 3-3-2	ISO11137에 의한 전자빔 소독의 절차	142
그림 3-3-3	전자빔 이용시설 (이비테크(주))	143
그림 3-3-4	Electron Accelerator (ELV-8, 이비테크(주))	144
그림 3-3-5	Photo of Electron Accelerator (ELV-8 and UELV10-10S, 이비테크(주))	145
그림 3-3-6	Depth-dose curve for various beam energy	147
그림 3-3-7	Percentage depth-dose curves for electron irradiation of water	148
그림 3-3-8	Irradiation techniques: (A) irradiation from one side of the sample only; (B) irradiation from two opposite sides; (C) multidirectional irradiation	148
그림 3-3-9	FTR-125 CTA 선량계	150
그림 3-3-10	Useful penetration for irradiation and electron energy	151

그림 3-3-11	Dose-depth variation in product using double bombardment technique	152
그림 3-3-12	Thickness efficiency of absorption irradiation from a single side	153
그림 3-3-13	Thickness efficiency of absorption irradiation from two side	153
그림 3-3-14	Cart system of electron accelerator(2.5MeV and 10MeV)	154
그림 3-3-15	Depth-dose curve for various beam energy	154
그림 3-3-16	Dose distribution on conveyor for Y axis at the dynamic irradiation	155
그림 3-3-17	2.5MeV 전자가속기를 이용한 1.0kGy의 선량분포도	155
그림 3-3-18	10MeV 전자가속기를 이용한 1.0kGy의 선량분포도	156
그림 3-3-19	10MeV 전자가속기를 이용한 100Gy의 선량분포도	156
그림 3-3-20	10.0MeV 전자가속기를 이용한 양면조사에 따른 선량분포도	157
그림 3-3-21	선량계 설치 및 측정 위치	158
그림 3-3-22	2.5MeV 전자가속기와 10MeV 전자가속기의 장미류에 대한 선량분포도	158
그림 3-3-23	전자빔을 이용한 조사선량 분포도 측정 및 관리	159
그림 3-3-24	10MeV 전자빔을 이용한 조사선량 분포도 측정 및 모니터링 관리	159
그림 3-3-25	2.5MeV 전자빔을 이용한 조사선량 분포도 측정 및 모니터링 관리	160
그림 3-3-26	10MeV 전자빔을 이용한 조사선량 분포 측정(3단 포장평가, 이비테크(주))	161
그림 3-3-27	10MeV 전자빔을 이용한 200Gy 조사선량 분포도(단면조사)	162
그림 3-3-28	10MeV 전자빔을 이용한 200Gy 조사선량 분포도(양면조사)	163
그림 3-3-29	프로세스를 기반으로 한 품질경영시스템의 모델	168
그림 3-3-30	전자빔 조사공정 절차	169
그림 3-3-31	Indicator label(조사전: 노랑, 조사후: 빨강)	170
그림 3-3-32	Loading Pattern	170
그림 3-3-33	이비테크(주)의 전자빔 조사에 대한 문서체계도	175
그림 3-3-34	화훼류 전자빔 조사 작업의뢰서	176
그림 3-3-35	화훼류 전자빔 조사품의 작업일지	177
그림 3-3-36	화훼류 전자빔 조사품의 작업표준서	177
그림 3-3-37	화훼류 전자빔 조사품에 대한 전자가속기 및 부대시설에 대한 점검확인서	178
그림 3-3-38	화훼류 전자빔 조사품의 선량인증서 발급대장	178
그림 3-3-39	화훼류 전자빔 조사품의 선량인증서	179
그림 3-4-1	Effect of 2.5 MeV (A) and 10 MeV (B) electron-beam on the fresh weight of 'Revue' Rose.	182
그림 3-4-2	Visual appearance of 'Revue' Rose flowers 8 days after electron-beam treatment. C, control. M, Medium energy (2.5 MeV electron-beam accelerator). H, High energy (10 MeV electron-beam accelerator).	183
그림 3-4-3	Effect of 2.5 MeV (A) and 10 MeV (B) electron-beam on the fresh weight of 'Decoration' Rose. Date are means of five replications \pm S.D.	184
그림 3-4-4	Visual appearance of 'Decoration' Rose flowers 6 days after electron-beam treatment.	184
그림 3-4-5	Effect of 2.5 MeV (A) and 10 MeV (B) electron-beam on the fresh weight of 'M-second Love' Rose.	185

그림 3-4-6	Visual appearance of 'M-second Love' Rose flowers 4 days after electron-beam treatment. ...	186
그림 3-4-7	Effect of 2.5 MeV (A) and 10 MeV (B) electron-beam on the fresh weight of 'Vivian' Rose. ...	187
그림 3-4-8	Visual appearance of 'Vivian' Rose flowers 5 days after electron-beam treatment. ...	187
그림 3-4-9	Effect of 2.5 MeV (A) and 10 MeV (B) electron-beam on the fresh weight of 'Il se Bronze' Rose.	188
그림 3-4-10	Visual appearance of 'Il se Bronze' Rose flowers 5 days after electron-beam treatment.	189
그림 3-4-11	Effect of 2.5 MeV (A) and 10 MeV (B) electron-beam on the fresh weight of 'Queen Bee' Rose.	190
그림 3-4-12	Visual appearance of 'Queen Bee' Rose flowers 5 days after electron-beam treatment.	190
그림 3-4-13	Effect of 2.5 MeV (A) and 10 MeV (B) electron-beam on the fresh weight of 'Red Giant' Rose.	191
그림 3-4-14	Visual appearance of 'Red Giant' Rose flowers 4 days after electron-beam treatment.	192
그림 3-4-15	Effect of 2.5 MeV electron-beam on the fresh weight of 'Lydia' (A), 'Lovely Lydia' (B), 'Jana' (C) Roses.	194
그림 3-4-16	Effect of 2.5 MeV (A) and 10 MeV (B) electron-beam on the fresh weight of 'Baekma' Chrysanthemum.	195
그림 3-4-17	Visual appearance of 'Baekma' Chrysanthemum flowers 14 days after electron-beam treatment.	195
그림 3-4-18	Effect of 10 MeV electron-beam on the fresh weight of 'Delmonte' Chrysanthemum.	196
그림 3-4-19	Visual appearance of 'Delmonte' Chrysanthemum 2 days after electron-beam treatment ...	197
그림 3-4-20	Effect of 2.5 MeV (A) and 10 MeV (B) electron-beam on the fresh weight of 'Siberia' Lily.	197
그림 3-4-21	Visual appearance of 'Siberia' Lily flowers 4 days after electron-beam treatment.	198
그림 3-4-22	Effect of 2.5 MeV (A) and 10 MeV (B) electron-beam on the fresh weight of 'Augusta' Lily.	200
그림 3-4-23	Visual appearance of 'Augusta' Lily flowers 6 days after electron-beam treatment.	200
그림 3-4-24	Effect of 2.5 MeV (A) and 10 MeV (B) electron-beam on the fresh weight of 'Montezuma' Carnation.	201
그림 3-4-25	Visual appearance of 'Montezuma' Carnation flowers 10 days after electron-beam treatment.	202
그림 3-4-26	Effect of 2.5 MeV (A) and 10 MeV (B) electron-beam on the fresh weight of 'Rosina White' Lisianthus.	203
그림 3-4-27	Visual appearance of 'Rosina White' Lisianthus flowers 8 days after electron-beam treatment.	203
그림 3-4-28	Effect of 2.5 MeV electron-beam on the fresh weight of Stock.	204
그림 3-4-29	Visual appearance of Stock 4 days after electron-beam treatment.	205
그림 3-4-30	SEM (Scanning electron micrographs) images ($\times 500$) of adaxial epidermis of rose petal after electron-beam treatment.	206
그림 3-4-31	SEM images ($\times 500$) of adaxial epidermis of rose petal 5 days after electron-beam treatment.	207
그림 3-4-32	SEM images of abaxial epidermis of lily flower 9 days after electron-beam treatment.	208
그림 3-4-33	TEM (Transmission electron micrographs) images of lily flower 9 days after electron-beam treatment.	209

그림 3-4-34	Visual appearance of 'Siberia' Lily flowers 6 days after electron-beam and preservative solution treatment. M, Medium energy (2.5 MeV electron-beam accelerator).	211
그림 3-4-35	Effects of 2.5 MeV electron-beam and preservative solution on the fresh weight of 'Siberia' Lily.	211
그림 3-4-36	Effect of 2.5 MeV (A) and 10 MeV (B) electron-beam on spore germination of Botrytis cinerea in potato dextrose broth.	213
그림 3-4-37	Effect of 2.5 MeV (M) electron-beam on spore germination of Botrytis cinerea.	214
그림 3-4-38	Effect of 10 MeV (H) electron-beam on spore germination of Botrytis cinerea.	214
그림 3-4-39	Effect of 2.5 MeV (A) and 10 MeV (B) electron-beam on inhibition of mycelium growth of Botrytis cinerea.	215
그림 3-4-40	Effect of 2.5 MeV (M) electron-beam on mycelium growth of Botrytis cinerea after 4 days of incubation at 20°C.	215
그림 3-4-41	Effect of 10 MeV (H) electron-beam on mycelium growth of Botrytis cinerea after 4 days of incubation at 20°C.	216
그림 3-4-42	Effect of incubation temperature on mycelial growth of Botrytis cinerea.	217
그림 3-4-43	Effect of electron-beam at different incubation temperature (°C) on mycelial growth of Botrytis cinerea.	217
그림 3-4-44	Inhibition of electron-beam at different incubation temperature on mycelial growth of Botrytis cinerea.	218
그림 3-4-45	In vivo antifungal activity of electron-beam against tomato gray mold disease caused by Botrytis cinerea.	219
그림 3-4-46	Effect of 10 MeV electron-beam on tomato gray mold disease caused by Botrytis cinerea.	219
그림 3-4-47	Vortex mixing method.	220
그림 3-4-48	Samples for verification dose experiment.	221
그림 3-4-49	Bioburden test of aerobic bacteria.	222
그림 3-4-50	Bioburden test of fungi.	223
그림 3-4-51	Sterility test of rose flowers exposed to the verification dose using 2.5 MeV linear electron-beam accelerator.	224
그림 3-4-52	Sterility test of rose flowers exposed to the verification dose using 10 MeV linear electron-beam accelerator.	225
그림 3-4-53	시모노세키항의 화훼류 식물검역.	234
그림 3-4-54	A, B, 시모노세키항의 훈증창고. C, 작업표시등.	234
그림 3-4-55	일본 동경 (주)오타화훼의 경매 모습.	236
그림 3-4-56	일본 동경 (주)FAJ(Flower Auction Japan)의 경매 모습.	237
그림 3-4-57	일본 도쿄도 화훼소매점.	238
그림 3-4-58	일본 후쿠오카시 화훼소매점.	239

제1장 연구개발과제의 개요

제1절 연구개발의 필요성

1. 메틸브로마이드(MB) 대체 소독기술의 개발 필요성 대두

1989년 제정된 몬트리올 의정서에 의거 메틸브로마이드(Methyl Bromide : MB)는 식물검역용 이외의 생산 또는 수입이 선진국의 경우 2005년, 개발도상국의 경우 2015년 불가능하다. 또한 식물검역용 MB도 사용을 줄일 것을 권고하였다. IPPC(국제식물보호기구)는 2008년 4월 식물검역용 MB도 대체 및 감축을 위한 권고문을 채택하는 등 식물검역 목적의 MB 사용도 새로운 약제 및 제독기술 개발, 단가 상승의 부담 등으로 사용이 규제될 전망이다. 미국 캘리포니아의 MB 사용량은 1999년도는 1991년에 비해 75%로 감소하였으며 일본의 MB사용량도 1991년에 비해 2003년도 75%가 감소하였다.

미국, 일본, 호주 등 선진국에서는 MB를 대체할 약제와 소독기술 개발을 적극적으로 추진 중이다. 중국은 호주 연구기관(CSIRO)와 MOU를 체결하여 에칠포메이트 등 약제개발과 소독방법에 대한 공동연구를 추진하고 있으며, 중국, 말레이시아 등 아세안 5개국은 호주와 공동으로 곡류 훈증에 대한 연구를 실시하고 있다. 이에 따라 MB를 대체하기 위한 소독기술 개발의 필요성이 대두되었다.

2. 훈증약제를 대체할 물리적 소독기술 개발 요구

우리나라의 식물검역용 약제는 1900년도 초반에 외국에서 개발된 MB, PH3를 1970년대에 도입하여 사용하였으며, 1999년부터 MB대체 약제로 수출입 신선농산물에 대하여 HCN¹⁾를 등록하여 실용화하였다. HCN은 2000년 최초 바나나 소독용으로 등록 후 2008년 현재 장미절화 등 총 16개 품목에 대하여 품목을 등록하였고, 2008년 현재 바나나 전체 소독물량 중 50% 이상에 사용되고 있다. 그러나 HCN은 수용성으로 물기가 많은 식물에서 살충력이 떨어지며, 약해를 발생시킬 수 있다.

의정서 가입국(선진국 : 45개국, 개도국 144개국)들의 적극적인 오존층 파괴물질 감축의 결과 기준년도²⁾ 1,709,377 ODP톤 대비 2005년에 71,005 ODP³⁾톤으로 95.8%로 감축하였으나, MB는 사용량 감축율이 70.6%로 가장 낮았으며, 2005년에는 12천톤으로 제2의 오존층 파괴물질이 되었다.

개도국에 속해 있는 우리나라는 기준년도 13,982 ODP톤에서 2005년 6,329 ODP톤으로 56.5% 감축하였고 지속적으로 감축을 추진하고 있다. 몬트리올 의정서상 규제하는 농업용 MB의 국내 사용은 전무하나, 검역용 사용이 566 ODP톤으로 상당하다. 또한 검역용 MB사용량은 2001년도 575 ODP톤 대비 2005년 566 ODP톤으로 감축율이 1%에 불과하다(표 1-1-1). 따라서 검역용 MB

1) Hydrocyanic acid, 청산

2) 선진국 : 1986년, 개도국 : 1995~1997년 평균 사용량

3) 오존파괴지수 (Ozone Depletion Potential) : 화합물질의 오존파괴 정도를 숫자로 표시한 것임.

를 대체하기 위한 비화학적이며 물리적인 소독기술의 개발이 요구되고 있다.

표 1-1-1. 우리나라 오존층 파괴물질 사용량 감축 현황

단위 : 오존파괴지수 환산톤

물질명	기준년도사용량	'05 사용량	기준수량 대비 감축율(%)
CFCs	9,154	2,730	70.2
Halons	3,676	856	76.7
기타 CFCs	1	-	100
사염화탄소	638	-	100
1,1,1,-TCE	513	355	30.8
HCFCs	-	1,822	급증
메칠브로마이드 ¹⁾	575('01)	566	변동 미미
합 계	14,557	6,329	56.5

주 1. 검역용으로 사용한 수량
자료 : 국립식물검역원

3. 전자빔을 이용한 소독기술 도입의 세계적인 추세

미국 FDA는 병원성 대장균(O157)과 살모넬라 균 등의 심각한 감염원인인 미생물 살균에 대해 방사선 조사가 안전하다는 것이 확인됨에 따라 식육에 대한 조사범위를 확대하였다. 아이오와주에서 2000년부터 가동되기 시작한 전자빔 육류 저온살균(선형가속시설)은 연간 20만톤의 ground meat를 조사하고 있다(그림 1-1-1).

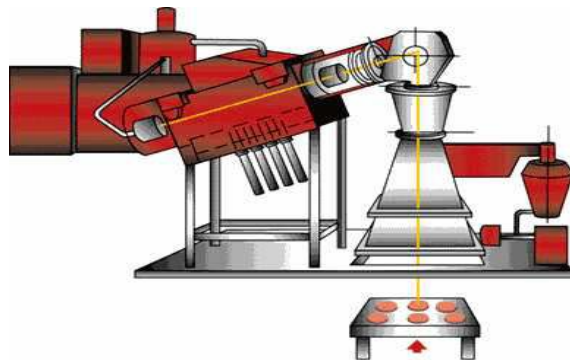


그림 1.1.1. 미국 아이오와주의 전자빔 육류 저온살균 시설

토마토는 전자빔 조사에 의해 미생물 발생이 효과적으로 감소하였으며, 그중 살모넬라 균에 있어서 매우 효과적이었다(Schmidt et al., 2006). 살모넬라 균은 새싹채소 등 날로 먹는 과채류에서 발생하여 문제를 일으키고 있다. 이들의 효과적인 제거기술로 전자빔 조사가 높이 평가될 수 있다. 로메인 상치에 대해 0.3-1.2kGy 선량수준의 전자빔을 조사한 결과 미생물을 90%이상 사멸시키는 D10 값이 0.16-0.19kGy로 나타나, 감마선 조사에 비해 낮은 선량으로 보다 효과적

으로 리스테리아균을 제어할 수 있었다(Mintier and Foley, 2006).

이러한 전자빔을 이용한 살균 기술은 적용 농산물의 맛, 색상, 수분함량, 산도 등 품질요소에 대한 변화가 나타나지 않음을 확인하는 등 전자빔 살균기술의 이용활성화에 대한 연구가 증가하고 있다.

일본의 경우 Dohino와 Masaki(1995)에 의하면, 수입 화훼류의 식물 검역 처리를 위해 comstock mealybug (*Pseudococcus comstocki*)에 대한 2.5MeV 에너지의 전자빔 조사에 의한 살충 효과를 조사한 결과 400Gy의 전자빔 조사에서 알로부터 성충의 모든 발육 단계에 있어 살충 또는 불임 효과가 있는 것으로 나타났다. 일본에서의 화훼류의 수입이 매년 증가함과 동시에 화훼류에 기생하고 있는 해충에 대한 우려가 심각해지고 있다. 화훼류의 경우 메틸브로마이드를 이용하여 살충처리하고 있지만 이는 대기중의 오존층 파괴를 일으키기 때문에 사용이 제한되고 있어 이를 대신하는 살충기술이 요구되고 있다. 또한 comstock mealybug는 살충제에 대한 저항성이 발달하기 쉽고, 방제가 곤란한 해충으로 보단 안전하면서 유효한 전자빔 처리는 가능성이 매우 높다고 할 수 있다.

Green peach aphid의 유충에서 성충을 대상으로 전자빔을 조사한 결과 200Gy 선량에서 불임이 유도되어 차세대 번식을 억제하는 것이 가능하였다. 단, 성충의 섭식 능력은 완전히 저지하지 못하여 바이러스 매개능력은 완전히 저지되지 못하였다(Dohino et al., 1998).

Thrips에 있어서도 발육 단계에 따라 400Gy 선량의 전자빔 조사시 살충 또는 불임 효과가 나타나, 환경오염 문제를 야기하는 메틸브로마이드의 대체 방법으로 가치가 있는 것으로 판단되었다(Dohino et al., 1996). 400Gy 선량은 일반적인 화훼류에 있어서 식물에 장애가 나타나지 않는 선량으로 알려져 있다.

또한 식물검역 소독처리기준(안) 평가 및 채택을 위하여 연간 4~6개의 국제기준을 생산하고 있는 소독처리 기술위원회(Technical Panel Phytosanitary Treatment, TPPT)의 5차 회의에서 “모든 식물체의 나비목 번데기 및 성충(곤충강 : 나비목)을 제외한 모든 해충(절지동물문 : 곤충강)에 대한 방사선 처리 (2006-TPPT-134, lead ; L. Zettler)”를 미국이 제안하였다(국립식물검역원, 2009).

4. 화훼 수출 검역시 병해충 발견 증가에 따른 개발 필요성 대두

화훼류 수출의 검역에 의한 피해는 소량수출시 폐기, 대량 유통시 훈증 후 유통, 폐기처분 등의 조치를 받게 되며, 러시아 화훼수출의 경우 병해충 발견시 수입중단조치가 내려질 수 있다. 2006년 안개꽃 수출에 해충검역으로 의하여 수입금지된 예도 있다. 수출 화훼류의 품목별 검역에 의한 피해사항은 <표 1-1-2>와 같다.

표 1-1-2. 수출 화훼류의 품목별 검역에 의한 피해사항

품 목	병해충 발견시 피해사항
국 화	소량수출시 폐기, 대량의 경우 훈증 유통 → 가격 90% 하락
장 미	훈증 유통 → 가격 50% 하락
후리지아	폐기 처분
백 합	훈증 유통 → 가격 60% 하락
신비디움(양란)	폐기 처분

자료 : (주)로즈피아

또한 수출 화훼류의 훈증처리에 따른 훈증비용, 품질하락에 의하여 손실액이 발생되며 손실 규모는 <표 1-1-3>과 같다.

표 1-1-3. 병해충 발견시 훈증 비용 및 품질저하에 따른 손실

단위 : 만원, 환률 1엔 : 1원

품 목	수량(40FT)	훈증비용	품질손실액	합 계
국 화	80,000본	300	6,480	6,780
장 미	50,000본	300	2,250	2,550
후리지아	100,000본	300	3,750	4,050
백 합	40,000본	300	3,600	3,900
신비디움(양란)	20,000본	300	10,500	10,800

자료 : (주)로즈피아

일본에 수출하는 화훼류의 일본검역시 발견된 병해충기록을 살펴보면 2001년 190건 대비 2005년에 353건으로 90% 증가된 것으로 나타났다. 특히 국화속의 병해충 발견이 2001년 21건에서 2005년 191건으로 900% 증가하였다 (표 1-1-4).

표 1-1-4. 일본 수출식물검사 해충 발견건수(2001-2005)

구 분	2001년	2002년	2003년	2004년	2005년
국 화 속	28	20	22	54	191
백 합 속	13	26	5	33	28
장 미 속	125	167	40	103	101
기타절화	24	16	19	20	33
계	190	229	86	210	353

자료 : 일본 식물방역소 홈페이지(<http://www.pps.go.jp>)

국화속에 문제가 되는 해충은 2004년 처음 발견된 아메리카잎굴파리(*Liriomyza trifolii*)를 비롯한 담배가루이(*Bemisia tabaci*), 온실가루이(*Trialeurodes vaporariorum*), 잎응애속(*Tetranychus sp.*) 등이고, 장미속은 총채벌레속(*Frankliniella sp.*), 담배가루이, 온실가루이, 잎응애속 등의 해충이 문제가 되고 있다.

2005년 353건 중 잎응애속(*Tetranychus sp.*)이 252건, 총채벌레속(*Frankliniella sp.*)이 41건으로 이들에 대한 수출 화훼류의 방제가 시급함을 알 수 있다.

5. 농업분야에서 전자빔기술을 응용한 연구개발 요구

선진국에서는 전자빔을 이용하여 화훼류과 과일, 채소의 살균과 살충, 저장곡물의 살충, 식품과 의료품의 살균, 종자발아 억제 등에서 널리 쓰이고 있지만 국내에서는 식품과 의료분야와 종자발아억제 등의 분야에서 연구개발단계이거나 실용화 초기단계에 있다. 하지만 수출 화훼와 같이 중요한 농산물에 있어서 전자빔을 응용한 연구 개발은 연구가 아직 미진한 실정이다(표 1-1-5).

표 1-1-5. 국내외 전자빔가속기 의료 식품분야의 이용현황 비교(2003)

이용분야	대 상	에너지 (MeV)	활용현황	
			국내	선진국
의료/식품분야	곡물 살충	1~10	-	***
	식료품 멸균처리		*	***
	의료용품 멸균처리		*	***
	종자의 발아억제		*	***
	화훼의 살충 및 생육 억제		-	**

주 : *** : 상용화/실용화 단계
 ** : 실용화 초기단계
 * : 연구개발 단계
 - : No activity
 자료 : 한국원자력연구원

제2절 연구개발 목표 및 내용

1. 연구개발의 최종목표 및 주요내용

수출 화훼류의 전자빔 검역기술 및 처리시스템 개발에 관한 연구사업은 국제 무역규정에 맞는 전자빔 소독기술의 개발, 전자빔 처리장치의 개발 및 원천기술의 확보, 전자빔 소독기술 적용에 따른 수출경쟁력 확보를 최종 목표로 한다.

최종목표를 달성하기 위하여 전자빔 조사에 따른 수출 화훼류의 품질변화, 검역대상 병해충의 감수성 평가 등을 통한 물리적 소독기술을 개발하고, 소독기술에 대한 원천기술을 확보하며, 개발된 기술을 활용할 수 있는 처리시스템을 구축하고자 한다. 또한 새롭게 시도되는 비화학적/물리적 소독기술인 전자빔처리에 대한 기술평가 및 수요조사, 소비자 및 생산자의 인식조사, 기술의 실용화 가능성을 경제적 측면에서 진단하여 수출 화훼농가의 수출경쟁력을 확보하고자 한다.

2. 과제별(세부·협동) 연구개발의 목표 및 내용

2.1 연구개발 주체 및 연구목표 및 내용

2.1.1 주관기관 : (사)두레마을 친환경농업연구원

가. 과제명

- 수출 농산물에 대한 비화학적 소독기술 적용에 따른 수출경쟁력 확보

나. 연구개발 목표

- (1) 수출입식물 소독기술에 대한 현행 기술평가 및 수요조사
- (2) 수출 화훼류에 대한 비화학적 소독처리의 소비자, 생산자 인식조사

- (3) 수출 화훼류에 대한 전자빔 소독처리 시스템의 실용화 가능성 진단
- (4) 수출 화훼류에 대한 전자빔 소독처리에 대한 경제성 분석

2.1.2 제1협동기관 : 충북대학교

가. 과제명

- 전자빔을 이용한 비화학적 살충기술과 검역기술의 개발

나. 연구개발 목표

- (1) 수출 화훼류의 현장적용 가능한 전자빔 살충기술 개발
- (2) 수출 화훼류의 검역대상 해충에 대한 전자빔 처리시스템 개발
- (3) 수출 화훼류의 전자빔 검역에 대한 가이드라인 제시

2.1.3 제2협동기관 : (주)이비테크

가. 과제명

- 비화학적 소독기술 관련 원천기술 확보 및 처리시스템의 개발

나. 연구개발 목표

- (1) 수출 화훼류에 대한 전자빔 처리의 Dose Mapping
- (2) 수출 화훼류에 대한 전자빔 처리 후 Dosimetry 개발
- (3) 수출 화훼류에 대한 전자빔 처리시스템 개발

2.1.4 제3협동기관 : 천안연암대학

가. 과제명

- 전자빔을 이용한 수출 화훼류의 살균기술 및 소독기술의 개발

나. 연구개발 목표

- (1) 수출 화훼류의 전자빔 처리후 감수성 평가
- (2) 수출 화훼류의 전자빔 처리후 살균 및 검증기술 개발
- (3) 수출 화훼류의 전자빔 살균 시스템 개발

2.1.5 제4협동기관 : (주)로즈피아

가. 과제명

- 수출 화훼류의 생산과 화훼농가 정보수집

나. 연구개발 목표

- (1) 사업추진에 필요한 수출 화훼류의 제공
- (2) 화훼생산 농가, 유통방법, 소비자 등에 대한 정보 제공

2.2 연차별 연구개발의 목표 및 내용

2.2.1 제1차년도 연구개발의 목표 및 내용

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용
1차년도	2009	수출 화훼류의 전자빔 처리후 품질특성 평가	<ul style="list-style-type: none"> • 전자빔 에너지에 따른 감수성 평가 <ul style="list-style-type: none"> - 에너지 수준 : 2MeV, 10MeV - 화훼류의 감수성 평가 - SEM을 이용한 세포구조학적 평가 • 전자빔 선량에 따른 감수성 평가 <ul style="list-style-type: none"> - 적정선량 설정 : 0 ~2kGy - 수출입 화훼류 15종의 감수성 평가
		수출 화훼류의 검역대상 해충에 대한 전자빔 처리기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 국화에 대한 공시충의 기초자료 수집 • 공시충 채집 및 사육 • 수출 국화에서 전자빔 에너지에 따른 검역대상 해충의 살충력 평가 <ul style="list-style-type: none"> - 종 및 태에 따른 살충력 평가 • 수출 국화에서 전자빔 선량에 따른 검역대상 해충의 감수성 평가 <ul style="list-style-type: none"> - 종 및 태에 따른 감수성 평가 • 해충의 전자빔 조사에 따른 행동변화 조사
		수출 화훼류에 대한 전자빔 처리의 Dose Mapping	<ul style="list-style-type: none"> • 전자가속기 및 처리시스템의 검증I <ul style="list-style-type: none"> - 가속에너지 : 균일밀도 소재 내부의 선량분포 - 빔 current : 조사 방향의 표면 선량분포 • 예비선량 매핑 <ul style="list-style-type: none"> - 포장 크기, 용적밀도를 근거로 조사조건 추산 • 조사공정 규격의 일반화 <ul style="list-style-type: none"> - 모니터링 위치와 min/max의 관계 - 일상적인 모니터링 위치 및 통과회수 및 방향 - 조사선량 관련기준
		수출입식물 소독기술에 대한 기술평가 및 생산자 인식조사	<ul style="list-style-type: none"> • 현행 소독기술에 대한 기술평가 및 수요추정 <ul style="list-style-type: none"> - 전문가 집단을 대상으로 하는 Delphi조사 • 비화학적 소독기술에 대한 생산자 인식조사 <ul style="list-style-type: none"> - 구조화된 설문지를 통한 1:1 면접조사
		수출 화훼류의 안정적 확보 및 농가정보 수집	<ul style="list-style-type: none"> • 수출 화훼류의 안정적인 공급 • 생산농가, 유통업자, 소비자에 대한 정보 수집

2.2.2 제2차년도 연구개발의 목표 및 내용

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용
2차년도	2010	수출 화훼류의 전자빔 처리후 살균기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 전자빔 에너지에 따른 검역대상 병균의 감수성평가 <ul style="list-style-type: none"> - 에너지 수준 : 2MeV, 10MeV - 공시균주의 감수성 검정 : 균사, 포자 • 전자빔 선량에 따른 검역대상 병균의 감수성 평가 <ul style="list-style-type: none"> - 선량 수준 : 0~10kGy - 공시균주의 감수성 검정 : 균사, 포자 • 전자빔 조사선량 검증 <ul style="list-style-type: none"> - 평균 바이오버든의 산정 - 최소, 최대, 최적 선량의 설정 • 전자빔 멸균 공정 매뉴얼 제작
		수출 화훼류의 검역대상 해충에 대한 전자빔 처리기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 장미에 대한 공시충의 기초자료 수집 • 공시충 채집 및 사육 • 수출 장미에서 전자빔 에너지에 따른 검역대상 해충의 살충력 평가 <ul style="list-style-type: none"> - 종 및 태에 따른 살충력 평가 • 수출 장미에서 전자빔 선량에 따른 검역대상 해충의 감수성 평가 <ul style="list-style-type: none"> - 종 및 태에 따른 감수성 평가 • 해충의 전자빔 조사에 따른 행동변화 조사 • 전자빔 살충 공정 매뉴얼 제작
		수출 화훼류에 대한 전자빔 처리의 Dosimetry 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 수출 화훼류의 선량분포 검증 <ul style="list-style-type: none"> - 적재패턴 검증 - 조사선량분포(dose mapping) 검사 - Dosimeter의 설정 - 모니터링 주기의 설정 • 포장소재의 조사적합성 평가 <ul style="list-style-type: none"> - 포장견고성, 최대선량, 포장규격 등 • 표면 선량 및 심부선량과의 관계 규명
		수출입식물 소독기술에 대한 경제성분석 및 방향정립	<ul style="list-style-type: none"> • 전자빔 소독기술에 대한 경제성평가 <ul style="list-style-type: none"> - 비용과 편익의 분석 - 전자빔 소독기술의 산업화 가능성 진단 • '전자빔소독기술'의 실용화 경제분석의 문제점과 개선방안 분석 • '전자빔소독기술'의 경제적 측면에서의 방향정립
		수출 화훼류의 안정적 확보 및 농가정보 수집	<ul style="list-style-type: none"> • 수출 화훼류의 안정적인 공급 • 생산농가, 유통업자, 소비자에 대한 정보 수집

2.2.3 제3차년도 연구개발의 목표 및 내용

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용
3차년도	2011	수출 화훼류의 전자빔 살균시스템 구축	<ul style="list-style-type: none"> • 수출 화훼류의 주요 균주의 살충력 비교 <ul style="list-style-type: none"> - 검역대상 균주의 살균력 비교 - 살균의 기준설정 및 살균효과의 비교 • 전자빔 멸균에 대한 가이드라인 제시 <ul style="list-style-type: none"> - 대상 균주 및 작목에 따른 시험기구 기준 및 시험 방법 - 전자빔 조사 후 보관 및 처리조건 - 전자빔 조사의 계획
		수출 화훼류의 전자빔 살충시스템 구축	<ul style="list-style-type: none"> • 수출 화훼류의 주요해충 살충력 비교 <ul style="list-style-type: none"> - 검역대상 해충의 살충력 비교 - 해충사멸의 기준설정 및 살충효과의 비교 • 전자빔의 해충에 대한 가이드라인 제시 <ul style="list-style-type: none"> - 대상 해충 및 작목에 따른 시험기구 기준 및 시험 방법 - 전자빔 조사의 계획
		수출 화훼류에 대한 전자빔 조사시스템 구축	<ul style="list-style-type: none"> • 전자빔 조사 공정 매뉴얼 제작 <ul style="list-style-type: none"> - 시설 및 기기 기준 - 조사기록 및 표준 문서화 - 조사인증서 발급 - 최종 조사조건 확립 - 잔류 조사를 위한 기구 및 장비 설정
		수출입식물 소독기술에 대한 소비자 인식조사 및 개발효과조사	<ul style="list-style-type: none"> • 비화학적 소독기술에 대한 소비자 인식조사 <ul style="list-style-type: none"> - 구조화된 설문지를 통한 1:1 면접조사 • 전자빔 소독기술에 대한 경제성분석 <ul style="list-style-type: none"> - 개발의 효과 및 비용의 개념정립 - 효과분석 관련 현지조사 및 효과 계측 • 전자빔 소독기술에 대한 실용화 가능성 진단
		수출 화훼류의 안정적 확보 및 농가정보 수집	<ul style="list-style-type: none"> • 수출 화훼류의 안정적인 공급 • 생산농가, 유통업자, 소비자에 대한 정보 수집

3. 연구개발의 추진전략·방법 및 추진체계

3.1 추진전략 및 방법

3.3.1 기본방향

기존의 화학소독으로부터 “비화학적/물리적 소독기술” 체제로 전환하기 위한 비전과 추진목표를 다음과 같이 설정하였다.

첫째, 화학소독으로부터 “비화학적/물리적 소독기술” 체제로 전환하기 위한 비전은 “비화학적/물리적 소독기술” 개발을 통해 온실가스를 완화하여 국제무역규정을 준수함으로써 지구온난화 문제해결에 기여하고 국가신인도를 향상하는 것으로 설정하였다.

둘째, 이를 위한 구체적인 추진목표는 친환경적인 농산물 소독기술의 개발, 관련 원천기술 확보, 처리시스템의 구축, 현장적용에 따른 수출경쟁력 확보 등으로 설정하였다.

3.3.2 추진방법

(사)두레마을 친환경농업연구원은 농산물에 대한 전자빔처리기술에 많은 경험과 전문지식을 보유하고 있으며, 친환경농업에 관련된 연구를 수행하였다. 이러한 지식을 토대로 “비화학적 소독기술” 도입에 대한 소비자/생산자 인식조사, 도입타당성 및 실용화가능성 평가, 경제성 평가에 대한 연구를 수행하였다.

충북대학교 연구팀은 곤충독성과 해충방제에 대한 선행기술을 축적하고 있으며 화훼류의 해충동정, 해충의 감수성, 해충방제 평가 등을 수행하였다.

(주)이비테크는 국내 유일의 전자가속기 제작업체로 “비화학적/물리적 소독기술”에 관한 설비를 보유하고 있으며, 현장적용을 위한 부대설비의 설계 및 제작, 처리공정 system 구축, Dosimetry 확립 등을 수행하였다.

천안연암대학 연구팀은 “비화학적 소독기술”을 이용한 처리에 선행기술을 축적하고 있으며 화훼류의 품질특성, 병원균의 감수성평가 등을 수행하였다.

(주)로즈피아는 수출 화훼류의 생산 및 수출과 화훼농가의 정보를 수집하며, 사업추진에 필요한 수출 화훼류를 제공할 뿐만 아니라 연구에 필요한 화훼생산 농가, 유통방법, 소비자 등에 대한 정보를 제공하였다.

또한, 국립식물검역원, 한국원자력연구원과 연구협의회를 구성하여 연구협의, 공동연구, 자문을 받고 수출입 식물검역에 따른 통합관리 시스템 구축과의 연계 방안 모색을 위해 노력하였다.

3.3.3 추진체계

이 연구는 3년 과제로 수행하였다. 1년차에는 수출 화훼류의 품질특성평가, 전자빔에 대한 검역대상 해충의 감수성평가, 전자빔 처리의 Dose mapping 및 현행 소독기술에 대한 기술평가와 생산자 인식조사를 수행하였다. 2년차에는 수출 화훼류에서 전자빔에 대한 평균과 해충의 감수성 및 최적선량 및 에너지수준평가, 전자빔처리의 Dosimetry 개발 및 현행 소독기술에 대한 소비자 인식조사와 실용화가능성을 진단하였다. 그리고 3년차에는 수출 화훼류의 전자빔 살균,

살충, 조사시스템을 구축함과 동시에 산업화를 위한 경제분석 및 개선방안의 분석을 수행하였다(그림 1-1-1).

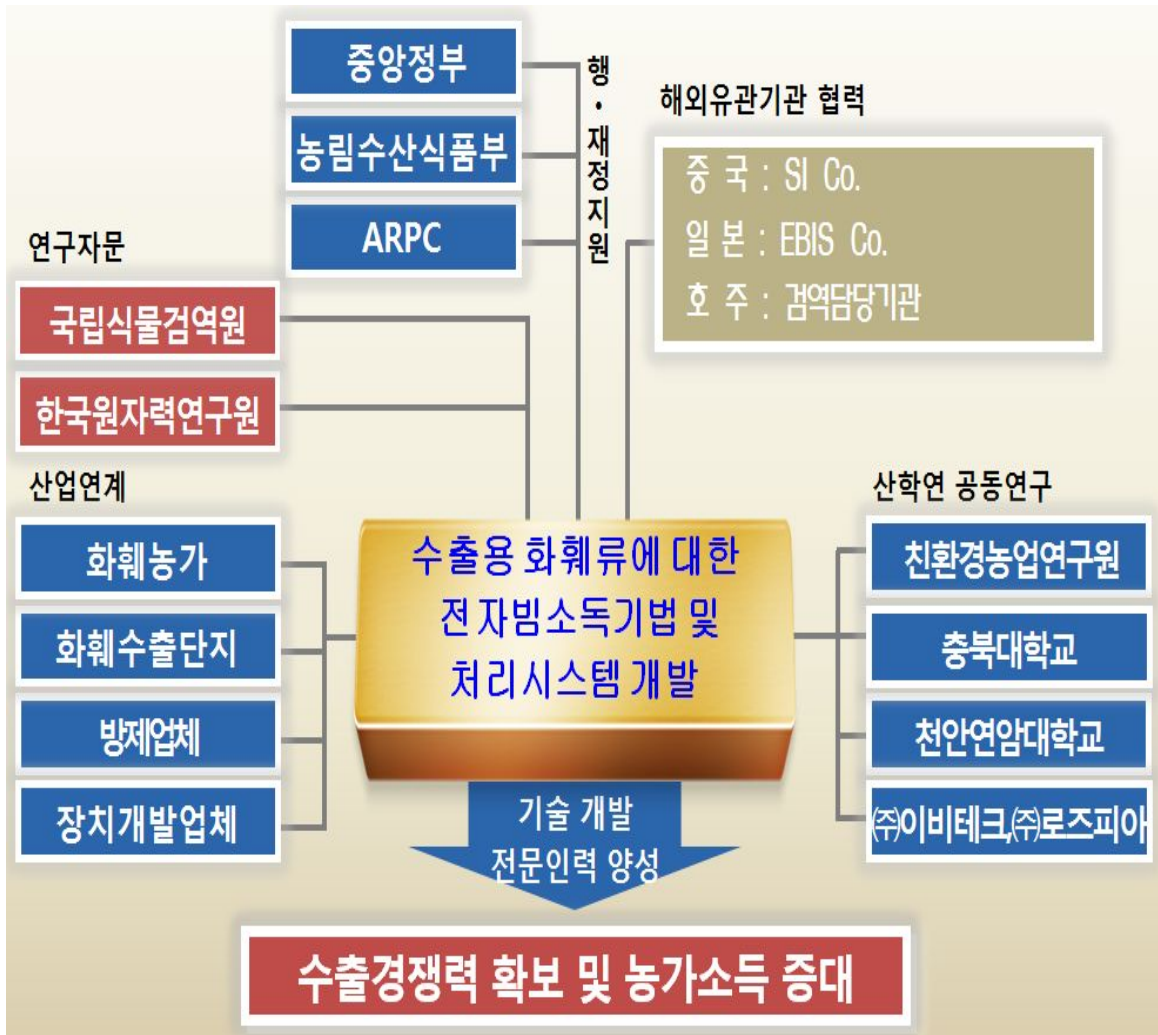
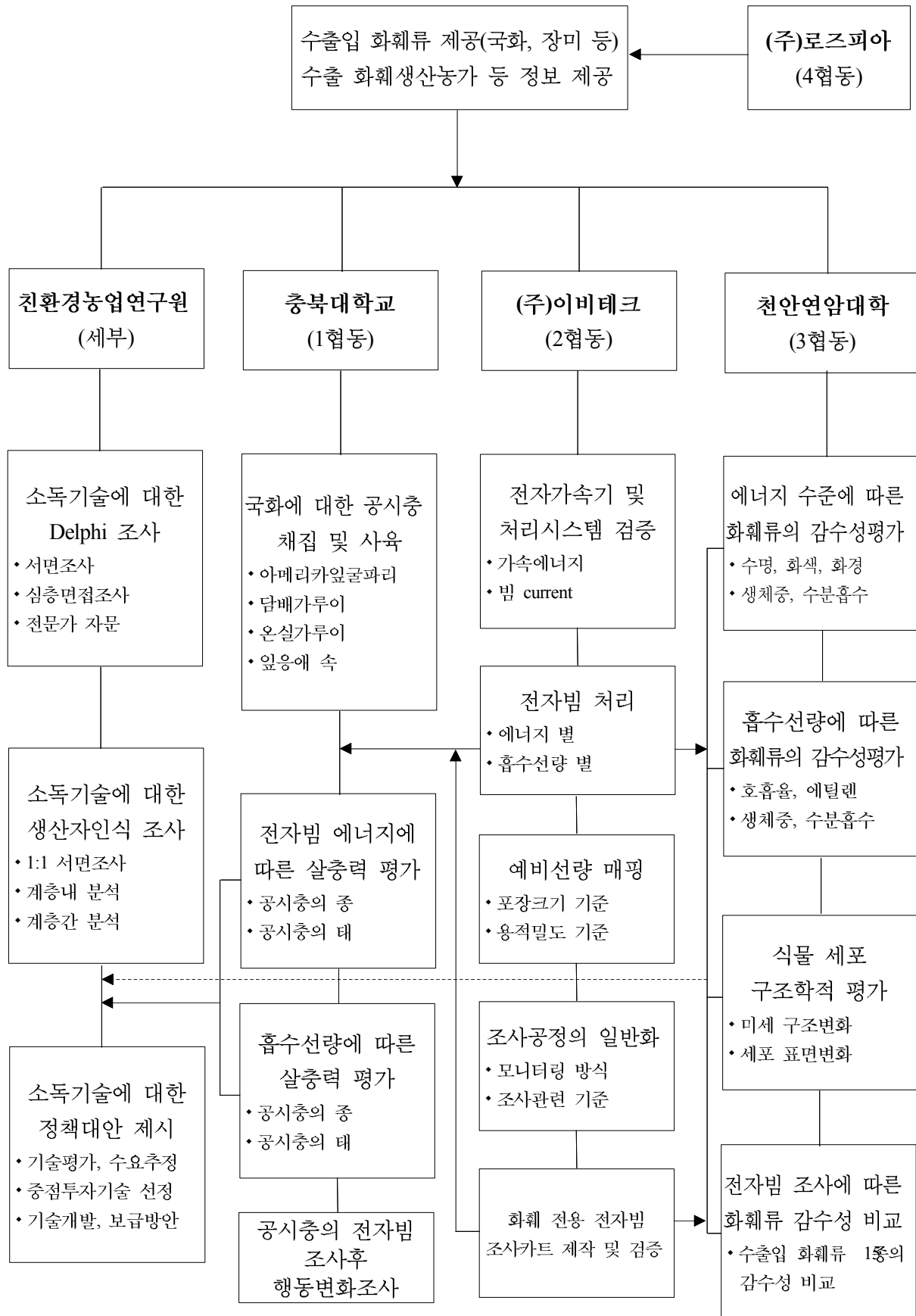
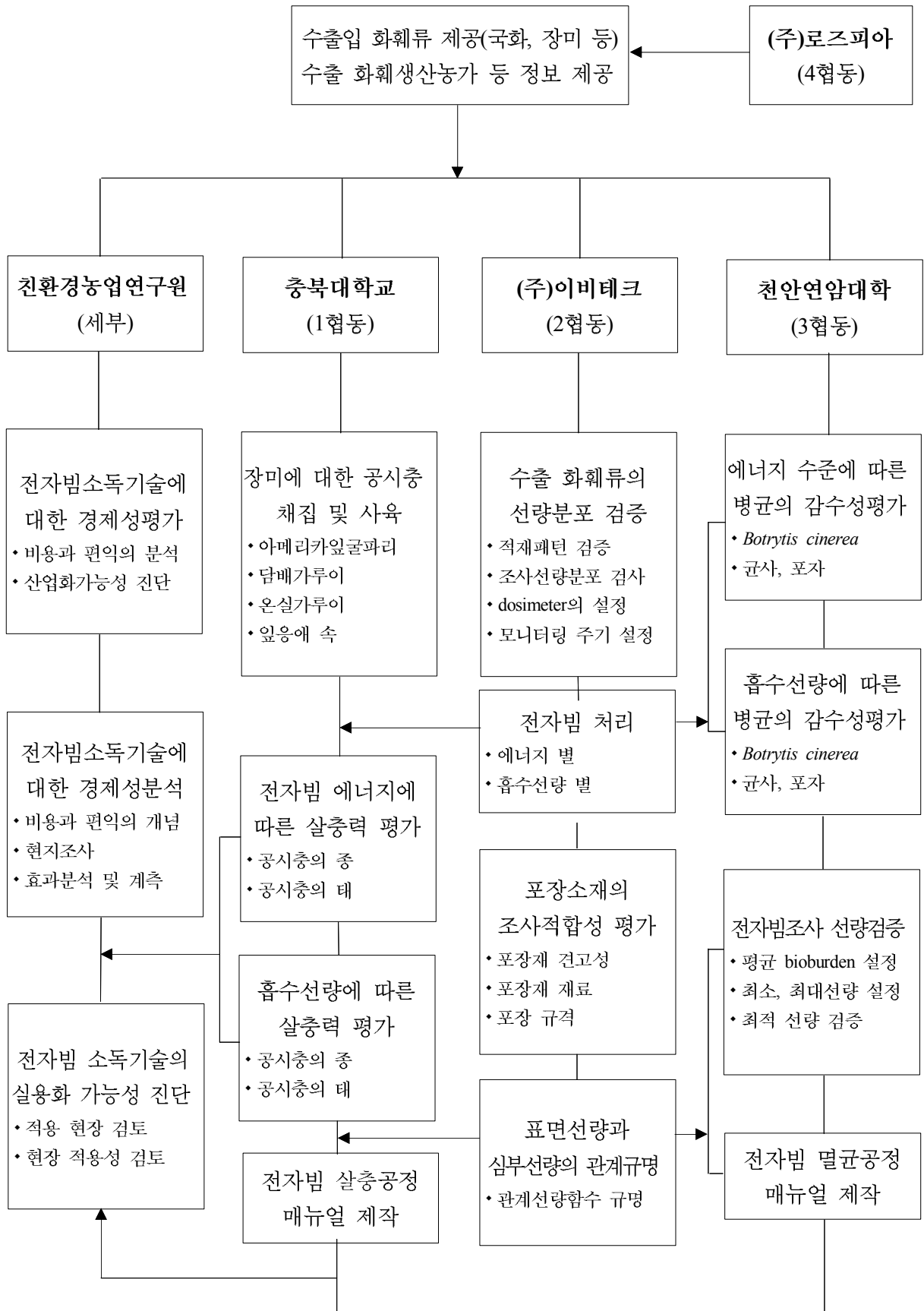


그림 1-1-2. 연구개발의 추진체계

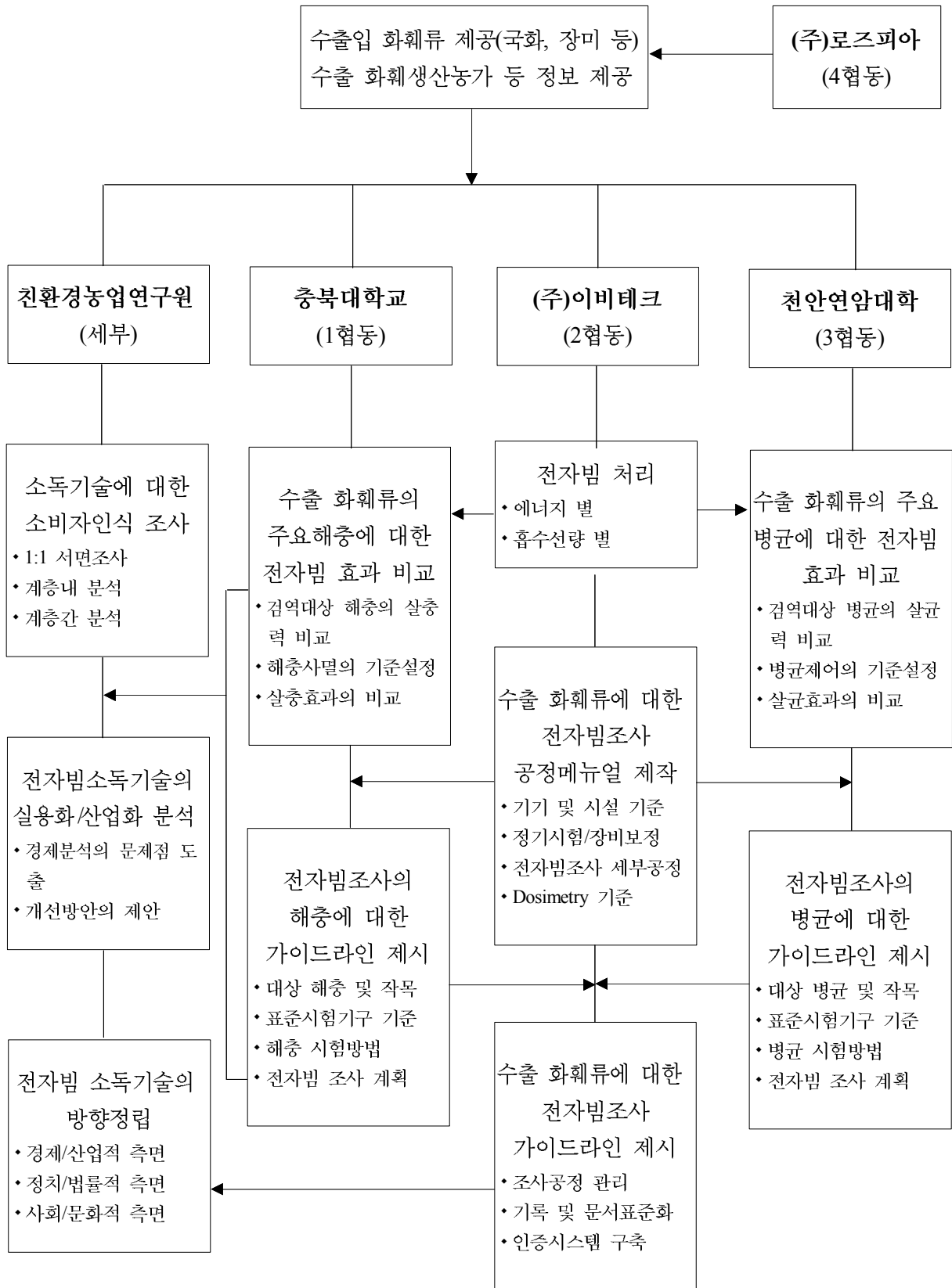
가. 1차년도 추진체계



나. 2차년도 추진체계



다. 3차년도 추진체계



3.3.4 연도별 추진일정

연 도	2009년 (1차년도)	2010년 (2차년도)	2011년 (3차년도)
세부과제 및 주요내용			
【세부】			
수출입 식물 소독기술에 대한 기술평가 및 인식조사 - 현행 소독기술에 대한 기술평가 및 수요추정 - 비화학적 소독기술에 대한 생산자 인식조사 - 소독기술에 대한 정책대안 제시			
수출입 식물 소독기술에 대한 경제성 평가 및 방향 정립 - 전자빔 소독기술에 대한 경제성 평가 - 경제분석의 문제점 및 개선방안 분석 - 전자빔 소독기술의 방향 정립			
수출입 식물 소독기술에 대한 인식조사 및 개발효과조사 - 비화학적 소독기술에 대한 소비자 인식조사 - 전자빔 소독기술에 대한 경제성 분석 - 전자빔 소독기술에 대한 실용화 가능성 진단			
【1협동】			
수출 화훼류의 검역대상 해충에 대한 전자빔 처리기술 개발 I - 공시충 채집 및 사육 - 국화에서 전자빔 에너지에 따른 살충력 평가 - 국화에서 전자빔 선량에 따른 살충력 평가 - 해충의 전자빔 조사에 따른 행동변화 조사			
수출 화훼류의 검역대상 해충에 대한 전자빔처리기술 개발 II - 공시충 채집 및 사육 - 국화에서 전자빔 에너지에 따른 살충력 평가 - 국화에서 전자빔 선량에 따른 살충력 평가 - 해충의 전자빔 조사에 따른 행동변화 조사 - 전자빔 살충 공정 매뉴얼 제작			
수출 화훼류의 전자빔 살충시스템 구축 - 수출 화훼류의 주요 균주의 살충력 비교 - 전자빔 멸균에 대한 가이드라인 제시			
【2협동】			
수출 화훼류에 대한 전자빔 처리의 Dose Mapping - 전자가속기 및 처리시스템의 검증 - 예비선량 매핑 - 조사공정 규격의 일반화			
수출 화훼류에 대한 전자빔 처리의 Dosimetry 개발 - 수출 화훼류의 선량분포 검증 - 포장소재의 조사적합성 평가 - 표면 선량 및 심부선량과의 관계 규명			
수출 화훼류에 대한 전자빔 조사시스템 구축 - 수출 화훼류에 대한 전자빔 조사 공정매뉴얼 제작 - 수출 화훼류에 대한 전자빔 조사 가이드라인 제시			
【3협동】			
수출 화훼류의 전자빔 처리후 품질특성 평가 - 전자빔 에너지에 따른 화훼류의 감수성 평가 - 전자빔 선량에 따른 화훼류의 감수성 평가			
수출 화훼류의 전자빔 살균기술 개발 - 전자빔 에너지에 따른 검역대상 평균의 감수성평가 - 전자빔 선량에 따른 검역대상 평균의 감수성 평가 - 전자빔 조사선량 검증 및 전자빔 멸균 공정 매뉴얼 제작			
수출 화훼류의 전자빔 살균시스템 구축 - 수출 화훼류의 주요 균주의 살충력 비교 - 전자빔 멸균에 대한 가이드라인 제시			

제2장 국내외 선행연구 고찰

제1절 본 과제와 기술과 관련된 국내 선행연구

1. 화훼류의 전자빔 처리에 따른 품질 평가

1.1 재료 및 방법

1 MeV 에너지 수준의 전자빔을 0, 0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0 kGy 선량 수준으로 조사하였다. 조사품목은 장미, 백합, 카네이션을 이용하였고, 분화류로는 베고니아, 시클라멘, 산호수를 사용하였다. 전자빔 조사는 <그림 2-1-1>과 같이 이루어졌다. 조사된 화훼식물은 항온실로 옮겨져 한달에 걸쳐서 품질에 대한 평가가 이루어졌다. 절화류는 수명, 화색변화, 수분흡수, 생체중, 화경 등을 관찰하였으며, 분화류는 낙뢰수, 엽수, 화아수, 개화수, 관능평가(5단계) 등으로 평가하였다. 각 화훼류는 처리별 5반복으로 조사하였다.



그림 2-1-1. 전자빔을 이용한 화훼류의 처리

1.2 결과 및 고찰

절화 카네이션의 경우 처리간 유의성 있는 결과를 볼 수 없었으나, 장미, 백합의 경우 0.8kGy 이상 처리시 화색이 검붉게, 누렇게 변하는 것을 확인 할 수 있었으며, 정상적인 개화가 이루어지지 않았다. 0.8kGy 이하의 선량에서는 처리간 유의성 있는 결과를 보이진 않았다. 정확한 선량 제시를 위하여 반복 실험과 다양한 품질의 변화에 대한 측정이 필요하다.

시클라멘과 베고니아의 수확 후 품질을 평가한 결과는 <그림 2-1-2> 및 <그림 2-1-3>과 같다.

전자빔 조사후 품질에 있어 조사선량이 증가함에 따라 품질이 낮아지는 경향을 보였다. 글라디올러스의 경우 전자빔 처리에 의해 에틸렌 발생이 감소하여 수명이 증가하였다는 결과가 보고된 바 있다. 전자빔 조사 선량과 식물 종에 따른 상관관계를 정확히 규명할 필요가 있으며, 수출이 이루어지고 있는 종을 대상으로 접근할 필요가 있다.



	잎의 노화 정도(0-5) ²		꽃의 노화 정도(0-5) ³		분화 수명 (일)
	처리 후 7일	처리 후 14일	처리 후 7일	처리 후 14일	
Control	4.80 a	3.40 a	4.80 a	2.60 a	15.60 a
100 Gy	2.60 d	1.60 bc	2.40 c	1.40 bc	8.20 c
200 Gy	3.40 bc	2.20 bc	3.40 b	2.20 ab	12.00 b
400 Gy	3.80 b	2.40 b	3.60 b	2.60 a	13.00 ab
600 Gy	2.60 d	1.60 bc	2.00 c	1.00 c	7.40 c
800 Gy	2.80 cd	1.80 bc	2.80 bc	1.60 abc	8.00 c
1000 Gy	2.40 d	1.40 c	2.00 c	1.00 c	6.80 c
F-test	****	***	****	*	****

²잎상태: 5, 잎의 색상 및 무늬가 선명하고 깨끗함; 0, 잎이 황화되고 끝부분이 갈변되거나 수침상 생김
³꽃상태: 5, 품종 고유의 색상으로 화색이 선명함; 0, 꽃잎이 퇴색되고 시들음

자료 : 권혜진, 2006, 고품질 분화 수확 후 관리 기술 개발

그림 2-1-2. 전자빔 조사후 분화 시클라멘의 수확 후 평가



자료 : 권혜진, 2006, 고품질 분화 수확 후 관리 기술 개발

그림 2-1-3. 전자빔 조사 후 리갈베고니아의 수확 후 품질 평가

2 전자빔 처리에 따른 Botrytis cinerea 의 생장저해 효과 평가

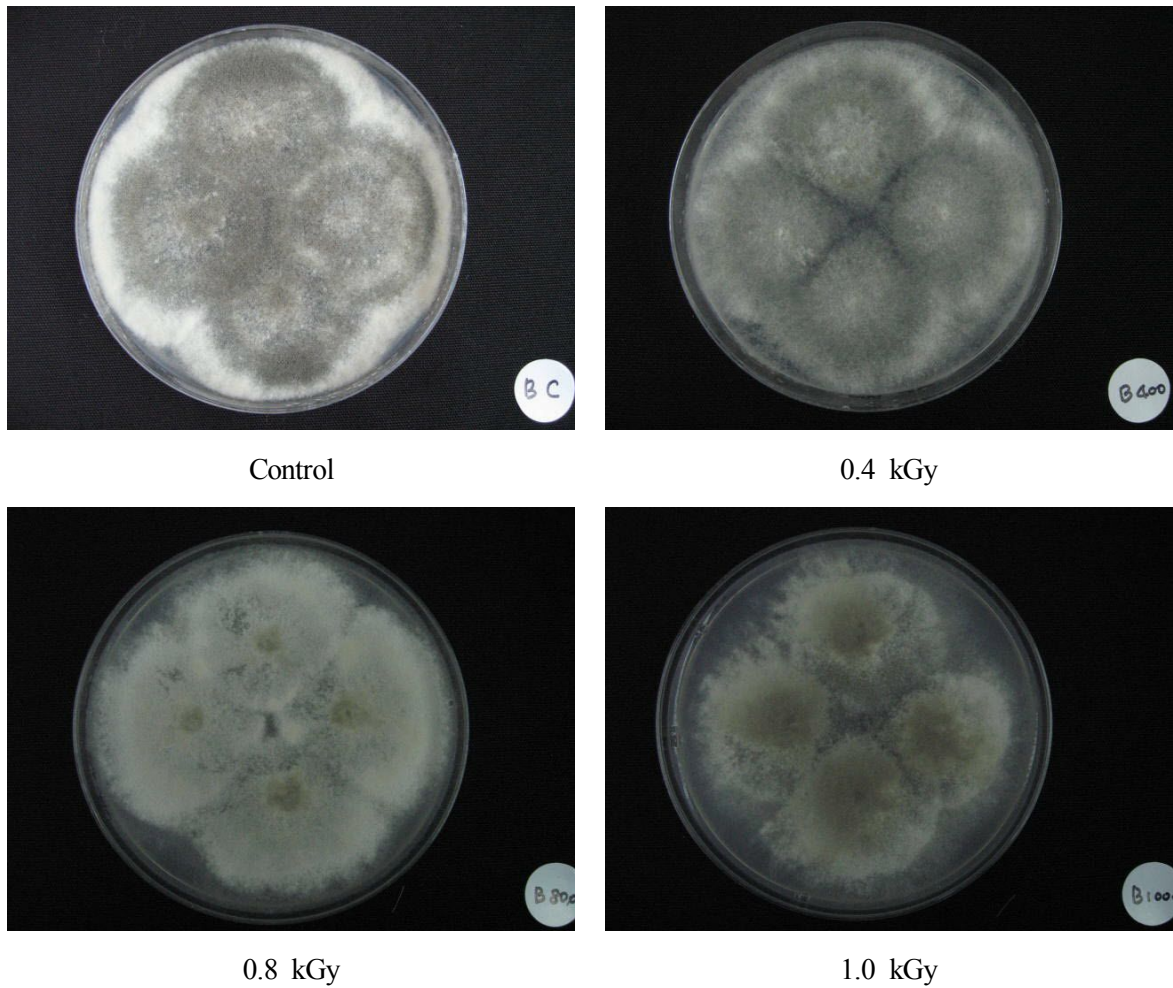
2.1 재료 및 방법

1MeV 에너지 수준의 전자빔을 0, 0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0 kGy 선량 수준으로 조사하였다. Botrytis cinerea 균사를 PDA 배지에 접종한 후 선량에 따라 전자빔을 조사한 후 배양기 내에서

균사를 배양하면서 2일후, 4일후에 균사의 성장 모습을 관찰하였다. 조사선량별 3반복으로 실험하였다.

2.2 결과 및 고찰

균사의 생장이 초기에 저해를 받았으며, 선량이 높아질수록 저해 효과는 높게 나타났다(그림 2-1-4). 저에너지, 저선량을 조사한 실험으로 4일이 지나면 균사의 생장이 다시 회복되는 경향을 나타내었다. 따라서 균사의 성장을 억제하기 위한 최소선량에 대한 연구가 요구된다.



자료 : 권혜진, 2006, 고품질 분화 수확 후 관리 기술 개발

그림 2-1-4. *Botrytis cinerea* 균사에 대한 전자빔 조사 효과

제2절 전자빔과 관련된 선행연구

1. 전자빔과 미생물 및 해충과 관련된 연구

전자빔과 해충관련 국내외 연구는 FAO 기술지침(FAO, 2006), 밀러와 맥도널드(Miller and McDonald, 1995), 상와낭쿨 외(Sangwanankul et al., 2008), 클만과 물러(Kuhlmann and Muller, 2009), 부다 외(Buda et al., 2006), 한과 김(Han and Kim, 2003)의 연구 등이 있다.

FAO 기술지침(FAO, 2006)은 FAO 회원국들이 식물위생조치에 관한 국제기준(ISPMs)기준에 따라 규제병해충에 대한 식물위생 소독처리로서 이온화 방사선을 적용하는 것에 관한 기술적 자료이다.

밀러와 맥도널드는 1995년의 연구(Miller and McDonald, 1995)에서 MB를 대체할 기술로 낮은 선량의 전자빔을 조사하였을 때 방역효과를 연구하였다.

상와낭쿨 외는 2008의 연구(Sangwanankul et al., 2008)에서 열대지역에서 생육하는 화훼류에 대하여 절화와 잎에 전자빔을 조사하여 감수성을 평가하였다.

클만과 물러는 2009년의 연구(Kuhlmann and Muller, 2009)에서는 전자빔과 UV irradiation이 브로컬리와 초식성 해충에 미치는 상관관계를 연구하였다.

부다 외는 2006년의 연구(Buda et al., 2006)에서 일정한 조건을 준 잎굴파리에 전자빔을 조사한 결과 영향을 미치는 효과가 있음을 증명하였다.

2003년 한과 김(Han and Kim, 2003)의 연구는 곡물의 살충, 식료품·의료용품 멸균처리, 종자의 발아억제를 위한 전자빔의 산업적 응용기술은 상용화 또는 실용화 단계에 이르렀고 화훼의 살충 및 생육억제분야에 있어서는 실용화 초기단계에 있다고 하였다.

국내의 경우 이러한 분야에 있어 대부분 연구개발단계에 머무르고 있지만 특히 화훼의 살충 및 생육억제분야에 있어서는 아직 연구결과가 알려진 것이 드물다.

2. 전자빔을 이용한 소독기술관련 연구

전자빔을 이용한 소독기술관련 연구는 도히노와 마사키(Dohino and Masaki, 1995), 도히노 외(Dohino et al., 1996), 도히노 외(Dohino et al., 1998), 슈미트 외(Schmidt et al., 2006), 민티에르와 폴리(Mintier and Foley, 2006) 등이 있다.

일본의 도히노와 마사키는 1995년의 연구(Dohino and Masaki, 1995)에서, 수입 화훼류의 식물 검역 처리를 위해 해충인 comstock mealybug (*Pseudococcus comstocki*)에 2.5MeV 에너지의 전자빔 조사하여 살충 효과를 조사한 결과 400Gy의 전자빔 조사에서 알로부터 성충에 이르는 모든 발육 단계에 있어 살충 또는 불임 효과가 있는 것을 확인하였다. 또한 1996년 도히노 외의 연구(Dohino et al., 1996)에서 해충 Thrips도 발육 단계에 따라 400Gy 선량의 전자빔 조사시 살충 또는 불임 효과가 있음이 밝혀졌다.

1998년 도히노 외의 연구(Dohino et al., 1998)에서 Green peach aphid의 유충에서 성충을 대상으로 전자빔을 조사한 결과 200Gy 선량에서 불임이 유도되어 차세대 번식을 억제하는 효과가 있음이 알려졌다.

슈미트 외는 2006년의 연구(Schmidt et al., 2006)에서 토마토에 전자빔을 조사하여 미생물의 발생에 미치는 영향을 연구한 결과 특히 삼모넬라균의 발생을 감소시키는데 매우 효과적이라는 결과를 얻었다.

민티에르 와 폴리는 2006년의 연구(Mintier and Foley, 2006)에서 로메인 상자에 전자빔을 조사하여 미생물을 사멸시키는 연구결과를 얻었다. 이는 전자빔이 감마선 보다 적은 선량으로 리티아리아균을 억제시키는 효과이다.

3. 농업분야의 전자빔 기술 개발·이용 관련 연구

3.1 전자빔 기술 이용 관련 연구

농업분야의 전자빔 기술 이용과 관련된 국내 연구는 송경빈(2007), 육홍선(2007), 고려대학교 산학협력단(2007), 단국대학교(2007) 등이 있다.

송경빈(2007)의 연구는 한약재의 유통저장 중 안정성 확보를 위한 전자빔을 이용한 미생물학적 위해인자 제거 및 저장성 향상 기술개발이다. 육홍선(2007)의 연구는 국산 참다래에 전자빔을 조사하여 참다래의 위생적, 이화학적 특성 및 기능성 성분이 어떻게 변화하는가를 연구하였다.

고려대학교 산학협력단(2007)의 연구는 전자빔을 이용하여 한발과 고온 장해에 저항성을 가지는 한지형 잔디 신품종을 육성하는 것이다. 단국대학교(2007)의 연구는 전자빔을 이용한 감귤 껍질의 농약 및 미생물을 제거하는 가공 시스템을 개발하는 연구이다.

3.2 전자빔가속기 기술 개발·이용 관련 연구

전자빔을 이용하려면 “전자를 가속(加速), 즉 더 빨리 움직이게 하는 장치” 전자빔 가속기가 필요하다. 전자빔을 이용하는 기술은 광범위한 기초과학을 바탕으로 진공공학과 전자광학의 진보에 따라 발전되어 왔다. 1905년 Marcello Von Pirani가 전자빔으로 내열성 물질인 티타늄을 녹이는 실험에 성공하였다. 1920년 중반 동역학적 실험, 1930년 초에 진공공학 발전이 병행되어 전자빔 발생기와 전자빔 가이드를 다루는 방법을 규명하였다. 1938년 Von Ardenne과 Ruhle가 자석 렌즈 시스템을 이용하여 집속된 빔으로 작은 구멍을 뚫거나 금속을 증발시키는데 성공하였다.

1950년경 Steiger Wald가 마이크로 범위의 드릴링과 머신닝을 위한 기구로 빔이 기술적으로 가능하다는 논문을 발표하였다. 1950년 중반에는 기술적인 목적으로 전자빔이 사용되었으며, 특히 1952년 A. Charlesby에 의해 전자빔에 의한 폴리에틸렌의 가교가 발명되면서 1957~1961년을 전후하여 여러 연구소들은 전자빔 용융장비와 기술을 발달시켰다. 이에 따라 새로운 기술은 고효율 진공 시스템이 가능하여 안전하게 사용할 수 있게 되었다.

1960년대 제너럴 일렉트릭사의 진공 변압기형, HVE(High Voltage Electronic)사의 절연 코아 변압기형 등 cockloft형 가속기가 개발되었다. 이에 따라 빔 전류가 6~20mA로 되어 전자빔을 이용한 화학반응공업이 발전되기 시작하였다. 1965년 이후부터 열이 나지 않는 빔 가속기들이 개발되면서 공업적으로 적용되기 시작하였다. 1965~1975년, 10년간은 전자빔 기술과 장비의

자동화가 이루어져 많은 분야에 응용되었다. 1968년에는 300KV, 30~100mA의 출력을 가진 변압기 정류형의 대정류장치가 미국 포드사, 일본 마쓰시다 전기 등에 의해 개발되었으며, 1972년은 500~750KV, 100mA 전원이 개발되었다. 1975년경에는 1MV 이상에서 50~100mA 출력장치로 보다 두꺼운 물질의 개질과 중합, 가교반응, 반도체, 자외선 경화 등에 이용되었고, 최근에는 3MV 이상의 장치가 공업화에 이용되고 있다. 현재 외국의 연구기관에서는 전자빔의 처리물품의 유해성과 안전성에 대한 연구·개발이 활발하게 이루어지고 있다.

국내에서 전자빔의 실질적인 사용자는 대기업에 속하는 회사들로서 다양한 분야에서 전자빔을 이용하고 있다. 전선 개질 분야에서는 ‘LG전선’ 등에서, 타이어 고무류 개질 분야에서는 ‘금호타이어사’와 ‘한국타이어사’에서 자체적으로 전자빔조사 설비를 구축하여 전자빔을 이용하고 있다. 중소기업의 경우 물리적 처리 방법의 관심도는 크지만 초기설비 투자비용면에서의 자금문제, 기술개발문제 등으로 현재는 미미한 수준이며, 향후 외국 시장개방 등 압력이 가해질 경우 위탁 처리 방법은 시장성이 있다(표 2-2-1).

표 2-2-1. 국내 전자빔 산업 현황

응 용	회 사	제 조 사	전 압	빔 전 류	도입시기
가 교 (Corss Linking)	LG Cable Co.	NHV	750keV	65mA	1984
		NHV	1.5MeV	65mA	1986
		NHV	1.0MeV	100mA	1987
		EB Tech	2.0MeV	50mA	2000
		EB Tech	1.0MeV	100mA	2000
	연합전선 Co.	RDI	1.0MeV	65mA	1991
	대원전선Co.	RDI	1.0MeV	65mA	1991
고무의 Precuring	동양전선 Co.	EB Tech	MeV	80mA	1996
PE foam	한국타이어Co.	NHV	500keV	150mA	1992
		NHV	500keV	65mA	2000
		NHV	1.0MeV	65mA	1998
	영보화학Co.	EB Tech	1.0MeV	100mA	1999
열수축튜브	통일산업	NHV	800keV	65mA	1991
	경신산업	NHV	1.0MeV	100mA	1990
Polymer Fuse	영진텍	INP	700keV	40mA	1997
페인팅 잉크의 Curing	대구	EB Tech	1.0MeV	40mA	1998
	한국 테트라팩	ES	175keV	300mA	1989
연 구	한국원자력연구원	HVEC	300keV	25mA	1975
	㈜이비테크	EB Tech	1.0MeV	40mA	1993
		EB Tech	1.0MeV	40mA	1994

자료 : 한국원자력연구원

현재 한국에는 전자빔의 안전한 이용과 활용도를 높이기 위하여 많은 학자들과 기업에서 연구하고 있다. 전자빔 가속기를 보유한 기관은 국가기관으로는 한국원자력연구원(KAERI)이며, 민간 기업은 (주)이비테크(EB Tech) 등이 있다. 한국원자력연구원에서는 전자빔 가속기를 주로 연구용으로 이용하고 있다. 그러나 (주)이비테크는 국내에서 가장 큰 전자빔 가속기를 보유하고 있으며, 의료장비 등 각종 용기 소독에 활용하여 이미 산업적 이용을 하고 있다. 뿐만 아니라 (주)이비테크는 농업분야에 전자빔을 안전하게 효율적으로 이용하기 위한 연구와 개발도 병행하

고 있다.

4. 전자빔 기술의 경제성 분석

일반적으로 국가 또는 민간의 투자사업의 경제성분석을 중심으로 하는 사업의 타당성분석은 국내외적으로 매우 많다. 그러나 전자빔 기술의 경제성분석 관련 선행연구는 국내외적으로 거의 전무한 상태이다. 국내에서 연구된 전자빔 기술의 경제성분석은 김정부 외(2009)가 유일하다.

김정부(2009-)의 연구는 ‘전자빔 조사’ 기술을 농업분야에 활용하려는 연구로서, 당시 한국의 여건에서는 매우 앞서가는 연구였다. 이 연구에서 ‘전자빔 조사’ 기술을 수확후 농산물 처리에 적용하였을 경우의 경제성을 분석한 결과 대상 품목에 따라 경제성이 다르게 계측되었다. ‘전자빔조사’에 대한 경제성지표인 편익비용비율(BC ratio)을 계측한 결과, 저장용 농산물인 감자의 경우 전자빔 기술을 이용할 경우 전자빔 가속기 사용료를 내는 조건으로 사용할 경우 경제성이 있지만 전자빔 사용자가 전자빔 가속기를 설치하여 사용할 경우는 경제성이 없는 것으로 나타났다. 한편 수출용 화훼인 국화의 BC ratio는 전자빔 가속기를 사용할 경우 경제성이 있는 것으로 나타났으나, 전자빔 가속기를 설치하여 이용하는 것 보다 전자빔 가속기 사용료를 지불하는 경우가 더 경제성이 큰 것으로 나타났다. 그리고 장미의 BC ratio는 전자빔 가속기를 이용할 경우는 어느 경우든 경제성이 없는 것으로 나타났다.

이 밖에 산업 기술의 경제성 연구는 강정일 외(2008), 강정일 외(2010)a, 그리고 강정일 외(2010)b가 있다.

강정일 외(2008)는 축사용 습식 공기정화시스템 개발에 대한 경제성 분석이었다. 강정일 외(2010)a는 폐식용유를 이용한 연료공급장치 및 온풍난방기 개발에 대한 경제성 분석이었으며, 그리고 강정일 외(2010)b는 농가보급형 우분 연료화 설비 기술개발에 대한 경제성 분석이었다.

제3장 연구개발과제의 개요

제1절 수출 농산물에 대한 비화학적 소독기술 적용에 따른 수출 경쟁력 확보

1. 연구개발과제의 개요

1.1 연구개발의 목적 및 필요성

최근 WTO와 FTA 체제의 출범에 따른 농산물 시장의 개방으로 국제간에 농산물의 교역이 크게 증가하고 있다. 이에 따라 각국은 농산물 수입 억제에 위해 사용되었던 관세장벽이 완화되어 비위생적인 농산물의 교역이 큰 문제로 대두되었다.

각국은 자국의 환경과 생태계 보전, 그리고 자국민의 건강을 지킨다는 명목으로 비관세 장벽의 하나인 농산물 검역제도를 강화하는 추세에 있으며, 이러한 검역제도의 강화는 농산물 수출국에게는 큰 수출 장벽으로 작용하고 있다.

최근 비화학적 소독기술로서 전자빔을 이용한 소독기술이 개발되었다. 그러나 농산물 수확후 처리 기술로서 개발된 전자빔을 이용한 기술은 인체에 대한 안전성에 대한 검증의 문제로 한국에서는 실용화 단계에 이르지 못하고 있다.

현재 국제사회에서는 Montreal Protocol, 국제식품조사자문회의(ICGFI) 등을 통하여 농산물 및 식품에 대한 화학적인 처리를 지양하고 물리적이고 친환경적인 처리방법을 권고하고 있다. 뿐만 아니라 WTO와 FTA를 근간으로 국제규정에 따라 농산물시장을 개방하고 있는 등 국제무역 규정(Global Trading Standard)이 변화하고 있다.

화훼류를 수출하는 한국의 농업인들은 화훼류 수입국의 검역제도 강화로 인해 매년 큰 손실을 입고 있다. 수출 화훼류의 검역에서 세균과 곤충에 대한 검역이 매우 엄격하게 이루어지고 있기 때문에 화훼류의 수출은 검역의 통과가 관건이다. 따라서 비식용 농산물인 화훼류의 비화학적 소독기술인 전자빔을 이용한 시험연구의 필요성이 크게 제기되고 있다.

화훼류의 비화학적 소독기술의 하나인 전자빔을 이용하기 위한 시험연구의 필요성에 따라 국가 검역기관, 학계 및 기업체에서는 수출 화훼류에 대한 전자빔을 이용한 비화학적 소독기술의 시험 연구를 시도하고 있다.

이 연구는 수출 화훼류 소독의 개선을 위해 개발하는 “비화학적 소독기술인 전자빔” 도입에 대한 소비자·생산자 인식조사, 도입 타당성 및 실용화 가능성 평가, 경제성 분석에 대한 연구가 주된 연구목표이다.

1.2 연구 목표 및 연구내용

1.2.1. 연구목표

이 연구의 목표는 다음과 같이 4가지이다.

첫째, 수출입 식물 소독기술에 대한 현행 기술을 평가하고 그 수요를 조사한다.

- 둘째, 수출 화훼류에 대한 비화학적 소독기술에 대한 소비자와 생산자의 인식을 조사한다.
- 셋째, 수출 화훼류에 대한 전자빔 소독기술 시스템의 실용화 가능성을 진단한다.
- 넷째, 수출 화훼류에 대한 전자빔 소독기술에 대한 경제성을 분석한다.

1.2.2 연구내용

이 연구의 연구 내용은 다음과 같다.

가. 수출입 식물 소독기술에 대한 현행 기술평가 및 수요조사

- 현행 소독기술에 대한 기술평가
- 소독기술에 대한 수요추정

나. 수출입 식물에 대한 비화학적 소독기술의 소비자 및 생산자 인식조사

- 비화학적 소독기술에 대한 소비자 인식조사
- 비화학적 소독기술에 대한 생산자 인식조사

다. 한국의 수출 화훼류 농업 분석

- 수출 화훼류 실태
- 수출 화훼류 수익성 분석

라. 수출 화훼류에 대한 전자빔 소독기술에 대한 경제성 분석

- 수출입식물 소독기술에 대한 개발효과분석
- 전자빔 소독기술에 대한 경제성분석
 - 비용과 편익의 분석
 - 전자빔 소독기술의 산업화 가능성 진단

마. 수출 화훼류에 대한 전자빔 소독기술 시스템의 실용화 가능성 진단 및 분석

- 전자빔 소독기술의 산업화 가능성 진단
- ‘전자빔 소독기술’의 실용화 문제점과 개선방안 분석

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용
1차년도	2009	수출입식물 검역기술에 대한 기술평가 및 생산자 인식조사	<ul style="list-style-type: none"> • 현행 검역기술에 대한 기술평가 및 수요추정 <ul style="list-style-type: none"> - 전문가 집단을 대상으로 하는 Delphi조사 • 비화학적 검역기술에 대한 생산자 인식조사 <ul style="list-style-type: none"> - 구조화된 설문지를 통한 1:1 면접조사
2차년도	2010	수출입식물 검역기술에 대한 소비자 인식조사 및 개발효과조사	<ul style="list-style-type: none"> • 비화학적 검역기술에 대한 소비자 인식조사 <ul style="list-style-type: none"> - 구조화된 설문지를 통한 1:1 면접조사 • 전자빔 검역기술에 대한 경제성분석 <ul style="list-style-type: none"> - 개발의 효과 및 비용의 개념정립 - 효과분석 관련 현지조사 및 효과 계측 • 전자빔 검역기술에 대한 실용화 가능성 진단
3차년도	2011	수출입식물 검역기술에 대한 경제성분석 및 방향정립	<ul style="list-style-type: none"> • 전자빔 검역기술에 대한 경제성평가 <ul style="list-style-type: none"> - 비용과 편익의 분석 - 전자빔 검역기술의 산업화 가능성 진단 • ‘전자빔검역기술’의 실용화 경제분석의 문제점과 개선방안 분석 • ‘전자빔검역기술’의 경제적 측면에서의 방향정립

1.3 연구방법

이 연구의 방법은 분석기법 및 자료수집 방법으로 구분할 수 있다.

1.3.1 분석 기법

이 연구에 이용된 주요 분석기법은 델파이기법(Delphi Method)와 편익-비용비율법(Benefit-Cost Ratio : BCratio)이다.

가. 델파이기법(Delphi Method)

이 연구에서 식물 소독기술에 대한 현행 기술평가 및 수요조사를 위해 델파이기법(Delphi Method)을 이용하였다.

델파이기법(Delphi Method)은 일반적으로 정량화·계량화하기 어려운 현상과 미래를 예측하기 위한 방법으로 주로 사회학 분야에 적용되는 조사기법이다. 델파이기법(Delphi Method)⁴⁾은 1948년 RAND연구소에서 개발하여 응용한 방법으로, 특정한 주제에 대하여 숙지된 판단을 체계적으로 유도하고 대조하는 방법이라고 정의할 수 있다. 즉, 어떤 문제를 예측하고, 진단하며, 결정하기 위하여 근접한 의견에 이를 때까지 전문가집단으로부터의 반응을 체계적으로 도출하여 분석하여 통합하는 조사방법이다.

나. 편익-비용비율법(Benefit-Cost Ratio : BCratio)

이 연구에서 수출 화훼류에 대한 전자빔 소독기술의 경제성 분석에 편익-비용비율법(Benefit-Cost Ratio : BCratio)을 이용하였다.

편익-비용비율(Benefit-Cost Ratio : BCratio) 분석법은 투자사업에서 미래에 발생할 편익의 현재가치와 비용의 현재가치를 비교하여 투자안의 경제적 타당성을 평가하는 방법이다.

1.3.2 자료수집

이 연구에 필요한 자료는 현지조사, 문헌조사 및 전문가 의견 수렴 등을 통해 수집하여 분석·검토하였다.

가. 현지조사

먼저 현지조사는 ① 현행 소독기술에 대한 기술평가 및 수요추정조사, ② 비화학적 소독기술에 대한 생산자 인식조사, ③ 비화학적 소독기술에 대한 소비자 인식, ④ 기술개발의 효과조사, ⑤ 기술개발의 비용조사, ⑥ 가타 식물 소독기술 및 화훼 농업 실태 파악조사 등을 추진하였다.

이러한 현지조사는 다음과 같은 방법으로 추진하였다.

첫째, 현행 소독기술에 대한 기술평가 및 수요추정은 전문가 집단을 대상으로 하는 델파이기법(Delphi Method) 조사 방법을 이용하여 조사·분석하였다.

둘째, 비화학적 소독기술에 대한 생산자 인식은 화훼 생산농가를 대상으로 설문지를 통한 면

4) 델파이는 아폴로신전이 있는 그리스의 지명으로 옛날에 그리스의 성현들이 미래를 예측하는 곳이다. 이런 연유로 델파이(Delphi) 조사의 어원은 그리스 신화에 나오는 아폴로 신전인 '델파이 신탁'에서 유래되었다.

접조사방법을 이용하여 조사·분석하였다.

셋째, 비화학적 소독기술에 대한 소비자 인식은 화훼 소비자, 거래상, 수입업자, 그리고 기존의 검역업자 등을 대상으로 설문지를 통한 면접조사방법을 이용하여 조사·분석하였다.

넷째, 기술개발의 효과는 이 연구의 핵심 내용인 ‘비화학적 소독기술인 전자빔’을 이용하여 수출용 화훼류를 소독 처리한 시험결과를 조사하여 효과를 계측하였다.

다섯째, 기술개발의 비용은 이 연구의 핵심 기술인 ‘비화학적 소독기술인 전자빔’을 이용하는 전자빔가속기 등 처리시스템을 개발하고 이용하는 비용을 조사·분석하였다.

여섯째, 식물 소독기술 및 화훼 농업 실태 파악, 효과분석 및 개선방안 도출을 위한 자료는 하여 화훼농가·관련 산업체·관련기관 조사를 통하여 수집·분석하였다.

나. 문헌조사

이 연구에서 필요한 자료는 국내 및 외국 문헌을 수집하여 분석·검토하였다

다. 전문가 의견 수렴

이 밖에도 전문가의 의견 수렴을 하여 연구에 활용하기 위하여 연구자문위원회를 구성하였으며, 필요할 경우 전문가 간담회 등의 방법을 이용하였다.

2. 수출입 식물 소독기술에 대한 현행 기술평가 및 수요조사

2.1 현행 소독기술에 대한 기술평가 및 수요조사 방법

2.1.1 델파이기법(Delphi Method) 조사 개요

가. 델파이기법(Delphi Method)의 개념과 절차

이 연구의 소독기술에 대한 기술평가 및 수요 추정방법으로 델파이기법(Delphi Method)에 의한 조사방법을 이용하였다.

다음에서 델파이기법(Delphi Method)의 개념에 대해 개략적으로 살펴보기로 한다.

일반적으로 예측 방법에는 크게 두 가지 유형이 있다. 그 하나는 판단적(Judgemental) 방법이고, 다른 하나는 통계적(Statistical) 또는 계량적 방법이다. 다시 말하면, 말로 하느냐 아니면 계산하느냐는 것이다. 판단적 방법에는 도움 받지 않는 판단(Unaided judgment), 시장 예측(Prediction markets), 델파이(Delphi)법, 구조화된 유추(Structured analogies), 게임이론(Game theory), 판단적 분해(Judgemental decomposition), 판단적 부스트래핑(Judgemental bootstrapping), 전문가 시스템(Expert systems), 상황적 상호작용(Simulated interaction), 의도 및 기대 조사(Intention and expectation surveys), 컨조인트 분석(Conjoint analysis) 등이 있다.

델파이기법(Delphi Method)은 1948년 RAND Corporation에서 개발한 다양한 전문가의 의견에 따른 예측 방법론으로 국가방위 기술수요예측과 사회기술 발전추세예측 등 긴급한 국방 및 사회문제에 관한 집단적 의견 수집방법으로 연구개발한 데서 비롯되었다. 이러한 델파이기법(Delphi Method)은 관리자(의견조정자)가 주관이 되어 전문가 5~20명의 의견을 2~3회 청취하고, 이를 피드백을 받아 최종 라운드 예측의 평균값 또는 중앙값으로 결과를 예측하는 방법이다.

델파이기법(Delphi Method)의 기본 원칙은 익명성, 반복성, 통제된 Feed Back 통계처리 합의 도출이다.⁵⁾

델파이기법(Delphi Method)의 조사방법은 각 분야의 전문가에게 어떤 문제에 대한 설문을 주어 그들의 의견을 임의대로 기입시키고, 그것을 집계한 결과를 전원에게 고루 돌려 다시 의견을 구한다. 이러한 Feed Back 과정을 여러 차례 반복하면서 의견을 차츰 수렴시키는데 이러한 과정을 거쳐 그 결과를 종합하여 미래 예측에 접근한다. 델파이기법(Delphi Method)의 특징은 토론의 경우 일어나기 쉬운 심리적 교란의 우려가 없고, 최초의 앙케이트를 반복 수렴함으로써 여러 사람의 판단이 Feed back 되기 때문에 결론의 객관도가 높다.

델파이기법(Delphi Method)은 다음과 같은 적용단계를 거쳐 추진한다.⁶⁾

첫째, 적절한 전문지식을 가진 다양한 전문가들 중에서 참여할 전문가를 선정한다.

둘째, 참여 전문가들에게 어떤 문제에 대한 질문을 주어 개략적인 예측치를 응답하게 한다.

셋째, 질문에 대한 답(예측치)을 요약하여, 수정·보완된 질문과 함께 다시 배포한다.

넷째, 질문에 대한 답(예측치)을 재차 요약해 다시 새로운 질문과 함께 배포한다.

다섯째, 만약 필요하다면 앞의 네 번째 과정을 반복한다.

여섯째, 이제 결과를 얻었으면, 참석자 전원에게 마지막 결과를 배포한다.

델파이기법(Delphi Method)의 장점과 단점은 다음과 같다.

먼저 델파이기법(Delphi Method)의 장점은 ① 응답자들의 익명성이 유지되므로 외부적인 영향으로 결론이 왜곡되는 것을 방지할 수 있으며, ② 통제된 환류과정을 반복함으로써 주제에 대한 관심을 높일 수 있고, ③ 응답의 결과가 통계적으로 처리됨으로써 비교적 객관적인 결론을 도출할 수 있는 점이다.

그러나 델파이기법(Delphi Method)의 단점으로는 ① 동원된 전문가들의 자질과 역량의 문제, ② 델파이과정에서 응답이 불성실하거나 조작될 가능성이 있고, ③ 설문여하에 따라 응답이 크게 달라질 수 있다는 비판이 제기되며, ④ 예측된 사건들 사이의 잠재적인 관계가 무시될 가능성이 있으며, ⑤ 예측이 상호보완적이거나 상호배타적인 항목을 포함하는 경우가 있다. 따라서 직관적 예측기법으로 델파이 기법을 보완하기 위해 상호영향분석(cross-important analysis)이 사용되고 있다.

나. 식물 소독처리 전문가 선정방법 및 선정결과

이 연구의 소독기술에 대한 기술평가 및 수요 추정방법으로 델파이기법(Delphi Method)에 의한 조사방법을 이용하였다.

현행 소독기술에 대한 기술평가 및 수요 추정을 위한 델파이기법(Delphi Method) 조사 전문가 집단으로 식물 소독처리 전문가를 선정하였다.

이 연구의 델파이기법(Delphi Method) 조사 식물 소독처리 전문가의 선정방법은 다음과 같다.

첫째, 조사대상 전문가 수는 식물 소독처리 관련기관, 대학 및 연구기관, 기업 관계자로 한다.

둘째, 조사대상 전문가는 식물 소독처리 전문가 70명을 선정한다.

이 연구의 델파이기법(Delphi Method) 조사 식물 소독처리 전문가의 선정방법에 의한 전문가

5) Gene Rowe & George Wright, (1999), "The Delphi technique as a forecasting tool: issues and analysis", *International Journal of Forecasting*, No. 15, 353-375.

6) B.Chase; Robert Jacobs; Nicholas J. Aquilano 공저, 김연성, 유석천, 정승환, 주상호 공역, (2010), 『Operation & Sply Management-생산관리』, 서울: 한경사, p.481.

선정결과는 다음과 같다(표 3-1-1).

표 3-1-1. 델파이기법(Delphi Method) 조사대상 전문가 선정결과

단위 : 개소

구 분	조사수
농 립 부	6
국립식물검역원	43
농 촌 진 흥 청	4
국립산림과학원	1
한국원자력연구원	3
대 학	8
기 업	5
계	70

자료 : 조사자료

다. 식물 소독처리 전문가의 조사방법

식물 소독처리 전문가는 방문 조사와 이메일 조사를 병행한다.

방문면접과 이메일 방법에 의한 조사방법은 조사표를 이용한 설문 및 의견을 청취하여 조사한다. 조사에 사용된 조사표는 ‘수출입 식물 소독기술에 대한 조사표’(<부록 1> 참조)를 만들어 조사한다.

델파이기법(Delphi Method) 조사는 조사대상이 해당 분야 전문가이기 때문에 각 결과에 대하여 가중치를 적용하지 않는다. 따라서 전문가 조사 결과는 모든 의견이 동등한 위치에서 재평가 받는다. 다수의 의견도 하나의 안건으로, 소수의 의견도 하나의 안건으로 처리하였다.

이 연구에서는 1차 조사에 국한된 결과만을 분석하였으며, 이 점은 2차 조사 혹은 연차적으로 반복조사를 통해 해결될 수 있을 것이다.

라. 식물 소독기술에 대한 주요 조사 관점 및 내용

식물 소독기술을 기술적 측면에서 ① 화학적 소독, ② 물리적 소독, ③ 복합적 소독으로 분류하였고, 기술 단계⁷⁾로 ① 미도입, ② 도입기, ③ 성장기, ④ 성숙기, ⑤ 쇠퇴기로 나누었다.

식물 소독기술의 평가 항목으로 ① 경제적 중요성, ② 기술의 성숙도, ③ 친환경성 및 안전성, ④ 선진국 대비 기술수준 ⑤ 수요 및 발전전망 으로 분류하여 조사하였다.

2.2 현행 소독기술에 대한 기술평가 및 수요 추정 개요

2.2.1 델파이기법(Delphi Method) 조사 응답 전문가 일반사항

가. 델파이기법(Delphi Method) 조사 응답자 분포

이 연구의 델파이기법(Delphi Method) 조사대상 전문가 70명을 조사한 결과 응답한 전문가는 48명으로 전문가의 응답률은 68.6%였다(표 3-1-2).

7) 미국 국립과학재단은 ① 기초연구, ② 응용연구, ③ 개발의 3단계로 구분한다.

표 3-1-2. 텔파이 조사 응답자 분포

단위 : 개소, %

구 분	조사수	응답수	응답율
농 립 부	6	1	16.7
국립식물검역원	43	32	74.4
농 촌 진 흥 청	4	2	50.0
국립산림과학원	1	1	100.0
한국원자력연구원	3	3	100.0
대 학	8	6	75.0
기 업	5	3	60.0
계	70	48	68.6

자료 : 조사자료

나. 식물 소독처리 전문가 직업분포

식물 소독처리 전문가의 직업(직무)은 검역직이 62.5%로 가장 많았고, 다음으로 연구직이 16.7%이며, 교직 12.5%, 업계관계자 6.3%, 행정직 2.1% 순으로 나타났다(표 3-1-3).

표 3-1-3. 식물 소독처리 전문가의 직업분포

단위 : 개소, %

구 분	응답수	비 율
검역직	30	62.5
연구직	8	16.7
교 직	6	12.5
업계관계자	3	6.3
행정직	1	2.1
기 타		0.0
계	48	100.0

자료 : 전문가 조사자료

다. 식물 소독처리 전문가 연구분야 분포

식물 소독처리 전문가의 연구분야는 농학이 45.8%로 가장 많았으며, 다음으로 화학이 20.8%, 유전학 14.6%, 물리학과 환경학이 각 4.2%로 나타났다(표 3-1-4). 비연구직도 10.4%의 비율을 보였다.

표 3-1-4. 식물 소독처리 전문가의 연구분야 분포

단위 : 개소, %

구 분	응답수	비 율
물리학	2	4.2
유전학	7	14.6
환경학	2	4.2
농 학	22	45.8
화 학	10	20.8
비연구직	5	10.4
계	48	100.0

자료 : 전문가 조사자료

라. 식물 소독처리 전문가의 종사기간

식물 소독처리 전문가의 종사기간은 11-20년 사이가 45.8%로 가장 많았으며, 다음으로 6-10년 사이 18.8%, 1-5년 사이 16.7%, 21-30년 사이 14.6%, 31년 이상 4.2% 순으로 나타났다(표 3-1-5).

표 3-1-5. 식물 소독처리 전문가의 연구분야 현황

단위 : 개소, %

구 분	응답수	비 율
1-5년	8	16.7
6-10년	9	18.8
11-20년	22	45.8
21-30년	7	14.6
31년 이상	2	4.2
계	48	100.0

자료 : 전문가 조사자료

마. 식물 소독처리 전문가의 자기평가 현황

식물 소독처리 전문가의 자기평가는 전문 지식인이 75.0%, 종합 관리인이 25%로 나타났다(표 3-1-6).

표 3-1-6. 식물 소독처리 전문가의 자기평가 현황

단위 : 개소, %

구 분	응답수	비 율
종합 관리인	12	25.0
전문 지식인	36	75.0
계	48	100.0

자료 : 전문가 조사자료

바. 식물 소독처리 전문가의 관심분야 현황

식물 소독처리 전문가의 관심분야는 화학적 방제가 29.2%, 물리적 방제가 28.1로 나왔으며, 다음으로 환경문제 16.7%, 소독처리사업 15.6%, 천연물 방제 10.4% 순이었다(표 3-1-7).

표 3-1-7. 식물 소독처리 전문가의 자기평가 현황

단위 : 개소, %

구 분	응답수 ¹	비 율
화학적 방제	14	29.2
물리적 방제	13.5	28.1
천연물 방제	5	10.4
환경문제	8	16.7
소독처리사업	7.5	15.6
기 타	0	0.0
계	48	100.0

주 : 1. 전문가 당 응답수는 1로 하여 중복시 비율 적용함.

2 중복 = 각 0.5점, 3중복 = 각 0.33점

자료 : 전문가 조사자료

사. 식물 소독처리 전문가의 연령별, 성별 현황

식물 소독처리 전문가의 연령분포는 46-50세 사이가 37.5%로 가장 많았고, 다음으로 30-35세 사이가 22.9%이며, 41-45세가 20.8%, 36-40세가 14.6%, 51세 이상이 4.2%로 나타났다(표 3-1-8).
식물 소독처리 전문가의 성별분포는 남성이 91.7%, 여성이 8.3%의 비율을 보였다(표 3-1-8).

표 3-1-8. 식물 소독처리 전문가의 연령별, 성별 분포

단위 : 개소, %

구 분	응답수 ¹	비 율	
연 령	30-35세	11	22.9
	36-40세	7	14.6
	41-45세	10	20.8
	46-50세	18	37.5
	51세 이상	2	4.2
	계	48	100.0
성 별	남	44	91.7
	여	4	8.3
	계	48	100.0

자료 : 전문가 조사자료

2.3 식물 소독기술의 평가 및 국제비교

2.3.1 적용범위 또는 소독 수요측면에서의 중요성 평가

식물 소독기술을 적용범위 및 소독 수요측면에서 중요성을 평가하였다. 평가한 소독기술은 CH₃Br, PH₃, HCN, 증열처리, 저온처리, 전자빔 처리, 감마선 처리, 화학+화학 복합처리, 화학+물리 또는 물리+화학 복합처리, 물리+물리 복합처리 등이다. 평가내용은 소독기술의 중요도에 대한 점수와 평가 근거이다.

평가결과는 <표 3-1-9>에서 보는 바와 같다.

표 3-1-9. 적용범위 또는 소독 수요측면에서의 중요성 평가 결과

단위 : 점

소독기술	중요도 점수 분포	특기 사항
CH ₃ Br	60-100	40점대의 의견이 나왔으나 평가근거가 환경적 피해 혹은 독성으로 해당 의견을 평가항목 중 “친환경성 및 안전성”으로 옮겼음
PH ₃	5-30	90점대의 의견이 나왔으나 평가근거가 적용가능성 증가로 해당 의견을 평가항목 중 “수요 및 발전 전망”으로 옮겼음
HCN	5-50	90점대의 의견이 나왔으나 평가근거가 적용가능성 증가로 해당 의견을 평가항목 중 “수요 및 발전 전망”으로 옮겼음
증열처리	30-70	
저온처리	10-50	70점대의 의견이 나왔으나 평가근거가 미래적용가능성 증가로 해당 의견을 평가항목 중 “수요 및 발전 전망”으로 옮겼음
전자빔 처리	10-70	90점대의 의견이 나왔으나 평가근거가 기술개발에 따른 미래적용 가능성 증가로 해당 의견을 평가항목 중 “수요 및 발전 전망”으로 옮겼음
감마선 처리	10-90	
화학+화학 복합처리	0-20	
화학+물리 또는 물리+화학 복합처리	60-90	
물리+물리 복합처리	20-50	

자료 : 전문가 조사자료

가. CH₃Br

CH₃Br 소독기술의 중요도 점수는 60-100점 사이의 분포를 보이고 있다. CH₃Br의 중요도 평가 조사에서 40점대의 의견이 나왔으나 평가근거가 환경적 피해 혹은 독성으로 해당 의견을 평가항목 중 “친환경성 및 안전성”으로 옮겼다.

CH₃Br 소독기술의 평가 근거는 다음과 같다.

- 첫째, 품목에 따라 약해가 발생하나 대량 물량처리가 가능하다.
- 둘째, 현행 소독수요가 가장 많다.
- 셋째, 기술적용이 용이하며 살충력이 높다.
- 넷째, 현재 대부분의 화훼수출에 적용되는 검역기준이다.
- 다섯째, 효과 대비 비용이 경쟁력 있다.

나. PH₃

PH₃ 소독기술의 중요도 점수는 5-30점 사이의 분포를 보이고 있다. PH₃의 중요도 평가 조사에서 90점대의 의견이 나왔으나 평가 근거가 적용가능성 증가로 해당 의견을 평가항목 중 “수요 및 발전 전망”으로 옮겼다.

PH₃ 소독기술의 평가 근거는 다음과 같다.

- 첫째, 실질적 수요 미미하나 안전하다.
- 둘째, 장기적 방법은 아니다.
- 셋째, 온도 수분 등의 제한이 있다.

다. HCN

HCN 소독기술의 중요도 점수는 5-50점 사이의 분포를 보이고 있다. HCN의 중요도 평가 조사에서 90점대의 의견이 나왔으나 평가 근거가 적용가능성 증가로 해당 의견을 평가항목 중 “수요 및 발전 전망”으로 옮겼다.

HCN 소독기술의 평가 근거는 다음과 같다.

- 첫째, 기술 및 시설의 요구도가 크다.
- 둘째, 고가의 안전장비가 필요하여 실제로 적용이 어렵다.
- 셋째, 생식물 및 많은 양의 소독이 가능하다.
- 넷째, 약해가 다른 소독제에 비하여 낮다.
- 다섯째, 현재 시행되는 검역기준이다.

라. 증열처리

증열처리 소독기술의 중요도 점수는 30-70점 사이의 분포를 보이고 있다.

증열처리 소독기술의 평가 근거는 다음과 같다

- 첫째, 시설관리 용이하다.
- 둘째, 실질적 검역수요 높으나, 품목이 목재포장재에 한정된다.
- 셋째, 효과측면에서 낮다.
- 넷째, 과일류 소독 등에 사용된다.
- 다섯째, 현재 시행되는 검역기준이다.

마. 저온처리

저온처리 소독기술의 중요도 점수는 10-50점 사이의 분포를 보이고 있다. 저온처리의 중요도 평가 조사에서 70점대의 의견이 나왔으나 평가 근거가 미래적용 가능성 증가로 해당 의견을 평가항목 중 “수요 및 발전 전망”으로 옮겼다.

저온처리 소독기술의 평가 근거는 다음과 같다.

첫째, 에너지 비용이 과다하다.

둘째, 선상(컨테이너)이동시 사용되는 기술이다.

바. 전자빔 처리

전자빔 처리 소독기술의 중요도 점수는 10-70점 사이의 분포를 보이고 있다. 전자빔 처리의 중요도 평가 조사에서 90점대의 의견이 나왔으나 평가 근거가 기술개발에 따른 미래적용 가능성 증가로 해당 의견을 평가항목 중 “수요 및 발전 전망”으로 옮겼다.

전자빔 처리 소독기술의 평가 근거는 다음과 같다.

첫째, 고가의 장비 및 시설이 요구된다.

둘째, 고도기술(원자력기술)이 필요하다.

셋째, 효과적이나 침투깊이의 제한이 있다.

넷째, 물리적 변성이 염려된다.

다섯째, 고도기술(원자력기술)이 필요하다.

여섯째, 처리품목이 제한적이며 현재 소독수요가 없다.

일곱째, 미래지향적, 친환경적, 저비용이다.

사. 감마선 처리

감마선 처리 소독기술의 중요도 점수는 10-90점 사이의 분포를 보이고 있다.

감마선 처리 소독기술의 평가 근거는 다음과 같다.

첫째, 방사선 안전성에 대한 전문적인 지식이 필요하다.

둘째, 물리적 변성이 염려된다.

셋째, 현재 시행되고 있으나 감소하고 있는 추세이다.

넷째, 다양한 품목에 처리가 가능하다.

다섯째, 비용대비 효율이 탁월하다.

여섯째, 미래지향적, 친환경적, 저비용이다.

아. 화학+화학 복합처리

화학+화학 복합처리 소독기술의 중요도 점수는 0-20점 사이의 분포를 보이고 있다.

화학+화학 복합처리 소독기술의 평가 근거는 다음과 같다.

첫째, 환경문제가 내재하고 있다.

둘째, 중복작업을 통한 안전성에 문제가 있다.

셋째, 대상 품목에 대한 약해 피해 우려된다.

넷째, 실효성이 낮다.

자. 화학+물리 또는 물리+화학 복합처리

화학+물리 또는 물리+화학 복합처리 소독기술의 중요도 점수는 60-90점 사이의 분포를 보이고 있다.

화학+물리 또는 물리+화학 복합처리 소독기술의 평가 근거는 다음과 같다.

첫째, 현재 이용이 가장 많다.

둘째, 효과측면에서 실효성이 크다.

셋째, 훈증+저온, 훈증+전자빔 등 복합시스템 개발시 적용범위 넓어진다.

차. 물리+물리 복합처리

물리+물리 복합처리 소독기술의 중요도 점수는 20-50점 사이의 분포를 보이고 있다.

물리+물리 복합처리 소독기술의 평가 근거는 다음과 같다.

첫째, 에너지 소요가 과다하다.

둘째, 소독수요가 없다.

2.3.2 기술적 성숙도 평가

식물 소독기술 중 쇠퇴기로 평가된 기술은 CH₃Br, PH₃, 화학+화학 복합처리기술로 나타났으며, 현재까지 미도입이라고 생각되는 기술은 전자빔 처리, 감마선 처리, 물리+화학 복합처리 기술로 나타났다(그림 3-1-1).

구 분		미도입	도입기	성장기	성숙기	쇠퇴기
화학적 소독	CH ₃ Br					
	PH ₃					
	HCN					
물리적 소독	증열					
	저온					
	전자빔					
	γ-ray					
복합적 소독	화학+화학					
	화학+물리					
	물리+화학					

그림 3-1-1. 식물 소독기술의 기술적 성숙도 현황

가. CH₃Br의 쇠퇴평가

CH₃Br의 쇠퇴평가 이유는 다음과 같다.

첫째, 오존층 파괴 물질로 세계적으로 금지를 추진하고 있다.

둘째, 약해가 문제이다.

셋째, 환경적으로 유해하다.

나. PH3의 쇠퇴평가

PH3의 쇠퇴평가 이유는 다음과 같다.

- 첫째, 화재발생 가능성이 있다.
- 둘째, 내성을 지닌 해충이 존재하고 있다.
- 셋째, 소독효율이 저조하다.
- 넷째, 환경적으로 유해하다.

다. 화학+화학 처리의 쇠퇴평가

화학+화학 처리의 쇠퇴평가 이유는 '실효성이 낮기 때문이다'.

2.3.3 친환경성 및 안전성 평가

식물 소독기술을 친환경성 및 안전성측면에서 중요성을 평가하였다. 평가한 소독기술은 CH3Br, PH3, HCN, 증열처리, 저온처리, 전자빔 처리, 감마선 처리 등이다. 평가내용은 소독기술의 중요도에 대한 점수와 평가근거이다.

평가결과는 <표 3-1-10>에서 보는 바와 같다.

표 3-1-10. 친환경성 및 안전성 평가 결과

단위 : 점

소독기술	친환경성 점수 분포	안전성 점수 분포	비 고
CH3Br	0-40	50-80	
PH3	50-80	50-80	
HCN	30-80	10-30	
증열처리	80-100	40-100	
저온처리	80-100	80-100	
전자빔 처리	60-100	50-100	
감마선 처리	30-100	20-90	

자료 : 전문가 조사자료

가. CH3Br

CH3Br 소독기술의 친환경성 점수는 10-90점, 안전성 점수는 50-80점 사이의 분포를 보이고 있다.

CH3Br 소독기술의 평가 근거는 다음과 같다.

- 첫째, 오존 파괴 물질이나 처리기술 및 사용기술이 축적되어 있다.
- 둘째, 환경오염 및 잔류 독성이 강하다.
- 셋째, 인체에 매우 유해하다.
- 넷째, 훈증시 약해 피해가 발생한다.

나. PH3

PH3 소독기술의 친환경성 점수는 50-80점, 안전성 점수는 50-80점 사이의 분포를 보이고 있다. PH3 소독기술의 평가 근거는 다음과 같다.

- 첫째, 실질적 수요가 미미하다.
- 둘째, 안전하다.
- 셋째, 소독효율이 저조하다.
- 넷째, 온도 수분 등의 제한이 있다.

다. HCN

- HCN 소독기술의 친환경성 점수는 30-80점, 안전성 점수는 10-30점 사이의 분포를 보이고 있다.
HCN 소독기술의 평가 근거는 다음과 같다.
- 첫째, 제독기술 및 시설의 요구도가 크다.
 - 둘째, 고가의 안전장비가 필요하여 실제 적용이 어렵다.
 - 셋째, 유출시 독성이 매우 강하다.
 - 넷째, 오존파괴 물질이 아니다.
 - 다섯째, 현재 시행되는 검역기준이나 소독처리를 하고 있지 않다.

라. 증열처리

- 증열처리 소독기술의 친환경성 점수는 80-100점, 안전성 점수는 40-100점 사이의 분포를 보이고 있다.
증열처리 소독기술의 평가 근거는 ‘안정적이나 가온시 화석연료를 사용’하는 점이다.

마. 저온처리

- 저온처리 소독기술의 친환경성 점수는 80-100점, 안전성 점수는 80-100점 사이의 분포를 보이고 있다.
저온처리 소독기술의 평가 근거가 되는 평가사항이 없다.

바. 전자빔 처리

- 전자빔 처리 소독기술의 친환경성 점수는 60-100점, 안전성 점수는 50-100점 사이의 분포를 보이고 있다.
전자빔 처리 소독기술의 평가 근거는 다음과 같다.
- 첫째, 실용화 연구 중이며, 순수 전기로만 가동된다.
 - 둘째, 환경적으로 안전하나 처리에 따른 작물, 인체피해 위험성이 존재한다.
 - 셋째, 전자빔 시설의 안전성이 결여되어 있다.

사. 감마선 처리

- 감마선 처리 소독기술의 친환경성 점수는 30-100점, 안전성 점수는 20-90점 사이의 분포를 보이고 있다.
감마선 처리 소독기술의 평가 근거는 다음과 같다.
- 첫째, 방사능 물질을 사용한다.
 - 둘째, 방사선 누출시 환경 피해가 심각하다.

2.3.4 기술 수준 및 기술격차 평가

화학적 소독기술은 선진국대비 격차가 1년 이내이나 현재 쇠퇴기에 들어선 기술로 향후 대체기술의 개발이 시급하고, 물리적 소독기술은 최선진국 대비 현행 60-65% 수준으로 약 3-3.5년의 격차를 보이고 있으나, 5년 후 80-85%수준으로 1.5-2년의 기술격차가 있을 것으로 나타났다(표 3-1-11).

표 3-1-11. 식물 소독기술의 기술수준 및 기술격차 평가 결과

구 분		현 행		5년 후	
		기술수준(%)	기술격차(년)	기술수준(%)	기술격차(년)
화학적 소독	CH3Br	90	1	95	0
	PH3	90	1	100	0
	HCN	60	7	75	4
물리적 소독	증열	60	3	80	2
	저온	60	3	80	2
	전자빔	65	3.5	85	2
	γ-ray	65	3.5	85	1.5
복합적 소독	화학+화학	-	-	-	-
	화학+물리	-	-	-	-
	물리+물리	-	-	-	-

자료 : 현지조사결과

가. 현행 최선진국과의 기술수준 차이 이유

한국과 최선진국과의 기술수준 격차가 발생한 이유는 다음과 같다.

첫째, 식물 소독기술과 관련된 연구 인력이 부족하다.

둘째, 사회적, 정책적 관심이 미미하여 예산의 확보가 어렵다.

셋째, 관련 전문기관은 국립식물검역원 뿐이다.

넷째, 방사선 기술의 경우 기술수준 보다는 소비자 인식 및 품목에 따른 데이터 부족, 국내규정이 뒷받침되지 못한다.

다섯째, 대규모 처리시설의 보급이 미흡하다.

여섯째, 방사선기술의 실용화 실증연구 미흡하다.

일곱째, 개발된 기술의 현장적용시험 부진하다.

나. 5년후 최선진국과의 기술수준 차이 이유

한국과 최선진국과의 5년후 기술수준의 격차가 발생할 수 있는 이유는 다음과 같다.

첫째, MB대체 등 시장 수요가 적어 대기업 등의 투자 및 연구협력이 적을 것이다.

둘째, 정부차원의 예산의 확보가 우선시 되면 해결될 것으로 보인다.

셋째, 국내에서 개발하지 못한 기술은 선진국에서 빠르게 도입해야 할 것이다.

넷째, 인프라 구축을 위한 시간이 필요하다.

다섯째, 선진국도 새로운 기술개발 및 적용을 할 것으로 사료된다.

2.4 금후의 식물 소독기술의 수요와 발전 전망

2.4.1 연구개발 및 도입·보급이 시급한 소독기술

앞으로 연구개발 및 도입·보급이 시급한 소독기술은 CH₃Br 대체기술, 약제분의기술, 전자빔(방사선) 기술, 신선채소 소독기술, CATTIS (Controlled Atmosphere Temperature Treatment System) 등이다.

가. CH₃Br 대체기술

CH₃Br 대체기술은 CH₃Br을 국제적으로 사용제한으로 인하여 시급하게 개발해야 될 분야이다. 따라서 CH₃Br 대체기술에 대한 품목약해평가, 해충사멸평가, 효율적 처리시설에 대한 연구개발이 필요하며, 이와 함께 창고형 소독시설, 제독설비, MB 회수시스템 등도 개선하고 발전시켜야 될 분야이다.

나. 약제분 의 기술

현재 소독기술의 대부분이 제한된 시설과 장소를 필요로 한다. 분의 가능한 소독재료의 개발과 함께 해충 선택적 소독기법 및 대용량 소독기술이 병행하여 연구되어야 할 분야이다.

다. 전자빔(방사선) 기술

앞으로 소독기술은 친환경적이고 안정된 소독기법이 요구되고 있다. 또한 국제협약 및 무역마찰 해소를 위한 연구개발이 필요하다. 이러한 요구에 부응하는 소독기술의 하나가 전자빔(방사선) 기술이다.

전자빔(방사선) 기술은 품목에 따른 정확한 조사기준, 대규모 시설에 대한 전문적 지식과 인력, 국내/국제규정에 대한 협의, 지속적인 대국민 인식제도가 필요하다.

라. 신선채소 소독기술

현재 신선채소는 시장의 유통량이 크게 증가하고 있다. 그러나 신선채소의 소독기술 개발은 미미하다. 신선채소에 대한 약해가 없고 약효 우수한 기술 개발이 요구되고 있다.

마. CATTIS (Controlled Atmosphere Temperature Treatment System)

CATTIS는 친환경적 소독기술로 국내외에서 활발하게 연구되고 있다. CATTIS는 MB 대체기술로 유망하므로 대상해충 실내사육기술을 병행하여 개발해야 되고, 연구용 CATTIS 시설 및 처리용 CATTIS 시설의 지원이 필요하며, 이에 따른 자동제어기술과 작물신선도 평가기술을 개선·발전시켜야 한다.

2.4.2 향후 중점적으로 투자가 필요한 소독기술

앞으로 중점적으로 투자가 필요한 소독기술은 목재류 훈증제 개발기술, 전자빔(방사선) 처리 기술, 저에너지단위 소독기법, 광범위성 소독기술 및 CATTIS 등이다.

가. 목재류 훈증제 개발기술

목재류 훈증을 MB에서 열처리로 대체하였다. 그러나 아직도 여전히 MB의 사용량 많다. 앞으로 목재류 훈증제 개발을 중점적으로 추진하여야 한다.

나. 전자빔(방사선) 처리기술

전자빔(방사선) 처리 기술은 향후 매우 유망한 기술분야의 하나이다. 그러나 전자빔 처리 농산물에 대한 안전성이 완전히 규명되지 않았다. 따라서 전자빔(방사선) 처리 식품의 안전성, 소비자 선호도, 기피 정도 등에 대한 심층 연구를 병행하여 그 안전성을 증명하여야 한다.

다. 저에너지단위 소독기법

향후 소독기술은 친환경, 저에너지단위, 저유해 소독약제 개발이 요구될 것으로 보인다.

라. 광범위성 소독기술

앞으로의 소독 기술은 그 이용이 화물에 국한되지 않고, 인체에도 무해하며, 위생적이므로 용도가 광범위한 소독기술의 개발이 유망하다.

마. CATTIS(Controlled Atmosphere Temperature Treatment System)

CATTIS는 친환경적 소독기술로 국내외에서 활발하게 연구되고 있다. 따라서 앞으로 중점적으로 투자할 필요가 있는 소독기술이다.

2.5 기타 식물 소독기술 관련 제언

현재 이 밖에 식물 소독기술의 개발에 필요한 것은

위에서 연구개발 및 도입·보급이 시급한 소독기술과 향후 중점적으로 투자가 필요한 소독기술을 살펴보았다.

현재 한국의 소독업체는 대부분 경영규모가 매우 영세하여 대단위 투자가 어렵다. 따라서 이들 영세 소독업체에 대한 정부지원이 필요하다. 이를 위해 정부에서는 다음과 같이 영세한 소독업체의 지원조직을 구성하여 각종 소독기법의 개발 및 시설투자에 대한 지원이 필요하다.

첫째, 국가 방사선 검역체계의 확보 및 시행을 위한 대단위 사업단을 구성하는 것이 필요하다. 뿐만 아니라 국가검역원을 중심으로 국내 연구기관, 대학, 산업체로 구성된 추진단을 설립 운영하여 국제협력을 통해 동향을 파악하고 선진 검역체계를 취득하여야 한다.

둘째, MB 소독약제 대체기술로 전자빔 소독기술을 연구개발 할 때 수입 물품의 용량, 포장 상태에 따른 소독기술을 고려하여 전자빔 소독기술을 연구개발방향을 설정하여야 한다.

3. 수출 화훼류에 대한 비화학적 소독기술의 소비자 및 생산자 인식조사

3.1 조사목적

최극 비화학적 소독기술이 농림수산업 뿐만 아니라 모든 산업분야에서 광범위하게 적용되고

있다. 특히 외국에서는 비화학적 소독기술이 식품 및 농림수산업분야에 광범위하게 이용되고 있다. 이제 한국도 비화학적 소독기술의 도입과 이용이 필요한 시점에 도달하였다. 따라서 비화학적 소독기술을 농림수산업분야에 도입하기 위하여 먼저 소비자 및 생산자들이 비화학적 소독기술에 대하여 어떻게 인식하고 있는가를 알아야 다음 단계의 정책을 결정할 수 있다.

이 조사는 비화학적 소독기술에 대한 소비자 및 생산자의 인식 정도에 대한 자료 수집이 주된 목적이며, 주요 조사 내용은 다음과 같다.

첫째 소비자 및 생산자들이 비화학적 소독기술의 실체를 어느 정도 알고 있으며, 어떤 경로를 통해 알게 되었는가?

둘째, 비화학적 소독기술을 이용하여 생산한 농산물 및 식품 등 식용제품과 화훼와 같은 비식용 농산물에 대해 소비자들이 어떻게 생각하며, 구매할 의사가 있는가?

셋째, 농업생산자들은 비화학적 소독기술을 이용한 식품 및 농산물 특히 화훼의 생산에 이용할 의사가 있는가?

3.2 비화학적 소독기술에 대한 소비자 인식조사⁸⁾

3.2.1. 조사개요

가. 조사 대상

‘비화학적 소독기술에 대한 소비자 인식조사’의 조사대상은 수출화훼와 관련된 국내외 주요 관련자로 하였다.

화훼 수출과 관련된 외국의 소비자는 화훼를 거래하는 상인과 일반소비자로 구분할 수 있다. 수출화훼를 거래하는 상인은 한국의 화훼류를 대량으로 구입하는 구매자이기 때문에 큰 의미에서의 소비자라고 할 수 있다. 따라서 해외 조사대상 소비자는 일본의 수입업자, 도매업자, 소매업자, 그리고 일반소비자로 하였다. 일본을 조사대상 국가로 선정된 것은 일본이 세계에서 한국의 화훼를 가장 많이 수입하는 국가이기 때문이다.

국내 조사대상 소비자는 수출화훼와 관련된 식물 등 소독업 종사자를 선정하였다. 국내 식물 소독업자를 조사대상으로 선택한 이유는 이들은 수출 식물의 방역에 조사하는데, 앞으로 비화학적 소독기술의 이용이 일반화되면 이들이 비화학적 소독기술의 수요자가 될 수 있기 때문이다.

나. 조사 내용

‘비화학적 소독기술에 대한 소비자 인식조사’의 조사의 내용은 다음과 같다.

첫째, 화훼류 구입시 구입기준

둘째, 농산물 및 식품의 소독방법과 방제기술 인지도

셋째, ‘전자빔 조사(照射)’에 대한 인지도

넷째, 전자빔으로 소독 처리된 농산물 및 식품의 구입의사

다섯째, 전자빔으로 소독 처리된 비식용 화훼의 구입의사

여섯째, 전자빔을 이용한 소독기술에 대한 의견

8) 이 조사에 도움을 준 한국 농촌진흥청의 일본 농림수산성 농림수산정책연구소 파견관 위태석 박사와 (株)ヒューマンコミュニケーションズの 阿比留みとり 사장에게 감사드린다.

일곱째, 화훼의 수출입 및 통관과정에서 발생하는 문제점과 개선방안

다. 조사 대상 선정 및 조사결과

‘비화학적 소독기술에 대한 소비자 인식조사’의 조사대상 소비자 선정결과는 <표 3-1-12>와 같이 국외(일본) 분야별 소비자 55명, 국내 소비자 15명을 임의로 선정하여 조사하였다.

표 3-1-12. 국가별 조사대상 소비자 분포 및 조사결과

단위 : 호, %

국 별	구 분	조사자	
		조사수	구성비
해외소비자 (일본)	화훼수입업자	5	7.1
	화훼도매업자	20	28.6
	화훼소매업자	20	28.6
	일반소비자	10	14.3
	소 계	55	78.6
국내소비자	소독업자	15	21.4
계		70	100.0

자료 : 조사자료

라. 조사방법

이 연구의 ‘비화학적 소독기술에 대한 소비자 인식’에 대한 국외조사는 일본 현지를 조사하였다. 일본의 조사지역은 동경의 화훼도매시장인 (주)오타화훼(大田花き) 및 (주)FAJ(Flower Auction Japan), 그리고 소매점인 シャムロック, Fleurage, Lumine Head shop. Lumine est, i Lumine, Aoyama Flower Market과 시모노세키 지역을 조사하였다.

조사방법은 조사표를 이용하여 설문 및 의견을 현지 방문면접으로 청취하여 조사하였다(<부록 4> 참조).

조사표를 이용하여 수집된 자료는 통계분석 방법을 이용하여 집계·분석하였다.

3.2.2. 비화학적 소독기술에 대한 소비자 인식조사 결과

가. 조사결과 요약

‘비화학적 소독기술에 대한 소비자 인식조사’ 결과 70명의 조사대상 가운데 58명이 조사에 응하였으며, 12명의 소비자는 조사에 응하지 않아 조사하지 못하였다(표 3-1-13).

조사에 응한 조사대상자는 해외소비자의 경우 화훼수입업자 3명, 화훼도매업자 18명, 화훼소매업자 17명, 일반소비자 10명이었으며, 국내 소비자는 식물 소독업자 10명이었다.

따라서 이 연구에서는 통계적으로 분석할 수 있는 유효한 조사결과인 58호의 수출 화훼 소비자를 대상으로 분석하였다.

표 3-1-13. 국가별 조사대상 소비자 조사결과

단위 : 호, %

국 별	구 분	조사자		응답자		무응답자	
		조사수	구성비	응답수	구성비	무응답수	구성비
해외소비자 (일본)	화훼수입업자	5	7.1	3	5.2	2	16.7
	화훼도매업자	20	28.6	18	31.0	2	16.7
	화훼소매업자	20	28.6	17	29.3	3	25.0
	일반소비자	10	14.3	10	17.2	0	0.0
	소 계	55	78.6	48	82.8	7	58.4
국내소비자	소독업자	15	21.4	10	17.2	5	41.6
계		70	100.0	58	100.0	12	100.0

자료 : 조사자료

조사 응답자의 연령별 분포는 31세-40세 44.8%로 가장 많고, 다음으로 41세-50세 22.1%, 21세-30세 13.8%, 그리고 51세-60세 12.1%의 순으로 나타났다(표 3-1-14). 따라서 조사 응답자는 30대와 40대가 67%로서 비교적 젊은 층이 조사에 응하였다.

표 3-1-14. 응답자의 연령 분포

단위 : 인, %

연 령 별	응답자	구성비
20세 이하	0	0.0
21세-30세	8	13.8
31세-40세	26	44.8
41세-50세	13	22.4
51세-60세	7	12.1
61세 이상	4	6.9
계	58	100.0

자료: 현지조사

조사 응답자의 학력별 분포는 대졸 이상이 70.7%로 가장 많고, 다음으로 고졸 27.6%, 중졸 1.7%의 순으로 나타났다(표 3-1-15). 조사 응답자는 고졸 이상이 98%로서 비교적 고학력자였다. 이는 일본의 경우 이 조사에 응답한 사람은 화훼 등의 수입 및 판매에 종사하는 사람들은 젊은 고학력층이었다고 생각된다.

표 3-1-15. 응답자의 학력 분포

단위: 인, %

연령별	응답자	구성비
중졸이하	1	1.7
고졸	16	27.6
대졸 이상	41	70.7
계	58	100.0

자료: 현지조사

나. 화훼류 구입시 구입기준

소비자들이 화훼류를 구입할 때 의사결정에 가장 크게 영향을 미치는 요인은 품질(색깔, 향기, 신선도 등) 51.7%로 가장 많고, 다음으로 품종 및 형태 24.1%, 가격 16.8%의 순으로 나타났다(표 3-1-16).

표 3-1-16. 화훼구입 결정요인

단위: 인, %

구입 결정기준	응답자(A)			가중치(B)		평균(A×B) ¹⁾			구성비
	1순위	2순위	계	1순위	2순위	1순위	2순위	계	
품질(색깔, 향기, 신선도 등)	36	12	48	3	1	108	12	120	51.7
품종, 형태 등	15	11	26	3	1	45	11	56	24.1
안전도	2	2	4	3	1	6	2	8	3.4
가 격	3	30	33	3	1	9	30	39	16.8
기 타	2	3	5	3	1	6	3	9	3.9
계	58	58	116			174	58	232	100.0

주 1. 이 문항의 조사는 응답자에게 1순위 기준과 2순위 기준의 복수 응답을 조사하였다. 조사자료는 응답의 중요도를 반영하기 위하여 1순위 응답에는 3점, 2순위 응답자에게는 점의 가중치를 부여하여 분석하였다.

자료: 현지조사

다. 농산물 및 식품의 소독방법과 방제기술 인지도

다양한 소독 또는 방제기술이 농업분야에는 다양한 소독 또는 방제기술이 이용되고 있다. 이러한 소독 또는 방제처리 기술로 처리한 곡물이나 식품이 있다는 사실을 알고 있는냐는 질문에 대해 응답자의 82.8%는 알고 있으며, 모르거나 관심이 없는 응답자는 17.3%였다(표 3-1-17).

소독 또는 방제처리 기술로 처리한 곡물이나 식품이 있다는 사실을 알고 있는냐는 질문에 대해 응답자의 연령별 인지정도를 보면 40세-50세 그룹이 92.3%로 가장 높았다.

소독 또는 방제처리 기술로 처리한 곡물이나 식품이 있다는 사실을 알고 있는냐는 질문에 대해 응답자의 학력별 인지정도를 보면 대졸 이상은 90.2%로 가장 높았다.

표 3-1-17. 농산물 및 식품의 소독방법 인지도

단위: 인, %

구 분	응답자				구성비				
	알고있다	모른다	관심없다	계	알고있다	모른다	관심없다	계	
연령별	21-30	7	1	0	8	87.5	12.5	0.0	100.0
	31-40	22	4	0	26	84.6	15.4	0.0	100.0
	41-50	12	1	0	13	92.3	7.7	0.0	100.0
	51-60	5	0	2	7	71.4	0.0	28.6	100.0
	61세 이상	2	1	1	4	50.0	25.0	25.0	100.0
학력별	중졸 이하	0	0	1	1	0.0	0.0	100.0	100.0
	고졸	11	4	1	16	68.8	25.0	6.3	100.0
	대졸 이상	37	3	1	41	90.2	7.3	2.4	100.0
계	48	7	3	58	82.8	12.1	5.2	100.0	

자료: 현지조사

응답자가 인지하고 있는 소독기술과 그 소독기술의 인지경위를 보면 <표 3-1-18>과 같다.

응답자가 인지하고 있는 소독기술을 종류별로 보면 화학적 소독기술의 인지도는 CH3Br가 36.2%로 가장 높고, 다음으로 PH3와 HCN은 각각 29.3%만 인지하고 있는 것으로 조사되었다.

물리적 소독기술의 인지도는 증열이 63.8%로 가장 높고, 다음으로 저온 43.1%, γ-ray 15.5%, 전자빔 8.6%, 기타 3.4%의 순이다.

표 3-1-18. 기술별 농산물 및 식품의 소독방법 인지정도 및 인지경로

단위: 인, %

기술 구분	소독기술 및 방법	응답자								구성비							
		인지 유무			인지 경위					인지 유무			인지 경위				
		알고 있다	모르고 있다	계	메스컴	동업자 및 지인에게 청문	책을 통해	기타	계	알고 있다	모르고 있다	계	메스컴	동업자 및 지인에게 청문	책을 통해	기타	계
화학적 소독 기술	CH3Br	21	37	58	0	5	3	13	21	36.2	63.8	100.0	0.0	23.8	14.3	61.9	100.0
	PH3	17	41	58	0	6	3	8	17	29.3	70.7	100.0	0.0	35.3	17.6	47.1	100.0
	HCN	17	41	58	0	4	2	11	17	29.3	70.7	100.0	0.0	23.5	11.8	64.7	100.0
	기타	5	53	58	0	2	0	3	5	8.6	91.4	100.0	0.0	40.0	0.0	60.0	100.0
물리적 소독 기술	증열	37	21	58	8	6	5	18	37	63.8	36.2	100.0	21.6	16.2	13.5	48.6	100.0
	저온	25	33	58	7	2	7	9	25	43.1	56.9	100.0	28.0	8.0	28.0	36.0	100.0
	전자빔	5	53	58	1	0	4	0	5	8.6	91.4	100.0	20.0	0.0	80.0	0.0	100.0
	γ-ray	9	49	58	1	0	6	2	9	15.5	84.5	100.0	11.1	0.0	66.7	22.2	100.0
	기타	2	56	58	0	0	1	1	2	3.4	96.6	100.0	0.0	0.0	50.0	50.0	100.0
복합적 소독 기술	화학+화학	11	47	58	1	2	2	6	11	19.0	81.0	100.0	9.1	18.2	18.2	54.5	100.0
	화학+물리	9	49	58	0	2	3	4	9	15.5	84.5	100.0	0.0	22.2	33.3	44.4	100.0
	물리+물리	6	52	58	0	0	2	4	6	10.3	89.7	100.0	0.0	0.0	33.3	66.7	100.0

자료: 현지조사

복합적 소독기술의 인지도는 화학+화학이 19.0%로 가장 높고, 다음으로 화학+물리 15.5%, 물리+물리 10.3%의 순이다.

다음으로 응답자들이 인지하고 있는 소독기술을 종류별 인지 경로를 보면 화학적 소독기술은 주로 기타 화학약품상인 등을 통해 가장 많이 인지하며, 다음으로 동업자 및 지인에게 들어서, 또한 책을 통해서 인지하고 있다.

물리적 소독기술의 인지경로는 주로 책을 통해 알고 있으며, 일부는 메스컴을 통해 알고 있다.

복합적 소독기술의 인지경로는 주로 기타 전문가들을 통해 가장 많이 인지하고 있으며, 다음으로 동업자 및 지인에게 들어서 인지하고 있다. 이러한 현상은 복합적 소독기술의 경우 전문성이 높기 때문이라고 할 수 있다.

라. “전자빔 조사(照射)”에 대한 인지도

일반적으로 전선, 타이어 및 플라스틱 등 공산품을 소독할 때 “전자빔”을 조사하여 소독하고

있다는 사실을 알고 있는가에 대한 질문에 대해 응답자의 93.1%가 모르고 있다(표 3-1-19).

응답자의 연령별로는 20대와 50대 이상은 거의 이런 사실을 인지하고 있지 않았다. 한편 응답자의 학력별 인지는 저학력일수록 인지도가 낮았다.

표 3-1-19. 연령별 농산물 및 식품의 소독방법 인지도

단위: 인, %

구 분		응답자			구성비		
		있다	모른다	계	있다	모른다	계
연령별	21-30	0	8	8	0.0	100.0	100.0
	31-40	3	23	26	11.5	88.5	100.0
	41-50	1	12	13	7.7	92.3	100.0
	51-60	0	7	7	0.0	100.0	100.0
	61세 이상	0	4	4	0.0	100.0	100.0
학력별	중졸 이하	0	1	1	0.0	100.0	100.0
	고졸	1	15	16	6.3	93.8	100.0
	대졸 이상	3	38	41	7.3	92.7	100.0
계		4	54	58	6.9	93.1	100.0

자료: 현지조사

한편 “전자빔”을 조사하여 소독한 전선, 타이어 및 플라스틱 등 공산품의 안전성에 대해 응답자의 81.0%가 ‘잘 모르겠다’고 하였으며, 13.8%의 응답자는 ‘거부감은 없다’와 ‘안전하다고 생각한다’고 하였다(표 3-1-20). 연령별로는 50대 이상의 계층은 ‘잘 모르겠다’고 하였으며, 40대 이하의 계층에서는 ‘거부감은 없다’와 ‘안전하다고 생각한다’는 의견이 다른 연령계층보다 많다.

응답자의 학력별 의견은 고학력 계층이 저학력 계층보다 ‘거부감은 없다’와 ‘안전하다고 생각한다’는 의견이 많다.

표 3-1-20. ‘전자빔 조사’ 제품의 안전성에 대한 의견

단위: 인, %

구 분		응답자						구성비					
		안전하다	거부감은 없다	잘 모르겠다	약간 꺼림직하다	위험하다	계	안전하다	거부감은 없다	잘 모르겠다	약간 꺼림직하다	위험하다	계
연령별	21-30	0	1	7	0	0	8	0.0	12.5	87.5	0.0	0.0	100.0
	31-40	1	3	20	2	0	26	3.8	11.5	76.9	7.7	0.0	100.0
	41-50	0	3	9	1	0	13	0.0	23.1	69.2	7.7	0.0	100.0
	51-60	0	0	7	0	0	7	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0
	61세 이상	0	0	4	0	0	4	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0
학력별	중졸 이하	0	0	1	0	0	1	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0
	고졸	0	1	14	1	0	16	0.0	6.3	87.5	6.3	0.0	100.0
	대졸 이상	1	6	32	2	0	41	2.4	14.6	78.0	4.9	0.0	100.0
계		1	7	47	3	0	58	1.7	12.1	81.0	5.2	0.0	100.0

자료: 현지조사

이와 같은 생각을 갖게 된 이유는 ‘관심이 없기 때문에’가 25.9% 가장 많고, 다음으로 ‘잘 모르는데서 오는 막연한 불안감 때문에’ 22.4%, ‘방사선 치료를 받아본 경험이 있기 때문에’ 19.0%, ‘병원에서 엑스레이 및 CT촬영에 많이 사용하고 있기 때문’ 17.2%로 나타났다(표 3-1-21).

그러나 ‘전자빔 조사’ 제품의 안전성에 대해 36.2%의 응답자는 전자빔과 유사한 방사선을 의료용으로 이미 사용하고 있다는 점에서 긍정으로 생각하는 것 같다.

표 3-1-21. ‘전자빔 조사’ 제품의 안전성에 대한 의견별 이유

단위: 인, %

구 분	응답자									구성비							
	병원에서 많이 사용하기 때문에	방사선 치료를 받아본 경험	원자력 발전소 사고 등이 연상	핵폭발의 위험성	잘 모르는데서 오는 막연한 불안감	관심이 없기 때문에	기타	계	병원에서 많이 사용하기 때문에	방사선 치료를 받아본 경험	원자력 발전소 사고 등이 연상	핵폭발의 위험성	잘 모르는데서 오는 막연한 불안감	관심이 없기 때문에	기타	계	
연 령 별	21-30	1	1	0	0	2	2	2	8	12.5	12.5	0.0	0.0	25.0	25.0	25.0	100.0
	31-40	6	0	7	0	7	5	1	26	23.1	0.0	26.9	0.0	26.9	19.2	3.8	100.0
	41-50	3	0	0	0	2	3	5	13	23.1	0.0	0.0	0.0	15.4	23.1	38.5	100.0
	51-60	0	0	3	0	1	3	0	7	0.0	0.0	42.9	0.0	14.2	42.9	42.9	100.0
	61세 이상	0	0	1	0	1	2	0	4	0.0	0.0	25.0	0.0	25.0	50.0	25.0	100.0
학 력 별	중졸이하	1	0	1	0	0	0	0	2	50.0	0.0	50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	고졸	3	1	4	0	0	7	1	16	18.8	6.2	25.0	0.0	0.0	43.8	6.2	100.0
	대졸이상	6	0	6	0	13	8	7	40	15.0	0.0	15.0	0.0	32.5	20.0	17.5	100.0
계	10	1	11	0	13	15	8	58	17.2	19.0	1.7	0.0	22.4	25.9	13.8	100.0	

자료: 현지조사

마. 전자빔으로 소독 처리된 농산물 및 식품의 구입의사

전자빔으로 소독 처리된 식용 농산물 및 식품을 구입하겠는가 하는 질문에 대해 응답자의 70.7%는 구입하지 않겠다고 응답하였으며, 29.3%는 구입하겠다고 응답하였다(표 3-1-22). 연령별로는 40대 계층에서 전자빔으로 소독 처리된 식용 농산물 및 식품을 구입하겠다는 응답이 많았으며, 학력이 낮을수록 ‘구입하지 않겠다’는 의견이 많았다.

표 3-1-22. 전자빔으로 소독된 식용 농산물의 구입의사

단위: 인, %

구 분		응답자			구성비		
		구입하겠다	구입하지 않겠다	계	구입하겠다	구입하지 않겠다	계
연령별	21-30	2	6	8	25.0	75.0	100.0
	31-40	6	20	26	23.1	76.9	100.0
	41-50	6	7	13	46.2	53.8	100.0
	51-60	2	5	7	28.6	71.4	100.0
	61세 이상	1	3	4	25.0	75.0	100.0
학력별	중졸 이하	0	1	1	0.0	100.0	100.0
	고졸	4	12	16	25.0	75.0	100.0
	대졸 이상	13	28	41	31.7	68.3	100.0
계		17	41	58	29.3	70.7	100.0

자료: 현지조사

전자빔으로 소독 처리된 식용 농산물 및 식품을 구입하겠다면 그 구입의지는 ‘보통이다’라는 응답이 64.7%이고, 약간 ‘있다’가 35.3%로 나타났다(표 3-1-23). 연령별 구입의지의 정도는 50대 이상의 계층보다 20대 계층이 높으며, 학력별로는 대졸이상보다 고졸이 구입의지가 높다.

표 3-1-23. 전자빔으로 소독된 식용 농산물 및 식품의 구입의지 정도

단위: 인, %

구 분		응답자				구성비			
		매우있다	있다	보통이다	계	매우있다	있다	보통이다	계
연령별	21-30	0	2	0	2	0.0	100.0	0.0	100.0
	31-40	0	2	4	6	0.0	33.3	66.7	100.0
	41-50	0	2	4	6	0.0	33.3	66.7	100.0
	51-60	0	0	2	2	0.0	0.0	100.0	100.0
	61세 이상	0	0	1	1	0.0	0.0	100.0	100.0
학력별	중졸 이하	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
	고졸	0	3	1	4	0.0	75.0	25.0	100.0
	대졸 이상	0	3	10	13	0.0	23.1	76.9	100.0
계		0	6	11	17	0.0	35.3	64.7	100.0

자료: 현지조사

전자빔으로 소독 처리된 식용 농산물 및 식품을 ‘구입하겠다’고 응답한 경우 그 이유는 ‘화학적 소독을 하지 않았기 때문에’와 ‘인체에 해가 없기 때문에’라는 응답이 각각 29.4%였고, 다음으로 ‘무균 및 무충일 것이기 때문에’와 ‘기타’가 각각 17.6%로 나타났다(표 3-1-24).

표 3-1-24. 전자빔으로 소독된 식용 농산물을 구입하겠다면 그 이유

단위: 인, %

구 분	응답자						구성비						
	무균 및 무충일 것이기 때문에	화학적 소독을 하지 않았기 때문에	인체에 해롭기 때문에	제품의 가격이 낮을 것이기 때문에	기타	계	무균 및 무충일 것이기 때문에	화학적 소독을 하지 않았기 때문에	인체에 해롭기 때문에	제품의 가격이 낮을 것이기 때문에	기타	계	
연령별	21-30	1	0	1	0	0	2	50.0	0.0	50.0	0.0	0.0	100.0
	31-40	1	2	2	0	1	6	16.7	33.3	33.3	0.0	16.7	100.0
	41-50	0	3	1	1	1	6	0.0	50.0	16.7	16.7	16.7	100.0
	51-60	0	0	1	0	1	2	0.0	0.0	50.0	0.0	50.0	100.0
	61세 이상	1	0	0	0	0	1	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
학력별	중졸 이하	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	고졸	2	1	1	0	0	4	50.0	25.0	25.0	0.0	0.0	100.0
	대졸 이상	1	4	4	1	3	13	7.7	30.8	30.8	7.7	23.1	100.0
계	3	5	5	1	3	17	17.6	29.4	29.4	5.9	17.6	100.0	

자료: 현지조사

반면에 전자빔으로 소독 처리된 식용 농산물 및 식품을 ‘구입하지 않겠다’고 응답한 경우 그 이유는 ‘전자빔 조사에 대하여 모르기 때문에’가 56/1%로 가장 높고, 다음으로 와 ‘인체에 해롭기 때문에’라는 응답이 31.7%로 나타났다(표 3-1-25). 이 경우 고령자는 ‘전자빔 조사에 대하여 모르기 때문에’라는 이유가 높고, 젊은 계층은 ‘인체에 해롭기 때문에’라는 응답이 높다.

표 3-1-25. 전자빔으로 소독된 식용 농산물을 구입하지 않겠다면 그 이유

단위: 인, %

구 분	응답자						구성비						
	인체에 해롭기 때문에	신선도가 낮을 것이기 때문에	제품의 가격이 높을 것이기 때문에	전자빔 조사에 대하여 모르기 때문에	기타	계	인체에 해롭기 때문에	신선도가 낮을 것이기 때문에	제품의 가격이 높을 것이기 때문에	전자빔 조사에 대하여 모르기 때문에	기타	계	
연령별	21-30	6	0	0	2	0	8	75.0	0.0	0.0	25.0	0.0	100.0
	31-40	5	1	0	12	1	19	26.3	5.3	0.0	63.2	5.3	100.0
	41-50	2	0	0	3	2	7	28.6	0.0	0.0	42.9	28.6	100.0
	51-60	0	0	0	4	1	5	0.0	0.0	0.0	80.0	20.0	100.0
	61세 이상	0	0	0	2	0	2	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	100.0
학력별	중졸 이하	0	0	0	1	0	1	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	100.0
	고졸	7	1	0	5	0	13	53.8	7.7	0.0	38.5	0.0	100.0
	대졸 이상	6	0	0	17	4	27	22.2	0.0	0.0	63.0	14.8	100.0
계	13	1	0	23	4	41	31.7	2.4	0.0	56.1	9.8	100.0	

자료: 현지조사

바. 전자빔으로 소독 처리된 화훼의 구입의사

전자빔으로 소독 처리된 식용이 아닌 화훼를 구입의사에 대한 질문에서 ‘구입 하겠다’는 응답이 60.3%, ‘구입하지 않겠다’는 응답은 39.7%로 나타나 ‘구입하겠다’는 응답이 높다(표

3-1-26). 연령별로는 노년층과 젊은 층이 구입하겠다는 의지가 높고, 학력별로는 저학력 계층이 구입의지가 높게 나타났다.

표 3-1-26. 전자빔으로 소독된 화훼의 구입의사

단위: 인, %

구 분		응답자			구성비		
		구입 하겠다	구입하지 않겠다	계	구입 하겠다	구입하지 않겠다	계
연령별	21-30	6	2	8	75.0	25.0	100.0
	31-40	17	9	26	65.4	34.6	100.0
	41-50	6	7	13	46.2	53.8	100.0
	51-60	3	4	7	42.9	57.1	100.0
	61세 이상	3	1	4	75.0	25.0	100.0
학력별	중졸 이하	1	0	1	100.0	0.0	100.0
	고졸	11	5	16	68.8	31.3	100.0
	대졸 이상	23	18	41	56.1	43.9	100.0
계		35	23	58	60.3	39.7	100.0

자료: 현지조사

전자빔으로 소독 처리된 식용이 아닌 화훼를 ‘구입하겠다’고 응답한 경우 구입의지의 정도는 ‘보통이다’라는 응답이 65.7%이고, 약간 ‘있다’가 25.7%, 그리고 ‘매우 있다’가 8.6%로 나타났다(표 3-1-27). 연령별 구입의지의 정도는 50대 이상과 20대 계층이 높으며, 학력별로는 고졸이상이 중졸이하보다 구입의지가 높다.

표 3-1-27. 전자빔으로 소독된 화훼를 구입하겠다면 그 구입의욕의 정도

단위: 인, %

구 분		응답자				구성비			
		매우 있다	있다	보통이다	계	매우 있다	있다	보통이다	계
연령별	21-30	1	0	5	6	16.7	0.0	83.3	100.0
	31-40	1	7	9	17	5.9	41.2	52.9	100.0
	41-50	1	2	3	6	16.7	33.3	50.0	100.0
	51-60	0	0	3	3	0.0	0.0	100.0	100.0
	61세 이상	0	0	3	3	0.0	0.0	100.0	100.0
학력별	중졸 이하	0	0	1	1	0.0	0.0	100.0	100.0
	고졸	2	2	7	11	18.2	18.2	63.6	100.0
	대졸 이상	1	7	15	23	4.3	30.4	65.2	100.0
계		3	9	23	35	8.6	25.7	65.7	100.0

자료: 현지조사

전자빔으로 소독 처리된 화훼를 ‘구입하겠다’고 응답한 경우 그 이유는 ‘무균 및 무충일 것이기 때문에’ 라는 응답이 40.0%로 가장 높고, 다음으로 ‘화학적 소독을 하지 않았기 때문에’ 25.7%, ‘인체에 해가 없기 때문에’ 17.1%, ‘기타’ 11.4%, ‘제품의 가격이 낮을 것이기 때문에’ 5.7%의 순으로 나타났다.(표 3-1-28).

연령별 구입 이유는 50대 이상과 20대 계층은 ‘무균 및 무충일 것이기 때문에’라는 응답이 높으며, 학력별로도 ‘무균 및 무충일 것이기 때문에’라는 응답이 높다.

표 3-1-28. 전자빔으로 소독된 화훼를 구입하겠다면 그 이유

단위: 인, %

구 분		응답자						구성비					
		무균 및 무충일 것이기 때문에	화학적 소독을 하지 않았기 때문에	인체에 해롭기 때문에	제품의 가격이 낮을 것이기 때문에	기타	계	무균 및 무충일 것이기 때문에	화학적 소독을 하지 않았기 때문에	인체에 해롭기 때문에	제품의 가격이 낮을 것이기 때문에	기타	계
연령별	21-30	4	2	0	0	0	6	66.7	33.3	0.0	0.0	0.0	100.0
	31-40	7	4	4	0	2	17	41.2	23.5	23.5	0.0	11.8	100.0
	41-50	1	1	1	2	1	6	16.7	16.7	16.7	33.3	16.7	100.0
	51-60	0	1	1	0	1	3	0.0	33.3	33.3	0.0	33.3	100.0
	61세 이상	2	1	0	0	0	3	66.7	33.3	0.0	0.0	0.0	100.0
학력별	중졸 이하	2	0	1	0	0	3	66.7	0.0	33.3	0.0	0.0	100.0
	고졸	2	2	5	2	0	11	18.2	18.2	45.4	18.2	0.0	100.0
	대졸 이상	10	7	0	0	4	21	47.6	33.3	0/0	0.0	19.1	100.0
계		14	9	6	2	4	35	40.0	25.7	17.1	5.7	11.4	100.0

자료: 현지조사

한편 전자빔으로 소독 처리된 화훼를 ‘구입하지 않겠다’고 응답한 경우 그 이유는 ‘가타’라는 응답이 47.8%로 가장 높고, 다음으로 ‘신선도가 낮을 것이기 때문에’ 26.1%, ‘인체에 해롭기 때문에’ 17.4%, ‘제품의 가격이 높을 것이기 때문에’ 8.7%의 순으로 나타났다(표 3-1-29).

연령별 구입하지 않는 이유는 젊은 층은 ‘신선도가 낮을 것이기 때문에’, 중년층은 ‘기타 이유’, 60대 이상의 노년층은 ‘제품의 가격이 높을 것이기 때문에’라는 응답이 높다. 그리고 학력별로는 고졸 계층은 ‘신선도가 낮을 것이기 때문에’, 대졸이상 계층은 ‘기타 이유’라는 응답이 높다.

표 3-1-29. 전자빔으로 소독된 화훼를 구입하지 않겠다면 그 이유

단위: 인, %

구 분		응답자						구성비					
		인체에 해롭기 때문에	신선도가 낮을 것이기 때문에	제품의 가격이 높을 것이기 때문에	전자빔 조사에 대하여 모르기 때문에	기타	계	인체에 해롭기 때문에	신선도가 낮을 것이기 때문에	제품의 가격이 높을 것이기 때문에	전자빔 조사에 대하여 모르기 때문에	기타	계
연령별	21-30	0	3	0	0	0	3	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	31-40	1	3	1	0	3	8	12.5	37.5	12.5	0.0	37.5	100.0
	41-50	2	0	0	0	5	7	28.6	0.0	0.0	0.0	71.4	100.0
	51-60	1	0	0	0	3	4	25.0	0.0	0.0	0.0	75.0	100.0
	61세 이상	0	0	1	0	0	1	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0
학력별	중졸 이하	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	고졸	0	5	0	0	0	5	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	대졸 이상	4	1	2	0	11	18	22.2	5.6	11.1	0.0	61.1	100.0
계		4	6	2	0	11	23	17.4	26.1	8.7	0.0	47.8	100.0

자료: 현지조사

사. 전자빔을 이용한 소독기술에 대한 의견

전자빔을 이용하는 소독기술을 어떻게 생각하는가의 질문에 대해 ‘살충, 살균이 잘 되었을 것이다’ 31.0%로 가장 높게 응답하였으며, 다음으로 ‘기타’ 27.6%, ‘인체에 안전할 것이다’ 및 ‘인체에 안전하지 않을 것이다’ 각각 10.3%, ‘화훼의 경우 색깔이 나빠질 것 같다’ 8.6%, ‘처리된 농산물 및 식품의 신선도가 낮을 것 같다’ 및 ‘소독 비용 때문에 가격이 높아질 것 같다’ 각각 5.2%로 나타났다(표 3-1-30). 여기서 ‘기타’로 응답한 사람들은 잘 모르겠다는 의견이 많았다.

전자빔을 이용하는 소독기술에 대한 연령별 의견은 모든 연령 층에서 ‘살충, 살균이 잘 되었을 것이다’와 ‘기타’ 의견이 많았으며, 젊은 층의 경우 ‘화훼의 경우 색깔이 나빠질 것 같다’는 의견이 높았다. 또한 학력별 의견에서도 ‘살충, 살균이 잘 되었을 것이다’와 ‘기타’ 의견이 높았다.

표 3-1-30. 전자빔을 이용한 소독기술에 대한 인식도

단위: 인, %

구 분	응답자									구성비									
	1	2	3	4	5	6	7	8	계	1	2	3	4	5	6	7	8	계	
연령별	21-30	3	1	1	0	1	0	1	1	8	37.5	12.5	12.5	0.0	12.5	0.0	12.5	12.5	100.0
	31-40	9	3	1	2	1	0	3	7	26	34.6	11.5	3.8	7.7	3.8	0.0	11.5	26.9	100.0
	41-50	3	1	2	1	0	1	1	4	13	23.1	7.7	15.4	7.7	0.0	7.7	7.7	30.8	100.0
	51-60	1	1	2	0	1	0	0	2	7	14.3	14.3	28.6	0.0	14.3	0.0	0.0	28.6	100.0
	61세 이상	2	0	0	0	0	0	0	2	4	50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.0	100.0
학력별	중졸이하	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	고졸	7	2	0	1	2	0	3	1	16	43.8	12.5	0.0	6.3	12.5	0.0	18.8	6.3	100.0
	대졸이상	11	4	5	2	1	1	2	15	41	26.8	9.8	12.2	4.9	2.4	2.4	4.9	36.6	100.0
계	18	6	6	3	3	1	5	16	58	31.0	10.3	10.3	5.2	5.2	1.7	8.6	27.6	100.0	

주 1. 위의 응답자 및 구성비 란의 번호는 다음을 뜻한다.

1. 살충, 살균이 잘 되었을 것이다
2. 인체에 안전할 것이다
3. 인체에 안전하지 않을 것이다
4. 처리된 농산물 및 식품의 신선도가 낮을 것 같다
5. 소독 비용 때문에 가격이 높아질 것 같다
6. 소독 비용 때문에 가격이 낮아질 것 같다
7. 화훼의 경우 색깔이 나빠질 것 같다
8. 기타

주 2. 이 문항의 조사는 응답자에게 1순위 의견과 2순위 의견의 복수 응답을 조사하였다. 그러나 조사 결과 대부분의 응답자가 1순위 의견만 기재하였다. 따라서 이 표는 1순위 의견 응답으로만 분석하였다.

자료: 현지조사

3.3 비화학적 소독기술에 대한 생산자 인식조사

3.3.1 조사개요

가. 조사 대상

‘비화학적 소독기술에 대한 생산자 인식조사’의 조사대상은 이 연구의 참여기관인 로즈피아의 협력농가 중 수출을 위주로 하는 농가를 조사대상 농가로 설정하였다. 그리고 조사대상 화훼 작목은 국화와 장미의 2개 작목을 선정하였다.

조사의 시간 범위인 검토 및 분석 대상 기간은 2009년 작물년도를 기준으로 하되, 작물의 특성상 필요시 분석대상 작물의 최근 작물년도를 조사·분석 대상으로 하였다.

나. 조사 내용

‘비화학적 소독기술에 대한 생산자 인식조사’의 조사의 내용은 다음과 같다.

첫째, 식물에 대한 비화학적 소독기술의 생산자 인식

둘째, 수출화훼를 핵심품목으로 재배하는 농가의 해충방제에 대한 의사결정

셋째, 한국의 수출 화훼류 생산실태 및 수익성

다. 조사 대상 선정결과

‘비화학적 소독기술에 대한 생산자 인식조사’의 조사대상 생산자의 선정결과는 <표 3-1-31>과 같이 수출용 장미와 수출용 국화 생산농가 49개소를 선정하였다.

표 3-1-31. 지역별 조사대상 농가 분포

단위 : 호, %

도 별	장 미	국 화	계	구성비
충 북	9	0	9	18.4
충 남	2	6	8	16.3
전 북	18	10	28	57.1
전 남	2	2	4	8.2
계	31	18	49	100.0
구성비	63.3	36.7	100.0	

자료 : 로즈피아

라. 조사방법

이 연구의 ‘비화학적 소독기술에 대한 생산자 인식’은 화훼 생산자인 수출 화훼생산 농가 조사를 통하여 수집하였다.

조사방법은 조사표를 이용하여 설문 및 의견을 현지 방문면접으로 청취하여 조사하였다. 수출용 장미와 국화가 시설재배를 함에 따라 동일한 조사표를 만들어 조사하였다(<부록 2> 참조).

수출 화훼생산 농가가 속한 작목반, 그리고 공동선별장에 대해서도 방문면접에 의한 설문 및 의견을 청취하여 조사하였다.

조사표를 이용하여 수집된 자료는 통계분석 방법을 이용하여 집계·분석하였다.

마. 수출용 화훼생산자 조사결과

‘비화학적 소독기술에 대한 생산자 인식조사’를 위해 수출용 화훼생산농가 49호를 현지 방문하여 조사하였다. 그러나 통계적으로 분석할 수 있는 유효한 조사결과는 수출용 장미 생산농가 28호, 수출용 국화 생산농가 12호 등 총 40호로서, 이는 당초 조사계획 농가의 81.6%에 달한다(표 3-1-32).

이러한 조사결과는 정부 또는 여러 연구기관으로부터 많이 이루어지고 있는 각종 여론조사 및 생산비 조사 등에 대한 농업인들의 거부감 등으로 조사가 어려웠으나, 로즈피아의 협력농가

를 대상으로 조사하였기 때문에 높은 수치를 보이고 있다.

따라서 이 연구에서는 통계적으로 분석할 수 있는 유효한 조사결과인 40호의 수출 화훼생산 농가를 대상으로 분석하였다.

표 3-1-32. 지역별 작물별 농가조사 계획 대 실적

단위 : 호, %

도 별	장 미			국 화			계		
	계획 (A)	실적		계획 (C)	실적		계획 (E)	실적	
		응답자 (B)	B/A		응답자 (D)	D/C		응답자 (F)	F/E
충 북	9	7	77.8	0	0	0.0	9	7	77.8
충 남	2	2	100.0	6	4	66.7	8	6	75.0
전 북	18	18	100.0	10	8	80.0	28	26	92.8
전 남	2	1	50.0	2	0	0.0	4	1	25.0
계	31	28	90.3	18	12	66.7	49	40	81.6
구성비	63.2	70.0		36.7	30.0			100.0	

자료 : 현지조사

3.3.2 비화학적 소독기술에 대한 생산자 인식조사 결과

가. 수출 화훼생산 농가의 해충방제 현황

(1) 해충방제 방법

수출 화훼생산 농가의 해충방제는 농약을 이용한 화학적 방제가 92.5%로 가장 많았으며, 천적을 이용한 친환경 방제도 7.5%로 나타났다(표 3-1-33). UV램프를 이용했던 농가도 있었으나, 조사당시에는 사용하고 있지 않았다.

표 3-1-33. 수출 화훼생산 농가의 해충방제 현황

단위 : 개소, %

구 분	화학적 방제	물리적 방제	친환경 방제	계
빈 도	37	-	3	40
비 율	92.5	-	7.5	100

자료 : 수출 화훼생산농가 조사 자료

(2) 해충방제시 애로사항

수출 화훼생산 농가의 해충방제시 애로사항은 농약사용에 따른 건강문제가 39.2%로 가장 높게 나타났으며, 다음으로 신해충 또는 내성해충 등장에 따른 과도한 농약사용 35.8%, 해충방제 작업 20.8%, 통관 클레임 21.7%의 순으로 나타났다(표 3-1-34). 해충방제에 따른 화훼의 품질저하는 3.3%로 그 정도가 미미한 것으로 나타났다.

표 3-1-34. 수출 화훼생산 농가의 해충방제시 애로사항

단위 : 개소, %

	1순위		2순위		종합 ¹⁾	
	응답자수	비율	응답자수	비율	점수	가중비율
농양사용에 따른 건강문제	12	30.0	11	23.1	47	39.2
신해충 등장	13	32.5	4	30.8	43	35.8
해충방제 작업	4	10.0	13	7.7	25	20.8
통관 클레임	8	20.0	2	23.1	26	21.7
해충방제 비용	2	5.0	9	0	15	12.5
해충방제에 따른 화훼품질저하	1	2.5	1	7.7	4	3.3
계	40	100.0	40	100	160	100.0

주 1. 복수응답에 대한 종합은 1순위 응답 3점, 2순위 응답 1점을 각각 가중치로 적용하여 처리함.
 자료 : 수출 화훼생산농가 조사 자료

(3) 해충방제교육

수출 화훼생산 농가의 해충방제교육은 1년간 0회가 47.5%로 가장 많았으며, 다음으로 3-5회가 27.5%이며, 1-2회가 12.5%, 6-10회가 7.5%, 10회 이상도 5%로 나타났다(표 3-1-35).

표 3-1-35. 수출 화훼생산 농가의 해충방제 현황

단위 : 횟수/1년, %

학력	횟수	횟수					계
		0회	1-2회	3-5회	6-10회	10회 이상	
중 등		0	2	4	0	0	6
고 등		15	3	2	0	0	20
대학이상		5	0	5	3	2	14
계		19	5	11	3	2	40
비율		47.5	12.5	27.5	7.5	5.0	100.0

자료 : 수출 화훼생산 농가 조사 자료

학력에 따른 수출 화훼생산 농가의 해충방제교육 분포 중 고등학교 졸업농가의 경우 75%가 교육에 참여하지 않는 것으로 나타났으며, 6회 이상 참여자는 대졸자의 경우에만 약 36%로 나타났다.

수출 화훼생산에서 해충방제교육 중 한번도 참여하지 않은 농가의 경우 “해충방제를 전문적으로 하는 교육기관정보가 전혀 없어 참여하지 못 한다”는 의견도 다수 나왔다.

해충방제교육을 위한 교육기관으로는 농림기술센터, 농민교육원, 또는 작목반 자체교육 등이 있다.

나. 수출 화훼생산 농가의 방사선처리 인식상태

(1) 식품에 대한 방사선처리 인식

수출 화훼생산 농가에서 식품에 대한 방사선처리 인식은 ‘알고 있음’이 27.5%, ‘모름’이 72.5%로 나타났다(표 3-1-36).

표 3-1-36. 수출 화훼생산 농가의 식품에 대한 방사선처리 인식

단위 : 개소, %

학력		횟수	알고 있음	모름	관심 없음	계
학력	중졸		1	5	0	6
	고졸		2	18	0	20
	대졸이상		8	6	0	14
	계		11	29	0	40
	비율		27.5	72.5	0.0	100.0
연령	30대		1	2	0	3
	40대		7	11	0	18
	50대		3	14	0	17
	60대		1	1	0	2
	계		12	28	0	40
	비율		30.0	70.0	0.0	100.0

자료 : 수출 화훼생산농가 조사 자료

생산자의 학력에 따른 식품에 대한 방사선처리 인식은 ‘알고 있음’이 중졸이 학력 내에서 17%, 고졸이 학력 내에서 10%, 대졸 이상이 학력 내에서 57%로, 대졸 이상의 인지도가 제일 높게 나타났다.

생산자의 연령에 따른 식품에 대한 방사선처리 인식은 ‘알고 있음’이 30대 연령 내에서 33%, 40대 연령 내에서 39%, 50대 연령 내에서 17%, 60대 연령 내에서 50%로 나타났다.

(2) 방사선처리 식품에 대한 구입의사

방사선처리 식품에 대한 생산자들의 구입의사는 구입의사 ‘있음’이 10%, ‘보통’이 27.5%, ‘없음’이 62.5%로 조사자의 90%가 적극적인 구입의사는 없는 것으로 나타났다(표 3-1-37).

표 3-1-37. 수출 화훼생산 농가의 방사선 처리 식품에 대한 구입의사

단위 : 개소, %

학력		횟수	매우 있음	있음	보통	없음	매우 없음	계
학력	중졸		0	1	1	4	0	6
	고졸		0	1	7	12	0	20
	대졸이상		0	2	3	9	0	14
	계		0	4	11	25	0	40
	비율		0.0	10.0	27.5	62.5	0.0	100.0
연령	30대		0	0	0	3	0	3
	40대		0	2	6	10	0	18
	50대		0	1	4	12	0	17
	60대		0	1	1	0	0	2
	계		0	4	11	25	0	40
	비율		0.0	10.0	27.5	62.5	0.0	100.0

자료 : 수출 화훼생산농가 조사 자료

생산자의 학력에 따른 방사선처리 식품에 대한 구입의사는 구입의사 ‘없음’이 중졸 67%, 고졸 60%, 대졸 이상이 64%로 학력과 상관없이 부정적인 의견이 60% 이상이었다.

또한 생산자의 연령에 따른 방사선처리 식품에 대한 구입의사는 구입의사 ‘없음’이 30대 연령 내에서 100%, 40대 연령 내에서 56%, 50대 연령 내에서 71%로 60대를 제외하면 연령이 적을수록 부정적인 인식을 하고 있는 것으로 나타났다.

(3) 공산품에 대한 방사선처리 인식

공산품에 대한 생산자의 방사선처리 인식은 ‘거부감 없음’ 35.0%, ‘안전함’ 22.5%, ‘잘 모름’ 22.5% 등 보통 이상이 82.5%, ‘꺼림직 함’이 17.5%로 나타났다(표 3-1-38). 이는 방사선처리 식품에 대한 구입의사와는 반대의 경향을 보이고 있다.

생산자의 학력과 연령에 따른 공산품에 대한 방사선처리 인식은 특별한 경향을 보이지 않았다.

표 3-1-38. 수출 화훼생산 농가의 방사선 처리 공산품에 대한 인식

단위 : 개소, %

학력	횟수	안전함	거부감 없음	잘 모름	꺼림직함	위험함	계
	학력	중졸	2	0	1	3	0	6
고졸		5	8	4	3	0	20
대졸이상		2	6	5	1	0	14
계		9	14	10	7	0	40
비율		22.5	35.0	25.0	17.5	0.0	100.0
연령	30대	0	0	1	2	0	3
	40대	7	6	4	1	0	18
	50대	0	8	5	4	0	17
	60대	2	0	0	0	0	2
	계	9	14	10	7	0	40
	비율	22.5	35.0	25.0	17.5	0.0	100.0

자료 : 수출 화훼생산농가 조사 자료

(4) 식품 및 공산품에 대한 방사선처리 인식 동기

생산자들의 식품 및 공산품에 대한 방사선처리 인식 동기는 ‘잘 모르는데서 오는 불안감’이 30%로 제일 높으며, 다음으로 ‘원자력 발전소 사고 연상’이 22.5%이고, ‘일반적 사용’ 17.5%, ‘관심 없음’ 15.0% 등으로 나타났다(표 3-1-39).

표 3-1-39. 수출 화훼생산 농가의 방사선 처리 공산품에 대한 인식

단위 : 개소, %

구분	빈도	비율
잘 모르는데서 오는 불안감	12	30.0
원자력 발전소 사고가 연상됨	9	22.5
일반적으로 많이 사용함	7	17.5
관심이 없음	6	15.0
핵폭발의 위험이 연상됨	3	7.5
기타	2	5.0
방사선 치료 경험이 있음	1	2.5
계	40	100.0

자료 : 수출 화훼생산농가 조사 자료

생산자들의 기타 의견으로 안전성이 증가한다는 긍정적인 의견과 인공적인 처리는 반대한다는 부정적인 의견이 있었다.

(5) 방사선처리를 통한 해충구제 의향

방사선처리를 통한 해충구제 의향은 ‘꼭 해보겠음’이 32.5%, ‘해보겠음’이 62.5%로 나타났다(표 3-1-40). 이는 방사선처리를 통하여 해충구제가 된다면 시도해 보겠다는 의견이 95%에 달하고 있음을 보여주고 있다.

표 3-1-40. 수출 화훼생산 농가의 해충방제 의향

단위 : 개소, %

구 분	꼭 해보겠음	해보겠음	그저 그렇	하지 않겠음	절대 하지 않겠음	계
빈 도	13	25	2	0	0	40
비 율	32.5	62.5	5.0	0.0	0.0	100.0

자료 : 수출 화훼생산농가 조사 자료

다. 수출 화훼생산 농가의 전자빔 처리시설 설치

(1) 전자빔 처리시설의 농가설치 의향

생산자들의 해충구제를 위한 전자빔처리시설의 농가설치 의향은 ‘찬성’이 47.5%, ‘반대’가 25%, ‘보통’이 27.5%로 나타났다(표 3-1-41).

반대 의견으로 ‘위험할 것 같다’가 7건, ‘효과검증이 안 되었다’가 1건, ‘비용이 많이 들 것 같다’ 2건이 있었다.

표 3-1-41. 수출 화훼생산 농가의 해충방제현황

단위 : 개소, %

구 분	매우 찬성	찬성	보통	반대	매우 반대	계
빈 도	4	15	11	10	0	40
비 율	10.0	37.5	27.5	25.0	0.0	100.0

자료 : 수출 화훼생산 농가 조사 자료

(2) 전자빔 처리시설의 화훼 집하장 설치 의향

해충구제를 위한 전자빔처리시설의 화훼 집하장 설치에 대한 생산자들의 의향은 ‘찬성’이 97.5%, ‘보통’이 2.5%로 나타났다(표 3-1-42).

표 3-1-42. 수출 화훼생산 농가의 해충방제현황

단위 : 개소, %

구 분	매우 찬성	찬성	보통	반대	매우 반대	계
빈 도	15	24	1	0	0	40
비 율	37.5	60.0	2.5	0.0	0.0	100.0

자료 : 수출 화훼생산농가 조사 자료

‘보통’ 의견을 표시한 응답자는 ‘효과검증이 안 되었다’가 1건 있었다. 그러나 농가 설치시 반대 의견이었던 ‘위험함’이나 ‘비용 문제’가 해결된다면 설치하여 해충구제 작업에 이용할 것으로 나타났다.

‘찬성’ 의견으로 표시한 응답자는 ‘수출경쟁력 혹은 바이어의 선호’ 의견이 37건, ‘농약처리보다 안전함’이 3건으로 조사되었다. 이는 수출 화훼 생산자들이 수출시 검역 클레임에 대한 대응책을 요구하는 경향을 보이고 있는 것이다.

3.4 한국의 수출 화훼류 생산실태 및 수익성 조사

3.4.1 한국의 수출 화훼류 생산실태

가. 화훼생산 농가 현황

한국의 화훼생산 농가 호수는 1971년에 1,806호이던 것이 1990년 8,945호로 크게 증가하였고, 2003년 13,596호로 최대 농가호수를 이루었으나, 이후 매년 3%전후로 감소추이를 보이며, 2007년 현재는 1995년 수준인 12,021호에 달하고 있다(표 3-1-43).

이에 따라 화훼 생산농가호수는 1990년 전체농가의 0.51%에서 2001년에 1%대로 진입하였으나, 2003년 1.08%를 고점으로 감소하여 2007년에는 전체농가의 0.98%를 차지하고 있다.

표 3-1-43. 화훼생산 농가 추이

단위 : 호, %

연도	농가호수(호)	증감율(%)	농가비율(%)
1971	1,806	..	..
1980	2,733	51.3	..
1990	8,945	227.3	0.51
1995	12,509	39.8	0.83
2000	13,080	4.5	0.95
2003	13,596	3.9	1.08
2004	13,159	-3.2	1.06
2005	12,859	-2.3	1.01
2006	12,440	-3.3	1.00
2007	12,021	-3.4	0.98

주 1. 증감율(%)는 직전 항목년도 대비 현재년도의 비율임.

2. 농가비율은 각 년도의 총 농가호수에 대한 화훼 농가호수의 비율임.

자료 : 농림수산식품부, 『2007년 화훼재배현황』, 2009.

나. 화훼 재배면적 현황

화훼의 재배면적은 1990년에 3,503ha이던 것이 2000년 5,890ha로 증가하였고, 2005년에는 7,952ha로 최대재배면적을 나타냈으나, 2007년은 7,509ha로 2005년 대비 5.8% 감소하였다(표 3-1-44).

표 3-1-44. 화훼 재배면적 현황

단위 : ha, %

연도	면 적			증 감 률		
	전체	시설	노지	전체	시설	노지
1990	3,503	1,752	1,751	..	..	..
1995	4,950	3,023	1,927	41.3	72.5	10.1
2000	5,890	3,336	2,554	19.0	10.4	32.5
2003	6,853	3,560	3,293	16.3	6.7	28.9
2004	7,522	3,597	3,925	9.8	1.0	19.2
2005	7,952	3,681	4,271	5.7	2.3	8.8
2006	7,688	3,482	4,206	-3.3	-5.4	-1.5
2007	7,509	3,383	4,126	-2.3	-2.8	-1.9

주. 증감률(%)은 직전 항목년도 대비 현재년도의 비율임
 자료 : 농림수산식품부, 『2007년 화훼재배현황』, 2009.

화훼의 품목별 재배면적 중 절화류의 재배면적은 2004년에 2,614ha이던 것이 2007년 2,370ha로 감소하여 9.1%의 감소율을 보였고, 화훼재배면적중 절화류의 재배면적비율은 2004년에서 2007년간 33.1%-36.7%를 보였음(표 3-1-45).

절화류 가운데 장미는 2004년 764ha이던 것이 2006년에 864ha로 증가하였으나, 2007년 658ha로 2004년 대비 12.3% 감소하였으며, 국화는 2004년 766ha이던 것이 2006년에 805ha로 증가하였으나, 2007년 736ha로 2004년 대비 3.7% 감소하였다.

표 3-1-45. 화훼 품목별 재배 현황

구 분	전체	절화류				관상수류	화목류	기타	
		소계	장미	국화	기타				
면 적 (ha)	2004	7,522	2,614	764	766	1,084	2,016	1,417	1,475
	2005	7,952	2,597	751	796	1,050	2,209	1,274	1,872
	2006	7,688	2,671	864	805	1,002	2,003	1,224	1,790
	2007	7,509	2,370	658	736	976	2,098	1,250	1,791
비 율 (%)	2004	100	36.7	10.7	10.8	15.2	28.3	19.9	20.7
	2005	100	34.3	9.9	10.5	13.9	29.2	16.8	24.7
	2006	100	37.2	12.0	11.2	13.9	27.9	17.0	24.9
	2007	100	33.1	9.2	10.3	13.7	29.3	17.5	25.0
증감률 (%)	2005	5.7	-0.7	-1.7	3.9	-3.1	9.6	-10.1	26.9
	2006	2.2	2.2	13.1	5.1	-7.6	-0.6	-13.6	21.4
	2007	-0.2	-9.3	-13.9	-3.9	-10.0	4.1	-11.8	21.4

주. 증감률(%)은 2004년도 대비 2007년도의 비율임
 자료 : 농림수산식품부, 『2007년 화훼재배현황』, 2009.

다. 화훼 판매 현황

화훼의 판매액은 2004년에 9,217억원이던 것이 2005년 10,105억원으로 증가하였으나, 2006년 9,411억원으로 감소하였고, 2007년 9,237억원으로 2004년 대비 0.2% 증가하였다. 절화류의 판매

액 비율은 2004년 4,311억원에서 2007년 3,745억원으로 13.1% 감소하였다(표 3-1-46).

절화류 가운데 장미의 판매액은 2004년 1,763억원이던 것이 2005년에 1,823억원으로 증가하였으나, 2007년 1,353억원으로 2004년 대비 23.3% 감소하였으며, 국화의 판매액은 2004년 1,000억원이던 것이 2005년에 1,030억원으로 증가하였으나, 2007년 912억원으로 2004년 대비 8.8% 감소하였다.

표 3-1-46. 화훼 품목별 판매금액

단위 : 억원, %

구 분	전체	절화류				관상수류	화목류	기타	
		소계	장미	국화	기타				
판매액 (억원)	2004	9,217	4,311	1,763	1,000	1,548	1,984	1,157	1,765
	2005	10,105	4,516	1,823	1,030	1,663	2,279	1,211	2,099
	2006	9,411	3,904	1,596	915	1,393	2,153	1,117	2,237
	2007	9,237	3,745	1,353	912	1,480	2,147	1,039	2,306
비율 (%)	2004	100.0	46.8	19.1	10.8	16.8	21.5	12.6	19.1
	2005	100.0	44.7	18.0	10.2	16.5	22.6	12.0	20.8
	2006	100.0	41.5	17.0	9.7	14.8	22.9	11.9	23.8
	2007	100.0	40.5	14.6	9.9	16.0	23.2	11.2	25.0
증감률 (%)	2005	9.6	4.8	3.4	3.0	7.4	14.9	4.7	18.9
	2006	2.1	-9.4	-9.5	-8.5	-10.0	8.5	-3.5	26.7
	2007	0.2	-13.1	-23.3	-8.8	-4.4	8.2	-10.2	30.7

주. 증감률(%)은 2004년도 대비 2007년도의 비율임
 자료 : 농림수산식품부, 『2007년 화훼재배현황』, 2009.

화훼의 수출액은 2004년에 48,526천\$이던 것이 2005년 52,142천\$로 증가하였으나, 2006년 40,414천\$로 16.7% 감소하였고, 2007년에는 58,089천\$로 2004년 대비 19.7% 증가하였다(표 3-1-47).

표 3-1-47. 화훼 품목별 수출액

단위 : 천\$, %

구 분	전체	백합	장미	국화	기타	
수출액 (천\$)	2004	48,526	13,337	11,596	9,270	14,323
	2005	52,142	10,484	10,570	8,503	22,585
	2006	40,414	9,716	8,847	6,971	14,880
	2007	58,089	15,886	8,025	5,926	28,252
비율 (%)	2004	100.0	27.5	23.9	19.1	29.5
	2005	100.0	20.1	20.3	16.3	43.3
	2006	100.0	24.0	21.9	17.2	36.8
	2007	100.0	27.3	13.8	10.2	48.6
증감률 (%)	2005	7.5	-21.4	-8.8	-8.3	57.7
	2006	-16.7	-27.2	-23.7	-24.8	3.9
	2007	19.7	19.1	-30.8	-36.1	97.2

주. 증감률(%)은 2004년도 대비 2007년도의 비율임
 자료 : 농림수산식품부, 『2007년 화훼재배현황』, 2009.

수출화훼 가운데 장미의 수출액은 2004년 11,596천\$이던 것이 2007년은 8,025천\$로 2004년 대비 23.7% 감소하였으며, 국화의 수출액은 2004년 9,270천\$이던 것이 2007년은 5,926천\$로 2007년 대비 24.8% 감소하였다.

3.4.2 수출 화훼 수익성 조사

가. 조사개요

(1) 조사대상 및 내용

이 절에서 “한국의 수출 화훼류 생산실태 및 수익성 조사”는 앞의 “제3장 제2절 비화학적 소독기술에 대한 생산자 인식조사”와 같은 방법으로 시도하였다. 따라서 제3 절의 조사개요는 제3장 제2절의 조사개요에서 언급한 내용과 동일하기 때문에 이 절의 ① 조사대상, ②조사내용, ③ 조사대상 선정결과, ④ 조사방법 등은 생략한다.

(2) 수출 화훼생산 농가 경영주의 일반현황

(가) 조사농가 경영주의 학력

수출 화훼생산 농가의 농업인인 경영주의 연령은 40대 45%, 50대 42%로 비슷하며, 30대가 8%, 60대가 5%로 분포되어 있다(표 3-1-48).

표 3-1-48. 재배작물별 경영주 학력별 분포

단위 : 호, %

구 분	장 미		국 화		계	
	호수	비율	호수	비율	호수	비율
30대	2	7.1	1	8.3	3	7.5
40대	11	39.3	7	58.3	18	45.0
50대	13	46.4	4	33.3	17	42.5
60대	2	7.1	0	0.0	2	5.0
계	28	100.0	12	100.0	40	100.0

자료 : 수출 화훼생산농가 조사 자료

수출 화훼생산 농가의 농업인인 경영주의 학력은 중졸 15%, 고졸 50%, 대졸이상 35%로 분포되어 있다(표 3-1-49). 따라서 수출 화훼생산 농가 경영주의 학력은 고졸이 가장 많고, 다음으로 대졸 35%의 순서로 조사된다.

이러한 현상은 수출 화훼생산의 재배기술과 경영상의 난이도를 반영하는 것이라고 생각된다.

표 3-1-49. 재배작물별 경영주 학력별 분포

단위 : 호, %

구 분	장 미		국 화		계	
	호수	비율	호수	비율	호수	비율
중 졸	6	21.4	0	0.0	6	15.0
고 졸	14	50.0	6	50.0	20	50.0
대졸이상	8	28.6	6	50.0	14	35.0
계	28	100.0	12	100.0	40	100.0

자료 : 수출 화훼생산농가 조사 자료

수출 화훼생산 농가 경영주의 수출 화훼생산 영농경력은 5년미만 10%, 6~10년 5%, 11~15년 10%, 16~20년 50%, 21년 이상 25%로 분포되어 있다(표 3-1-50).

(나) 조사농가의 영농경력

재배작물별로 경영주의 화훼생산 영농경력을 보면 장미 농가는 93%가 10년 이상이었고, 국화 농가는 67%가 16년 이상으로 조사되었다.

표 3-1-50. 재배작물별 경영주 친환경농업 실천경력

단위 : 호, %

구 분	장 미		국 화		계	
	호수	비율	호수	비율	호수	비율
5년미만	0	0.0	4	33.3	4	10.0
6 - 10	2	7.1	0	0.0	2	5.0
11 - 15	4	14.3	0	0.0	4	10.0
16 - 20	14	50.0	6	50.0	20	50.0
21년이상	8	28.6	2	16.7	10	25.0
계	28	100.0	12	100.0	40	100.0

자료 : 수출 화훼생산농가 조사 자료

(3) 조사농가의 경영 유형

수출 화훼생산 농가의 경영형태는 모든 농가가 영농조합법인(로즈피아)의 참여농가이다

(4) 조사농가의 자가노동력 보유

수출 화훼생산 농가의 자가노동력 규모는 2인 농가가 65%로 가장 많고, 다음으로 3인 이상 농가 18%, 1인 이하 10%, 4인 가족 7%의 순으로 나타났다(표 3-1-51).

장미 농가는 2인 농가가 68%로 가장 많고, 국화 농가 또한 2인 농가가 58%로서 가장 많았다.

표 3-1-51. 재배작물별 호당 가족규모 분포

단위 : 호, %

구 분	장미		국화		계	
	호수	비율	호수	비율	호수	비율
1인이하	1	3.6	3	25.0	4	10.0
2인	19	67.9	7	58.3	26	65.0
3인	5	17.9	2	16.7	7	17.5
4인이상	3	10.7	0	0.0	3	7.5
계	28	100.0	12	100.0	40	100.0

자료 : 수출 화훼생산농가 조사 자료

(5) 조사농가의 경작규모

수출 화훼생산 농가의 호당 경작규모는 1,001~2,000평 규모가 50%로서 가장 많고, 다음으로 2,001~3,000평 규모가 33%, 500평 이하 규모가 8%의 순서이며, 3,000평 이상규모의 농가도 5%가 있다(표 3-1-52).

표 3-1-52. 재배작물별 호당 총경작농지규모 분포

단위 : 호, %

구 분	장 미		국 화		계	
	호수	비율	호수	비율	호수	비율
500평 이하	0	0.0	3	25.0	3	7.5
501-1,000평	0	0.0	2	16.7	2	5.0
1,001-2,000평	15	53.6	5	41.7	20	50.0
2,001-3,000평	13	46.4	0	0.0	13	32.5
3,001평 이상	0	0.0	2	16.7	2	5.0
계	28	100.0	12	100.0	40	100.0

자료 : 수출 화훼생산농가 조사 자료

(6) 수출 화훼생산 농가 유통실태

조사농가에서 생산한 화훼의 수출 판매율은 71-90% 사이가 35%로서 가장 많고, 다음으로 1-50%가 30%, 91%이하가 17.5%의 순서이며, 전혀 수출하지 않는 농가도 7.5%이다(표 3-1-53).

장미 농가는 수출 판매율이 71-90%인 농가가 46%로 제일 많았고, 이에 비하여 국화농가는 50%이하인 농가가 75%였다.

표 3-1-53. 수출 화훼생산 농가의 수출 판매율

단위 : 호, %

구 분	장 미		국 화		계	
	호수	비율	호수	비율	호수	비율
0%	1	3.6	2	16.7	3	7.5
1-50%	5	17.9	7	58.3	12	30.0
51-70%	4	14.3	0	0.0	4	10.0
71-90%	13	46.4	1	8.3	14	35.0
91% 이상	5	17.9	2	16.7	7	17.5
계	28	100.0	12	100.0	40	100.0

자료 : 수출 화훼생산농가 조사 자료

나. 수출 화훼의 조수입 분석

(1) 단위면적당 생산량

수출 화훼생산 농가의 단위면적당 수확량은 <표 3-1-54>에서 나타나 바와 같이 2008년도 일반농가 전국평균 84,210본 대비 93,880본으로 111.5%로 나타났다.

수출 장미의 생산량은 최고 225,000본에서 최저 90,000이며, 평균 생산량은 126,952본으로 조사

표 3-1-54. 수출 화훼의 단위면적당 생산량

단위 : 본 / (1년 1기작 10a)

구 분	조 사 농 가			일반농가 전국평균 ¹⁾ (B)	수량차이(%) (A/B)
	평균(A)	최 고	최 저		
장 미	126,952	225,000	90,000	111,525	113.8
국 화	60,808	108,000	24,000	56,894	106.9
평 균	93,880	166,500	57,000	84,210	111.5

주 : 1. 농림부의 '2008년도 농축산물 표준소득' 계산에 이용된 자료임.

자료 : 수출 화훼생산농가 조사 자료

되었다. 수출 장미의 평균 생산량은 2008년 전국농가의 평균생산량 111,525본의 113.8% 수준이다.

수출 국화의 생산량은 최고 108,000본에서 최저 24,000이며, 평균 생산량은 60,808본으로 조사되었다. 수출 국화의 평균 생산량은 2008년 전국농가의 평균생산량 56,894본의 106.9% 수준이다.

(2) 수출 화훼의 판매가격

수출 화훼의 분당 판매가격은 <표 3-1-55>에서 나타나 바와 같이 2008년도 일반농가 전국평균 261원 대비 253원으로 96.9%로 나타났다.

수출 장미의 분당 판매가격은 최고 350원에서 최저 190이며, 평균 판매가격은 252원으로 조사되었다. 수출 장미의 평균 판매가격은 2008년 전국농가의 평균 판매가격 277원의 91.0% 수준이다.

수출 국화의 분당 판매가격은 최고 300원에서 최저 180이며, 평균 판매가격은 253원으로 조사되었다. 수출 국화의 평균 판매가격은 2008년 전국농가의 평균 판매가격 244원의 103.7% 수준이다.

표 3-1-55. 수출 화훼의 분당 판매가격

단위 : 원 / (1년 1기작 10a)

구 분	조 사 농 가			일반농가 전국평균 ¹ (B)	수량차이(%) (A/B)
	평균(A)	최 고	최 저		
장 미	252	350	190	277	91.0
국 화	253	300	185	244	103.7
평 균	253	325	188	261	96.9

주 : 1. 농림부의 '2008년도 농축산물 표준소득' 계산에 이용된 자료임.

자료 : 수출 화훼생산농가 조사 자료

(3) 단위면적당 조수입 산출

수출 화훼인 장미와 국화의 단위면적당 조수입은 <표 3-1-56>과 같이 산출되었다.

수출 장미와 국화의 단위면적당 평균 조수입은 23,522,127원/10a로 산출되었다. 이는 2008년도 일반농가 전국평균 22,387,280원/10a 보다 105.1%가 높은 것이다.

표 3-1-56. 수출 화훼의 단위면적당 조수입

단위 : 원/10a

구 분	조 사 농 가			일반농가 전국평균 ¹ (B)	조수입 차이(%) (A/B)
	평균(A)	최 고	최 저		
장 미	31,848,307	45,000,000	21,450,000	30,892,424	103.1
국 화	15,195,947	25,380,000	4,440,000	13,882,136	109.5
평 균	23,522,127	35,190,000	3,645,000	22,387,280	105.1

주 : 1. 농림부의 '2008년도 농축산물 표준소득' 계산에 이용된 자료임.

자료 : 수출 화훼생산농가 조사 자료

수출 장미의 단위면적당 조수입은 최고 45,000,000원에서 최저 21,450,000원이며, 평균 판매가격은 31,848,307원으로 조사되었다. 수출 장미의 단위면적당 조수입은 2008년 전국농가의 평균 판매가격 30,892,424원의 103.1% 수준이다.

수출 국화의 단위면적당 조수입은 최고 25,380,000원에서 최저 4,440,000원이며, 평균 판매가격은 15,195,947원으로 조사되었다. 수출 국화의 단위면적당 조수입은 2008년 전국농가의 평균 판매가격 13,882,136원의 109.5% 수준이다.

다. 수출 화훼의 생산비 산출

(1) 농산물 생산비 정의

일반적으로 농산물 생산비는 작물생산에 투입된 모든 요소의 가격 평가로 구성됨. 생산비는 종묘비, 양액비, 기타비료, 농약비, 광열·수리비, 제재료비, 영농시설상각비, 기타요금, 임차료(토지, 농기계), 위탁영농비, 고용노력비, 자가노력비 등의 비목의 합계로 정의하였다(표 3-1-57).

표 3-1-57. 농산물 생산비 구성

			비 목 구 성
생산비	경영비	중간재비	종묘비, 양액비, 기타비료비, 병충해방제비, 영농광열수리비, 농구 및 영농시설비, 기타제료비
			고용노력비, 임차료(토지 등), 위탁영농비, 자본용역비 자가노력비

생산비 구성 비목 가운데 종묘비, 양액비, 기타비료비, 병충해방제비, 영농광열수리비, 농구 및 영농시설비, 기타제료비를 중간재비로 정의하였다.

경영비는 중간재비에 고용노력비, 임차료(토지 등), 위탁영농비, 자본용역비를 더한 것으로 정의하였다.

생산비는 경영비에 자가노력비를 더한 것으로 정의하였다.

따라서 이 연구에서의 생산비분석은 1차생산비를 기준한 것이며, 원가분석이라기 보다는 투입-산출(input-output)을 조사하였기 때문에 현금흐름(cash flow)의 부분을 주로 파악한 개념이다.

(2) 수출 화훼의 생산비 산출

수출 화훼생산 농가의 장미 및 국화의 생산비조사 결과는 <표 3-1-58>과 같이 산출되었다.

수출 화훼생산 농가의 생산비에서 경영비가 차지하는 비중은 장미 88%, 국화 87%로 나타났다(표 3-1-58).

표 3-1-58. 수출 장미와 국화의 생산비 구성

단위 : 원, %

비 목 별				장 미		국 화	
				금액	비율	금액	비율
생 산 비	경 영 비	중 간 재 비	종묘비	109,177	0.5	1,337,257	14.6
			비료비	2,342,419	10.7	337,660	3.7
			- 양액비	2,272,221	10.4	252,758	2.8
			- 기타비료비	70,197	0.3	84,903	0.9
			병충해방제비	1,535,902	7.0	355,864	3.9
			영농광열수리비	9,679,226	44.2	1,956,527	21.4
			농구 및 영농시설비	4,662,944	21.3	1,495,858	16.4
			기타제료비	59,738	0.3	468,144	5.1
		비 소 계	18,389,406	84.0	5,951,310	65.1	
		고용노력비	527,613	2.4	1,781,663	19.5	
		임차료(토지등)	300,436	1.4	257,358	2.8	
		위탁영농비	0	0.0	0	0.0	
소 계				19,217,454	87.7	7,990,330	87.4
자가노력비				2,683,066	12.3	1,150,040	12.6
계				21,900,520	100.0	9,140,371	100.0

자료 : 수출 화훼생산농가 조사 자료

장미의 경영비 가운데는 영농광열수리비와 영농시설비의 비중이 높았으며, 병충해방제비는 7%로 나타났다.

그리고 국화의 경영비 가운데는 영농광열수리비, 영농시설비, 종묘비의 비중이 높았으며, 병충해방제비는 4%로 나타났다.

2008년 일반농가 생산비 전국평균 중에서 장미의 경영비는 84%, 국화의 경영비는 80%로 나타났다으며, 병충해방제비는 각각 3.9%, 3.5%로 나타났다(표 3-1-59).

표 3-1-59. 2008년도 국화와 장미 생산비의 전국평균 구성

단위 : 원, %

비 목 별			장 미		국 화		
			금액	비율	금액	비율	
생 산 비	경 영 비	중	종묘비	2,607,167	10.1	1,666,651	14.5
			비료비	1,093,021	4.2	427,397	3.7
		간	- 양액비	1,021,512	4.0	263,782	2.3
			- 기타비료비	71,509	0.3	163,615	1.4
		재	병충해방제비	997,012	3.9	401,168	3.5
			영농광열수리비	9,508,472	37.0	2,620,525	22.8
			농구 및 영농시설비	4,323,784	16.8	1,935,660	16.9
			기타재료비	1,440,482	5.6	1,003,112	8.7
			소 계	19,969,938	77.6	8,054,513	70.2
		비	고용노력비	1,056,331	4.1	933,431	8.1
			임차료(토지 등)	429,855	1.7	178,458	1.6
			위탁영농비	18,792	0.1	2,241	0.0
			소 계	21,474,916	83.5	9,168,643	79.9
		자가노력비			4,247,132	16.5	2,302,906	20.1
계			25,722,048	100.0	11,471,549	100.0	

자료 : 수출 화훼생산농가 조사 자료

(3) 수출 화훼생산 농가의 병충해방제비 투입액

수출 화훼의 단위면적당 병충해방제비는 <표 3-1-60>와 같이 2008년도 일반농가 전국평균 699,090원 대비 945,883원으로 135.3%로 나타났다.

수출 장미의 단위면적당 병충해방제비는 최고 3,103,448원에서 최저 231,600원이며, 평균 병충해방제비는 1,535,902원으로 조사되었다. 수출 장미의 단위면적당 병충해방제비는 2008년 전국농가의 평균 판매가격 997,012원의 154.1% 수준이다.

표 3-1-60. 병충해방제비 투입 실태

단위 : 원/10a

작 물 별	조 사 농 가			일반농가 전국평균 ¹ (B)	조수입차이(%) (A/B)
	평균(A)	최 고	최 저		
장 미	1,535,902	3,103,448	231,600	997,012	154.1
국 화	355,864	818,182	120,000	401,168	88.7
평 균	945,883	1,960,815	175,800	699,090	135.3

주 : 1. 농촌진흥청의 '2008년도 농축산물 표준소득' 계산에 이용된 자료임.

자료 : 수출 화훼생산농가 조사 자료

수출 국화의 단위면적당 병충해방제비는 최고 818,182원에서 최저 120,000이며, 평균 병충해방제비는 355,864원으로 조사되었다. 수출국화의 단위면적당 병충해방제비는 2008년 전국농가의 평균 판매가격 401,168원의 88.7% 수준이다..

라. 수출 화훼의 수익성 분석

(1) 수출 장미의 수익성

수출 장미생산 농가의 평균 조수입은 31,848,307원/10a로, 평균 순수익은 10,012,970원/10a로, 소득은 12,696,036원/10a로, 부가가치는 13,524,084원/10a로 나타났고, 소득율은 39.9%로 나타났다(표 3-1-61).

표 3-1-61. 수출 장미생산 농가의 수익성

단위 : 원/10a

구 분	조 사 농 가			일반농가 전국평균 ¹ (B)	조수입차이(%) (A/B)
	평 균(A)	최 고	최 저		
조수입	31,848,307	45,000,000	21,450,000	30,892,424	103.1
순이익	10,012,970	15,658,701	2,763,730	5,232,294	191.4
소득	12,696,036	24,515,935	4,272,486	9,479,426	133.9
부가가치	13,524,084	24,759,441	11,123,297	10,984,404	123.1
소득율(%)	39.9	54.5	19.9	30.7	129.9

주 : 1. 농림부의 '2008년도 농축산물 표준소득' 계산에 이용된 자료임.

2. 순이익=조수입-생산비, 소득=조수입-경영비, 부가가치=조수입-중간재비

자료 : 수출 화훼생산농가 조사 자료

수출 장미생산 농가의 최고와 최저 조수입을 비교해 보면, 조수입 격차는 농가 사이에서 2.1배, 그리고 평균으로는 1.5배의 차이를 보였다.

수출 장미생산 농가의 최고와 최저 순이익을 비교해 보면, 순이익 격차는 농가 사이에서 5.5배, 그리고 평균으로는 3.7배의 차이를 보였다.

수출 장미생산 농가의 최고와 최저 소득을 비교해 보면, 소득 격차는 농가 사이에서 5.5배, 그리고 평균으로는 2.8배의 차이를 보였다.

수출 장미생산 농가의 최고와 최저 부가가치를 비교해 보면, 부가가치 격차는 농가 사이에서 2.1배, 그리고 평균으로는 1.2배의 차이를 보였다.

수출 장미생산 농가의 일년 평균 수확횟수는 7.7회로 최고와 최저 수익성 사이의 차이는 1년에 10회 생산하는 농가와 6회 생산하는 농가와 절대적인 수익성 때문이라고 생각된다.

수출 장미생산 농가와 일반농가 사이의 조수입 격차는 약 3%의 차이로 거의 없는 것으로 나타났으나, 부가가치는 23% 소득은 33% 순이익은 91% 수출 장미생산 농가가 높았다.

(2) 수출 국화의 수익성

수출 국화생산 농가의 평균 조수입은 15,195,947원/10a로, 평균 순수익은 6,069,727원/10a로, 소득은 7,219,767원/10a로, 부가가치는 9,258,788원/10a로 나타났고, 소득율은 47.5%로 나타났다(표 3-1-62).

표 3-1-62. 수출 국화생산 농가의 수익성

단위 : 원/10a

구 분	조 사 농 가			일반농가 전국평균 ¹ (B)	조수입차이 (%) (A/B)
	평 균(A)	최 고	최 저		
조수입	15,195,947	25,380,000	4,440,000	13,882,136	109.5
순이익	6,069,727	13,769,260	1,461,754	2,410,587	251.8
소득	7,219,767	15,296,500	2,298,625	4,713,493	153.2
부가가치	9,258,788	16,961,500	2,438,625	5,827,623	158.9
소득율(%)	47.5	60.3	51.8	34.0	139.9

주 : 1. 농림부의 '2008년도 농축산물 표준소득' 계산에 이용된 자료임.

2. 순이익=조수입-생산비, 소득=조수입-경영비, 부가가치=조수입-중간재비

자료 : 수출 화훼생산농가 조사 자료

수출 국화생산 농가의 최고와 최저 조수입을 비교해 보면, 조수입 격차는 농가 사이에서 5.7배, 그리고 평균으로는 3.5배의 차이를 보였다.

수출 국화생산 농가의 최고와 최저 순이익을 비교해 보면, 순이익 격차는 농가 사이에서 9.5배, 그리고 평균으로는 4.3배의 차이를 보였다.

수출 국화생산 농가의 최고와 최저 소득을 비교해 보면, 소득 격차는 농가 사이에서 6.6배, 그리고 평균으로는 3.5배의 차이를 보였다.

수출 국화생산 농가의 최고와 최저 부가가치를 비교해 보면, 부가가치 격차는 농가 사이에서 6.9배, 그리고 평균으로는 3.8배의 차이를 보였다.

수출 국화생산 농가의 연평균 수확횟수는 1.7회로 평균 최고와 최저 수익성 사이의 차이는 1년에 3회 생산하는 농가와 1회 생산하는 농가와 절대적인 수익성 때문이라고 생각된다.

수출 국화생산 농가와 일반농가 사이의 조수입 격차는 약 10%, 부가가치는 59%, 소득은 53%, 순이익은 152% 수출 국화생산 농가가 높았다.

4. 수출 화훼류에 대한 전자빔 소득기술의 경제성 분석

4.1 수출 화훼류 전자빔 소득기술의 편익과 비용의 계측방법

4.1.1 편익과 비용의 조사방법

이 연구에서 전자빔 소득기술의 개발효과 즉 편익과 비용의 조사방법은 '전자빔' 발생장치를 설치하는 방법(제1안)과 '전자빔' 발생장치를 임대하는 방법(제2안)으로 구분하였다. 수출용 화훼류에 대하여 '전자빔' 발생장치의 에너지별, 선량별 효과를 조사하는 방법을 사용하였다. 전자빔 검역기술의 편익과 비용의 계측은 협동기관에서 제공한 실험 결과를 토대로 각각 조사하였다.

4.1.2 편익과 비용의 조사대상 선정

가. 조사대상 농산물의 선정

전자빔 소득기술의 경제성 분석을 위한 편익과 비용을 조사하기 위하여 수출용 화훼류 가운데

데 국화와 장미를 조사대상으로 선정하였다. 국화와 장미는 수출시 저장조건에서의 병원균 발생 억제와 검역시의 병해충 관리가 필요할 뿐만 아니라 화훼수출 농가에서 요구하여 선정하였다.

나. 조사대상에 대한 전자빔 처리방법

국화와 장미에 대한 전자빔 처리의 편익과 비용은 <표 3-1-63>과 같은 방법으로 시험하여 계측하였다. 전자빔 처리는 전자빔에너지 2개 수준, 선량은 대상에 따라 7~14개 수준으로 시험하였다.

표 3-1-63. 수출용 화훼류의 전자빔 조사방법

구 분	에너지(MeV)	2.5	10	비 고
	선량(Gy)			
수출용 화훼류 (국화, 장미)	0	○	○	대조구
	100	○	○	
	200	○	○	
	400	○	○	
	600	○	○	
	800	○	○	
	1,000	○	○	
	2,000	○	○	
검역대상 평균 (Botrytis cinerea)	0	○	○	대조구
	100	○	○	
	200	○	○	
	400	○	○	
	600	○	○	
	800	○	○	
	1,000	○	○	
	2,000	○	○	
검역대상 해충	0		○	대조구
	30		○	
	50		○	
	70		○	
	100		○	
	150		○	
	200		○	
	500		○	
	750		○	
	1,000		○	
	1,250		○	
	1,500		○	
	2,000		○	
	2,500		○	
3,000		○		

주 : ○ 는 채택된 실험방법

(1) 전자빔에너지

전자를 가속시키는 힘의 크기로 투과깊이와 관계가 있으며, eV, keV, MeV등의 단위를 사용하며, 에너지가 높을수록 투과깊이가 깊어진다.

- 2.5 MeV : 단면조사시 투과력은 물을 기준으로 1.5cm 정도임
- 10 MeV : 단면조사시 투과력은 물을 기준으로 7.0cm 정도임

(2) 선량

피조사 물질에 전자빔이 주는 에너지의 양으로 처리시간과 관계가 있으며, Gy, kGy 등의 단

위를 사용하며, 선량이 높을수록 처리량이 많아진다.

목표하는 선량을 처리하기 위하여 전류(A), 처리시간(T), 전자빔조사 높이(h) 등을 조절한다.

다. 전자빔 발생장치의 선정

‘전자빔’ 발생장치는 (주)이비테크(EB Tech)에서 운영하고 있는 기계를 이용하였다. 따라서 이 연구에서는 (주)이비테크(EB Tech)에서 판매하는 전자빔조사장치의 비용으로 전자빔조사의 사용료를 비용으로 이용하였다.

4.1.3 편익의 계측방법

가. 수출용 화훼류(국화, 장미)의 편익 계측방법

수출용 화훼류의 전자빔조사의 편익을 계측하는 방법은 <그림 3-1-2>와 같다. 먼저 수출용 화훼류에 전자빔을 조사하고, 이를 천안연암대학의 실험실에 보관하여 절화수명, 관능가치, 엽록소 함량 등의 효과를 실증적으로 계측하였다.

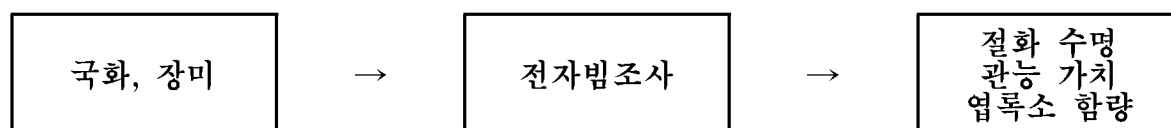


그림 3-1-2. 수출용 화훼류의 편익계측 방법

나. 검역대상 병균(Botrytis cinerea)의 편익 계측방법

검역대상 병균의 전자빔조사의 편익을 계측하는 방법은 <그림 3-1-3>과 같다. 먼저 검역대상 병균에 전자빔을 조사하고, 이를 천안연암대학의 실험실에서 배양한 후 포자발아율, 군사생장율 등의 효과를 실증적으로 계측하였다.

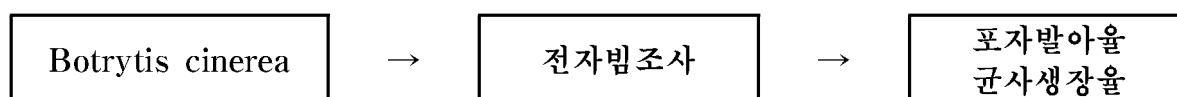


그림 3-1-3. 검역대상 병균의 편익계측 방법

다. 검역대상 해충의 편익 계측방법

검역대상 해충의 편익을 계측하는 방법은 <그림 3-1-4>와 같다. 먼저 검역대상 해충에 전자빔을 조사하고, 이를 충북대학교의 실험실에서 배양한 후 종 및 태별 살충력과 불임화비율 등의 효과를 실증적으로 계측하였다.

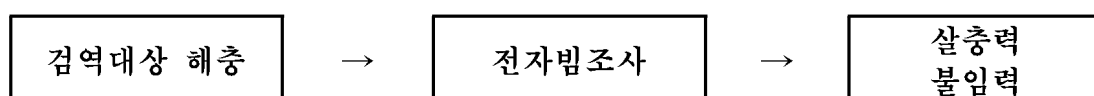


그림 3-1-4. 검역대상 해충의 편익계측 방법

라. 비용의 계측방법

비용의 계측을 위한 조사항목은 첫째, 전자빔발생장치 임대비, 둘째, 전자빔발생장치 제조원가, 셋째, 설치비 및 유지관리비, 넷째, 전자빔조사로 인한 비용 증감 등이다.

비용의 조사 빈도는 첫째, 생산비는 주기적으로 조사하며, 둘째, 전자빔발생장치 제조원가, 설치비 및 유지관리비는 1회 조사하였다.

그리고 비용의 조사방법은 전자빔발생장치 제작 및 산업적 활용기업인 ‘(주)이비테크(EB Tech)’를 방문면접조사 하였다.

4.2 전자빔 검역기술의 경제성 분석방법

4.2.1 분석지표

경제성 분석의 개념은 측사용 전자빔조사의 개발·사용에 따른 제반 비용 및 편익을 비교하는 것이다.

경제성 분석에서 경제성의 지표는 ① 편익·비용비율(B/C Ratio), ② 추가순수익의 순현재가치(NPW : Net Present Worth), ③ 내부투자수익율(IRR : Internal Rate of Return) 등을 들 수 있다.

4.2.2 분석방법

경제성 분석은 편익·비용비율법(B/C Ratio)과 추가순수익의 순현재가치법(NPW : Net Present Worth)이 있다.

가. 편익-비용비율법(Benefit-Cost Ratio : BCratio)

Benefit-Cost Ratio 분석법은 투자사업으로부터 미래에 발생할 편익의 현재가치와 비용의 현재가치를 비교하여 투자안의 경제적 타당성을 평가하는 방법이다. Benefit-Cost Ratio의 분석모형은 식 (1)과 같다.

$$BC\ ratio = \frac{\sum_{n=0}^N \frac{B_n}{(1+r)^n}}{\sum_{n=0}^N \frac{C_n}{(1+r)^n}} \dots\dots\dots (1)$$

단, B_n : n차 년도에 발생하는 편익

C_n : n차 년도에 발생하는 비용

r : 할인율

Benefit-Cost Ratio 분석법에서 분석된 B/Cratio가 1보다 큰(B/Cratio > 1) 경우에는 그 투자안을 채택하고, B/Cratio가 1보다 작은(B/Cratio < 1) 경우에는 그 투자안은 기각한다.

나. 순현재가치법(Net Present Value : NPV)

순현재가치법(Net Present Value : NPV)은 투자사업으로부터 미래에 발생할 편익의 현재가치와 비용의 순현재가치를 비교하여 투자안의 경제적 타당성을 평가하는 방법이다. NPV의 분석

모형은 식 (2)와 같다.

$$NPV = (B_0 - C_0) + \frac{B_1 - C_1}{(1+r)^1} + \frac{B_2 - C_2}{(1+r)^2} + \frac{B_3 - C_3}{(1+r)^3} + \dots + \frac{B_n - C_n}{(1+r)^n} \dots (2)$$

단, B_n : n 차 년도에 발생하는 편익

C_n : n 차 년도에 발생하는 비용

r : 할인율

순현재가치법(Net Present Value : NPV)에서는 투자사업으로 부터 미래에 발생할 편익과 비용의 차이인 순수익인 NPV가 0보다 큰(NPV > 0) 경우에는 투자안을 채택하고, NPV가 0보다 작음(NPV < 0) 경우에는 투자안을 기각한다.

4.3 전자빔 소독기술의 편익과 비용의 개념정립

4.3.1 편익의 개념정의

수출용 화훼류의 전자빔 소독기술의 편익은 전자빔 처리로 인해 발생하는 이익과 손실의 합계라고 정의할 수 있다.

결과적으로 수출용 화훼류에 대해 전자빔 처리에 따른 화훼 감수성, 미생물 감수성, 병해충 감수성, 유통비용 증감 등을 편익으로 정의할 수 있는데, <표 3-1-64>와 같이 분류할 수 있다.

표 3-1-64. 수출용 화훼류에 대해 전자빔 소독기술의 편익항목

구	분	국 화	장 미
화훼 감수성	절화수명	○	○
	관상가치	○	○
	엽록소 함량	○	
미생물 감수성	포자발아율	○	○
	균사생장율	○	○
해충 감수성	살충력	○	○
	불입력	○	○
유통 관련	검역처분시 비용	○	○

주 : ○는 채택된 실험임.

4.3.2 비용의 개념정의

수출용 화훼류에 대한 전자빔 소독기술의 비용은 전자빔 처리로 인해 발생하는 비용이라고 정의할 수 있다. 수출용 화훼류에 대해 전자빔을 사용하여 처리하는 방법은 다음의 2가지 방법을 설정할 수 있다.

제1안은 전자빔 발생시설을 설치하여 사용하는 방법이며, 제2안은 기존의 전자빔 발생시설을 임대하여 사용하는 방법이다.

수출용 화훼류에 대해 전자빔을 사용함으로써 발생하는 비용은 위의 2가지 대안에 따라 차이가 있다. 전자빔을 사용하는 방법에 따라 발생하는 비용은 전자빔 발생장비의 구입비, 설치비, 유지관리비, 수송비, 또는 전자빔 사용료 등으로 <표 3-1-65>과 같이 분류할 수 있다.

표 3-1-65. 수확 후 농산물에 대한 전자빔 소독기술의 비용항목

구 분		전자빔처리 방법별		제1안 (시설설치)		제2안 (시설임대)	
				2MeV	10MeV	2MeV	10MeV
감가상각	감가상각비(대농구) (기계취득비용) (기계설치비) (건축비)			○	○		
시설 유지관리	수도광열비			○	○		
	유지보수비			○	○		
	제재료비			○	○		
	인건비			○	○		
자본이자	고정자본이자			○	○		
	유동자본이자			○	○		
전자빔 처리시설 사용료						○	○
수출용 화훼류 수송비						○	○

주 : ○는 채택된 실험임.

4.4 전자빔조사 관련 편익

4.4.1 화훼 감수성의 편익

가. 국화 절화수명의 증감효과

전자빔 에너지와 선량에 따라 국화‘백마’에 대한 절화수명의 증감을 대조구를 100%로 하여 각각 %로 표시하였다(표 3-1-66).

표 3-1-66. 국화 절화 수명의 증감효과

구 분		에너지(MeV)		비 고	
		선량(Gy)	2.5		10
절화 수명	백 마	0	100%	100%	대조구
		100	95%	100%	
		200	98%	87%	
		400	87%	79%	
		600	51%	63%	
		800	67%	63%	
		1,000	46%	43%	
		2,000	46%	46%	

자료 : 천안연암대학(2009)

나. 국화 관상가치의 증감효과

전자빔 에너지와 선량에 따라 국화‘백마’에 대한 관상가치의 증감을 대조구를 100%로 하여 각각 %로 표시하였다(표 3-1-67).

표 3-1-67. 국화 관상가치의 증감효과

구 분		에너지(MeV)		비 고		
		선량(Gy)				
관상 가치	백 마	0	2.5	100%	100%	대조구
		100	2.5	100%	100%	
		200	2.5	100%	100%	
		400	2.5	88%	100%	
		600	2.5	70%	84%	
		800	2.5	64%	80%	
		1,000	2.5	28%	32%	
		2,000	2.5	20%	24%	

자료 : 천안연암대학(2009)

다. 국화 엽록소 함량의 증감효과

전자빔 에너지와 선량에 따라 국화 ‘백마’에 대한 엽록소 함량의 증감을 대조구를 100%로 하여 각각 %로 표시하였다(표 3-1-68).

표 3-1-68. 국화 엽록소 함량의 증감효과

구 분		에너지(MeV)		비 고		
		선량(Gy)				
엽록소 함량	백 마	0	2.5	100%	100%	대조구
		100	2.5	92%	100%	
		200	2.5	98%	94%	
		400	2.5	98%	89%	
		600	2.5	83%	89%	
		800	2.5	82%	91%	
		1,000	2.5	75%	80%	
		2,000	2.5	75%	70%	

자료 : 천안연암대학(2009)

라. 장미 절화수명의 증감효과

전자빔 에너지와 선량에 따라 장미 ‘레뷰’, ‘일세브론즈’, ‘레드 자이언트’에 대한 절화수명의 증감을 대조구를 100%로 하여 각각 %로 표시하였다(표 3-1-69).

표 3-1-69. 장미 절화 수명의 증감효과

구 분	에너지(MeV) 선량(Gy)	2.5	10	비 고	
					장미 절화 수명	레뷰	0	100%	100%	대조구
100	109%	106%			
200	105%	114%			
400	102%	111%			
600	102%	105%			
800	99%	85%			
1,000	82%	82%			
2,000	91%	82%			
일세 브론즈	0	100%	100%	대조구	
	100	114%	105%		
	200	114%	107%		
	400	100%	114%		
	600	93%	95%		
	800	93%	93%		
	1,000	89%	89%		
	2,000	89%	75%		
레드 자이언트	0	100%	100%	대조구	
	100	108%	108%		
	200	104%	104%		
	400	96%	104%		
	600	100%	100%		
	800	92%	92%		
	1,000	100%	96%		
	2,000	92%	88%		
평균	0	100%	100%	대조구	
	100	110%	106%		
	200	108%	108%		
	400	99%	110%		
	600	98%	100%		
	800	95%	90%		
	1,000	90%	89%		
	2,000	91%	82%		

자료 : 천안연암대학(2009)

마. 장미 관상가치의 증감효과

전자빔 에너지와 선량에 따라 장미 ‘레뷰’에 대한 절화수명의 증감을 대조구를 100%로 하여 각각 %로 표시하였다(표 3-1-70).

표 3-1-70. 장미 관상가치의 증감효과

구 분	에너지(MeV) 선량(Gy)	2.5	10	비 고
100	100%	92%		
200	100%	107%		
400	100%	107%		
600	100%	107%		
800	87%	80%		
1,000	80%	67%		
2,000	67%	67%		

자료 : 천안연암대학(2009)

4.4.2 미생물 감수성의 편익

가. 포자 발아율의 증감효과

전자빔 에너지와 선량에 따라 잣빛곰팡이병 *Botrytis cinerea*에 대한 포자 발아율의 증감을 대조구를 100%로 하여 각각 %로 표시하였다(표 3-1-71).

표 3-1-71. 잣빛곰팡이병 포자 발아율의 증감효과

구 분		에너지(MeV)		비 고	
		선량(Gy)			
포 자 발아율	<i>Botrytis cinerea</i>	0	100.0%	100.0%	대조구
		100	100.0%	100.0%	
		200	98.8%	100.0%	
		400	97.8%	99.2%	
		600	96.3%	98.0%	
		800	94.3%	94.6%	
		1,000	86.6%	81.6%	
		2,000	53.4%	52.1%	
		10,000	0.0%	0.0%	
		20,000	0.0%	0.0%	

자료 : 천안연암대학(2010)

나. 균사 성장률의 증감효과

전자빔 에너지와 선량에 따라 잣빛곰팡이병 *Botrytis cinerea*에 대한 균사 성장률의 증감을 대조구를 100%로 하여 각각 %로 표시하였다(표 3-1-72).

표 3-1-72. 잣빛곰팡이병 균사 성장율의 증감효과

구 분		에너지(MeV)		비 고	
		선량(Gy)			
균 사 생장률	<i>Botrytis cinerea</i>	0	100.0%	100.0%	대조구
		100	93.5%	84.0%	
		200	81.4%	75.6%	
		400	71.8%	70.3%	
		600	65.5%	58.3%	
		800	57.7%	53.2%	
		1,000	46.4%	43.5%	
		2,000	30.6%	29.9%	
		10,000	0.0%	0.0%	
		20,000	0.0%	0.0%	

자료 : 천안연암대학(2010)

4.4.3 해충 감수성의 편익

가. 국화 공시충(성충)의 살충력 효과

전자빔 선량에 따라 국화에서 발생하는 담배가루이, 진딧물, 점박이용애, 굴파리의 성충에 대한 살충력의 증감을 대조구를 100%로 하여 각각 %로 표시하였다(표 3-1-73).

표 3-1-73. 국화에서 발생하는 해충의 성충에 대한 전자빔의 살충력 증감효과

구 분	선량(Gy)	담배가루이 성충	진딧물 성충	점박이용애 성충	굴파리 성충	비 고
국 화 공시충 살충력	0	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	대조구
	500	2.0%	0.0%	3.0%	0.0%	
	750	46.6%	0.0%	3.0%	0.0%	
	1,000	36.6%	0.0%	3.0%	0.8%	
	1,250	53.3%	3.0%	3.0%	2.0%	
	1,500	56.6%	16.7%	0.0%	5.4%	
	2,000	100.0%	56.7%	100.0%	18.4%	
	2,500	100.0%	100.0%	100.0%	47.9%	
3,000	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%		

자료 : 충북대학교(2009)

나. 국화 공시충의 불임력 효과

전자빔 선량에 따라 국화에서 발생하는 담배가루이, 점박이용애, 배추좀나방의 알, 유충/약충, 번데기, 성충에 대한 불임력 증감을 대조구를 0%로 하여 각각 %로 표시하였다(표 3-1-74).

표 3-1-74. 국화에서 발생하는 해충에 대한 전자빔의 불임력 증감효과

구 분	해 충		대조구	100Gy	150Gy	200Gy	400Gy
국 화 공시충 불임력	담배가루이	유 충	0	60.6%(P)			
		번데기	0				
		성 충	0	100%(P)			
	점박이용애	유 충	0	40.7%(P)			
		번데기	0				
		성 충	0				100%(P)
	배추좀나방	유 충	0				
		번데기	0	72.4%(P)		94.8%(F1)	
		성 충	0		100%(F1)		

주 : P : 부모세대

F1 : 자식1세대

자료 : 충북대학교(2009), 국제원자력기구(IAEA)

다. 장미 공시충의 불임력 효과

전자빔 선량에 따라 장미에서 발생하는 아메리카잎굴파리, 파밤나방의 알, 유충/약충, 번데기, 성충에 대한 불임력 증감을 대조구를 0%로 하여 각각 %로 표시하였다(표 3-1-75).

표 3-1-75. 장미에서 발생하는 해충에 대한 전자빔의 불임력 증감효과

구분	해충	대조구	100Gy	150Gy	200Gy	400Gy
국화 공시충 불임력	담배가루이	유충	0	60.6%(P)		
		번데기	0			
		성충	0	100%(P)		
	아메리카잎 굴파리	유충	0	85.5%(P)	100%(P)	
		번데기	0	100%(P)		
		성충	0	85.6%(P)	94.2%(P)	98.5%(P)
	파밤나방	유충	0			
		번데기	0	93.4%(P)	100%(P)	
		성충	0		85%(F1)	88%(F1)

주 : P : 부모세대 F1 : 자식1세대
 자료 : 충북대학교(2009), 국제원자력기구(IAEA)

4.4.4 유통 관련 편익

가. 검역처분 효과

유통과 관련한 검역처분효과는 화훼류를 수출할 때 세관에서 검역에 통과하지 못하면 그 컨테이너에 적재된 상품은 일정한 기준에 의하여 폐기처분된다. 이 경우 처분되어 감소되는 화훼가치는 수출농가에게는 손실이다. 따라서 전자빔 처리를 통하여 통관시 검역처분비율을 줄이면 수출농가에게는 그 만큼 이익이 된다고 할 수 있다. 이런 점에서 검역처분효과는 전자빔 처리의 중요한 편익이라고 할 수 있다.

국내에 수입되는 화훼류 전체와 국화절화에서 발생하는 검역처분비율을 살펴보면 <표 3-1-76>과 같다. 한국은 장미가 수입금지 품목이기 때문에 검역처분비율을 산출할 수 없다. 따라서 장미의 검역처분비율은 화훼류 일반으로 대체하였다. 검역처분에 따른 화훼가치의 감소부분을 계측하였다.

표 3-1-76. 국화에서 발생하는 해충의 성충에 대한 전자빔의 살충력 증감효과

구분	단위	화훼류	국화	
2009년	검사건수	건	2,715	143
	처분(소독, 폐기)	건	137	42
	처분율	%	5.0	29.4
2010년	검사건수	건	3,728	198
	처분(소독, 폐기)	건	120	23
	처분율	%	3.2	11.6
합계	검사건수	건	6,443	341
	처분(소독, 폐기)	건	257	65
	처분율	%	4.0	19.1

자료 : 국립식물검역원(2009, 2010)

나. 수출 화훼류의 검역에 의한 피해

화훼류 수출의 검역에 의한 피해는 소량수출시 폐기, 대량 유통시에는 훈증 후 유통, 폐기처분 등의 조치를 받게 되며, 러시아 화훼수출의 경우 병해충 발견시에는 수입중단조치가 내려질 수 있다. 2006년 안개꽃 수출에 해충검역으로 의하여 수입 금지된 예도 있다. 수출 화훼류의 품목별 검역에 의한 피해사항은 <표 3-1-77>과 같다.

표 3-1-77. 수출 화훼류의 품목별 검역에 의한 피해사항

품 목	병해충 발견시 피해사항
국 화	소량수출시 폐기, 대량의 경우 훈증 유통 → 가격 90% 하락
장 미	훈증 유통 → 가격 50% 하락
후리지아	폐기 처분
백 합	훈증 유통 → 가격 60% 하락
신비디움(양란)	폐기 처분

자료 : (주)로즈피아

또한 수출 화훼류의 훈증처리에 따른 훈증비용, 품질하락에 의하여 손실액이 발생되며 손실 규모는 <표 3-1-78>과 같다.

표 3-1-78. 병해충 발견시 훈증 비용 및 품질저하에 따른 손실

단위 : 만원

품 목	수량(40FT)	훈증비용	품질손실액	합 계
국 화	80,000본	300	6,480	6,780
장 미	50,000본	300	2,250	2,550
후리지아	100,000본	300	3,750	4,050
백 합	40,000본	300	3,600	3,900
신비디움(양란)	20,000본	300	10,500	10,800

주 : 환율은 1엔 = 15원을 적용함.
 자료 : (주)로즈피아

4.5 전자빔조사 관련 편익의 계측결과

수출용 화훼의 편익과 비용계측에서는 분석단위를 수출용 화훼류 1 컨테이너(40FT)를 처리 기준으로 하였으며, 편익과 비용은 계수화가 가능한 효과만을 사용하였다.

전자빔조사의 편익 계측은 화훼 감수성, 미생물 감수성, 해충 감수성, 유통 관련에 의한 편익으로 구분하여 계측하였다.

4.5.1 국화 ‘백마’의 전자빔 에너지 2.5MeV의 편익 계측

국화 ‘백마’의 편익을 전자빔에너지와 선량에 따라 계측하면 <표 3-1-79>~<표 3-1-84>와 같다. 국화 ‘백마’의 총편익 계측방법은 다음과 같다.

- 국화 품종 : 백마
- 국화 계측량 : 40ft 1 컨테이너(70,000본 = 700상자 × 100본)
- 국화 가격 : 395원/본
- 전자빔 처리방법 : <표 3-1-63> 참조

40ft 컨테이너 기준으로 국화 ‘백마’를 2.5MeV 전자빔발생기로 100Gy 처리를 했을 경우 편익은 <표 3-1-79>와 같이 -8,836원으로 계측되었다.

표 3-1-79. 전자빔조사에 의한 국화 ‘백마’ 1 컨테이너(40FT)당 총편익(2.5MeV, 100Gy)

비 목		단위	금액 또는 물량	비 고
기초 자료	분석기준량	본	70,000	분석기준 : 화물 1 컨테이너(40FT) 기준 국화 1 컨테이너는 60,000-80,000본
	화훼 가격	원/본	395	2010년 로즈피아 구매가격
편익	절화수명	원	-460,833	분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 $70,000\text{본} \times -5\% \times 395\text{원/본} \times 1/3$
	관상가치	"	0	분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 $70,000\text{본} \times 0\% \times 395\text{원/본} \times 1/3$
	엽록소 함량	"	-737,333	분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 $70,000\text{본} \times -8\% \times 395\text{원/본} \times 1/3$
	포자 발아율 및 균사 생장율	"	9,311	기준통관비 × 통관비율 × (1 - 포자발아율 × 균사생장율) $1,500,000\text{원} \times 9.55\% \times (1 - 93.5\% \times 100\%)$
	살충력 및 불임력	"	58,303	기준통관비 × 통관비율 × (불임력 or 살충력) $1,500,000\text{원} \times 9.55\% \times 40.7\%$
	품질보존비 ¹⁾	"	1,121,716	분석기준량 × 가치하락보존비율 × 가격 × 통관증가비율 $70,000\text{본} \times 90\% \times 395\text{원/본} \times (9.55\% \times 47.2\%)$
편익 총계		"	-8,836	

주. 1. 품질보존비는 소독처분을 받았을 경우 하락하는 가치를 통관증가비율에 따라 환산한 값임.
미생물에 의한 처분과 병균에 의한 처분의 가중치가 같다고 가정함.
통관비율 19.1%의 50%인 9.55%는 미생물에 의하여 9.55%는 해충에 의하여 발생함.
자료 : 현지조사

40ft 컨테이너 기준으로 국화 ‘백마’를 2.5MeV 전자빔발생기로 200Gy 처리를 했을 경우 편익은 <표 3-1-80>과 같이 2,513,364원으로 계측되었다.

표 3-1-80. 전자빔조사에 의한 국화 ‘백마’ 1 컨테이너(40FT)당 총편익(2.5MeV, 200Gy)

비 목		단위	금액 또는 물량	비 고
기초 자료	분석기준량	본	70,000	분석기준 : 화물 1 컨테이너(40FT) 기준 국화 1 컨테이너는 60,000-80,000본
	화훼 가격	원/본	395	2010년 로즈피아 구매가격
편익	절화수명	원	-184,333	분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 $70,000\text{본} \times -2\% \times 395\text{원/본} \times 1/3$
	관상가치	"	0	분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 $70,000\text{본} \times 0\% \times 395\text{원/본} \times 1/3$
	엽록소 함량	"	-184,333	분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 $70,000\text{본} \times -2\% \times 395\text{원/본} \times 1/3$
	포자 발아율 및 균사 생장율	"	28,044	기준통관비 × 통관비율 × (1 - 포자발아율 × 균사생장율) $1,500,000\text{원} \times 9.55\% \times (1 - 81.4\% \times 98.8\%)$
	살충력 및 불임력	"	135,801	기준통관비 × 통관비율 × (불임력 or 살충력) $1,500,000\text{원} \times 9.55\% \times 94.8\%$
	품질보존비 ¹⁾	"	2,718,185	분석기준량 × 가치하락보존비율 × 가격 × 통관증가비율 $70,000\text{본} \times 90\% \times 395\text{원/본} \times (9.55\% \times 114.4\%)$
편익 총계		"	2,513,364	

주. 1. 품질보존비는 소독처분을 받았을 경우 하락하는 가치를 통관증가비율에 따라 환산한 값임.
미생물에 의한 처분과 병균에 의한 처분의 가중치가 같다고 가정함.
통관비율 19.1%의 50%인 9.55%는 미생물에 의하여 9.55%는 해충에 의하여 발생함.
자료 : 현지조사

40ft 컨테이너 기준으로 국화 ‘백마’를 2.5MeV 전자빔발생기로 400Gy 처리했을 경우 편익은 <표 3-1-81>과 같이 781,644원으로 계측되었다.

표 3-1-81. 전자빔조사에 의한 국화 ‘백마’ 1 컨테이너(40FT)당 총편익(2.5MeV, 400Gy)

비 목	단위	금액 또는 물량	비 고	
기초자료	분석기준량	본	70,000	분석기준 : 화물 1 컨테이너(40FT) 기준 국화 1 컨테이너는 60,000-80,000본
	화훼 가격	원/본	395	2010년 로즈피아 구매가격
편익	절화수명	원	-1,198,167	분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 70,000본 × -13% × 395원/본 × 1/3
	관상가치	"	-1,106,000	분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 70,000본 × -12% × 395원/본 × 1/3
	엽록소 함량	"	-184,333	분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 70,000본 × -2% × 395원/본 × 1/3
	포자발아율 및 균사생장율	"	42,659	기준통관비 × 통관비율 × (1 - 포자발아율 × 균사생장율) 1,500,000원 × 9.55% × (1 - 97.8% × 71.8%)
	살충력 및 불입력	"	143,250	기준통관비 × 통관비율 × (불입력 or 살충력) 1,500,000원 × 9.55% × 100%
	품질보존비 ¹⁾	"	3,084,235	분석기준량 × 가치하락보존비율 × 가격 × 통관증가비율 70,000본 × 90% × 395원/본 × (9.55% × 129.8%)
	편익 총계	"	781,644	

주. 1. 품질보존비는 소독처분을 받았을 경우 하락하는 가치를 통관증가비율에 따라 환산한 값임.
미생물에 의한 처분과 병균에 의한 처분의 가중치가 같다고 가정함.
통관비율 19.1%의 50%인 9.55%는 미생물에 의하여 9.55%는 해충에 의하여 발생함.

자료 : 현지조사

40ft 컨테이너 기준으로 국화 ‘백마’를 2.5MeV 전자빔발생기로 600Gy 처리를 했을 경우 편익은 <표 3-1-82>와 같이 -5,397,846원으로 계측되었다.

표 3-1-82. 전자빔조사에 의한 국화 ‘백마’ 1 컨테이너(40FT)당 총편익(2.5MeV, 600Gy)

비 목	단위	금액 또는 물량	비 고	
기초자료	분석기준량	본	70,000	분석기준 : 화물 1 컨테이너(40FT) 기준 국화 1 컨테이너는 60,000-80,000본
	화훼 가격	원/본	395	2010년 로즈피아 구매가격
편익	절화수명	원	-4,516,167	분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 70,000본 × -49% × 395원/본 × 1/3
	관상가치	"	-2,765,000	분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 70,000본 × -30% × 395원/본 × 1/3
	엽록소 함량	"	-1,566,833	분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 70,000본 × -17% × 395원/본 × 1/3
	포자발아율 및 균사생장율	"	52,893	기준통관비 × 통관비율 × (1 - 포자발아율 × 균사생장율) 1,500,000원 × 9.55% × (1 - 96.3% × 65.5%)
	살충력 및 불입력	"	143,250	기준통관비 × 통관비율 × (불입력 or 살충력) 1,500,000원 × 9.55% × 100%
	품질보존비 ¹⁾	"	3,254,011	분석기준량 × 가치하락보존비율 × 가격 × 통관증가비율 70,000본 × 90% × 395원/본 × (9.55% × 136.9%)
	편익 총계	"	-5,397,846	

주. 1. 품질보존비는 소독처분을 받았을 경우 하락하는 가치를 통관증가비율에 따라 환산한 값임.
미생물에 의한 처분과 병균에 의한 처분의 가중치가 같다고 가정함.
통관비율 19.1%의 50%인 9.55%는 미생물에 의하여 9.55%는 해충에 의하여 발생함.

자료 : 현지조사

40ft 컨테이너 기준으로 국화 ‘백마’를 2.5MeV 전자빔발생기로 800Gy 처리를 했을 경우 편익은 <표 3-1-83>과 같이 -4,349,998원으로 계측되었다.

표 3-1-83. 전자빔조사에 의한 국화 ‘백마’ 1 컨테이너(40FT)당 총편익(2.5MeV, 800Gy)

비 목		단위	금액 또는 물량	비 고
기초 자료	분석기준량	본	70,000	분석기준 : 화물 1 컨테이너(40FT) 기준 국화 1 컨테이너는 60,000-80,000본
	화훼 가격	원/본	395	2010년 로즈피아 수매가격
편익	절화수명	원	-3,041,500	분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 70,000본 × -33% × 395원/본 × 1/3
	관상가치	"	-3,318,000	분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 70,000본 × -36% × 395원/본 × 1/3
	엽록소 함량	"	-1,659,000	분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 70,000본 × -18% × 395원/본 × 1/3
	포자발아율 및 균사생장율	"	65,306	기준통관비 × 통관비율 × (1 - 포자발아율 × 균사생장율) 1,500,000원 × 9.55% × (1 - 94.3% × 57.7%)
	살충력 및 불임력	"	143,250	기준통관비 × 통관비율 × (불임력 or 살충력) 1,500,000원 × 9.55% × 100%
	품질보존비 ¹⁾	"	3,459,946	분석기준량 × 가치하락보존비율 × 가격 × 통관증가비율 70,000본 × 90% × 395원/본 × (9.55% × 136.9%)
편익 총계		"	-4,349,998	

주. 1. 품질보존비는 소독처분을 받았을 경우 하락하는 가치를 통관증가비율에 따라 환산한 값임.
미생물에 의한 처분과 평균에 의한 처분의 가중치가 같다고 가정함.
통관비율 19.1%의 50%인 9.55%는 미생물에 의하여 9.55%는 해충에 의하여 발생함.
자료 : 현지조사

40ft 컨테이너 기준으로 국화 ‘백마’를 2.5MeV 전자빔발생기로 1,000Gy 처리를 했을 경우 편익은 <표 3-1-84>와 같이 -9,890,135원으로 계측되었다.

표 3-1-84. 전자빔조사에 의한 국화 ‘백마’ 1 컨테이너(40FT)당 총편익(2.5MeV, 1,000Gy)

비 목		단위	금액 또는 물량	비 고
기초 자료	분석기준량	본	70,000	분석기준 : 화물 1 컨테이너(40FT) 기준 국화 1 컨테이너는 60,000-80,000본
	화훼 가격	원/본	395	2010년 로즈피아 수매가격
편익	절화수명	원	-4,977,000	분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 70,000본 × -49% × 395원/본 × 1/3
	관상가치	"	-6,636,000	분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 70,000본 × -30% × 395원/본 × 1/3
	엽록소 함량	"	-2,304,167	분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 70,000본 × -17% × 395원/본 × 1/3
	포자발아율 및 균사생장율	"	85,689	기준통관비 × 통관비율 × (1 - 포자발아율 × 균사생장율) 1,500,000원 × 9.55% × (1 - 96.3% × 65.5%)
	살충력 및 불임력	"	143,250	기준통관비 × 통관비율 × (불임력 or 살충력) 1,500,000원 × 9.55% × 100%
	품질보존비 ¹⁾	"	3,798,093	분석기준량 × 가치하락보존비율 × 가격 × 통관증가비율 70,000본 × 90% × 395원/본 × (9.55% × 159.8%)
	편익 총계		"	-9,890,135

주. 1. 품질보존비는 소독처분을 받았을 경우 하락하는 가치를 통관증가비율에 따라 환산한 값임.
미생물에 의한 처분과 평균에 의한 처분의 가중치가 같다고 가정함.
통관비율 19.1%의 50%인 9.55%는 미생물에 의하여 9.55%는 해충에 의하여 발생함.
자료 : 현지조사

4.5.2 국화 ‘백마’의 전자빔 에너지 10MeV의 편익 계측

국화 ‘백마’의 편익을 전자빔에너지와 선량에 따라 계측하면 <표 3-1-85>~<표 3-1-90>과 같다. 국화 ‘백마’의 총편익 계측방법은 다음과 같다.

- 국화 품종 : 백마
- 국화 계측량 : 40ft 1 컨테이너(70,000본 = 700상자 × 100본)
- 국화 가격 : 395원/본
- 전자빔 처리방법 : <표 3-1-63> 참조

40ft 컨테이너 기준으로 국화 ‘백마’를 10MeV 전자빔발생기로 100Gy 처리를 했을 경우 편익은 <표 3-1-85>와 같이 1,428,708원으로 계측되었다.

표 3-1-85. 전자빔조사에 의한 국화 ‘백마’ 1 컨테이너(40FT)당 총편익(10MeV, 100Gy)

비 목		단위	금액 또는 불량	비 고
기초 자료	분석기준량	본	70,000	분석기준 : 화물 1 컨테이너(40FT) 기준 국화 1 컨테이너는 60,000-80,000본
	화훼 가격	원/본	395	2010년 로즈피아 구매가격
편익	절화수명	원	0	분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 $70,000\text{본} \times 0\% \times 395\text{원/본} \times 1/3$
	관상가치	"	0	분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 $70,000\text{본} \times 0\% \times 395\text{원/본} \times 1/3$
	엽록소 함량	"	0	분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 $70,000\text{본} \times 0\% \times 395\text{원/본} \times 1/3$
	포자발아율 및 균사생장율	"	22,920	기준통관비 × 통관비율 × (1 - 포자발아율 × 균사생장율) $1,500,000\text{원} \times 9.55\% \times (1 - 100\% \times 84\%)$
	살충력 및 불입력	"	58,303	기준통관비 × 통관비율 × (불입력 or 살충력) $1,500,000\text{원} \times 9.55\% \times 40.7\%$
	품질보존비 ¹⁾	"	1,347,485	분석기준량 × 가치하락보존비율 × 가격 × 통관증가비율 $70,000\text{본} \times 90\% \times 395\text{원/본} \times (9.55\% \times 56.7\%)$
	편익 총계	"	1,428,708	

주. 1. 품질보존비는 소독처분을 받았을 경우 하락하는 가치를 통관증가비율에 따라 환산한 값임.
미생물에 의한 처분과 병균에 의한 처분의 가중치가 같다고 가정함.
통관비율 19.1%의 50%인 9.55%는 미생물에 의하여 9.55%는 해충에 의하여 발생함.

자료 : 현지조사

40ft 컨테이너 기준으로 국화 ‘백마’를 10MeV 전자빔발생기로 200Gy 처리를 했을 경우 편익은 <표 3-1-86>과 같이 1,252,396원으로 계측되었다

표 3-1-86. 전자빔조사에 의한 국화 ‘백마’ 1 컨테이너(40FT)당 총편익(10MeV, 200Gy)

비 목		단위	금액 또는 물량	비 고
기초 자료	분석기준량	본	70,000	분석기준 : 화물 1 컨테이너(40FT) 기준 국화 1 컨테이너는 60,000-80,000본
	화훼 가격	원/본	395	2010년 로즈피아 구매가격
편익	절화수명	원	-1,198,167	분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 70,000본 × -13% × 395원/본 × 1/3
	관상가치	"	0	분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 70,000본 × 0% × 395원/본 × 1/3
	엽록소 함량	"	-553,000	분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 70,000본 × -6% × 395원/본 × 1/3
	포자발아율 및 균사생장율	"	34,953	기준통관비 × 통관비율 × (1 - 포자발아율 × 균사생장율) 1,500,000원 × 9.55% × (1 - 100% × 75.6%)
	살충력 및 불입력	"	135,801	기준통관비 × 통관비율 × (불입력 or 살충력) 1,500,000원 × 9.55% × 94.8%
	품질보존비 ¹⁾	"	2,832,809	분석기준량 × 가치하락보존비율 × 가격 × 통관증가비율 70,000본 × 90% × 395원/본 × (9.55% × 119.2%)
	편익 총계	"	1,252,396	

주. 1. 품질보존비는 소독처분을 받았을 경우 하락하는 가치를 통관증가비율에 따라 환산한 값임.
미생물에 의한 처분과 병균에 의한 처분의 가중치가 같다고 가정함.
통관비율 19.1%의 50%인 9.55%는 미생물에 의하여 9.55%는 해충에 의하여 발생함.
자료 : 현지조사

40ft 컨테이너 기준으로 국화 ‘백마’를 10MeV 전자빔발생기로 400Gy 처리를 했을 경우 편익은 <표 3-1-87>과 같이 332,977원으로 예측되었다.

표 3-1-87. 전자빔조사에 의한 국화 ‘백마’ 1 컨테이너(40FT)당 총편익(10MeV, 400Gy)

비 목		단위	금액 또는 물량	비 고
기초 자료	분석기준량	본	70,000	분석기준 : 화물 1 컨테이너(40FT) 기준 국화 1 컨테이너는 60,000-80,000본
	화훼 가격	원/본	395	2010년 로즈피아 구매가격
편익	절화수명	원	-1,935,500	분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 70,000본 × -21% × 395원/본 × 1/3
	관상가치	"		분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 70,000본 × 0% × 395원/본 × 1/3
	엽록소 함량	"	-1,013,833	분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 70,000본 × -11% × 395원/본 × 1/3
	포자발아율 및 균사생장율	"	43,351	기준통관비 × 통관비율 × (1 - 포자발아율 × 균사생장율) 1,500,000원 × 9.55% × (1 - 99.2% × 70.3%)
	살충력 및 불입력	"	143,250	기준통관비 × 통관비율 × (불입력 or 살충력) 1,500,000원 × 9.55% × 100%
	품질보존비 ¹⁾	"	3,095,709	분석기준량 × 가치하락보존비율 × 가격 × 통관증가비율 70,000본 × 90% × 395원/본 × (9.55% × 130.3%)
	편익 총계	"	332,977	

주. 1. 품질보존비는 소독처분을 받았을 경우 하락하는 가치를 통관증가비율에 따라 환산한 값임.
미생물에 의한 처분과 병균에 의한 처분의 가중치가 같다고 가정함.
통관비율 19.1%의 50%인 9.55%는 미생물에 의하여 9.55%는 해충에 의하여 발생함.
자료 : 현지조사

40ft 컨테이너 기준으로 국화 ‘백마’를 10MeV 전자빔발생기로 600Gy 처리를 했을 경우 편익은 <표 3-1-88>과 같이 -2,172,838원으로 계측되었다.

표 3-1-88. 전자빔조사에 의한 국화 ‘백마’ 1 컨테이너(40FT)당 총편익(10MeV, 600Gy)

비 목		단위	금액 또는 물량	비 고
기초자료	분석기준량	본	70,000	분석기준 : 화물 1 컨테이너(40FT) 기준 국화 1 컨테이너는 60,000-80,000본
	화훼 가격	원/본	395	2010년 로즈피아 구매가격
편익	절화수명	원	-3,410,167	분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 70,000본 × -37% × 395원/본 × 1/3
	관상가치	"	-1474,667	분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 70,000본 × -16% × 395원/본 × 1/3
	엽록소 함량	"	-1,013,833	분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 70,000본 × -11% × 395원/본 × 1/3
	포자발아율 및 균사생장율	"	68,565	기준통관비 × 통관비율 × (1 - 포자발아율 × 균사생장율) 1,500,000원 × 9.55% × (1 - 98% × 53.2%)
	살충력 및 불입력	"	143,250	기준통관비 × 통관비율 × (불입력 or 살충력) 1,500,000원 × 9.55% × 100%
	품질보존비 ¹⁾	"	3,514,014	분석기준량 × 가치하락보존비율 × 가격 × 통관증가비율 70,000본 × 90% × 395원/본 × (9.55% × 147.9%)
	편익 총계	"	-2,172,838	

주. 1. 품질보존비는 소독처분을 받았을 경우 하락하는 가치를 통관증가비율에 따라 환산한 값임.
미생물에 의한 처분과 평균에 의한 처분의 가중치가 같다고 가정함.
통관비율 19.1%의 50%인 9.55%는 미생물에 의하여 9.55%는 해충에 의하여 발생함.

자료 : 현지조사

40ft 컨테이너 기준으로 국화 ‘백마’를 10MeV 전자빔발생기로 800Gy 처리를 했을 경우 편익은 <표 3-1-89>와 같이 -2,311,594원으로 계측되었다.

표 3-1-89. 전자빔조사에 의한 국화 ‘백마’ 1 컨테이너(40FT)당 총편익(10MeV, 800Gy)

비 목		단위	금액 또는 물량	비 고
기초자료	분석기준량	본	70,000	분석기준 : 화물 1 컨테이너(40FT) 기준 국화 1 컨테이너는 60,000-80,000본
	화훼 가격	원/본	395	2010년 로즈피아 구매가격
편익	절화수명	원	-3,410,167	분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 70,000본 × -37% × 395원/본 × 1/3
	관상가치	"	-1,843,333	분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 70,000본 × -20% × 395원/본 × 1/3
	엽록소 함량	"	-829,500	분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 70,000본 × -9% × 395원/본 × 1/3
	포자발아율 및 균사생장율	"	71,156	기준통관비 × 통관비율 × (1 - 포자발아율 × 균사생장율) 1,500,000원 × 9.55% × (1 - 94.6% × 53.2%)
	살충력 및 불입력	"	143,250	기준통관비 × 통관비율 × (불입력 or 살충력) 1,500,000원 × 9.55% × 100%
	품질보존비 ¹⁾	"	3,557,000	분석기준량 × 가치하락보존비율 × 가격 × 통관증가비율 70,000본 × 90% × 395원/본 × (9.55% × 149.7%)
	편익 총계	"	-2,311,594	

주. 1. 품질보존비는 소독처분을 받았을 경우 하락하는 가치를 통관증가비율에 따라 환산한 값임.
미생물에 의한 처분과 평균에 의한 처분의 가중치가 같다고 가정함.
통관비율 19.1%의 50%인 9.55%는 미생물에 의하여 9.55%는 해충에 의하여 발생함.

자료 : 현지조사

40ft 컨테이너 기준으로 국화 ‘백마’를 10MeV 전자빔발생기로 1,000Gy 처리를 했을 경우 편익은 <표 3-1-90>과 같이 -9,219,046원으로 계측되었다.

표 3-1-90. 전자빔조사에 의한 국화 ‘백마’ 1 컨테이너(40FT)당 총편익(10MeV, 1,000Gy)

비 목		단위	금액 또는 불량	비 고
기초 자료	분석기준량	본	70,000	분석기준 : 화물 1 컨테이너(40FT) 기준 국화 1 컨테이너는 60,000-80,000본
	화훼 가격	원/본	395	2010년 로즈피아 구매가격
편익	절화수명	원	-5,253,500	분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 70,000본 × -57% × 395원/본 × 1/3
	관상가치	"	-6,267,333	분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 70,000본 × -68% × 395원/본 × 1/3
	엽록소 함량	"	-1,843,333	분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 70,000본 × -20% × 395원/본 × 1/3
	포자발아율 및 균사생장율	"	92,402	기준통관비 × 통관비율 × (1 - 포자발아율 × 균사생장율) 1,500,000원 × 9.55% × (1 - 81.6% × 43.5%)
	살충력 및 불입력	"	143,250	기준통관비 × 통관비율 × (불입력 or 살충력) 1,500,000원 × 9.55% × 100%
	품질보존비 ¹⁾	"	3,909,468	분석기준량 × 가치하락보존비율 × 가격 × 통관증가비율 70,000본 × 90% × 395원/본 × (9.55% × 164.5%)
	편익 총계	"	-9,219,046	

주. 1. 품질보존비는 소독처분을 받았을 경우 하락하는 가치를 통관증가비율에 따라 환산한 값임.
미생물에 의한 처분과 병균에 의한 처분의 가중치가 같다고 가정함.
통관비율 19.1%의 50%인 9.55%는 미생물에 의하여 9.55%는 해충에 의하여 발생함.
자료 : 현지조사

4.5.3 장미에 대한 전자빔 에너지 2.5MeV의 편익 계측

장미 ‘레뷰’, ‘일세브론즈’, ‘레드자이언트’ 3개 품목의 편익평균을 전자빔에너지 2.5MeV와 선량100~1,000Gy에 따라 계측하면 <표 3-1-91>~<표 3-1-96>과 같다.

장미 ‘레뷰’, ‘일세브론즈’, ‘레드자이언트’ 3개 품목의 편익 계측방법은 다음과 같다.

- 장미 품종 : 레뷰, 일세브론즈, 레드자이언트
- 장미 계측량 : 40ft 1 컨테이너(55,000본 = 1,100상자 × 50본)
- 장미 가격 : 298원/본
- 전자빔 처리방법 : <표 3-1-63> 참조

40ft 컨테이너 기준으로 장미 ‘레뷰’, ‘일세브론즈’, ‘레드자이언트’를 2.5MeV 전자빔발생기로 100Gy 처리를 했을 경우 편익은 표 <표 3-1-91>과 같이 949,607원으로 계측되었다.

표 3-1-91. 전자빔조사에 의한 장미 1 컨테이너(40FT)당 총편익(2.5MeV, 100Gy)

비 목		단위	금액 또는 물량	비 고
기초 자료	분석기준량	본	55,000	분석기준 : 화물 1 컨테이너(40FT) 기준 장미 1 컨테이너는 50,000-60,000본
	화훼 가격	원/본	298	2010년 로즈피아 구매가격
편익	절화수명	원	819,500	분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 55,000본 × 10% × 298원/본 × 1/2
	관상가치	"	0	분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 55,000본 × 0% × 298원/본 × 1/2
	포자발아율 및 균사생장율	"	1,950	기준통관비 × 통관비율 × (1 - 포자발아율 × 균사생장율) 1,500,000원 × 2% × (1 - 100% × 93.5%)
	살충력 및 불임력	"	18,180	기준통관비 × 통관비율 × (불임력 or 살충력) 1,500,000원 × 2% × 60.6%
	품질보존비 ¹⁾	"	109,977	분석기준량 × 가치하락보존비율 × 가격 × 통관증가비율 55,000본 × 50% × 298원/본 × (2% × 67.1%)
	편익 총계	"	949,607	

주. 1. 품질보존비는 소독처분을 받았을 경우 하락하는 가치를 통관증가비율에 따라 환산한 값임.
미생물에 의한 처분과 병균에 의한 처분의 가중치가 같다고 가정함.
통관비율 4%의 50%인 2%는 미생물에 의하여 2%는 해충에 의하여 발생함.

자료 : 현지조사

40ft 컨테이너 기준으로 장미 ‘레뷰’, ‘일세브론즈’, ‘레드자이언트’ 를 2.5MeV 전자빔발생기로 200Gy 처리를 했을 경우 편익은 <표 3-1-92>와 같이 864,191원으로 계측되었다.

표 3-1-92. 전자빔조사에 의한 장미 1 컨테이너(40FT)당 총편익(2.5MeV, 200Gy)

비 목		단위	금액 또는 물량	비 고
기초 자료	분석기준량	본	55,000	분석기준 : 화물 1 컨테이너(40FT) 기준 장미 1 컨테이너는 50,000-60,000본
	화훼 가격	원/본	298	2010년 로즈피아 구매가격
편익	절화수명	원	655,600	분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 55,000본 × 8% × 298원/본 × 1/2
	관상가치	"	0	분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 55,000본 × 0% × 298원/본 × 1/2
	포자발아율 및 균사생장율	"	5,873	기준통관비 × 통관비율 × (1 - 포자발아율 × 균사생장율) 1,500,000원 × 2% × (1 - 98.8% × 81.4%)
	살충력 및 불임력	"	26,400	기준통관비 × 통관비율 × (불임력 or 살충력) 1,500,000원 × 2% × 88%
	품질보존비 ¹⁾	"	176,318	분석기준량 × 가치하락보존비율 × 가격 × 통관증가비율 55,000본 × 50% × 298원/본 × (2% × 107.6%)
	편익 총계	"	864,191	

주. 1. 품질보존비는 소독처분을 받았을 경우 하락하는 가치를 통관증가비율에 따라 환산한 값임.
미생물에 의한 처분과 병균에 의한 처분의 가중치가 같다고 가정함.
통관비율 4%의 50%인 2%는 미생물에 의하여 2%는 해충에 의하여 발생함.

자료 : 현지조사

40ft 컨테이너 기준으로 장미 ‘레뷰’, ‘일세브론즈’, ‘레드자이언트’를 2.5MeV 전자빔발생기로 400Gy 처리를 했을 경우 편익은 <표 3-1-93>과 같이 169,693원으로 계측되었다.

표 3-1-93. 전자빔조사에 의한 장미 1 컨테이너(40FT)당 총편익(2.5MeV, 400Gy)

비 목		단위	금액 또는 물량	비 고
기초 자료	분석기준량	본	55,000	분석기준 : 화물 1 컨테이너(40FT) 기준 장미 1 컨테이너는 50,000-60,000본
	화훼 가격	원/본	298	2010년 로즈피아 구매가격
편익	절화수명	원	-81,950	분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 $55,000\text{본} \times -1\% \times 298\text{원/본} \times 1/2$
	관상가치	"	0	분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 $55,000\text{본} \times 0\% \times 298\text{원/본} \times 1/2$
	포자발아율 및 군사생장율	"	8,934	기준통관비 × 통관비율 × (1 - 포자발아율 × 군사생장율) $1,500,000\text{원} \times 2\% \times (1 - 97.8\% \times 71.8\%)$
	살충력 및 불입력	"	30,000	기준통관비 × 통관비율 × (불입력 or 살충력) $1,500,000\text{원} \times 2\% \times 100\%$
	품질보존비 ¹⁾	"	212,709	분석기준량 × 가치하락보존비율 × 가격 × 통관증가비율 $55,000\text{본} \times 50\% \times 298\text{원/본} \times (2\% \times 129.8\%)$
	편익 총계	"	169,693	

주. 1. 품질보존비는 소독처분을 받았을 경우 하락하는 가치를 통관증가비율에 따라 환산한 값임.
미생물에 의한 처분과 병균에 의한 처분의 가중치가 같다고 가정함.
통관비율 4%의 50%인 2%는 미생물에 의하여 2%는 해충에 의하여 발생함.

자료 : 현지조사

40ft 컨테이너 기준으로 장미 ‘레뷰’, ‘일세브론즈’, ‘레드자이언트’를 2.5MeV 전자빔발생기로 600Gy 처리를 했을 경우 편익은 <표 3-1-94>와 같이 101,595원으로 계측되었다.

표 3-1-94. 전자빔조사에 의한 장미 1 컨테이너(40FT)당 총편익(2.5MeV, 600Gy)

비 목		단위	금액 또는 물량	비 고
기초 자료	분석기준량	본	55,000	분석기준 : 화물 1 컨테이너(40FT) 기준 장미 1 컨테이너는 50,000-60,000본
	화훼 가격	원/본	298	2010년 로즈피아 구매가격
편익	절화수명	원	-163,900	분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 $55,000\text{본} \times -2\% \times 298\text{원/본} \times 1/2$
	관상가치	"	0	분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 $55,000\text{본} \times 0\% \times 298\text{원/본} \times 1/2$
	포자발아율 및 군사생장율	"	11,077	기준통관비 × 통관비율 × (1 - 포자발아율 × 군사생장율) $1,500,000\text{원} \times 2\% \times (1 - 96.3\% \times 65.5\%)$
	살충력 및 불입력	"	30,000	기준통관비 × 통관비율 × (불입력 or 살충력) $1,500,000\text{원} \times 2\% \times 100\%$
	품질보존비 ¹⁾	"	224,418	분석기준량 × 가치하락보존비율 × 가격 × 통관증가비율 $55,000\text{본} \times 50\% \times 298\text{원/본} \times (2\% \times 136.9\%)$
	편익 총계	"	101,595	

주. 1. 품질보존비는 소독처분을 받았을 경우 하락하는 가치를 통관증가비율에 따라 환산한 값임.
미생물에 의한 처분과 병균에 의한 처분의 가중치가 같다고 가정함.
통관비율 4%의 50%인 2%는 미생물에 의하여 2%는 해충에 의하여 발생함.

자료 : 현지조사

40ft 컨테이너 기준으로 장미 ‘레뷰’, ‘일세브론즈’, ‘레드자이언트’를 2.5MeV 전자빔발생기로 800Gy 처리를 했을 경우 편익은 <표 3-1-95>와 같이 -1,192,803원으로 계측되었다.

표 3-1-95. 전자빔조사에 의한 장미 1 컨테이너(40FT)당 총편익(2.5MeV, 800Gy)

비 목	단위	금액 또는 물량	비 고	
기초 자료	분석기준량	본	55,000	분석기준 : 화물 1 컨테이너(40FT) 기준 장미 1 컨테이너는 50,000-60,000본
	화훼 가격	원/본	298	2010년 로즈피아 수매가격
편익	절화수명	원	-409,750	분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 $55,000\text{본} \times -5\% \times 298\text{원/본} \times 1/2$
	관상가치	"	-1,065,350	분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 $55,000\text{본} \times -13\% \times 298\text{원/본} \times 1/2$
	포자발아율 및 균사생장율	"	13,677	기준통관비 × 통관비율 × (1 - 포자발아율 × 균사생장율) $1,500,000\text{원} \times 2\% \times (1 - 94.3\% \times 57.7\%)$
	살충력 및 불입력	"	30,000	기준통관비 × 통관비율 × (불입력 or 살충력) $1,500,000\text{원} \times 2\% \times 100\%$
	품질보존비 ¹⁾	"	238,620	분석기준량 × 가치하락보존비율 × 가격 × 통관증가비율 $55,000\text{본} \times 50\% \times 298\text{원/본} \times (2\% \times 145.6\%)$
	편익 총계	"	-1,192,803	

주. 1. 품질보존비는 소독처분을 받았을 경우 하락하는 가치를 통관증가비율에 따라 환산한 값임.
미생물에 의한 처분과 병균에 의한 처분의 가중치가 같다고 가정함.
통관비율 4%의 50%인 2%는 미생물에 의하여 2%는 해충에 의하여 발생함.
자료 : 현지조사

40ft 컨테이너 기준으로 장미 ‘레뷰’, ‘일세브론즈’, ‘레드자이언트’를 2.5MeV 전자빔발생기로 1,000Gy 처리를 했을 경우 편익은 <표 3-1-96>과 같이 -2,148,614원으로 계측되었다.

표 3-1-96. 전자빔조사에 의한 장미 1 컨테이너(40FT)당 총편익(2.5MeV, 1,000Gy)

비 목	단위	금액 또는 물량	비 고	
기초 자료	분석기준량	본	55,000	분석기준 : 화물 1 컨테이너(40FT) 기준 장미 1 컨테이너는 50,000-60,000본
	화훼 가격	원/본	298	2010년 로즈피아 수매가격
편익	절화수명	원	-819,500	분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 $55,000\text{본} \times -5\% \times 298\text{원/본} \times 1/2$
	관상가치	"	-1,639,000	분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 $55,000\text{본} \times -13\% \times 298\text{원/본} \times 1/2$
	포자발아율 및 균사생장율	"	17,945	기준통관비 × 통관비율 × (1 - 포자발아율 × 균사생장율) $1,500,000\text{원} \times 2\% \times (1 - 94.3\% \times 57.7\%)$
	살충력 및 불입력	"	30,000	기준통관비 × 통관비율 × (불입력 or 살충력) $1,500,000\text{원} \times 2\% \times 100\%$
	품질보존비 ¹⁾	"	261,941	분석기준량 × 가치하락보존비율 × 가격 × 통관증가비율 $55,000\text{본} \times 50\% \times 298\text{원/본} \times (2\% \times 145.6\%)$
	편익 총계	"	-2,148,614	

주. 1. 품질보존비는 소독처분을 받았을 경우 하락하는 가치를 통관증가비율에 따라 환산한 값임.
미생물에 의한 처분과 병균에 의한 처분의 가중치가 같다고 가정함.
통관비율 4%의 50%인 2%는 미생물에 의하여 2%는 해충에 의하여 발생함.
자료 : 현지조사

4.5.4 장미에 대한 전자빔 에너지 10MeV의 편익 계측

장미 ‘레뷰’, ‘일세브론즈’, ‘레드자이언트’의 편익평균을 전자빔에너지 10MeV와 선량100~1,000Gy에 따라 계측하면 <표 3-1-97>~<표 3-1-102>와 같다.

장미 ‘레뷰’, ‘일세브론즈’, ‘레드자이언트’ 3개 품목의 편익 계측방법은 다음과 같다.

- 장미 품종 : 레뷰, 일세브론즈, 레드자이언트
- 장미 계측량 : 40ft 1 컨테이너(55,000본 = 1,100상자 × 50본)
- 장미 가격 : 298원/본
- 전자빔 처리방법 : <표 3-1-63> 참조

40ft 컨테이너 기준으로 장미 ‘레뷰’, ‘일세브론즈’, ‘레드자이언트’를 10MeV 전자빔발생기로 100Gy 처리를 했을 경우 편익은 <표 3-1-97>과 같이 -15,373원으로 계측되었다.

표 3-1-97. 전자빔조사에 의한 장미 1 컨테이너(40FT)당 총편익(10MeV, 100Gy)

비 목		단위	금액 또는 물량	비 고
기초 자료	분석기준량	본	55,000	분석기준 : 화물 1 컨테이너(40FT) 기준 장미 1 컨테이너는 50,000-60,000본
	화훼 가격	원/본	298	2010년 로즈피아 구매가격
편익	절화수명	원	491,700	분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 $55,000\text{본} \times 6\% \times 298\text{원/본} \times 1/2$
	관상가치	"	-655,600	분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 $55,000\text{본} \times -8\% \times 298\text{원/본} \times 1/2$
	포자발아율 및 균사생장을	"	4,800	기준통관비 × 통관비율 × (1 - 포자발아율 × 균사생장을 $1,500,000\text{원} \times 2\% \times (1 - 100\% \times 84.0\%)$
	살충력 및 불입력	"	18,180	기준통관비 × 통관비율 × (불입력 or 살충력) $1,500,000\text{원} \times 2\% \times 60.6\%$
	품질보존비 ¹⁾	"	125,547	분석기준량 × 가치하락보존비율 × 가격 × 통관증가비율 $55,000\text{본} \times 50\% \times 298\text{원/본} \times (2\% \times 76.6\%)$
	편익 총계	"	-15,373	

주. 1. 품질보존비는 소독처분을 받았을 경우 하락하는 가치를 통관증가비율에 따라 환산한 값임.
미생물에 의한 처분과 병균에 의한 처분의 가중치가 같다고 가정함.
통관비율 4%의 50%인 2%는 미생물에 의하여 2%는 해충에 의하여 발생함.

자료 : 현지조사

40ft 컨테이너 기준으로 장미 ‘레뷰’, ‘일세브론즈’, ‘레드자이언트’를 10MeV 전자빔발생기로 200Gy 처리를 했을 경우 편익은 <표 3-1-98>과 같이 1,447,194원으로 계측되었다.

표 3-1-98. 전자빔조사에 의한 장미 1 컨테이너(40FT)당 총편익(10MeV, 200Gy)

비 목		단위	금액 또는 물량	비 고
기초 자료	분석기준량	본	55,000	분석기준 : 화물 1 컨테이너(40FT) 기준 장미 1 컨테이너는 50,000-60,000본
	화훼 가격	원/본	298	2010년 로즈피아 구매가격
편익	절화수명	원	655,600	분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 $55,000\text{본} \times 8\% \times 298\text{원/본} \times 1/2$
	관상가치	"	573,650	분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 $55,000\text{본} \times 7\% \times 298\text{원/본} \times 1/2$
	포자발아율 및 균사생장율	"	7,320	기준통관비 × 통관비율 × (1 - 포자발아율 × 균사생장율) $1,500,000\text{원} \times 2\% \times (1 - 100\% \times 75.6\%)$
	살충력 및 불입력	"	26,400	기준통관비 × 통관비율 × (불입력 or 살충력) $1,500,000\text{원} \times 2\% \times 88.0\%$
	품질보존비 ¹⁾	"	184,224	분석기준량 × 가치하락보존비율 × 가격 × 통관증가비율 $55,000\text{본} \times 50\% \times 298\text{원/본} \times (2\% \times 112.4\%)$
	편익 총계	"	1,447,194	

주. 1. 품질보존비는 소독처분을 받았을 경우 하락하는 가치를 통관증가비율에 따라 환산한 값임.
미생물에 의한 처분과 병균에 의한 처분의 가중치가 같다고 가정함.
통관비율 4%의 50%인 2%는 미생물에 의하여 2%는 해충에 의하여 발생함.
자료 : 현지조사

40ft 컨테이너 기준으로 장미 ‘레뷰’, ‘일세브론즈’, ‘레드자이언트’를 10MeV 전자빔발생기로 400Gy 처리를 했을 경우 편익은 <표 3-1-99>와 같이 1,645,729원으로 계측되었다.

표 3-1-99. 전자빔조사에 의한 장미 1 컨테이너(40FT)당 총편익(10MeV, 400Gy)

비 목		단위	금액 또는 물량	비 고
기초 자료	분석기준량	본	55,000	분석기준 : 화물 1 컨테이너(40FT) 기준 장미 1 컨테이너는 50,000-60,000본
	화훼 가격	원/본	298	2010년 로즈피아 구매가격
편익	절화수명	원	819,500	분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 $55,000\text{본} \times -1\% \times 298\text{원/본} \times 1/2$
	관상가치	"	573,650	분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 $55,000\text{본} \times 0\% \times 298\text{원/본} \times 1/2$
	포자발아율 및 균사생장율	"	9,079	기준통관비 × 통관비율 × (1 - 포자발아율 × 균사생장율) $1,500,000\text{원} \times 2\% \times (1 - 97.8\% \times 71.8\%)$
	살충력 및 불입력	"	30,000	기준통관비 × 통관비율 × (불입력 or 살충력) $1,500,000\text{원} \times 2\% \times 100\%$
	품질보존비 ¹⁾	"	213,500	분석기준량 × 가치하락보존비율 × 가격 × 통관증가비율 $55,000\text{본} \times 50\% \times 298\text{원/본} \times (2\% \times 130.3\%)$
	편익 총계	"	1,645,729	

주. 1. 품질보존비는 소독처분을 받았을 경우 하락하는 가치를 통관증가비율에 따라 환산한 값임.
미생물에 의한 처분과 병균에 의한 처분의 가중치가 같다고 가정함.
통관비율 4%의 50%인 2%는 미생물에 의하여 2%는 해충에 의하여 발생함.
자료 : 현지조사

40ft 컨테이너 기준으로 장미 ‘레뷰’, ‘일세브론즈’, ‘레드자이언트’를 10MeV 전자빔발생기로 600Gy 처리를 했을 경우 편익은 <표 3-1-100>과 같이 850,667원으로 계측되었다.

표 3-1-100. 전자빔조사에 의한 장미 1 컨테이너(40FT)당 총편익(10MeV, 600Gy)

비 목		단위	금액 또는 물량	비 고
기초 자료	분석기준량	본	55,000	분석기준 : 화물 1 컨테이너(40FT) 기준 장미 1 컨테이너는 50,000-60,000본
	화훼 가격	원/본	298	2010년 로즈피아 구매가격
편익	절화수명	원	0	분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 $55,000\text{본} \times -2\% \times 298\text{원/본} \times 1/2$
	관상가치	"	573,650	분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 $55,000\text{본} \times 0\% \times 298\text{원/본} \times 1/2$
	포자발아율 및 균사생장율	"	12,860	기준통관비 × 통관비율 × (1 - 포자발아율 × 균사생장율) $1,500,000\text{원} \times 2\% \times (1 - 96.3\% \times 65.5\%)$
	살충력 및 불입력	"	30,000	기준통관비 × 통관비율 × (불입력 or 살충력) $1,500,000\text{원} \times 2\% \times 100\%$
	품질보존비 ¹⁾	"	234,157	분석기준량 × 가치하락보존비율 × 가격 × 통관증가비율 $55,000\text{본} \times 50\% \times 298\text{원/본} \times (2\% \times 136.9\%)$
	편익 총계	"	850,667	

주. 1. 품질보존비는 소독처분을 받았을 경우 하락하는 가치를 통관증가비율에 따라 환산한 값임.
미생물에 의한 처분과 병균에 의한 처분의 가중치가 같다고 가정함.
통관비율 4%의 50%인 2%는 미생물에 의하여 2%는 해충에 의하여 발생함.
자료 : 현지조사

40ft 컨테이너 기준으로 장미 ‘레뷰’, ‘일세브론즈’, ‘레드자이언트’를 10MeV 전자빔발생기로 800Gy 처리를 했을 경우 편익은 <표 3-1-101>과 같이 -2,168,284원으로 계측되었다.

표 3-1-101. 전자빔조사에 의한 장미 1 컨테이너(40FT)당 총편익(10MeV, 800Gy)

비 목		단위	금액 또는 물량	비 고
기초 자료	분석기준량	본	55,000	분석기준 : 화물 1 컨테이너(40FT) 기준 장미 1 컨테이너는 50,000-60,000본
	화훼 가격	원/본	298	2010년 로즈피아 구매가격
편익	절화수명	원	-819,500	분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 $55,000\text{본} \times -10\% \times 298\text{원/본} \times 1/2$
	관상가치	"	-1,639,000	분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 $55,000\text{본} \times -20\% \times 298\text{원/본} \times 1/2$
	포자발아율 및 균사생장율	"	14,902	기준통관비 × 통관비율 × (1 - 포자발아율 × 균사생장율) $1,500,000\text{원} \times 2\% \times (1 - 94.6\% \times 53.2\%)$
	살충력 및 불입력	"	30,000	기준통관비 × 통관비율 × (불입력 or 살충력) $1,500,000\text{원} \times 2\% \times 100\%$
	품질보존비 ¹⁾	"	245,314	분석기준량 × 가치하락보존비율 × 가격 × 통관증가비율 $55,000\text{본} \times 50\% \times 298\text{원/본} \times (2\% \times 149.7\%)$
	편익 총계	"	-2,168,284	

주. 1. 품질보존비는 소독처분을 받았을 경우 하락하는 가치를 통관증가비율에 따라 환산한 값임.
미생물에 의한 처분과 병균에 의한 처분의 가중치가 같다고 가정함.
통관비율 4%의 50%인 2%는 미생물에 의하여 2%는 해충에 의하여 발생함.
자료 : 현지조사

40ft 컨테이너 기준으로 장미 ‘레뷰’, ‘일세브론즈’, ‘레드자이언트’를 10MeV 전자빔발생기로 1,000Gy 처리를 했을 경우 편익은 <표 3-1-102>와 같이 -3,286,827원으로 계측되었다.

표 3-1-102. 전자빔조사에 의한 장미 1 컨테이너(40FT)당 총편익(10MeV, 1,000Gy)

비 목		단위	금액 또는 물량	비 고
기초 자료	분석기준량	본	55,000	분석기준 : 화물 1 컨테이너(40FT) 기준 장미 1 컨테이너는 50,000-60,000본
	화훼 가격	원/본	298	2010년 로즈피아 구매가격
편익	절화수명	원	-901,450	분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 $55,000\text{본} \times -11\% \times 298\text{원/본} \times 1/2$
	관상가치	"	-2,704,350	분석기준량 × 가치증가비율 × 가격 × 가중치 $55,000\text{본} \times -33\% \times 298\text{원/본} \times 1/2$
	포자발아율 및 균사생장을	"	19,351	기준통관비 × 통관비율 × (1 - 포자발아율 × 균사생장을 $1,500,000\text{원} \times 2\% \times (1 - 81.6\% \times 43.5\%)$
	살충력 및 불입력	"	30,000	기준통관비 × 통관비율 × (불입력 or 살충력) $1,500,000\text{원} \times 2\% \times 100\%$
	품질보존비 ¹⁾	"	269,622	분석기준량 × 가치하락보존비율 × 가격 × 통관증가비율 $55,000\text{본} \times 50\% \times 298\text{원/본} \times (2\% \times 164.5\%)$
	편익 총계	"	-3,286,827	

주. 1. 품질보존비는 소독처분을 받았을 경우 하락하는 가치를 통관증가비율에 따라 환산한 값임.
미생물에 의한 처분과 병균에 의한 처분의 가중치가 같다고 가정함.
통관비율 4%의 50%인 2%는 미생물에 의하여 2%는 해충에 의하여 발생함.
자료 : 현지조사

4.5.5 수출용 화훼류의 대한 전자빔처리의 편익 계측 결과

수출용 화훼류 가운데 국화 ‘백마’와 장미 ‘레뷰’, ‘일세브론즈’, ‘레드자이언트’ 편익평균 결과를 전자빔에너지 2.5MeV와 10MeV, 각 에너지별 100~1,000Gy에서 계측한 결과는 다음과 같다.

가. 국화 ‘백마’에 대한 전자빔처리의 편익결과

국화 ‘백마’에 대한 전자빔처리의 편익결과는 <표 3-1-103>과 같다. 전자빔에너지 2MeV와 10MeV의 400Gy 이하의 선량에서 양의 편익이 계측되었으며, 600Gy 이상의 선량에서는 음의 편익이 계측되었다.

표 3-1-103. 전자빔조사에 의한 국화 1 컨테이너(40FT)당 총편익

단위 : 원

선량 \ 에너지	2.5 MeV	10 MeV
100 Gy	-8,836	1,428,708
200 Gy	2,513,364	1,252,396
400 Gy	781,644	332,977
600 Gy	-5,397,846	-2,172,838
800 Gy	-4,349,998	-2,311,594
1,000 Gy	-9,890,135	-9,219,046

자료 : <표 3-1-79> ~ <표 3-1-84> 및 <표 3-1-85> ~ <표 3-1-90> 참조

나. 장미에 대한 전자빔처리의 편익결과

장미 ‘레뷰’, ‘일세브론즈’, ‘레드자이언트’에 대한 전자빔처리의 편익결과는 <표 3-1-104>와 같다. 전자빔에너지 2MeV와 10MeV의 400Gy 이하의 선량에서 양의 편익이 계측되었으며, 600Gy 이상의 선량에서는 음의 편익이 계측되었다.

표 3-1-104. 전자빔조사에 의한 장미 1 컨테이너(40FT)당 총편익

단위 : 원

에너지 \ 선량	2.5 MeV	10 MeV
100 Gy	949,607	-15,373
200 Gy	864,191	1,447,194
400 Gy	169,693	1,645,729
600 Gy	101,595	850,667
800 Gy	-1,192,803	-2,168,284
1,000 Gy	-2,148,614	-3,286,627

자료 : <표 3-1-91>~<표 3-1-96> 및 <표 3-1-97>~<표 3-1-102> 참조

4.6 전자빔조사 관련 비용 계측결과

4.6.1 현행 기술조건하의 전자빔발생장치 개발비 분석

가. 개발비 분석 방법

‘전자빔발생장치’의 개발비는 (주)이비테크(EB Tech)에서 2010년에 작성한 전자빔발생장치의 예정원가계산서를 참고하였다.

이 연구에서 조사한 ‘전자빔발생장치’의 형식은 2.5MeV 100mA, 10MeV 1mA이며, 개발비의 조사시점은 2010년 8월을 기준으로 조사하였다.

‘전자빔발생장치’의 개발비 조사는 ‘국가를 당사자로 하는 계약에 관한 법률 시행령’ 제9조, ‘국가를 당사자로 하는 계약에 관한 법률 시행규칙’ 제6조 내지 제11조, ‘원가계산에 의한 예정 가격작성기준’⁹⁾, 그리고 관계되는 제반자료 및 증거자료를 근거로 하였다.

나. 전자빔발생장치 개발비 분석 결과

이 연구에서 이용한 ‘전자빔발생장치’의 개발비는 (주)이비테크(EB Tech)에 의하면 2.5MeV 100mA는 <표 3-1-105>의 원가계산서에서 보는 바와 같이 대당 2,756,350천원으로 분석되었다.

9) 재정경제원 회계예규 2200, 04-105-3

표 3-1-105. 전자빔발생장치(2.5MeV) 제조원가 계산서(2010)

비 목		금 액 (원)	구성비 (%)	비 고
재료비	- E.B Accelerator	1,000,000,000	36.3	ELV-8(2.5MeV, 125kW)
	- Shielding Room	500,000,000	18.1	Concrete Structure
	- Handling System	250,000,000	9.1	Conveyor System, Sib etc.
	- Electronic/Instrumentation	200,000,000	7.3	
	- Building	500,000,000	18.1	Control Room, Warehouse
소 계		2,450,000,000	88.9	
노무비 및 경비	노무비 및 경비	100,000,000	3.6	
제 조 원 가		2,550,000,000	92.5	
일 반 관 리 비		178,500,000	6.5	제조원가 × 7%
이 윤		27,850,000	1.0	(노무비+경비+일반관리비)×10%
합 계		2,756,350,000	100.0	
총 원 가		2,756,350,000	100.0	만원단위 이하 절사

주 : 1. 조사대상 기종 : Accelerator Type ELV-8 형식의 전자빔 최대출력 100kW 1식을 기준
 2. 가격기준 : 2010년 기준가격으로 부가가치세를 제외한 금액임.

자료 : (주)이비테크(EB Tech)

‘전자빔발생장치’의 개발비는 재료비 2,450,000천원, 노무비 및 경비 100,000천원, 일반관리비 178,500천원, 이윤 27,850천원으로 구성되어 있다. ‘전자빔발생장치’의 개발비는 재료비가 88.9%로 가장 크고, 다음으로 일반관리비 6.5%, 노무비 및 경비 3.6%, 이윤 1.0%의 순으로 구성되어 있다. 일반관리비는 제조원가의 7%를 적용하여 산출하였으며, 노무비와 경비, 그리고 일반관리비의 10%를 이윤으로 산출하였다.

10MeV 1mA의 ‘전자빔발생장치’의 개발비는 <표 3-1-106>의 원가계산서에서 보는 바와 같이 대당 3,542,560천원으로 분석되었다.

‘전자빔발생장치’의 개발비는 재료비 3,180,000천원, 노무비 및 경비 100,000천원, 일반관리비

표 3-1-106. 전자빔발생장치(10.0MeV) 제조원가 계산서(2010)

비 목		금 액(원)	구성비(%)	비 고
재료비	- E.B Accelerator	1,730,000,000	48.8	UELV-10-10S(10.0MeV, 10kW)
	- Shielding Room	500,000,000	14.1	Concrete Structure
	- Handling System	250,000,000	7.1	Conveyor System, Sib etc.
	- Electronic/Instrumentation	200,000,000	5.6	
	- Building	500,000,000	14.1	Control Room, Warehouse
소 계		3,180,000,000	89.8	
노무비 및 경비	노무비 및 경비	100,000,000	2.8	
제 조 원 가		3,280,000,000	92.6	
일 반 관 리 비		229,600,000	6.5	제조원가 × 7%
이 윤		32,960,000	0.9	(노무비+경비+일반관리비)×10%
합 계		3,542,560,000	100.0	
총 원 가		3,542,560,000	100.0	만원단위 이하 절사

주 : 1. 조사대상 기종 : Accelerator Type UELV-10-10S 형식의 전자빔 최대출력 10kW 1식을 기준
 2. 가격기준 : 2010년 기준가격으로 부가가치세를 제외한 금액임.

자료 : (주)이비테크(EB Tech)

229,600천원, 이운 32,960천원으로 구성되어 있다. ‘전자빔발생장치’의 개발비는 재료비가 89.8%로 가장 크고, 다음으로 일반관리비 6.5%, 노무비 및 경비 2.8%, 이운 0.9%의 순으로 구성되어 있다. 일반관리비는 제조원가의 7%를 적용하여 산출하였으며, 노무비와 경비, 그리고 일반관리비의 10%를 이운으로 산출하였다.

4.6.2 현행 기술조건하의 전자빔발생장치 운영비 분석

‘전자빔발생장치’의 운영비는 시설의 유지관리에 필요한 연간 고정비와 연간 운영비로 구분할 수 있다. 연간 고정비 항목은 감가상각비, 자본비용이며, 연간 운영비 항목은 급여 등 노력비, 수도광열비, 그리고 수선비, 제재료비 등 유지관리비로 구성된다. (주)이비테크(EB Tech)에 의하면 ‘전자빔발생장치’의 운영비는 <표 3-1-107> 및 <표 3-1-108>과 같이 계측되었다.

표 3-1-107. 전자빔발생장치(2.5MeV) 운영비 계측

비 목		금 액(원)	구성비(%)	비 고
연 간 고정비	Annual Fixed Cost			
	- Depreciation	275,635,000	37.4	내용년수 10년
	- Interest on capital	275,635,000	37.4	Capital의 10%
소 계		551,270,000	74.8	
연 간 운영비	Annual Operation Cost			1 KGy, 4,800hr/yr
	- Salaries	120,000,000	16.1	2 인 × 2 shift
	- Utilities	40,000,000	5.4	Electric power(200kW)
	- Maintenance	27,536,000	3.7	Capital의 1%
소 계		187,536,000	25.2	
계		738,800,000	100.0	만원단위 이하 절사

자료 : (주)이비테크(EB Tech)

표 3-1-108. 전자빔발생장치(10MeV) 운영비 계측

비 목		금 액(원)	구성비(%)	비 고
연 간 고정비	Annual Fixed Cost			
	- Depreciation	354,250,000	39.2	내용년수 10년
	- Interest on capital	354,250,000	39.2	Capital의 10%
소 계		708,500,000	78.4	
연 간 운영비	Annual Operation Cost			20KGy, 4,800hr/yr
	- Salaries	120,000,000	13.3	2 인 * 2 shift
	- Utilities	40,000,000	4.4	Electric power(200kW)
	- Maintenance	35,425,000	3.9	Capital의 1%
소 계		195,425,000	21.6	
계		903,920,000	100.0	만원단위 이하 절사

자료 : (주)이비테크(EB Tech)

4.6.3 현행 기술조건하의 전자빔발생장치 수송비 분석

수출용 화훼류에 전자빔을 조사하는 방법은 수출용 화훼류를 전자빔발생장치가 있는 장소까지 운반하여 조사하는 방법과 전자빔발생장치를 수출용 화훼류 집하장에 설치하여 조사하는

방법이 있다. 그 이유는 현재 개발된 전자빔발생장치는 일정한 장소에 설치하여 사용하는 정치식 장비로서 이동이 어렵기 때문이다.

이 연구에서는 전자빔을 조사하는 방법을 시험대상 지역인 임실군(로즈피아)의 수출용 화훼류를 대전에 있는 (주)이비테크(EB Tech)로 수송하여 처리하는 것으로 하였다. 그리고 수송비 산출에 이용된 운임단가는 전국화물자동차운송사업연합회가 국토해양부에 2008년 6월 1일자로 신고한 컨테이너 육상운송 요율표의 자료를 이용하였다.

전자빔조사에 의한 유통비용 증감효과는 수출용 화훼류를 생산지가 아닌 대전의 (주)이비테크(EB Tech)로 수송하여 처리하는 경우 40FT 컨테이너 1대당 370,000원의 추가비용이 소요되는 것으로 계측되었다(표 3-1-109).

표 3-1-109. 전자빔조사시 수출용 화훼류의 유통비용증감효과 계측

구 분	단 위	전자빔조사 유통비용	비 고
무처리시(A)	원	677,000	40ft 컨테이너 기준
처 리 시(B)	원	1,047,000	40ft 컨테이너 기준
증감액(B-A)	원	370,000	40ft 컨테이너 기준
변화율(B/A)	%	154.7	

주 : 물류비는 전국화물자동차운송사업연합회의 2008년 6월 1일자 운임요금표의 자료임.

40ft 컨테이너로 운반시 지역별 수송비는 다음과 같다.

- 임실에서 대전 이비테크(EB Tech)로의 운송비
임실→대전 : 350,000원/회
- 대전 EBTech에서 부산항으로의 운송비
대전→부산 : 697,000원/회

4.6.4 현행 기술조건하의 전자빔발생장치 사용료 분석

전자빔조사의 비용의 계측방법은 2가지 방법이 있다. 제1안은 전자빔발생기를 직접 설치하여 기계운영비를 계측하는 방법이며, 제2안은 (주)이비테크(EB Tech) 처럼 이미 설치하여 상업적으로 운영하고 있는 전자빔발생기를 이용하고 사용료를 지불하는 방법이다. 이 연구에서는 2가지 방법으로 전자빔조사의 비용을 계측하였다.

수출용 화훼류의 처리량은 선량이 1kGy 이하로 처리량이 컨베이어 속도에 의해 결정된다. 2.5MeV 전자빔발생장치의 컨베이어 속도는 20m/분이고 처리간격은 0.9m/상자이며, 10MeV 전자빔발생장치의 컨베이어 속도는 8m/분이고 처리간격은 0.9m/상자이다. 시간당 처리량은 <표 3-1-110>과 같다.

표 3-1-110. 수출용 화훼류의 시간당 전자빔 처리량 계측

구 분	단 위	2.5MeV	10MeV	비 고
처 리 량	상자/h	667	533	분당처리량 / 상자간격 × 60
국화 처리시간	h	1.06	1.31	40ft 컨테이너 700상자
장미 처리시간	h	1.66	2.06	40ft 컨테이너 1,100상자

주 : 2.5MeV의 경우 단면조사의 경우 시간당 처리량이 133상자이나, 선량매핑결과에 의하여 양면조사를 하는 것이 타당함.

수출용 화훼류의 전자빔조사 비용은 제1안 기계운영비를 기준으로 하는 경우 국화는 40ft 컨테이너 1대는 2.5MeV 전자빔발생기가 163,544원, 10MeV 전자빔발생기가 246,696원으로 계획되었으며, 장미는 2.5MeV가 127,752원, 10MeV가 387,935원으로 계획되었다. 제2안 기계사용료를 기준으로 하는 경우 전자빔조사의 비용은 40ft 컨테이너 1대는 국화가 2.5MeV 전자빔발생기가 212,000원, 10MeV 전자빔발생기가 524,000원으로 계획되었으며, 장미는 각각 332,000원, 824,000원으로 계획되었다(표 3-1-111).

표 3-1-111. 수출용 화훼류의 전자빔조사 시설 40ft 컨테이너당 비용

단위 : 원

구 분		금 액				비 고
		2.5MeV		10MeV		
		제1안	제2안	제1안	제2안	
국화	운영비	163,544	-	246,696	-	운영비 / 연중 가동시간 × 처리시간
	사용료	-	312,000	-	393,000	시간당 30만원
장미	운영비	255,504	-	387,935	-	운영비 / 연중 가동시간 × 처리시간
	사용료	-	492,000	-	618,000	시간당 30만원

자료 : 시험조사

4.6.5 전자빔조사 관련 비용 계획결과

전자빔조사 비용은 전자빔조사비용과 전자빔조사를 위한 수송비를 합친 것으로 정의하고 <표 3-1-112>와 같이 계획되었다.

표 3-1-112. 수출용 화훼류의 전자빔조사 관련 비용 계획결과

단위 : 원

구 분		금 액				비 고
		2.5MeV		10MeV		
		제1안	제2안	제1안	제2안	
국화	운영비	163,544	-	246,696	-	운영비 / 연중 가동시간 × 처리 시간
	사용료	-	312,000	-	393,000	시간당 30만원
	수송료	-	370,000	-	370,000	
	계	163,544	682,000	246,696	763,000	
장미	운영비	255,504	-	387,935	-	운영비 / 연중 가동시간 × 처리 시간
	사용료	-	492,000	-	618,000	시간당 30만원
	수송료	-	370,000	-	370,000	
	계	255,504	862,000	387,935	988,000	

자료 : 시험조사

4.7 전자빔조사에 의한 수확 후 농산물의 경제성 계획

4.7.1 분석모형

이 연구에서 ‘수출용 화훼류에 대한 전자빔처리’의 경제성분석은 편익-비용비율법(Benefit-

Cost Ratio : B/C ratio)을 이용하여 계측하였다. 앞에서 순현재가치분석법(NPV)을 제시하였지만, B/C ratio는 순현재가치를 산출하여 분석하는 지표이다. 그러므로 B/C ratio 지표를 산출하면 NPV 지표는 분석할 필요가 없기 때문이다. 편익-비용비율법(Benefit-Cost Ratio : B/C ratio)의 계측모형은 아래의 식을 이용하였다.

$$BC\ ratio = \frac{\sum_{n=0}^N \frac{B_n}{(1+r)^n}}{\sum_{n=0}^N \frac{C_n}{(1+r)^n}}$$

단, B_n : n 차 년도에 발생하는 편익

C_n : n 차 년도에 발생하는 비용

r : 할인율

4.7.2 국화 ‘백마’의 편익-비용비율 계측 및 평가

국화 ‘백마’의 전자빔처리에 의한 편익-비용비율(Benefit-Cost Ratio : B/C ratio)을 <표 3-1-103>과 <표 3-1-112>를 근거로 계측하면 <표 3-1-113>과 같다.

표 3-1-113. 국화 ‘백마’의 전자빔처리 관련 편익-비용 계측결과

단위 : 원

구 분	제 1 안			제 2 안			
	B	C	B/C ratio	B	C	B/C ratio	
2.5MeV	100Gy	-54,245	1,004,018	-0.05	-8,415	649,524	-0.01
	200Gy	15,429,875	1,004,018	15.37	2,393,680	649,524	3.69
	400Gy	4,798,616	1,004,018	4.78	744,423	649,524	1.15
	600Gy	-33,138,092	1,004,018	-33.0	-5,140,806	649,524	-7.91
	800Gy	-26,705,214	1,004,018	-26.60	-4,142,855	649,524	-6.38
	1,000Gy	-60,716,850	1,004,018	-60.47	-9,419,176	649,524	-14.50
10MeV	100Gy	8,771,028	1,514,499	5.79	1,360,674	726,667	1.87
	200Gy	7,688,625	1,514,499	5.08	7,688,625	726,667	10.58
	400Gy	2,044,190	1,514,499	1.35	2,044,190	726,667	2.81
	600Gy	-13,339,340	1,514,499	-8.81	-13,339,340	726,667	-18.36
	800Gy	-14,191,182	1,514,499	-9.37	-14,191,182	726,667	-19.53
	1,000Gy	-56,596,945	1,514,499	-37.37	-56,596,945	726,667	-77.89

주 : B = $B_n / (1+r)^n$, C = $C_n / (1+r)^n$

자료 : 시험조사

B/C ratio분석법은 투자사업으로 부터 미래에 발생할 편익의 현재가치와 비용의 현재가치를 비교하여 투자안의 경제적 타당성을 평가하는 것이다.

국화 ‘백마’의 2.5MeV 전자빔처리에 의한 시험분석의 결과에 의하여 계측된 B/C ratio는 제1안에서는 200Gy에서 15.37, 400Gy에서 4.78로 이 구간에서 1보다 크기 때문에 경제성이 있다고 평가할 수 있고, 제2안에서는 200Gy에서 3.69, 400Gy에서 1.15로 이 구간에서 1보다 크기 때문에

에 경제성이 있다고 평가할 수 있다.

10MeV 전자빔처리에 의한 시험분석의 결과에 의하여 계측된 B/C ratio는 제1안에서는 100Gy에서 5.79, 200Gy에서 5.08, 400Gy에서 1.35로 이 구간에서 1보다 크기 때문에 경제성이 있다고 평가할 수 있고, 제2안에서는 100Gy에서 1.87, 200Gy에서 10.58, 400Gy에서 2.81로 이 구간에서 1보다 크기 때문에 경제성이 있다고 평가할 수 있다.

결론적으로 국화 ‘백마’의 전자빔 처리에 의한 경제성은 다음과 같이 요약할 수 있다.

첫째, 제1안에서는 에너지 2.5MeV에서는 선량 200Gy와 400Gy로 처리하였을 경우, 그리고 에너지 10MeV에서는 선량 100Gy, 200Gy, 400Gy로 처리하였을 경우 각각 경제성이 있는 것으로 나타났다.

둘째, 제2안에서도 제1안과 마찬가지로 에너지 2.5MeV에서는 선량 200Gy와 400Gy로 처리하였을 경우, 그리고 에너지 10MeV에서는 선량 100Gy, 200Gy, 400Gy로 처리하였을 경우 각각 경제성이 있는 것으로 나타났다.

4.7.3 장미의 편익-비용비율 계측 및 평가

장미 ‘레뷰’, ‘일세브론즈’, ‘레드자이언트’ 3가지 품종의 전자빔처리에 의한 편익-비용비율(Benefit-Cost Ratio : BC ratio)을 <표 3-1-105>와 <표 3-1-112>를 근거로 계측하면 <표 3-1-114>와 같다.

표 3-1-114. 장미의 전자빔처리 관련 편익-비용 계측결과

단위 : 원

구 분	제 1 안			제 2 안			
	B	C	B/C ratio	B	C	B/C ratio	
2.5MeV	100Gy	5,829,763	1,568,573	3.72	904,388	820,952	1.10
	200Gy	5,305,383	1,568,573	3.38	823,039	820,952	1.00
	400Gy	1,041,768	1,568,573	0.66	161,612	820,952	0.20
	600Gy	623,705	1,568,573	0.40	96,757	820,952	0.12
	800Gy	-7,322,776	1,568,573	-4.67	-1,136,003	820,952	-1.38
	1,000Gy	-13,190,626	1,568,573	-8.41	-2,046,299	820,952	-2.49
10MeV	100Gy	-94,377	2,381,584	-0.04	-14,641	940,952	-0.00
	200Gy	8,884,516	2,381,584	3.73	1,378,280	940,952	1.46
	400Gy	10,103,348	2,381,584	4.24	1,567,361	940,952	1.67
	600Gy	5,222,357	2,381,584	2.19	810,159	940,952	0.86
	800Gy	-13,311,383	2,381,584	-5.59	-2,065,032	940,952	-2.19
	1,000Gy	-20,177,039	2,381,584	-8.47	-3,130,121	940,952	-3.33

주 : $B = B_n / (1+r)^n$, $C = C_n / (1+r)^n$
 자료 : 시험조사

B/C ratio분석법은 투자사업으로 부터 미래에 발생할 편익의 현재가치와 비용의 현재가치를 비교하여 투자안의 경제적 타당성을 평가하는 것이다.

장미의 2.5MeV 전자빔처리에 의한 시험분석의 결과에 의하여 계측된 B/C ratio는 제1안에서는 100Gy에서 3.72, 200Gy에서 3.38로 이 구간에서 1보다 크기 때문에 경제성이 있다고 평가할 수 있고, 제2안에서는 100Gy에서 1.10, 200Gy에서 1.00로 이 구간에서 1보다 크기 때문에 경제

성이 있다고 평가할 수 있다.

10MeV 전자빔처리에 의한 시험분석의 결과에 의하여 측정된 B/C ratio는 제1안에서는 200Gy에서 3.73, 400Gy에서 4.24, 600Gy에서 2.19로 이 구간에서 1보다 크기 때문에 경제성이 있다고 평가할 수 있고, 제2안에서는 200Gy에서 1.46, 400Gy에서 1.67로 이 구간에서 1보다 크기 때문에 경제성이 있다고 평가할 수 있다.

결론적으로 장미 ‘레뷰’, ‘일세브론즈’, ‘레드자이언트’ 3가지 품종의 전자빔 처리에 의한 경제성은 다음과 같이 요약할 수 있다.

첫째, 제1안에서는 에너지 2.5MeV에서는 선량 100Gy와 200Gy로 처리하였을 경우, 그리고 에너지 10MeV에서는 선량 200Gy, 400Gy, 600Gy로 처리하였을 경우 각각 경제성이 있는 것으로 나타났다.

둘째, 제2안에서는 에너지 2.5MeV에서는 제1안과 마찬가지로 선량 100Gy와 200Gy로 처리하였을 경우에 경제성이 있는 것으로 나타났으며, 에너지 10MeV에서는 제1안과는 달리 선량 200Gy, 400Gy로 처리하였을 경우에만 각각 경제성이 있는 것으로 나타났다.

5. 수출 화훼류에 대한 전자빔 소독기술의 실용화 가능성 진단 및 분석

5.1 수출 화훼류에 대한 전자빔 소독기술의 실용화 가능성 진단

이 연구는 ‘전자빔 발생장치’를 수출용 화훼류 뿐 아니라 수출용 농수축산물의 멸균·살충 및 안전성을 높이는데 활용하고자 하는 연구로서 현재 한국의 여건에서는 매우 앞서가는 연구이다. 전자빔은 수출용 농수축산물에 처리하였을 경우, 치명적인 세균들이나 기생충 및 해충들을 완전히 사멸 또는 불임시킬 수 있는 매우 유익하고 효과적인 방법이다. 과거에는 일상 생활용품과 식품에 존재하는 수많은 유해세균들과 곰팡이들을 제거하기 위하여 독성 화학약품을 사용하여 왔으나, 이 약품들이 인체에 치명적으로 해를 주고 지구 환경을 파괴하는 해로운 물질들이 많아 최근 세계주요 나라에서는 경제적이면서 효율성이 좋은 전자빔 처리기술을 대체 방법으로 이용하고 있다.

‘전자빔 발생장치’의 처리상 특성은 미생물과 해충을 억제하는데 더욱 위생적이고, 처리시간이 수초에 불과하며, 열 또는 압력을 받지 않아 제품의 변형이 적을뿐 아니라, 복잡하거나 보이지 않는 부분까지 효과적으로 처리할 수 있다. 또한 첨가물이 없으므로 독성잔류물질과 환경호르몬도 존재하지 않으며, 별도의 후처리 과정이 필요 없어 판매용 포장상태로도 처리가 가능하다.

전자빔 처리의 공정상 특징은 제품의 특성에 따라 처리량과 침투깊이의 변경이 가능하여 화학적 약제분의기술을 대체할 차세대 물리적 분의기술로 즉시 적용이 가능하다. 열 등의 환경조건의 조작이 없어 완포장된 저온저장제품에 대하여 처리할 수 있으며, 간단하고 과학적인 공정이므로 서비스를 체계적으로 할 수 있다. 잔류독성이 없기 때문에 탈기 혹은 건조 등의 처리후 공정과 처리후 인증절차가 필요하지 않다. 또한 다른 위생처리에 비하여 위생처리비용의 측면에서 경쟁력이 있고 국제적, 국가적 법적 시설관리를 통해 작업자, 제품 및 환경에 안전하다. 대규모 물량을 연속적으로 처리할 수 있을 뿐만 아니라 처리공정에서 부산물이 전혀 발생하지 않는 것도 큰 특징이다.

경제적 특징은 다른 위생처리에 비하여 처리시간이 매우 빠르고, 수출시 검역처리가 불필요

하여 통관이 용이하므로 제품 출하가 빠르다. 또한 전자빔 처리는 제품 특성과 기능을 향상시키는 능력이 있어 활용 범위가 매우 넓다. 국제적으로 인증받은 시설로 미생물관련 유효성 확인 비용을 절감할 수 있다.

국내 화훼산업은 1990년대 이후 연평균 17% 성장한 실적을 바탕으로 전망하였다. 화훼류의 2004년 실적기준 시장규모는 9,218억원으로 2010년 20,000억원에 상당하는 시장규모로 추정된다. 시장성장률 및 미래수요의 지속적 증가로 시장수익률도 10%이상의 고수익이 예상된다. 수요변동성은 자금과 노동력에 크게 좌우되고 농수산물 개방효과에도 크게 영향이 있을 것이며, 생육특성상 기후변화에 민감하여 가격 등락에 원인으로 작용할 전망이다.

이전 연구결과에 의하면 전자빔을 상업화 가능성이 있는 농산품 시장중 가능성 있는 시장으로 화훼, 한약재, 사료, 수출입목재, 돼지고기의 5개 시장을 선정하였다. 선정된 시장에 대하여 전자빔 처리의 특성에 적합한 시장 규모, 시장성장률, 미래수요, 시장수익률, 수요변동성, 경쟁강도, 서비스장단점, 시장진입 기회위험으로 상업화 가능성을 조사분석을 하였다. 또한 전자빔 처리적용 강점을 연구개발기간, 식약청 허가 기간, 전자빔조사비용, 제품 이동성, 광고효과로 조사·분석되었다.

5개 농산품(시장)에 대한 조사를 토대로 산출된 평점에 가중치를 곱하여 가치값을 산출하였으며, 각 항목별 가치값의 합은 GE매트릭스의 좌표값(X, Y)에 해당된다. 각 품목별 좌표값 산출내용은 아래와 같다.

표 3-1-115. 화훼 시장의 항목별 가치값

상업화 가능성		강점 요인	
항 목	가치값	항 목	가치값
시장 규모	0.6	연구개발 기간	0.4
시장성장률	0.6		
미래수요	0.9	식약청 허가 기간	1.0
시장수익률	0.6	서비스 비용	0.9
수요변동성	0.1		
경쟁 강도	0.1	이동성	0.4
서비스장단점	0.4	광고효과	0.7
시장진입 기회위험	0.5		
합 계	3.8	합 계	3.4

표 3-1-116. 한약재 시장의 항목별 가치값

상업화 가능성		강점 요인	
항 목	가치값	항 목	가치값
시장 규모	0.3	연구개발 기간	0.2
시장성장률	0.1		
미래수요	0.2	식약청 허가 기간	0.4
시장수익률	0.1	서비스 비용	0.8
수요변동성	0.1		
경쟁 강도	0.2	이동성	0.5
서비스장단점	0.1	광고효과	0.2
시장진입 기회위험	0.2		
합 계	1.3	합 계	2.1

표 3-1-117. 사료 시장의 항목별 가치값

상업화 가능성		강점 요인	
항 목	가치값	항 목	가치값
시장 규모	0.8	연구개발 기간	0.4
시장성장률	0.1		
미래수요	0.2	식약청 허가 기간	0.6
시장수익률	0.1	서비스 비용	0.8
수요변동성	0.2		
경쟁 강도	0.1	이동성	0.2
서비스장단점	0.3	광고효과	0.4
시장진입 기회위협	0.2		
합 계	2.0	합 계	2.4

표 3-1-118. 목재 시장의 항목별 가치값

상업화 가능성		강점 요인	
항 목	가치값	항 목	가치값
시장 규모	0.8	연구개발 기간	0.6
시장성장률	0.1		
미래수요	0.4	식약청 허가 기간	1.0
시장수익률	0.1	서비스 비용	0.6
수요변동성	0.1		
경쟁 강도	0.1	이동성	0.2
서비스장단점	0.3	광고효과	0.4
시장진입 기회위협	0.4		
합 계	2.3	합 계	2.8

표 3-1-119. 한약재 시장의 항목별 가치값

상업화 가능성		강점 요인	
항 목	가치값	항 목	가치값
시장 규모	0.8	연구개발 기간	0.2
시장성장률	0.1		
미래수요	0.4	식약청 허가 기간	0.4
시장수익률	0.1	서비스 비용	0.6
수요변동성	0.2		
경쟁 강도	0.2	이동성	0.5
서비스장단점	0.5	광고효과	0.2
시장진입 기회위협	0.3		
합 계	2.6	합 계	1.9

5개 시장(품목)에 대해 강점 요인(X축)과 상업화 가능성(Y축) 가치값을 좌표(X,Y)로 산출하였으며, 이를 GE매트릭스 상에 표기하면 아래 그림과 같다.

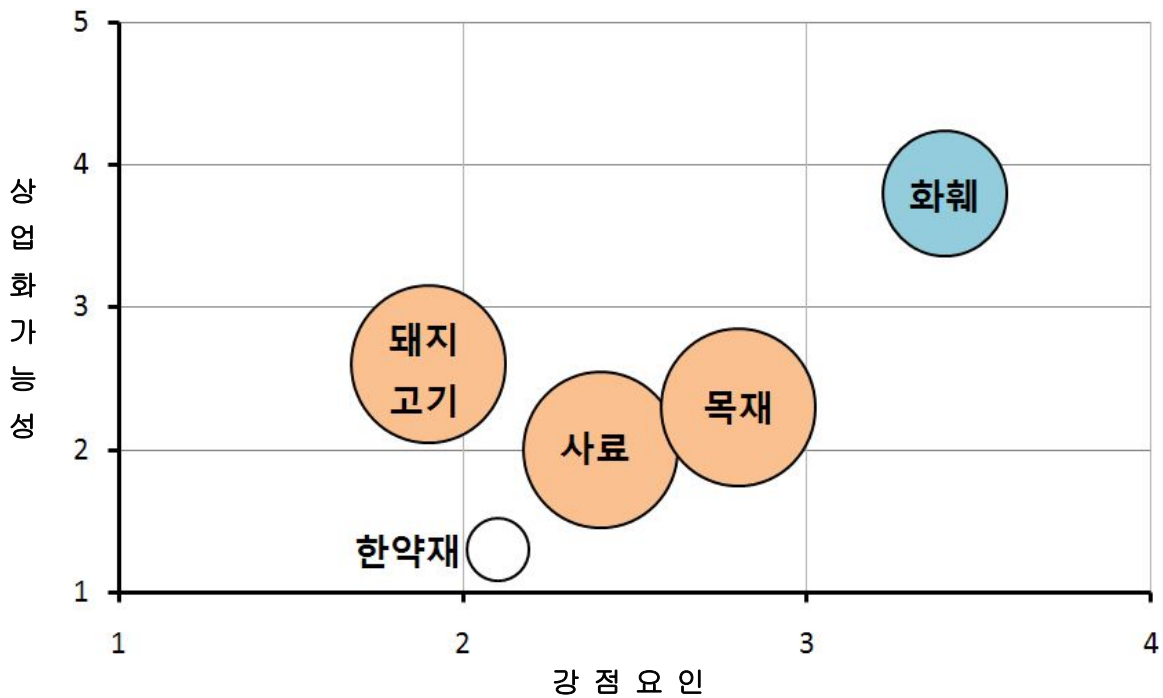


그림 3-1-5. 농축산물에 대한 전자빔 소독기술의 실용화 가능성

상기 GE매트릭스에 의하면 5개 시장(품목)은 유망 시장, 전략보강 시장, 제외 시장으로 분류할 수 있다.

화훼 시장(품목)은 유망시장으로 분류되며, 상대적으로 상업화 가능성과 강점 요인이 높은 시장(품목)이다. 미래수요(0.9)가 지속적으로 증가할 것으로 예상되며, 시장 규모(0.6), 시장성장률(0.6), 시장수익률(0.6)이 높게 평가되었다. 화훼분야는 식약청 허가(1.0)와 관련이 없으며, 서비스 비용(0.9)이 저렴하고 광고효과(0.7)도 높을 것으로 조사되었다. 가치값은 강점 요인(3.4), 상업화 가능성(3.8)이다.

돼지고기, 사료, 목재 시장(품목)은 전략보강시장으로 분류되며, 상대적으로 상업화 가능성과 강점 요인이 중간인 시장(품목)이다.

돼지고기 시장(품목)은 시장 규모(0.8)가 매우 크며, 서비스비용(0.6)이 높게 평가되었다. 식약청 허가(0.4)와 관련이 있다. 광고효과(0.2), 연구개발 기간(0.2), 수요변동성(0.2), 경쟁 강도(0.2), 시장성장률(0.1), 시장수익률(0.1)이 상대적으로 낮게 평가되었다. 가치값은 강점 요인(1.9), 상업화 가능성(2.6)이다.

사료 시장(품목)은 시장 규모(0.8)가 매우 크며 서비스비용(0.8)로 저렴하며, 서비스비용(0.6)이 높게 평가되었다. 식약청 허가(0.6)와 비교적 관련이 적다. 이동성(0.2), 미래수요(0.2), 수요변동성(0.2), 시장성장률(0.1), 경쟁 강도(0.1), 시장수익률(0.1)이 상대적으로 낮게 평가되었다. 가치값은 강점 요인(2.4), 상업화 가능성(2.0)이다.

목재 시장(품목)은 시장 규모(0.8)가 매우 크며, 서비스비용(0.6)과 연구개발기간(0.6)에서 높게 평가되었다. 식약청 허가(1.0)와 관련이 없는 것으로 조사되었다. 이동성(0.2), 시장성장률(0.1), 시장수익률(0.1), 수요변동성(0.1), 경쟁 강도(0.1)이 상대적으로 낮게 평가되었다. 가치값은 강점

요인(2.8), 상업화 가능성(2.3)이다.

한약재 시장(품목)은 제외 시장으로 분류되며, 상대적으로 상업화 가능성과 강점 요인이 낮은 시장(품목)이다. 서비스비용(0.8)이 높게 평가되었다. 식약청 허가(0.4)와 관련이 있으며, 이동성(0.5)을 제외한 전 분야에서 상대적으로 낮은 평가를 받았다. 가치있는 강점 요인(2.1), 상업화 가능성(1.3)이다.

5.2 '전자빔 소독기술'의 실용화 문제점과 개선방안 분석

'수출용 화훼류 또는 수출용 농수축산물의 멸균·살충 및 안전성 제고를 위한 전자빔발생장치'를 이용한 전자빔처리기술을 실용화하기 위하여 첫째, '전자빔발생장치'의 활용을 위한 기술적인 문제, 둘째, 기술개발의 경제성 문제, 셋째 '전자빔발생장치'에 대한 소비자의 부정적 인식, 넷째, 넷째, 전자빔발생장치의 실용화를 위한 제도 미비 등이 개선되어야 한다.

전자빔 처리기술의 실용화를 높이기 위한 개선방향은 다음과 같다.

첫째, '전자빔발생장치'의 활용을 위한 기술적인 문제의 극복을 위하여 현재 국내 여건상 연구되어 있지 않은 품목에 대한 처리법과 공정을 향후 지속적으로 개발하여 체계화가 필요하다.

둘째, 기술개발의 경제성 문제는 '전자빔발생장치'가 처리선량에 따라 경제성의 차이가 심하므로 최적의 경제성이 나올 수 있는 최적선량을 연구를 통해 확보해야 할 것이다. 또한 전자빔 발생시설의 단위시간당 처리 가능량이 많다¹⁰⁾는 장점이 처리품목이 없을 경우 시설을 가동할 수 없다는 단점으로 나타날 수 있다. 그러므로 물량확보를 위하여 단독사업장에 설치를 하기 보다는 대형집하장(도 단위, 항구도시)을 위주로 설치를 하는 것이 바람직하며, 초기설치비용 및 처리물품적재를 위한 공간이 많이 필요하다. 그러나 전자빔가속기는 일반산업용장비로는 등록이 되어 있으나, 농업용장비로 등록이 되어 있지 않기 때문에 APC(농산물산지유통센터) 일반장비류 품질보증제도의 지원을 받을 수 없다. 따라서 정부 또는 지자체의 적극적인 지원과 관심이 요구된다.

끝으로 '전자빔발생장치'로 처리한 품목에 대한 소비자의 부정적 인식을 긍정적 인식으로 개선시키기 위하여 대국민홍보를 꾸준히 추진하여야 한다. 이를 통해 처리된 품목에 대하여 소비자가 긍정적인 인식을 갖도록 한다면 전자빔의 실용화 가능성을 크게 높일 수 있다.

위 내용으로 본 전자빔 시장 사업전반의 SWOT분석 결과는 <표 3-1-120>과 같다.

10) 단위시간당 처리량 M

$$M = 3,600 \times f \times P \div D \text{ (kg/h)} = 3.6 \times f \times P \div D \text{ (t/h)}$$

(P: 전자빔의 에너지출력(kW), D: 필요선량(kGy), f: 에너지이용 효율)

전자빔에너지 10MeV, 에너지출력 30kW, 필요선량 0.5kGy, 에너지 효율 0.7일 경우

$$\text{단위시간당 처리량 } M = 3.6 \times 0.7 \times 30 \div 0.5 \text{ (t/h)} \approx 150 \text{ t/h}$$

연간 6,000시간 가동(가동률 70%)로 따지면 약 900,000톤을 대량 처리 가능함.

표 3-1-120. 전자빔 사업전반의 SWOT 분석 결과

사업 전반	강점(S)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 식품, 의약품, 화장품, 의료기기의 멸균을 통한 위생성과 보존성이 크게 강화 ○ 원부자재, 제품표면 및 물성의 개질이 가능해져 신제품 개발도 가능 ○ 감마선 보다 조사속도가 빠르고 신속성이 있어 신선도 유지에 강점 ○ 최초의 상업적 이용으로 당분간 독점적 지위 유지가능
	약점(W)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 조사 서비스의 투과 깊이가 얕다. ○ 지리적으로 수도권외곽으로 이동거리가 멀다. ○ 서비스 이용 및 입주유치를 위한 체계적 전략 미흡. ○ 마케팅 조직구축과 교육이 초보상태.
	기회(O)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기업고객들이 사업성 있는 신규 사업에 관심 지대 ○ 식중독 문제가 사회적 이슈로 매년 등장하고 있어 식품류 살균 능력이 대안으로 발전할 가능성 ○ 산업적 이용범위가 넓어 개척시장 규모 방대(잠재시장 규모가 크다) ○ 전기를 원천으로 하는 친환경성 ○ 원자력원구소의 전자 빔 활용 저변확대로 상호간 시너지 효과 기대
	위협(T)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기업들의 인지도 부족으로 의사결정 장기화 ○ 중소기업의 공통적인 자금부족, 마케팅 능력 부족, 연구개발 어려움이 이용촉진 저해요인 ○ 원하는 효과를 얻어도 경제성 부족시 입주 지연 ○ 식품류의 식품의약품안전청 품목허가 장기화 우려 ○ 식품공전에 감마선조사만 허용되고 있어 기존업체의 기득권보호 차원에서 사업지연 가능성

제2절 전자빔을 이용한 비화학적 살충기술과 검역기술 개발

1. 연구개발과제의 개요

1.1 연구개발의 목적

선진국에서는 전자빔을 이용하여 화훼류와 과일, 채소의 살균과 살충, 저장곡물의 살충, 식품과 의료품의 살균, 종자발아 억제 등에서 널리 쓰이고 있지만 국내에서는 식품, 의료분야, 종자발아억제 등의 분야에서 연구개발단계이거나 실용화 초기단계에 있다. 하지만 수출용 화훼와 같이 중요한 농산물에 있어서 전자빔을 응용한 연구 개발은 아직 미비한 실정이다. 본 연구에서는 전자빔을 이용한 친환경적 살충기법과 검역기법을 개발하고자 하였다.

1.2 연구개발의 필요성

전자빔가속기의 산업적 응용분야가 매우 넓어 생물분야, 의료분야, 식품분야 뿐만 아니라 농

작물에도 이용이 무궁무진할 것으로 기대되고 있다. 우선 전자빔을 이용한 기술은 단순한 전기 에너지에 의해서 운전되기 때문에 기술적으로도 청정기술과 관련된 분야가 많이 개발되어 왔다(Han and Kim, 2003). 또한 작업 시 인체에 유해한 물질이 생산되지 않아 식품의 살균 및 멸균처리와 의료용품의 멸균처리에 많이 응용이 되고 있다(Miller and Mcdonald, 1995).

지금까지의 식물검역이나 훈증을 통한 해충박멸에는 화학살충제나 살균제를 많이 사용하여 왔고 훈증을 통한 해충박멸에는 메틸브로마이드(MB)를 많이 사용하여 왔는데 전자빔은 이들 약제를 대신하여 사용할 대체기술로 인식되어 대체 약제 및 소독기법 개발을 적극적으로 추진 중이다. 특히 MB는 계속되는 환경오염의 위험성과 지구온난화의 주범으로 정부간 사용량을 규제하고 있고, 중국과 말레이시아 등 아세안 5개국은 호주와 공동으로 곡류 훈증에 대한 연구를 실시하고 있다. 따라서 MB를 대체하기 위한 소독기법의 개발이 절실한 실정이다.

또한 수확한 작물의 해충박멸은 식물검역에 있어서 아직 발생하지 않은 지역으로 무역을 통하여 이동을 하기 전에 화훼류와 장식용 꽃에 필요하다(Paull and Armstron, 1994; Hollingsworth and Armstrong, 2005). 이러한 해충에는 일반적으로 꽃과 관상용 식물에서 발견되는 것들로 총채벌레, 응애류, 나방류, 진딧물류들과 종종 개미와 거미 등이 포함되어 있다(Sangwanangkul et al., 2008). 이들 해충들은 높은 산란수와 살충제 저항성 등으로 인해 새로운 환경으로의 침입 가능성이 매우 높다. 따라서 이러한 해충을 예방하는데 있어서 많은 어려움에 처하여 있다.

1.3 연구개발의 범위

수출용 화훼류에 발생하는 주요 해충에 대한 자료를 수집하고 공시충을 채집 및 사육, 수출용 화훼류에서 전자빔 에너지에 따른 검역대상 해충의 살충력을 평가하였다. 이 때 수출 화훼에서 전자빔의 선량에 따른 검역대상 해충의 감수성을 평가하고 전자빔 조사에 따른 해충의 행동변화를 조사하였다. 최종적으로 전자빔을 이용한 살충 공정 매뉴얼을 제작하여 전자빔의 해충에 대한 가이드라인을 제시하고자 하였다.

2. 국내외 기술개발 현황

- 식물위생조치에 관한 국제기준(ISPMs)은 FAO 회원국들에 의해 잠정식물위생위원회에서 채택한 기준에 따라 규제병해충 및 규제물품에 대한 식물위생 소독처리로서 이온화 방사선을 적용하는 것에 관한 기술적 지침을 제공하고 있다(FAO, 2006)
- 물리적인 해충방제기술은 전자빔뿐 만 아니라 LED등을 이용하여 방제에 적용하기도 하고 화학살충제의 대안으로 친환경적 방제방법으로 접근하고 있다.
- 선진국의 경우 곡물의 살충, 식료품·의료용품 멸균처리, 종자의 발아억제를 위한 전자빔의 산업적 응용기술은 상용화 또는 실용화 단계에 이르렀고 화훼의 살충 및 생육억제분야에 있어서는 실용화 초기단계에 있다(Han and Kim, 2003).
- 국내의 경우 이러한 분야에 있어 대부분 연구개발단계에 머무르고 있지만 특히 화훼의 살충 및 생육억제분야에 있어서는 아직 연구결과가 보고된 적이 없다.
- MB를 대체할 기술로 낮은 선량의 전자빔을 조사하였을 때 방역효과가 있는지 조사하였다 (Miller and Mcdonald, 1995).

- 열대지역에서 자라는 화훼류에 대하여 자른 꽃과 잎에 전자빔을 조사하였을 때 화훼류별로 감수성에 차이가 있음을 평가하였다(Sangwanangkul et al., 2008).
- 전자빔 뿐 만 아니라 UV irradiation에 노출시켰을 때 브로컬리와 초식성 해충의 상관관계에 미치는 영향을 조사한 바 있다(Kuhlmann and Muller, 2009).
- 잎굴파리에 대해 광활성 화합물질인 hematoporphyrin dimethyl ether(HPde)를 먹이로 제공하고 전자빔을 조사한 결과 효과가 있음을 증명하기도 하였다(Buda et al., 2006).

3. 연구개발 수행 내용 및 결과

3.1 연구목표 및 연구내용

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용
1차 년도	2009	수출 화훼류의 검역대상 해충에 대한 전자빔 처리기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 국화에 대한 공시충의 기초자료 수집 • 공시충 채집 및 사육 • 수출 국화에서 전자빔 에너지에 따른 검역대상 해충의 살충력 평가 <ul style="list-style-type: none"> - 종 및 태에 따른 살충력 평가 • 수출 국화에서 전자빔 선량에 따른 검역대상 해충의 감수성 평가 <ul style="list-style-type: none"> - 종 및 태에 따른 감수성 평가 • 해충의 전자빔 조사에 따른 행동변화 조사
2차 년도	2010	수출 화훼류의 검역대상 해충에 대한 전자빔 처리 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 장미에 대한 공시충의 기초자료 수집 • 공시충 채집 및 사육 • 수출 장미에서 전자빔 에너지에 따른 검역대상 해충의 살충력 평가 <ul style="list-style-type: none"> - 종 및 태에 따른 살충력 평가 • 수출 장미에서 전자빔 선량에 따른 검역대상 해충의 감수성 평가 <ul style="list-style-type: none"> - 종 및 태에 따른 감수성 평가 • 해충의 전자빔 조사에 따른 행동변화 조사 • 전자빔 살충 공정 매뉴얼 제작
3차 년도	2011	수출 화훼류의 전자빔 살충시스템 구축	<ul style="list-style-type: none"> • 수출 화훼류의 주요해충 살충력 비교 <ul style="list-style-type: none"> - 검역대상 해충의 살충력 비교 - 해충사멸의 기준설정 및 살충효과의 비교 • 전자빔의 해충에 대한 가이드라인 제시 <ul style="list-style-type: none"> - 대상 해충 및 작목에 따른 시험기구 기준 및 시험 방법 - 전자빔 조사의 계획

3.2 접근방법 및 연구내용

본 연구는 전자빔을 이용한 비화학적 살충기술과 검역기술 개발의 세부과제로 수출용 화훼류의 전자빔 검역기법 및 처리 시스템 개발에 관한 연구이다. 전자빔은 식물검역에서와 같이

해충방제를 위해 화학적인 처리를 할 수 없는 화훼류에 해충을 박멸하기 위하여 수행하고 그 효과를 제고시킬 수 있는 조사선량 및 매뉴얼을 제작하고자 수행하였다.

본 연구의 접근방법은 1차년도에 주요 수출화훼류 중 하나인 국화에 피해를 주는 해충들에 대하여 기초자료를 수집하고 대상해충을 채집 및 사육하는 기술을 확보하였다. 수출용 국화에서 전자빔 에너지에 따라 대상해충의 종류와 발육단계에 따라서 살충력이 있는지 평가하고 선량에 따라서 검역대상 해충의 감수성을 평가하였다. 또한 전자빔의 조사가 해충의 행동과 국화의 상품가치에 어떻게 영향을 주는지 조사하였다. 2차년도에는 화훼류 중 장미를 대상으로 1차년도와 같은 방법으로 수행하였다. 3차년도에는 검역대상 주요해충의 살충력을 비교하여 해충사멸의 기준 설정 및 살충효과를 비교하였다. 이에 따라 전자빔의 해충에 대한 가이드라인을 제시하여 대상 해충 및 작목에 따른 기준 및 시험방법을 작성하고 검역시에 전자빔을 이용한 멸균방법의 가능성을 제안하고자 하였다.

실험의 주요 연구내용은 다음과 같다.

- (1) 주요 화훼류에 대상해충의 기초자료 수집
- (2) 국화 대상해충의 살충력 평가
- (3) 장미 대상해충의 살충력 평가
- (4) 전자빔에 따른 해충의 행동변화 조사
- (5) 적용시험 및 전자빔 살충 공정 매뉴얼 제작

3.3 실험방법 및 연구결과

3.3.1 실험방법

가. 수출화훼류 대상 공시충의 기초자료 수집

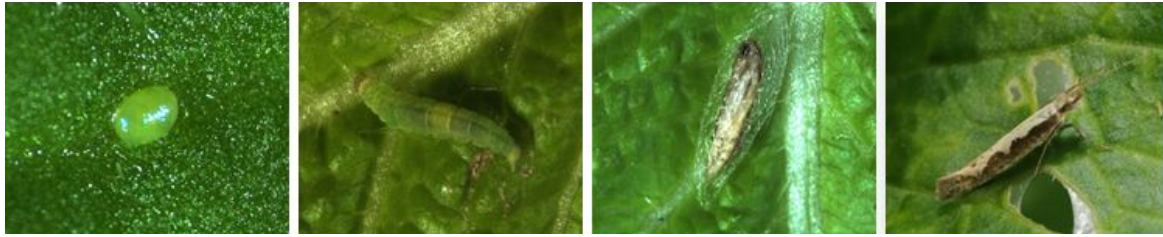
국화, 장미 등 수출 화훼류에 발생하는 공시충을 조사하기 위하여 문헌을 통하여 기초자료를 수집하였다. 조사대상은 발생 해충명과 화훼의 피해증상, 해충의 형태와 생태를 조사하고 필요한 경우 방제법도 조사하였다. 이후 필요한 해충의 실험을 위하여 이미 기존에 가지고 있는 해충과 더불어 새로운 해충은 채집하여 사육을 하면서 실험에 사용하였다.

나. 실험곤충

(1) 점박이용애(*Tetranychus urticae*)는 1998년 한국화학연구원에서 분양 받은 감수성계통을 충북대학교 식물학과 곤충사육실에서 살충제에 노출 시키지 않고 강낭콩을 기주 식물로 하여 누대 사육한 것을 사용하였다.

(2) 담배가루이(*Bemisia tabaci*)는 2008년 충북 진천지역에서 채집한 담배가루이 B-biotype을 충북대학교 식물학과 곤충사육실에서 토마토를 기주 식물로 하여 누대 사육한 것을 사용하였다.

(3) 배추좀나방(*Plutella xylostella*)은 1999년 한국화학연구원에서 분양받은 감수성계통을 살충제에 노출 시키지 않고 충북대학교 식물학과 곤충사육실에서 배추를 기주 식물로 하여 누대 사육한 것을 사용하였다.



알

유충

번데기

성충

(4) 복숭아혹진딧물(*Myzus persicae*)은 1998년 한국화학연구원에서 분양 받은 감수성계통을 충북대학교 식물학과 곤충사육실에서 과중 20일이 경과한 배추 유묘를 먹이로 사용하여 살충제에 노출 시키지 않고 누대 사육한 것을 사용하였다.

(5) 아메리카잎굴파리(*Liriomyza trifolii*)는 충북 청주 부근의 시설재배지에서 채집, 누대 사육하였다. 아크릴 사육상(26×30×45 cm)에서 강낭콩 유묘를 기주로 사육하였고, 성충은 10% 설탕 물을 공급해 주었다.



알

유충

번데기

성충

(6) 담배거세미나방(*Spodoptera litura*)는 2009년 전남 구례 오이농가에서 채집하여 충북대학교 식물학과 곤충사육실에서 인공사료를 이용하여 누대 사육 한 것을 사용하였다.

(7) 꽃노랑총채벌레(*Frankliniella occidentalis*)는 2011년 충북 진천 화훼농가에서 채집하여 충북대학교 식물학과 곤충사육실에서 강낭콩을 기주 식물로 하여 누대 사육한 것을 사용하였다.

다. 사육조건

실험에 사용된 곤충들의 실내 사육 조건은 온도 25~28℃, 광주기 16L : 8D, 상대습도 50~60%로 유지된 동일한 조건에서 수행하였다.

라. 전자빔 조사의 조건

전자빔 조사는 대전에 소재한 EB-tech(주)의 high energy linear accelerator(UEL V10-10S, 10 MeV, 1 mA, 10 Kw)를 사용하였으며 조사선량은 250 Gy, 200 Gy, 150 Gy, 100 Gy, 70 Gy, 50 Gy, 그리고 30 Gy로 조사하였다.

마. 곤충 발육단계별 조사

(1) 점박이용애

(가) 점박이용애 알에 대한 효과 조사

플라스틱 페트리디쉬 (직경 5.5 cm)에 물을 충분히 적신 탈지면을 깔고 그 위에 직경 3 cm의 강낭콩 잎을 올려놓은 후 점박이응애 암컷 성충 20마리씩 접종하여 6시간 동안 산란을 받은 후 성충을 제거하고 전자빔을 이용하여 처리한 후 온도 25-27℃, 광주기 16L : 8D, 상대습도 50-60% 조건에서 보관하며 7일 후 부화율을 조사하였다.

(나) 약충에 대한 효과 조사

플라스틱 페트리디쉬 (직경 5.5 cm)에 물을 충분히 적신 탈지면을 깔고 그 위에 직경 3 cm의 강낭콩을 올려놓은 후 현미경을 이용하여 점박이응애 약충을 10마리씩 접종하고 전자빔을 이용하여 처리한 후 온도 25-27℃, 광주기 16L : 8D, 상대습도 50-60% 조건에서 보관하며 성충으로 되는 것을 조사하였다.

(다) 성충에 대한 효과 조사

플라스틱 페트리디쉬 (직경 5.5 cm)에 물을 충분히 적신 탈지면을 깔고 그 위에 직경 3 cm의 강낭콩을 올려놓은 후 점박이응애 성충을 10마리씩 접종하고 전자빔을 이용하여 처리한 후 온도 25-27℃, 광주기 16L : 8D, 상대습도 50-60% 조건에서 보관하며 산란수를 조사하였다.

(라) F₁에 대한 효과 조사

알에 처리후에 1 cycle 후에 산란을 받아서 온도 25-27℃, 광주기 16L : 8D, 상대습도 50-60% 조건에서 보관하며 조사하였다.

(2) 담배가루이

(가) 알에 대한 효과 조사

2주일 자란 토마토를 넣어준 플라스틱 원통형 케이지(9×18 cm)에 담배가루이 성충을 20마리씩 접종하여 24시간 동안 산란을 받은 후 성충을 제거하고 전자빔을 이용하여 처리한 후 온도 25-27℃, 광주기 16L : 8D, 상대습도 50-60% 조건에서 보관하며 7일후 부화율을 조사하였다.

(나) 약충에 대한 효과 조사

플라스틱 원통형 케이지(9×18 cm)에 담배가루이 성충을 20마리씩 접종하여 24시간 동안 산란을 받은 후 성충을 제거하고, 아크릴 상자(30×30×30 cm)에 넣어서 온도 25-27℃, 광주기 16L : 8D, 상대습도 50-60% 조건에서 보관하며 10일후 부화율을 확인하고, 전자빔을 처리한 후 다시 온도 25-27℃, 광주기 16L : 8D, 상대습도 50-60% 조건에서 보관하며 조사하였다.

(다) 성충에 대한 효과 조사

2주일 자란 토마토를 넣어준 플라스틱 원통형 케이지(9×18 cm)에 담배가루이 성충을 15마리씩 접종하고 전자빔을 이용하여 처리한 후 온도 25-27℃, 광주기 16L : 8D, 상대습도 50-60% 조건에서 보관하며 24시간 경과 후 산란수를 조사하였다. 지속적인 산란을 막기 위해서 성충을 제거 하였다.

(라) F₁에 대한 효과 조사

알에 처리후에 1 cycle 후에 산란을 받아서 온도 25-27℃, 광주기 16L : 8D, 상대습도 50-60% 조건에서 보관하며 조사하였다.

(3) 배추좀나방

(가) 알에 대한 효과 조사

아크릴 상자(30×30×30 cm) 성충을 50마리씩 넣어 놓고 배추 유묘를 넣어주고 24시간 경과 후

성충을 제거 해주고 잎을 잘라 플라스틱 페트리디쉬(10×4 cm)에 넣어서 전자빔을 이용하여 처리한 후 온도 25-27℃, 광주기 16L : 8D, 상대습도 50-60% 조건에서 보관하며 7일 후 부화율을 조사하였다.

(나) 유충에 대한 효과 조사

충북대학교 식물의학과 곤충사육실에서 배추를 기주 식물로 하여 누대 사육한 것 중에서 플라스틱 페트리디쉬(10×4 cm)에 기주를 넣어주고, 2령 유충을 15마리씩 접종하여 전자빔을 이용하여 처리한 후 온도 25-27℃, 광주기 16L : 8D, 상대습도 50-60% 조건에서 보관하며 7일 후 부화율을 조사하였다.

(다) 번데기에 대한 효과조사

용화한지 3일 이내의 배추좀나방 번데기를 플라스틱 페트리디쉬(10×4 cm)에 30마리씩 접종하여 전자빔을 조사하였으며 번데기의 우화율, 우화성충의 수명 및 산란수를 조사하였다.

(라) 성충에 대한 효과 조사

충북대학교 식물의학과 곤충사육실에서 배추를 기주 식물로 하여 누대 사육한 배추좀나방에서 성충을 유산지 봉투(8×10 cm)에 2쌍씩 접종 한 후에 산란수를 조사하였다.

(마) F₁에 대한 효과 조사

알에 처리 후 1 cycle 후에 산란을 받아서 온도 25-27℃, 광주기 16L : 8D, 상대습도 50-60% 조건에서 보관하며 조사하였다.

(4) 복숭아혹진딧물

(가) 약충에 대한 효과 조사

충북대학교 식물의학과 곤충사육실에서 배추를 기주 식물로 하여 누대 사육한 복숭아혹진딧물 약충을 플라스틱 페트리디쉬(직경 5.5 cm)에 탈지면과 필터페이퍼를 깔고 직경 5.5 cm 배추 잎을 올려놓은 후 5마리씩 접종하고 3-4일 간격으로 수명, 산자, 출현율을 조사하였다.

(나) 성충에 대한 효과 조사

충북대학교 식물의학과 곤충사육실에서 배추를 기주 식물로 하여 누대 사육한 복숭아혹진딧물 성충을 플라스틱 페트리디쉬(직경 5.5 cm)에 탈지면과 필터페이퍼를 깔고 직경 5.5 cm 배추 잎을 올려놓은 후 5마리씩 접종하고 3-4일 간격으로 수명, 산자, 출현율을 조사하였다.

(다) F₁에 대한 효과 조사

처리 후 1 cycle 후에 산자를 받아서 온도 25-27℃, 광주기 16L : 8D, 상대습도 50-60% 조건에서 보관하며 산자, 부화, 출현율을 조사하였다.

(5) 아메리카잎굴파리

(가) 알에 대한 효과 조사

사각형 아크릴 사육상(30×30×30 cm)에 강낭콩 유묘를 넣고 성충을 30-50쌍을 접종하여 24시간동안 산란을 받은 후 사육상에서 꺼내어 전자빔을 조사하였다. 그리고 알의 부화율, 부화유충의 용화율, 용화된 번데기의 우화율 및 우화한 성충의 수명 및 산란수를 조사하였다. 우화성충은 잎을 3×3 cm 크기로 자른 강낭콩유묘와 10% 설탕물이 들어있는 원통형 케이지(9×18 cm)에 1쌍씩 접종하여 수명 및 산란수를 조사하였다.

(나) 유충에 대한 효과 조사

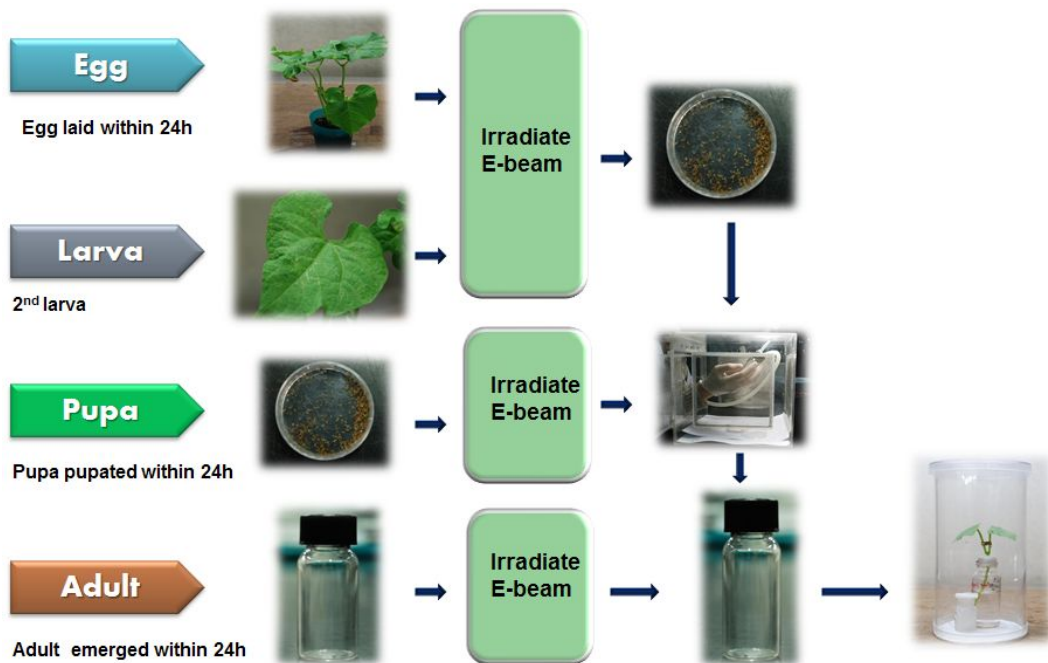
사각형 아크릴 사육상(30×30×30 cm)에 강낭콩포트를 넣고 성충을 30-50쌍을 접종하여 24시간 동안 산란을 받은 후 사육상에서 꺼내어 다른 아크릴 사육상에 넣어 알을 부화시켰으며 2령 유충이 있는 강낭콩 유묘를 전자빔에 조사시켰다. 그리고 용화율, 용화된 번데기의 우화율 및 우화성충의 수명 및 산란수를 조사하였다. 우화성충은 잎을 3×3 cm 크기로 자른 강낭콩유묘와 10% 설탕물이 들어있는 원통형 케이지(9×18 cm)에 1쌍씩 접종하여 수명 및 산란수를 조사하였다.

(다) 번데기에 대한 효과 조사

플라스틱 생물검정용 디쉬(3.5×1 cm)에 용화된지 1일 이내의 번데기를 접종한 후 전자빔을 조사한 후 7일 후 우화율을 조사하였다. 우화성충은 잎을 3×3 cm 크기로 자른 강낭콩유묘와 10% 설탕물이 들어있는 원통형 케이지(9×18 cm)에 1쌍씩 접종하여 수명 및 산란수를 조사하였다.

(라) 성충에 대한 효과 조사

바이알병(2.5×7 cm)에 암수 한쌍씩 접종하여 전자빔을 조사한 후 잎을 3×3 cm 크기로 자른 강낭콩유묘와 10% 설탕물이 들어있는 원통형 케이지(9×18 cm)에 1쌍씩 접종하여 수명 및 산란수를 조사하였다.



(6) 담배거세미나방

(가) 알에 대한 효과조사

유산지 봉투(25×30 cm)에 성충을 50마리 접종하여 12시간동안 알을 받은 후 성충을 제거하고 유산지 봉투에 있는 난피를 오려 플라스틱 페트리디쉬(10×4 cm)에 넣어 전자빔을 조사하였으며 알의 부화율, 부화유충의 용화율, 용화된 번데기의 우화율, 우화성충의 수명 및 산란수를 조사하였다.

(나) 유충에 대한 효과조사

플라스틱 페트리디쉬(10×4 cm)에 인공사료를 넣어주고 3령 유충을 50마리씩 접종하여 전자빔

을 조사하였으며 유충의 용화율, 용화된 번데기의 우화율, 우화성충의 수명 및 산란수를 조사하였다.

(다) 번데기에 대한 효과조사

용화한지 3일 이내의 담배거세미나방 번데기를 플라스틱 페트리디쉬(10×4 cm)에 50마리씩 접종하여 전자빔을 조사하였으며 번데기의 우화율, 우화성충의 수명 및 산란수를 조사하였다.

(라) 성충에 대한 효과조사

우화한지 1일 이내의 담배거세미나방 성충을 암수를 구분하여 한마리씩 바이알병(2.5×7 cm)에 접종하여 전자빔을 조사하였으며 암수 2쌍씩 유산지 봉투(8×10 cm)에 접종하고 10% 설탕물을 탈지면에 적셔 먹이로 공급하면서 성충의 수명 및 산란수를 조사하였다.

(7) 꽃노랑총채벌레

(가) 알에 대한 효과조사

플라스틱 페트리디쉬(직경 3.5 cm)에 탈지면과 필터페이퍼를 깔고 직경 3.5 cm 배추 잎을 올려놓은 후 총채벌레 15마리씩 접종한 후 24시간동안 알을 받은 후 성충을 제거한 후 전자빔을 조사하였으며 부화하는 약충 수를 조사하였다.

(나) 성충에 대한 효과조사

플라스틱 페트리디쉬(직경 3.5 cm)에 탈지면과 필터페이퍼를 깔고 직경 3.5 cm 배추 잎을 올려놓은 후 우화한지 2일 이내의 총채벌레 성충을 5쌍씩 접종한 후 전자빔을 조사하였으며 부화하는 약충 수를 조사 하였다.

모든 실험은 3반복으로 실시하였다.

바. DNA 손상관련 단백질 발현조사

해충의 DNA 손상에 있어 전자빔의 효과는 comet assay를 이용하여 분석하였고, 세포내 DNA 손상관련 단백질발현 분석은 SDS-PAGE와 Western blot analysis를 이용하여 분석하였다.

(1) Comet assay

PBS 용액에 충을 needle로 마쇄하여 100 μ m strainer로 세포를 분리한다. 분리한 세포용액을 LMagarose와 비율이 1:10이 되게 섞어준 다음 50 μ l를 취하여 슬라이드에 도말한다. 도말한 슬라이드를 4 $^{\circ}$ C 암조건에서 10분간처리 후 슬라이드를 Lysis solution에 50분간 처리한다. Alkaine Unwinding solution에 암조건에서 50분간 처리한다. Alkaline electrophoresis solution 에서 전기영동을 30분간 처리한다. 전기영동 후 슬라이드에 있는 solution을 제거하고 증류수에 5분간 2번 처리한 후 70% ethanol에 5분간 처리한다. 70% ethanol에 처리 후 45 $^{\circ}$ C에서 15분간 건조한다. 건조 처리한 슬라이드에 SYBR Green을 100 μ l 처리 후 4 $^{\circ}$ C 암조건에서 5분간 처리 후 슬라이드에서 SYBR Green을 제거 후 암조건에서 건조 후 형광현미경으로 확인하였다.

(2) SDS-PAGE와 Western blot analysis

SDS-PAGE 시료는 10% SDS-polyacrylamide gel에서 80V의 전압으로 전기영동을 수행하였다. 전기영동 후, gel은 Coomassie brilliant blue solution(1 g coomassie brilliant blue, 450 ml methanol, 100 ml glacial acetic acid, 450 ml D.W)로 실온에서 1시간 염색하고 Destaining solution(450 ml methanol, 100 ml glacial acetic acid, 450 ml D.W)로 탈색하여 관찰하였다. Western blot analysis를

위하여 SDS-PAGE gel을 nitrocellulose membrane(Pall Corp., USA)에 15V의 전압으로 1시간동안 transfer하였고, blocking을 위하여 TBS-T buffer(20 mM Tris, 150 mM NaCl, 0.1% Tween 20, pH 7.4)에 녹인 5% skim milk를 1시간 처리하였다. 1차 항체(Anti-p53 monoclonal antibody)를 TBS-T에 희석하여 1시간 처리한 후, 15분씩 3번 washing 하였다. 2차 항체(Anti-mouse IgG) 역시 TBS-T에 희석하여 30분 동안 처리하였고, 15분씩 3번 washing 하였다. 최종적으로 membrane에 pico EPD(Elpis Biotech. INC., Korea)를 1분간 처리하고 X-ray film에 현상하여 특이 밴드를 관찰하였다.

3.3.2 연구결과

가. 국화, 장미 등 주요 수출 화훼류에 대한 공시충의 기초자료 수집

(1) 국화에 대한 공시충의 기초자료 수집

국내에서 국화에 발생하는 해충의 목록을 조사한 결과 <표 3-2-1>과 같다. 국화에서 해충피해의 중요도에 따라서 ○는 약하게 피해를 주는 해충, ◎는 심하게 피해를 주는 해충으로 분류하였고 아무 표시도 없는 것은, 발생은 되지만 상대적으로 피해가 적은 해충들로 분류하였다. 따라서 공시충의 채집 및 사육에서는 심하게 피해를 주는 해충을 선택하여 공시충 채집 및 사육, 살충력 평가를 수행하였다. 또한 국화에 발생하는 주요해충에 대한 전자빔 연구결과를 <표 3-2-2>에 정리하였다.

표 3-2-1. 국화에 피해를 주고 있는 해충의 종류

○: mildly damaged; ◎: severely damaged; □: Occurred in Chrysanthemum

No.	Korean name (Synonym) Common name	Scientific name	Significance	Occurrence
1	점박이용애 Two-spotted spider mite	ACARINA: Tetranychidae <i>Tetranychus urticae</i>	◎	□
2	점박이용애붙이 Carmine spider mite	ACARINA: Tetranychidae <i>Tetranychus cinnabarinus</i>		□
3	국화잎혹응애 -	ACARINA: Eriophyidae <i>Paraphytoptus kikus</i>		□
4	아메리카잎굴파리 American serpentine leaf miner	DIPTERA: Agromyzidae <i>Liriozyna trifolii</i>	◎	□
5	국화잎선충 Chrysanthemum foliar nematode	TYLENCHIDA: Aphelenchoididae <i>Aphelenchoides ritzemabosi</i>	◎	□
6	꽃노랑총채벌레 The western flower thrips	THYSANOPTERA: Thripidae <i>Franklinella occidentalis</i>	◎	□
7	쭈머리총채벌레 Composite thrips	THYSANOPTERA: Thripidae <i>Microcephalothrips abdominalis</i>		□
8	목화진딧물 Melon aphid, Cotton aphid	HOMOPTERA: Aphididae <i>Aphis gossypii</i>	◎	□
9	조팝나무진딧물 Spirea aphid	HOMOPTERA: Aphididae <i>Aphis citricola</i>		□

No.	Korean name (Synonym) Common name	Scientific name	Significance	Occurrence
10	짜리수염진딧물 Glasshouse tomato aphid, Foxglove aphid	HOMOPTERA: Aphididae <i>Aulacorthum solani</i>		<input type="checkbox"/>
11	부채털진딧물 Green chrysanthemum aphid	HOMOPTERA: Aphididae <i>Coloradoa rufomaculata</i>		<input type="checkbox"/>
12	국화꼬마수염진딧물 Chrysanthemum aphid	HOMOPTERA: Aphididae <i>Macrosiphoniella sanborni</i>	◎	<input type="checkbox"/>
13	털관꼬마수염진딧물 -	HOMOPTERA: Aphididae <i>Macrosiphoniella chaetosiphon</i>		<input type="checkbox"/>
14	복숭아혹진딧물 Green peach aphid	HOMOPTERA: Aphididae <i>Myzus persicae</i>	◎	<input type="checkbox"/>
15	도롱이각지벌레 Ensign scales, Ensign coccids	HOMOPTERA: Ortheziidae <i>Orthezia urticae</i>	○	<input type="checkbox"/>
16	빨밀각지벌레 -	HOMOPTERA: Coccidae <i>Ceroplastes pseuoceriferus</i>		<input type="checkbox"/>
17	무화과각지벌레 Brown soft scale	HOMOPTERA: Coccidae <i>Coccus hesperidum</i>		<input type="checkbox"/>
18	국화편각지벌레 Boxwood scale, coconut scale	HOMOPTERA: Coccidae <i>Pinnaspis buxi</i>		<input type="checkbox"/>
19	거품벌레 -	HOMOPTERA: Cercopidae <i>Aphrophora intermedia</i>		<input type="checkbox"/>
20	말메미충 Green leafhopper	HOMOPTERA: Cicadellidae <i>Cicadella viridis</i>		<input type="checkbox"/>
21	초록애매미충 Green frogfly	HOMOPTERA: Cicadellidae <i>Emposca vitis</i>		<input type="checkbox"/>
22	선녀벌레 Green flatid planthopper	HOMOPTERA: Flatidae <i>Geisha distinctissima</i>		<input type="checkbox"/>
23	갈점보리나무이 -	HOMOPTERA: Psyllidae <i>Psylla elaeagni</i>		<input type="checkbox"/>
24	초록장님노린재 Green leaf bug	HEMIPTERA: Miridae <i>Lygocoris lucorum</i>	◎	<input type="checkbox"/>
25	연리초장님노린재 Alfalfa plant bug	HEMIPTERA: Miridae <i>Adelphocoris lineolatus</i>		<input type="checkbox"/>
26	알락수염노린재 Sole bug	HEMIPTERA: Pentatomidae <i>Dolycoris baccarum</i>		<input type="checkbox"/>
27	풀색노린재 Oriental green stink bug	HEMIPTERA: Pentatomidae <i>Nezara antennata</i>		<input type="checkbox"/>
28	남쪽풀색노린재 Southern green stink bug	HEMIPTERA: Pentatomidae <i>Nezara viridula</i>		<input type="checkbox"/>
29	애긴노린재 -	HEMIPTERA: Lygaeidae <i>Nysius plebijus</i>		<input type="checkbox"/>
30	애십자무늬긴노린재 -	HEMIPTERA: Lygaeidae <i>Tropidothrax hansenii</i>		<input type="checkbox"/>
31	쭉부장이방패벌레 -	HEMIPTERA: Tingidae <i>Galeatus spinifrons</i>		<input type="checkbox"/>

No.	Korean name (Synonym) Common name	Scientific name	Significance	Occurrence
32	주둥무늬풍뎅이 (다색풍뎅이) Oriental beetle	COLEOPTERA: Scarabaeidae <i>Adoretus tenuimaculatus</i>		<input type="checkbox"/>
33	등얼룩풍뎅이 -	COLEOPTERA: Scarabaeidae <i>Blitopertha orientalis</i>		<input type="checkbox"/>
34	밤색우단풍뎅이 -	COLEOPTERA: Scarabaeidae <i>Maladera castanea</i>		<input type="checkbox"/>
35	우단풍뎅이 -	COLEOPTERA: Scarabaeidae <i>Maladera japonica</i>		<input type="checkbox"/>
36	애우단풍뎅이 -	COLEOPTERA: Scarabaeidae <i>Maladera orientalis</i>		<input type="checkbox"/>
37	왜콩풍뎅이 Japanese beetle	COLEOPTERA: Scarabaeidae <i>Popillia japonica</i>		<input type="checkbox"/>
38	우치다콩풍뎅이	COLEOPTERA: Scarabaeidae <i>Popillia uchidai</i>		<input type="checkbox"/>
39	흰점박이꽃무지 (애점박이풍뎅이) The white-spotted flower chafer	COLEOPTERA: Scarabaeidae <i>Protaetia brevitarsis</i>		<input type="checkbox"/>
40	점박이꽃무지 Scarab beetle	COLEOPTERA: Scarabaeidae <i>Protaetia orientalis</i>		<input type="checkbox"/>
41	구리풍뎅이 Scarab beetle	COLEOPTERA: Scarabaeidae <i>Anomala curpea</i>		<input type="checkbox"/>
42	국화하늘소 Chrysanthemum longicorn beetle	COLEOPTERA: Cerambycidae <i>Phytoecia rufiventris</i>	○	<input type="checkbox"/>
43	외잎벌레붙이 False melon beetle	COLEOPTERA: Chrysomelidae <i>Atrachya menetriesi</i>		<input type="checkbox"/>
44	금녹색잎벌레 Golden-green minute leaf beetle	COLEOPTERA: Chrysomelidae <i>Basilepta fulvipes</i>	◎	<input type="checkbox"/>
45	쑥잎벌레 The chrysomelid beetle	COLEOPTERA: Chrysomelidae <i>Chrysolina aurichalcea</i>		<input type="checkbox"/>
46	뽕나무바구미 (줄표주박바구미) Striped gourd-shaped weevil	COLEOPTERA: Curculionidae <i>Scepticus insularis</i>		<input type="checkbox"/>
47	조명나방 Asian corn borer	LEPIDOPTERA: Pyralidae <i>Ostrinia furnacalis</i>		<input type="checkbox"/>
48	머위명나방 Japanese butterbur borer	LEPIDOPTERA: Pyralidae <i>Ostrinia variabilis</i>	○	<input type="checkbox"/>
49	주홍날개들명나방 -	LEPIDOPTERA: Pyralidae <i>Udea ferrugalis</i>		<input type="checkbox"/>
50	붉은다리푸른자나방 -	LEPIDOPTERA: Geometridae <i>Culpinia diffusa</i>		<input type="checkbox"/>
51	줄고운가지나방 Large brown-striped geometrid	LEPIDOPTERA: Geometridae <i>Ectotropis excellens</i>	◎	<input type="checkbox"/>
52	뽕나무큰가지나방 Apple horned looper	LEPIDOPTERA: Geometridae <i>Phthonosema tendinosaria</i>		<input type="checkbox"/>
53	갈색애자나방 -	LEPIDOPTERA: Geometridae <i>Ptychopoda jakima</i>		<input type="checkbox"/>
54	줄노랑흰애기자나방 -	LEPIDOPTERA: Geometridae <i>Seopula ignobilis</i>		<input type="checkbox"/>

No.	Korean name (Synonym) Common name	Scientific name	Significance	Occurrence
55	네눈박이푸른자나방 Chrysanthemum greenish geometrid	LEPIDOPTERA: Geometridae <i>Thetidia albocostaria</i>		<input type="checkbox"/>
56	흰독나방 (무늬흰독나방) Brown tail moth	LEPIDOPTERA: Lymantriidae <i>Euproctis similis</i>		<input type="checkbox"/>
57	꼬마독나방 (점박이노랑독나방) Black-dotted yellow tussock moth	LEPIDOPTERA: Lymantriidae <i>Euproctis pulverea</i>		<input type="checkbox"/>
58	불나방 Black woolly-bear	LEPIDOPTERA: Arctiidae <i>Arctia caja</i>		<input type="checkbox"/>
59	배붉은흰불나방 (흑점흰불나방) White tiger moth	LEPIDOPTERA: Arctiidae <i>Spilosoma subcarneum</i>		<input type="checkbox"/>
60	흰점국화밤나방 -	LEPIDOPTERA: Noctuidae <i>Athetis albisignata</i>		<input type="checkbox"/>
61	은무늬긴나방 (흰줄윗날개밤나방) -	LEPIDOPTERA: Noctuidae <i>Ctenoplusia albostrata</i>		<input type="checkbox"/>
62	자주빛윗날개나방 (왕금빛밤나방) -	LEPIDOPTERA: Noctuidae <i>Diachrisia chryson</i>		<input type="checkbox"/>
63	국화은빛밤나방 -	LEPIDOPTERA: Noctuidae <i>Macdunnoughia confusa</i>		<input type="checkbox"/>
64	도둑나방 Cabbage moth	LEPIDOPTERA: Noctuidae <i>Mamestra brassicae</i>		<input type="checkbox"/>
65	더러운밤나방 Rumex black cutworm	LEPIDOPTERA: Noctuidae <i>Naenia contaminata</i>		<input type="checkbox"/>
66	국화밤나방 -	LEPIDOPTERA: Noctuidae <i>Phytometra chrysitis</i>		<input type="checkbox"/>
67	일로바도독나방 Mulberry caterpillar	LEPIDOPTERA: Noctuidae <i>Sarcopolia illoba</i>		<input type="checkbox"/>
68	파밤나방 Beet armyworm	LEPIDOPTERA: Noctuidae <i>Spodoptera exigua</i>	◎	<input type="checkbox"/>
69	담배거세미나방 Oriental leafworm moth	LEPIDOPTERA: Noctuidae <i>Spodoptera litura</i>	◎	<input type="checkbox"/>
70	배칼무늬나방 -	LEPIDOPTERA: Noctuidae <i>Viminia lutea</i>		<input type="checkbox"/>
71	국화잎혹파리 -	DIPTERA: Cecidomyiidae <i>Roppalomyia chrysanthemum</i>	○	<input type="checkbox"/>
72	국화잎굴파리 Chrysanthemum leafminer	DIPTERA: Agromyzidae <i>Phytomyza albiceps</i>	◎	<input type="checkbox"/>
73	국화과실파리 Hirayama fruit-fly	DIPTERA: Tephritidae <i>Campiglossa hirayamae</i>		<input type="checkbox"/>
74	쭈과실파리 -	DIPTERA: Tephritidae <i>Trypeta artemicola</i>		<input type="checkbox"/>
75	뽕무늬알톡토기 -	COLLEMBOLA: sminthuridae <i>Bouretiella hortensis</i>		<input type="checkbox"/>
76	섬서구메뚜기 Differentiate grasshopper	ORTHOPTERA: Acrididae <i>Atractomorpha bedeli</i>		<input type="checkbox"/>
77	긴꼬리 -	ORTHOPTERA: Oecanthidae <i>Oecanthus indicus</i>		<input type="checkbox"/>

표 3-2-2. 전자빔 조사에 의한 국화 해충의 구제와 불임조건에 대한 외국연구 조사

Korean name (Synonym) Common name	Scientific name	Disinfestation	Sterilization
점박이응애 Twospotted spider mite	ACARINA: Tetranychidae <i>Tetranychus urticae</i>	Stage: Adult Dose: 300 except diapausing 350 (400EB) Ref.: 155, 211, 220, 267	Stage: Egg Dose: 1-2-day-old eggs: 30-32Gy Induced sterility: 100% lethal Ref.: 220 Dose: 3-day-old eggs: 85Gy Induced sterility: 100% lethal Ref.:220 Dose: Five-day-old eggs: 0.4 and 0.6kGy Induced sterility: only adult females completely sterilized Ref.: 708 Stage: Adult Dose: female & male (1-day-old): [[310.40Gy]r432] Induced sterility: 100% sterile Ref.:432 691 692 693 694 695 696 697 698 699 700 701 702 703 704 705 706 707 708 220 Stage: Unspecified Dose: 931.20Gy Induced sterility: sperm inactivation or death Ref.: 432
점박이응애불이 Carmine spider mite	ACARINA: Tetranychidae <i>Tetranychus cinnabarinus</i>	Stage: Egg Dose: 320 Efficacy: - Ref.: 268, 500	ND ^{a)}
국화잎혹응애 -	ACARINA: Eriophyidae <i>Paraphytoptus kikus</i>	ND	ND
아메리카잎굴파리 American serpentine leaf miner	DIPTERA: Agromyzidae <i>Liriozoma trifolii</i>	Treatment dose (Gy) : 80 400EB Efficacy: Multiple instars Ref.: 141, 267	Stage: Pupa Dose: 1-2 day before emergence: 155 Gy Induced sterility: 100% sterility Ref.: 1718 1830 101293 Stage: Unspecified Dose: synergism parasitoid-SIT Induced sterility: - Ref.: 102117
국화잎선충 Chrysanthemum foliar nematode	TYLENCHIDA: Aphelenchoididae <i>Aphelenchoides ritzemabosi</i>	ND	ND
꽃노랑총채벌레 The western flower thrips	THYSANOPTERA: Thripidae <i>Franklinella occidentalis</i>	ND	Stage: Unspecified Dose: 100Gy Induced sterility: steriliation Ref.: 2772
좁머리총채벌레 Composite thrips	THYSANOPTERA: Thripidae <i>Microcephalothrips abdominalis</i>	Stage: Unspecified Dose: 200 Efficacy: - Ref.: 269	ND
목화진딧물 Melon aphid, Cotton aphid	HOMOPTERA: Aphididae <i>Aphis gossypii</i>	ND	ND
조팝나무진딧물 Spirea aphid	HOMOPTERA: Aphididae <i>Aphis citricola</i>	ND	ND
짜리수염진딧물 Glasshouse tomato aphid, Foxglove aphid	HOMOPTERA: Aphididae <i>Aulacorthum solani</i>	ND	ND
부채털진딧물 Green chrysanthemum aphid	HOMOPTERA: Aphididae <i>Coloradoa rufomaculata</i>	ND	ND
국화꼬마수염진딧물 Chrysanthemum aphid	HOMOPTERA: Aphididae <i>Macrosiphoniella sanborni</i>	ND	ND
털관꼬마수염진딧물 -	HOMOPTERA: Aphididae <i>Macrosiphoniella chaetosiphon</i>	ND	ND
복숭아혹진딧물 Green peach aphid	HOMOPTERA: Aphididae <i>Myzus persicae</i>	Stage: Unspecified Dose: 400eV Efficacy: - Ref.: 267	Stage: Adult Dose: female: 100Gy Induced sterility: sterility Ref.: 1320, 1321
도롱이까지벌레 Ensign scales, Ensign coccids	HOMOPTERA: Ortheziidae <i>Orthezia urticae</i>	ND	ND

Korean name (Synonym) Common name	Scientific name	Disinfestation	Sterilization
뽕밀까치벌레 -	HOMOPTERA: Coccidae <i>Ceroplastes pseudociferus</i>	ND	ND
무화과까치벌레 Brown soft scale	HOMOPTERA: Coccidae <i>Coccus hesperidum</i>	ND	ND
국화편까치벌레 Boxwood scale, coconut scale	HOMOPTERA: Coccidae <i>Pinnaspis buxi</i>	ND	ND
거품벌레 -	HOMOPTERA: Cercopidae <i>Aphrophora intermedia</i>	ND	ND
말매미충 Green leafhopper	HOMOPTERA: Cicadellidae <i>Cicadella viridis</i>	ND	ND
초록애매미충 Smaller green leafhopper Green frogfly	HOMOPTERA: Cicadellidae <i>Empoasca vitis</i>	ND	ND
선녀벌레 Green flatid planthopper	HOMOPTERA: Flatidae <i>Geisha distinctissima</i>	ND	ND
갈점보리나무이 -	HOMOPTERA: Psyllidae <i>Psylla elaeagni</i>	ND	ND
초록장님노린재 Green leaf bug	HEMIPTERA: Miridae <i>Lygocoris lucorum</i>	ND	ND
연리초장님노린재 Alfalfa plant bug	HEMIPTERA: Miridae <i>Adelphocoris lineolatus</i>	ND	ND
알락수염노린재 Sugarbeet stink-bug Sole bug	HEMIPTERA: Pentatomidae <i>Dolycoris baccarum</i>	ND	ND
풀색노린재 Oriental green stink bug	HEMIPTERA: Pentatomidae <i>Nezara antennata</i>	ND	ND
남쪽풀색노린재 Southern green stink bug	HEMIPTERA: Pentatomidae <i>Nezara viridula</i>	ND	<p>Stage: Egg Dose: 48 hour old: 0, 10, 20 Gy Induced sterility: 95.01, 85.51, 81.6% hatch Ref.: 1227, 1322</p> <p>Stage: Nymph Dose: 4th instar nymph: <10 Gy Induced sterility: partial F1 sterility Ref.: 1276</p> <p>Dose: 5th instar nymph: 5 Gy Induced sterility: 53.8-77.6% egg fertility 56.2-62.8% larvae emergence Ref.: 1278</p> <p>Stage: Adult Dose: male & female: 50 Gy Induced sterility: 100% Ref.: 1322</p>
애긴노린재 -	HEMIPTERA: Lygaeidae <i>Nysius plebijus</i>	ND	ND
애십자무늬긴노린재 -	HEMIPTERA: Lygaeidae <i>Tropidothrax hanseni</i>	ND	ND
쭉부장이방패벌레 -	HEMIPTERA: Tingidae <i>Galeatus spinifrons</i>	ND	ND
주둥무늬풍뎅이 (다색풍뎅이) Oriental beetle	COLEOPTERA: Scarabaeidae <i>Adoretus tenuimaculatus</i>	ND	ND
등얼룩풍뎅이 -	COLEOPTERA: Scarabaeidae <i>Blitopertha orientalis</i>	ND	ND
밤색우단풍뎅이 -	COLEOPTERA: Scarabaeidae <i>Maladera castanea</i>	ND	ND
우단풍뎅이 -	COLEOPTERA: Scarabaeidae <i>Maladera japonica</i>	ND	ND
애우단풍뎅이 -	COLEOPTERA: Scarabaeidae <i>Maladera orientalis</i>	ND	ND
왜콩풍뎅이 Japanese beetle	COLEOPTERA: Scarabaeidae <i>Popillia japonica</i>	<p>Stage: Adult Dose: > 100 Gy Efficacy: sterility Ref.: 208</p>	<p>Stage: Adult Dose: male: 44-52 Gy Induced sterility: 95% sterility Ref.: 208, 1394, 1395</p> <p>Dose: female: 84 Gy Induced sterility 95% Ref.: 208, 1394, 1395</p>
우치다콩풍뎅이	COLEOPTERA: Scarabaeidae <i>Popillia uchidai</i>	ND	ND
흰점박이꽃무지 (애점박이풍뎅이)	COLEOPTERA: Scarabaeidae <i>Protaetia brevitarsis</i>	ND	ND

Korean name (Synonym) Common name	Scientific name	Disinfestation	Sterilization
The white-spotted flower cha- fer			
점박이꽃무지 Scarab beetle	COLEOPTERA: Scarabaeidae <i>Protaetia orientalis</i>	ND	ND
구리풍뎅이 Scarab beetle	COLEOPTERA: Scarabaeidae <i>Anomala curpea</i>	ND	ND
국화하늘소 Chrysanthemum longicorn beetle	COLEOPTERA: Cerambycidae <i>Phytoecia rufiventris</i>	ND	ND
외잎벌레붙이 False melon beetle	COLEOPTERA: Chrysomelidae <i>Atrachya menetriesi</i>	ND	ND
금녹색잎벌레 Golden-green minute leaf bee- tle	COLEOPTERA: Chrysomelidae <i>Basilepta fulvipes</i>	ND	ND
썩잎벌레 The chrysomelid beetle	COLEOPTERA: Chrysomelidae <i>Chrysolina aurichalcea</i>	ND	ND
깻나무바구미 (깻표주박바구 미) Striped gourd-shaped weevil	COLEOPTERA: Curculionidae <i>Scepticus insularis</i>	ND	ND
조명나방 Asian corn borer	LEPIDOPTERA: Pyralidae <i>Ostrinia furnacalis</i>	ND	Stage: Adult Dose:200 Gy Induced sterility: 85-97% F1-sterility Ref.: 2771 2774 2775 2776 2777 2778
머위명나방 Japanese butterbur borer	LEPIDOPTERA: Pyralidae <i>Ostrinia variabilis</i>	ND	ND
주홍날개들명나방 -	LEPIDOPTERA: Pyralidae <i>Udea ferrugalis</i>	ND	ND
붉은다리푸른자나방 -	LEPIDOPTERA: Geometridae <i>Culpinia diffusa</i>	ND	ND
줄고운가지나방 Large brown-striped geometrid	LEPIDOPTERA: Geometridae <i>Ectotropis excellens</i>	ND	ND
빨무늬큰가지나방 Apple horned looper	LEPIDOPTERA: Geometridae <i>Phthonosema tendinosaria</i>	ND	ND
갈색애자나방 -	LEPIDOPTERA: Geometridae <i>Ptychopoda jakima</i>	ND	ND
줄노랑흰애기자나방 -	LEPIDOPTERA: Geometridae <i>Seopula ignobilis</i>	ND	ND
네눈박이푸른자나방 Chrysanthemum greenish geo- metrid	LEPIDOPTERA: Geometridae <i>Thetidia albocostaria</i>	ND	ND
흰독나방 (무늬흰독나방) Brown tail moth	LEPIDOPTERA: Lymantriidae <i>Euproctis similis</i>	ND	ND
꼬마독나방 (점박이노랑독나방) Black-dotted yellow tussock moth	LEPIDOPTERA: Lymantriidae <i>Euproctis pulverea</i>	ND	ND
불나방 Black woolly-bear	LEPIDOPTERA: Arctiidae <i>Arctia caja</i>	ND	ND
베붉은흰불나방 (혹접흰불나방) White tiger moth	LEPIDOPTERA: Arctiidae <i>Spilosoma subcarneum</i>	ND	ND
흰접국화밤나방 -	LEPIDOPTERA: Noctuidae <i>Athetis albisignata</i>	ND	ND
은무늬긴나방 (흰줄윗날개밤나방) -	LEPIDOPTERA: Noctuidae <i>Ctenoplusia albostrigata</i>	ND	ND
자주빛윗날개나방 (황금빛밤나방) -	LEPIDOPTERA: Noctuidae <i>Diachrisia chryson</i>	ND	ND
국화은빛밤나방 -	LEPIDOPTERA: Noctuidae <i>Macdunnoughia confusa</i>	ND	ND
도둑나방 Cabbage moth	LEPIDOPTERA: Noctuidae <i>Mamestra brassicae</i>	ND	ND
더러운밤나방 Rumex black cutworm	LEPIDOPTERA: Noctuidae <i>Naenia contaminata</i>	ND	ND
국화밤나방 -	LEPIDOPTERA: Noctuidae <i>Phytometra chrysiis</i>	ND	ND
일로바도둑나방	LEPIDOPTERA: Noctuidae	ND	ND

Korean name (Synonym) Common name	Scientific name	Disinfestation	Sterilization
Mulberry caterpillar	<i>Sarcopolia illoba</i>		
파밤나방 Beet armyworm	LEPIDOPTERA: Noctuidae <i>Spodoptera exigua</i>	ND	Stage: Pupa Dose: mature pupae: 150-200Gy Induced sterility: 40%-50% P-sterility; 80%-94% F1-sterility Ref.: 2678 2679 2681 2676 712 2682 <hr/> Stage: Adult Dose: male 4-20 hour after emergence: 150-200Gy Induced sterility: 43%-54% P-sterility; 88%-85% F1-sterility Ref.: 2678 2671 2672 2674 2677 2680 <hr/> Stage: Unspecified Dose: - Induced sterility: - Ref.: 2681 2679 2675
담배거세미나방 Oriental leafworm moth	LEPIDOPTERA: Noctuidae <i>Spodoptera litura</i>	Stage: Unspecified Dose:400 EB Efficacy: Ref.: 189	Stage: Adult Dose: 0-24-hour old male: 100-130 Gy Induced sterility: 41-49% P-sterility; 64-75% F1-sterility Ref.:2712 2713 2714 2715 2716 2717 2718 2719 2720 2721 2722 2723 2724 2725 2726 2727 2728 2729 2730 2731 2732 2733 2734
배칼무늬나방 -	LEPIDOPTERA: Noctuidae <i>Viminia lutea</i>	ND	ND
국화잎혹파리 -	DIPTERA: Cecidomyiidae <i>Roppalomyia chrysanthemum</i>	ND	ND
국화잎굴파리 Chrysanthemum leafminer	DIPTERA: Agromyzidae <i>Phytomyza albiceps</i>	ND	ND
국화과실파리 Hirayama fruit-fly	DIPTERA: Tephritidae <i>Campiglossa hirayamae</i>	ND	ND
쭈과실파리 -	DIPTERA: Tephritidae <i>Trypeta artemicola</i>	ND	ND
풍무늬알톡토기 -	COLLEMBOLA: sminthuridae <i>Bouretiella hortensis</i>	ND	ND
섬서구메뚜기 Differentiate grasshopper	ORTHOPTERA: Acrididae <i>Atractomorpha bedeli</i>	ND	ND
긴꼬리 -	ORTHOPTERA: Oecanthidae <i>Oecanthus indicus</i>	ND	ND

a) ND means no data of irradiation on this pest.

(2) 장미에 대한 공시충의 기초자료 수집

장미에 발생하는 해충 중에서 방제가 필요한 해충들로는 각지벌레, 꽃노랑총채벌레, 담배가루이, 온실가루이, 응애, 장미흰각지벌레, 점박이용애, 진딧물, 켈레수염진딧물이 등록되어 있고, 방제를 위하여 많은 약제들이 등록되어 있다(농약사용지침서, 2010). 문헌을 보면 그 외에도 장미에 발생하는 해충에는 123종이 등록되어 있으나(한국식물병해충잡초명감, 1986), 그 이후에 점박이용애, 꽃노랑총채벌레, 담배가루이등이 문제시 되면서 추가 등록이 필요한 주요해충들이 증가하였다. 장미에 발생하는 해충의 대부분은 노지포장의 장미에서 조사된 종으로, 현재 장미에서 피해를 주고 있는 해충으로 25종이 조사되었고 그 해충들에는 민달팽이, 섬서구메뚜기, 대만총채벌레, 꽃노랑총채벌레, 담배가루이, 굴각지벌레, 차응애, 점박이용애, 톱무늬애매미충, 켈레수염진딧물, 다색풍뎅이, 애풍뎅이, 연다색풍뎅이, 장미등에잎벌, 대벌레, 통마디알락명나방, 몸큰가지나방, 췌기나방, 독나방, 애기잎말이나방, 담배거세미나방, 담배나방, 도둑나방, 파밤나방, 아메리카잎굴파리 등이 장미를 가해하는 것으로 조사되었다(표 3-2-3). 또한 장미에 발생하는 주요해충에 대한 전자빔 연구결과를 <표 3-2-4>에 정리하였다.

표 3-2-3. 장미에 피해를 주고 있는 해충의 종류와 발생

해충명	학명	영명	발생태	가해부위
귤가루각지벌레	<i>Planococcus citris</i>	Citrus mealybug	약, 성충	줄기
꽃노랑총채벌레	<i>Frankliniella occidentalis</i>	Western flower thrips	약, 성충	꽃
대만총채벌레	<i>Frankliniella intonsa</i>	Garden thrips	약, 성충	꽃
담배가루이	<i>Bemisia tabaci</i>	Sweetpotato whitefly	약, 성충	잎
	<i>Trialeuroides vaporariorum</i>	Greenhouse whitefly	모든 태	잎
차응애	<i>Tetranychus kanzawai</i>	Tea red spier mite	약, 성충	잎
점박이용애	<i>Tetranychus urticae</i>	Twospotted spider mite	약, 성충	잎
민달팽이	<i>Incilaria confusa</i>	Japanese native slug	성충	잎
섬서구메뚜기	<i>Atractomorpha bedeli</i>	Differentiate grasshopper	성충	잎
톱무늬애매미충			약, 성충	잎
절레수염진딧물	<i>Sitobion ibarae</i>	Rose aphid	약, 성충	잎, 꽃
다색풍뎅이	<i>Adoretus tenuimaculatus</i>	brown charfer	성충	잎
애풍뎅이	<i>Anomala rufocuprea</i>	soybean beetle	성충	잎
연다색풍뎅이	<i>Phyllopertha diversa</i>	pale brownish charfer	성충	잎
장미등에잎벌	<i>Arge pagana</i>		유충	잎
대벌레	<i>Bacurum elongatum</i>	stick insect	유충	잎
통마디알락명나방	<i>Calguia defiguralis</i>		유충	잎, 줄기
몸큰가지나방	<i>Chiasmia liturata</i>	giant gemeter	유충	잎, 줄기
췌기나방	<i>Paarsa consocia</i>	Green cochlid	유충	잎
독나방	<i>Euproctis flava</i>	Oriental tussock moth	유충	잎
애기잎말이나방			유충	잎
담배거세미나방	<i>Spodoptera littoralis</i>	Fall armyworm	유충	잎, 꽃
담배나방	<i>Helicoverpa assulta</i>	Oriental tobacco budworm	유충	잎, 꽃
도둑나방	<i>Mamestra brassicae</i>	tobacco cutworm	유충	잎, 꽃
파밤나방	<i>Spodoptera exigua</i>	Beet armyworm	유충	잎, 꽃
아메리카잎굴파리	<i>Liriomyza trifolii</i>	American serpentine leaf-roller	유충	잎

표 3-2-4. 전자빔 조사에 의한 장미 해충의 구제와 불임조건에 대한 외국연구 조사

학명	영명	Disinfestation	Sterilization
<i>Planococcus citris</i>	Citrus mealybug	ND ^{a)}	ND
<i>Frankliniella occidentalis</i>	Western flower thrips	ND	Stage: Unspecified Dose: 100Gy Induced sterility: steriliation Ref.: 2772
<i>Frankliniella intonsa</i>	Garden thrips	Stage: Unspecified Dose: 200Gy Efficacy: - Ref.: 269	ND
<i>Bemisia tabaci</i>	Sweetpotato whitefly	ND	Stage: Adult Dose (male) : 80Gy Induced sterility (M): 99% Dose (female) : 70Gy Induced sterility (F): 100% Ref.:1331
<i>Trialeuroides vaporariorum</i>	Greenhouse whitefly	ND	ND
<i>Tetranychus kanzawai</i>	Tea red spier mite	ND	ND

학명	영명	Disinfestation	Sterilization
<i>Tetranychus urticae</i>	Twospotted spider mite	Stage: Adult Dose: 300 except diapausing 350 (400EB) Ref.: 155, 211, 220, 267	Stage: Egg Dose: 1-2-day-old eggs: 30-32Gy Induced sterility: 100% lethal Ref.: 220 Dose: 3-day-old eggs: 85Gy Induced sterility: 100% lethal Ref.:220 Dose: Five-day-old eggs: 0.4 and 0.6kGy Induced sterility: only adult females completely sterilized Ref.: 708 <hr/> Stage: Adult Dose: female & male (1-day-old): [[310.40Gy]r432] Induced sterility: 100% sterile Ref.:432 691 692 693 694 695 696 697 698 699 700 701 702 703 704 705 706 707 708 220 <hr/> Stage: Unspecified Dose: 931.20Gy Induced sterility: sperm inactivation or death Ref.: 432
<i>Incilaria confusa</i>	Japanese native slug	ND	ND
<i>Atractomorpha bedeli</i>	Differentiate grasshopper	ND	ND
<i>Sitobion ibarae</i>	Rose aphid	ND	ND
<i>Adoretus tenuimaculatus</i>	brown charfer	ND	ND
<i>Anomala rufocuprea</i>	soybean beetle	ND	ND
<i>Phyllopertha diversa</i>	pale brownish charfer	ND	ND
<i>Arge pagana</i>		ND	ND
<i>Bacurum elongatum</i>	stick insect	ND	ND
<i>Calguia defiguralis</i>		ND	ND
<i>Chiasmia liturata</i>	giant gemeter	ND	ND
<i>Paarsa consocia</i>	Green cochlid	ND	ND
<i>Euproctis flava</i>	Oriental tussock moth	ND	ND
<i>Spodoptera littoralis</i>	Fall armyworm	ND	Stage: Pupa Dose: late stage male pupae: 150-200 Gy Induced sterility: 43%-62% P-sterility; 52%-66% F1-sterility Ref.:2697 2698 2699 2700 2701 2702 2703 2704 2705 2706 2707 2708 2709 2710 2711 2798
<i>Helicoverpa assulta</i>	Oriental tobacco budworm	ND	ND
<i>Mamestra brassicae</i>	tobacco cutworm	ND	ND
<i>Spodoptera exigua</i>	Beet armyworm	ND	Stage: Pupa Dose: mature pupae: 150-200Gy Induced sterility: 40%-50% P-sterility; 80%-94% F1-sterility Ref.: 2678 2679 2681 2676 712 2682 <hr/> Stage: Adult Dose: male 4-20 hour after emergence: 150-200Gy Induced sterility: 43%-54% P-sterility; 88%-85% F1-sterility Ref.: 2678 2671 2672 2674 2677 2680 <hr/> Stage: Unspecified Dose: - Induced sterility: - Ref.: 2681 2679 2675
<i>Liriomyza trifolii</i>	American serpentine leaf-roller	Ttreatment dose (Gy) : 80 400EB Efficacy: Multiple instars Ref.: 141, 267	Stage: Pupa Dose: 1-2 day before emergence: 155 Gy Induced sterility: 100% sterility Ref.: 1718 1830 101293 <hr/> Stage: Unspecified Dose: synergism parasitoid-SIT Induced sterility: - Ref.: 102117

a) ND means no data of irradiation on this pest.

나. 전자빔 조사선량에 따른 살충력 조사

(1) 담배가루이, 복숭아혹진딧물, 점박이응애

(가) 알에 대한 전자빔의 효과

담배가루이와 점박이용애의 알에 전자빔을 조사했을 때 우화율과 성충수명 및 산란수에 대한 영향은 <표 3-2-5>와 같다. 조사량이 높아질수록 부화유충의 우화억제율이 높아졌으며, 특히 70 Gy에서는 담배가루이 산란이 완전히 억제되었다.

표 3-2-5. Effect of electron beam on emergence, longevity and fecundity of adult from irradiated *B. tabaci* and *T. urticae* eggs

Insect	Dose (Gy)	n	Emergence (%)	n	Longevity (day)	No. eggs /♀/total
<i>Bemisia tabaci</i>	70	66	10.1 ± 7.5 a ^a	7	9.7 ± 3.3 a	0.0 ± 0.0 a
	50	45	54.5 ± 4.1 b	25	10.3 ± 4.0 a	43.9 ± 5.2 b
	30	83	65.7 ± 6.3 bc	55	10.7 ± 4.6 a	45.7 ± 11.8 b
	0	78	70.7 ± 7.0 c	55	11.0 ± 4.3 a	54.3 ± 9.2 b
<i>Tetranychus urticae</i>	70	97	8.0 ± 2.3 a	8	7.8 ± 2.6 a	25.4 ± 10.3 a
	50	63	46.2 ± 7.4 b	29	7.1 ± 3.9 a	24.9 ± 3.5 b
	30	88	43.9 ± 9.5 b	39	7.7 ± 3.8 a	36.6 ± 1.9 ab
	0	66	86.2 ± 10.0 c	57	7.3 ± 3.3 a	50.4 ± 4.4 b

^a Means followed by same letter are not significantly different at $P=0.05$ by Tukey's Studentized Range Test (SAS Institute, 2003).

(나) 약충과 유충에 대한 전자빔의 효과

담배가루이, 복숭아혹진딧물, 그리고 점박이용애의 약충과 유충에 대한 전자빔의 조사효과는 <표 3-2-6>과 같다. 이들 해충은 조사량이 많아질수록 우화율이 억제되었고, 70, 100 Gy 조사량에서 우화성충의 산란/산자수가 감소하였으며, 특히 복숭아혹진딧물 우화성충의 산자가 100% 억제되었다. 담배가루이와 점박이용애 우화성충이 산란한 알은 조사량이 많아질수록 부화율이 억제되었고, 특히 70, 100 Gy 조사량에서 담배가루이 우화성충이 산란한 알의 부화가 100% 억제되었다. 하지만 성충 수명에는 영향을 미치지 않았다.

표 3-2-6. Effect of electron beam on pupation, emergence, longevity, fecundity and hatchability from irradiated *B. tabaci*, *M. persicae* and *T. urticae* nymph/larvae

Insect	Dose (Gy)	n	Pupation (%)	Emergence (%)	n	Longevity (day)	No. eggs(offspring)/♀/total	Hatchability (%)
<i>Bemisia tabaci</i>	100	45	-	13.6 ± 4.3 a ^b	6	9.6 ± 4.2 a	11.5 ± 5.4 a	0.0 ± 0.0 a
	70	45	-	30.8 ± 9.9 ab	14	9.0 ± 4.5 a	12.6 ± 2.5 a	0.0 ± 0.0 a
	50	45	-	44.5 ± 4.4 b	20	9.6 ± 4.0 a	28.8 ± 13.6 a	75.0 ± 7.1 b
	30	45	-	50.4 ± 5.3 b	23	9.7 ± 3.6 a	36.9 ± 16.5 a	80.5 ± 5.0 b
	0	45	-	76.5 ± 2.2 c	34	9.2 ± 4.1 a	35.0 ± 13.0 a	88.1 ± 6.7 b
<i>Myzus persicae</i>	100	30	-	86.7 ± 5.8 a	17	9.9 ± 2.9 a	0.0 ± 0.0 a ^a	-
	70	30	-	90.0 ± 10.0 ab	18	10.3 ± 3.2 a	0.0 ± 0.0 a	-
	50	30	-	93.3 ± 5.8 ab	19	10.9 ± 3.3 a	11.5 ± 1.3 b	-
	30	30	-	100.0 ± 0.0 b	20	11.0 ± 4.4 a	11.8 ± 1.8 b	-
	0	30	-	100.0 ± 0.0 b	20	11.2 ± 3.6 a	14.5 ± 1.8 b	-
<i>Tetranychus urticae</i>	100	49	-	63.3 ± 5.8 a	31	6.3 ± 2.1 a	10.5 ± 3.3 a	39.3 ± 5.6 a
	70	58	-	80.0 ± 10.0 ab	46	6.9 ± 3.2 a	14.4 ± 5.5 a	48.2 ± 4.1 a
	50	50	-	83.3 ± 5.8 b	42	7.6 ± 1.9 a	17.7 ± 4.0 abc	68.1 ± 7.0 b
	30	54	-	96.7 ± 5.8 b	52	7.6 ± 2.7 a	21.5 ± 2.9 bc	71.7 ± 5.1 bc
	0	65	-	96.7 ± 5.8 b	63	8.1 ± 3.0 a	25.7 ± 2.3 c	88.3 ± 3.1 c

^a The number of offsprings

^b Means followed by same letter are not significantly different at $P=0.05$ by Tukey's Studentized Range Test (SAS Institute, 2003).

(다) 발육단계별 조사가 치사에 미치는 영향

담배가루이, 복숭아혹진딧물, 배추좀나방, 점박이응애의 발육단계별 조사가 치사에 미치는 영향은 <그림 3-2-1>과 같다. 담배가루이, 배추좀나방, 점박이응애 알은 조사량이 많아질수록 부화억제율이 높아졌고, 특히 담배가루이, 점박이응애 알은 100 Gy 조사량에서 100% 부화가 억제되었다.

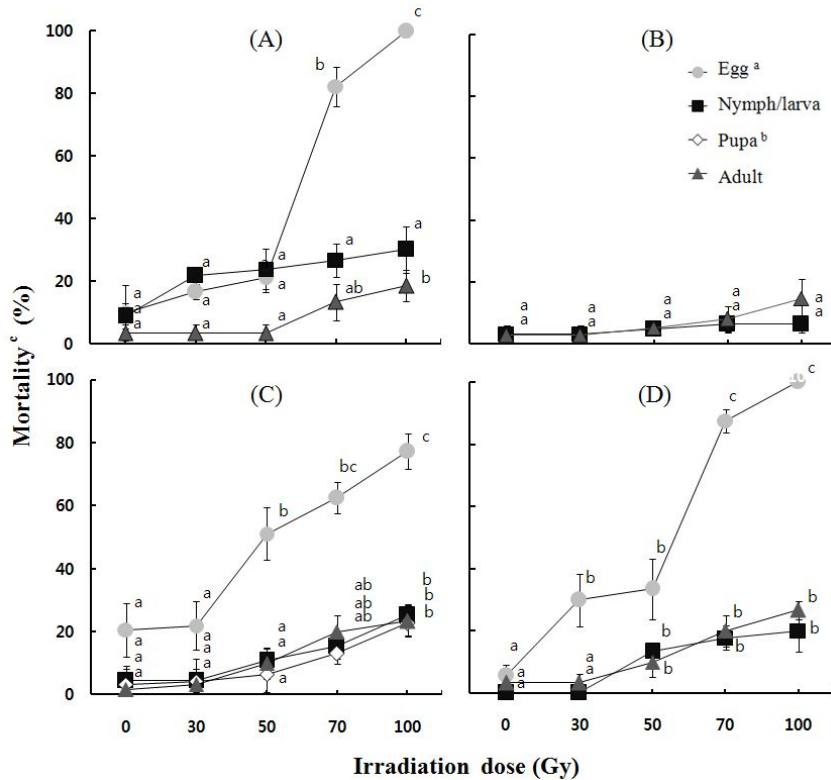


그림 3-2-1. Effect of electron beam irradiation on developmental stages of (A) *B. tabaci*, (B) *M. persicae*, (C) *P. xylostella*, (D) *T. urticae*.

^a The number of offsprings

^b Means followed by same letter are not significantly different at $P=0.05$ by Tukey's Studentized Range Test (SAS Institute, 2003). Sample size, egg $n=45\sim138$, nymph/larva $n=20\sim65$, pupa $n=30$, adult $n=30\sim40$

^a Inhibition rate of egg hatching

^b Inhibition rate of emergence

^c The mortality of nymph/larva and adult was investigated after 4 days.

Means followed by same letter are not significantly different at $P=0.05$ by Tukey's Studentized Range Test (SAS Institute, 2003).

(라) 성충에 대한 전자빔의 효과

담배가루이, 복숭아혹진딧물, 배추좀나방, 점박이응애의 성충에 전자빔의 조사효과는 <그림 3-2-2>와 같다. 이들 해충의 산란/산자수는 70, 100 Gy 조사량에서 감소하였고, 성충이 산란한 알은 부화율이 억제되었다. 특히 담배가루이 알은 100% 부화가 억제되었다. 그러나 성충수명에는 영향이 없었다.

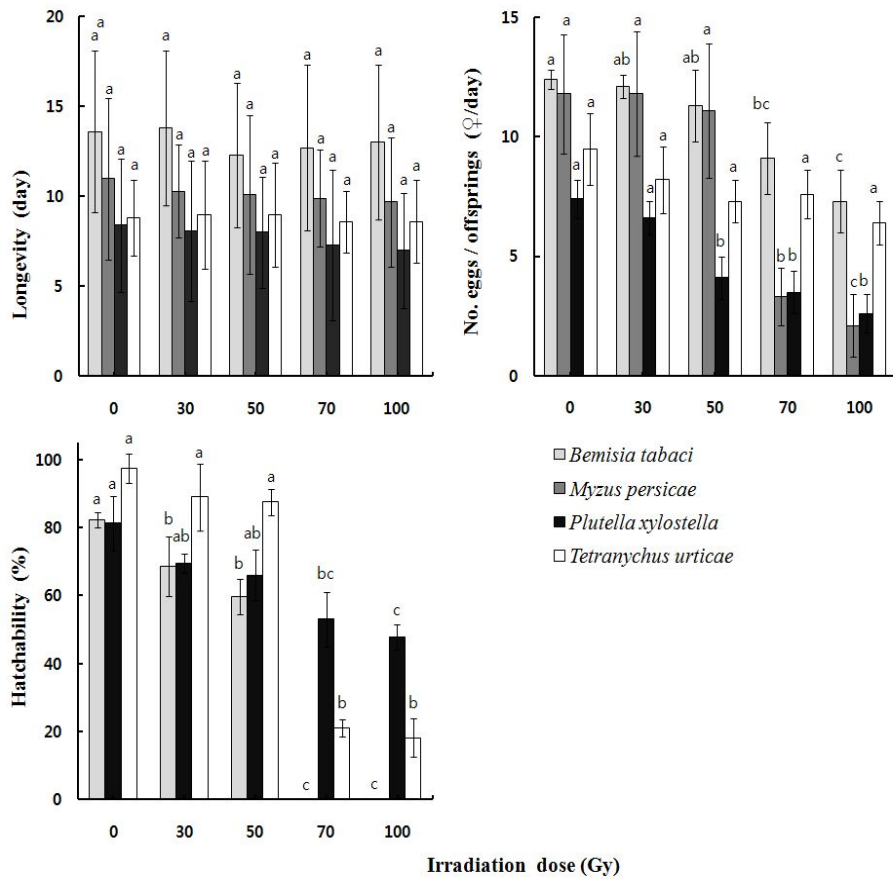


그림 3-2-2. Effect of electron beam on longevity, fecundity and hatchability from irradiated *B. tabaci*, *P. xylostella*, *M. persicae*, and *T. urticae* adults.

Sample size, n=30~40.

^a The same letter over the bar are not significantly different at $P=0.05$ by Tukey's Studentized Range Test (SAS Institute, 2003). The data was analysed following each irradiation dose.

(2) 배추좀나방

(가) 알, 유충, 번데기, 성충에 대한 전자빔의 효과

배추좀나방의 알, 유충, 번데기, 그리고 성충에 각각 30 ~ 100 Gy의 전자빔을 처리한 후 부화율, 우화율, 성충수명, 우화한 성충의 산란수, 산란된 알의 부화율 등에 미치는 영향을 조사하였다(표 3-2-7). 그 결과 알과 번데기에 100 Gy 선량으로 조사시 부화율이 완전 억제되었으나, 유충과 성충에서는 어느 정도 부화가 되었다. 모든 발육단계에서 전자빔 처리에 의해 성충수명에는 영향이 없었다.

표 3-2-7. Effect of electron beam irradiation on the developmental stages of *P. xylostella*

Stage	Dose (Gy)	No. of individuals	Pupation (%)	Emergence (%)	Longevity (day)	No. eggs (female/day)	Hatchability (%)
gg	0	138	-	60.4 ± 6.3a	8.7 ± 3.2a	7.7 ± 0.2a	78.4 ± 8.0a
	30	71	-	54.6 ± 4.2a	8.5 ± 3.5a	6.9 ± 0.8a	75.7 ± 9.0ab
	50	105	-	27.7 ± 4.4b	8.7 ± 3.0a	6.7 ± 0.9a	69.5 ± 6.7ab
	100	62	-	8.1 ± 2.7c	7.8 ± 2.6a	1.0 ± 1.0b	0.0 ± 0.0c
Larva	0	30	84.4 ± 3.8a	77.8 ± 7.7a	10.3 ± 2.0a	9.2 ± 0.3a	94.5 ± 3.0a
	30	30	80.0 ± 6.7ab	66.7 ± 6.7a	11.8 ± 2.7a	8.3 ± 0.8a	88.9 ± 4.0a
	50	30	66.7 ± 6.7abc	48.9 ± 7.7b	11.3 ± 2.8a	5.3 ± 1.0b	79.9 ± 9.6ab
	100	30	55.6 ± 7.7c	28.9 ± 3.8c	10.9 ± 3.5a	2.3 ± 0.4c	61.5 ± 7.5b
Pupa	0	30	-	96.7 ± 5.8a	8.6 ± 2.1a	8.3 ± 0.6a	92.4 ± 7.2a
	30	30	-	95.8 ± 7.2a	8.4 ± 1.7a	6.5 ± 0.4b	70.7 ± 6.5b
	50	30	-	93.5 ± 5.8a	8.3 ± 2.3a	6.0 ± 1.0b	62.5 ± 5.8b
	100	30	-	77.3 ± 3.9b	7.8 ± 2.0a	2.1 ± 1.0c	0.0 ± 0.0c
Adult	0	20	-	-	8.4 ± 3.7a	7.4 ± 0.8a	81.3 ± 8.0a
	30	20	-	-	8.1 ± 3.9a	6.6 ± 0.7a	69.4 ± 2.8ab
	50	20	-	-	8.0 ± 3.1a	4.1 ± 0.9b	58.7 ± 7.9ab
	100	20	-	-	7.0 ± 3.2a	2.6 ± 0.8b	32.7 ± 5.0c

All data are mean ± SD. ^aMeans followed by same letter in a column are not significantly different at $P=0.05$ by Tukey's Studentized Range Test (SAS Institute, 2003).

(나) 상호교배에 의한 전자빔의 효과

전자빔 처리한 암컷(IF)과 처리하지 않은 수컷(UM), 전자빔 처리한 수컷(IM)과 처리하지 않은 암컷(UF)을 교배하여 부화율과 산란수를 조사하였다(표 3-2-8). 그 결과 전자빔 처리되지 않은 대조군에 비해서는 훨씬 감소하였고, 100 Gy 선량에서 IF×UM 그룹(34.6%)이 UF×IM 그룹(47.8%)보다 부화율이 낮았다. 이러한 결과는 암컷보다 수컷이 전자빔처리에 더 내성을 가짐을 보여준다.

표 3-2-8. Reproduce performance of *P. xylostella* when treated or untreated adults are mated in reciprocal crosses

Pairing	Dose (Gy)	No. of pairs	No. eggs (female/day)	Hatchability (%)
F × UM	0	10	7.4 ± 0.8a	81.3 ± 8.0a
	30	10	6.7 ± 0.6a	70.3 ± 14.6a
IF × UM	50	10	6.0 ± 1.5ab	66.0 ± 7.5a
	100	10	4.3 ± 0.9bc	34.6 ± 10.6b
UF × IM	30	10	6.8 ± 0.8a	70.8 ± 17.0a
	50	10	4.5 ± 1.5bc	69.7 ± 14.9a
	100	10	3.8 ± 0.8c	47.8 ± 3.8b

All data are mean ± SD. ^aMeans followed by same letter in a column are not significantly different at $P=0.05$ by Tukey's Studentized Range Test (SAS Institute, 2003).

UF unirradiated female, UM unirradiated male, IF irradiated female, IM irradiated male

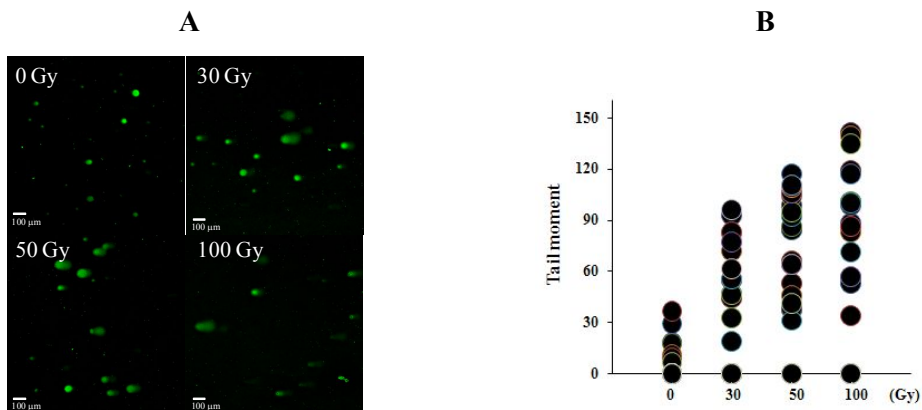
(다) DNA 손상에 있어 전자빔의 효과

전자빔 처리가 배추좀나방 유충의 세포에 미치는 영향을 알아보기 위하여 전자빔을 처리하고 5시간 후 세포를 분리하여 comet assay를 실시하였다. 전자빔의 조사량이 높아질수록 tail length가 길어짐을 알 수 있다(그림 3-2-3). 이러한 결과는 DNA 손상 정도가 증가함을 의미한다. 따라서 DNA 손상정도를 조사량에 따라 비교한 결과 <표 3-2-9>와 같다. DNA 손상정도는 control(0 Gy)에서 3.8%, 50 Gy에서는 42.8%, 100 Gy에서는 57.6%로 나타났다.

표 3-2-9. Electron beam irradiation-induced DNA drainage in *P. xylostella* larvae at 5 h after irradiation

Dose (Gy)	No. of cells	DNA damage (%)
0	50	3.8 ± 8.7a
30	50	19.4 ± 12.9ab
50	50	42.8 ± 11.2abc
100	50	57.6 ± 10.5c

All data are mean ± SD.



(A) Representative images of comets from the larvae of *P. xylostella* treated with electron beam at different doses. (B) Graphic depiction of the calculated tail moment from analysis of alkaline comet assays. Data are shown for a representative experiment, where at least 100 comets were quantitated for each sample.

그림 3-2-3. Comet assay of electron beam-induced DNA damage in the cells of *P. xylostella* larvae

(3) 아메리카잎굴파리

(가) 알에 대한 전자빔의 효과

아메리카잎굴파리의 알에 전자빔을 조사하였을 때 부화율, 우화율, 성충수명, 우화한 성충의 산란수, 산란된 알의 부화율 등에 미치는 영향을 조사하였다(표 3-2-10). 우화와 우화한 성충의 산란수는 조사량이 높아질수록 억제되었으며 150 Gy 이상에서는 100% 억

제되었다. 또한 우화한 성충이 낳은 알의 부화는 조사량이 높아질수록 억제되었고 100Gy 이상에서는 100% 억제되었다. 그러나 성충의 수명에는 영향을 미치지 않았다.

표 3-2-10. Emergence, longevity, fecundity and hatchability of electron beam irradiated *L. trifolii* eggs

Dose (Gy)	n	Emergence (%)	Longevity (day)	No. eggs (female/day)	Hatchability (%) (F_1)
200	21~46	0 ± 0 ^a	-	-	-
150	57~88	0 ± 0 ^a	-	-	-
100	34~150	14.2 ± 5.8 ^b	7.7 ± 2.5 ^a	7.5 ± 3.5 ^a	0 ± 0.0 ^a
70	62~107	30.8 ± 10.0 ^c	8.2 ± 3.0 ^a	15.2 ± 5.5 ^a	12.8 ± 3.8 ^a
50	124~157	50.7 ± 7.0 ^d	8.0 ± 2.0 ^a	34.8 ± 6.7 ^b	38.6 ± 6.8 ^b
30	32~120	53.1 ± 7.4 ^d	8.5 ± 3.5 ^a	43.2 ± 10.9 ^b	49.9 ± 17.1 ^{bc}
0	48~112	78.5 ± 6.4 ^c	8.7 ± 3.2 ^a	47.8 ± 11.5 ^b	60.2 ± 8.1 ^c

All data are ± SD. Means followed by same letter in a column are not significantly different at $P=0.05$ by Tukey's studentized range test (SAS Institute, 2003).

(나) 유충에 대한 전자빔의 효과

아메리카잎굴파리의 유충에 전자빔을 조사하였을 때 용화율, 우화율, 성충수명, 우화한 성충의 산란수, 산란된 알의 부화율 등을 조사하였다(표 3-2-11). 전자빔은 용화와 성충수명에는 영향을 미치지 않았다. 우화는 조사량이 높아질수록 억제되었고 알에서와 마찬가지로 150 Gy 이상에서는 우화가 100% 억제되었다. 그리고 산란수와 부화율도 조사량이 높아질수록 억제되었다. 100 Gy 조사에서는 산란수도 극히 낮았고 부화도 전혀 되지 않음을 볼 수 있었다.

표 3-2-11. Pupation, emergence, longevity, fecundity and hatchability of electron beam irradiated *L. trifolii* larvae

Dose (Gy)	n	Pupation (%)	Emergence (%)	Longevity (day)	No. eggs (female/day)	Hatchability (%) (F_1)
200	34~81	71.6 ± 3.7 ^a	0.0 ± 0.0 ^a	-	-	-
150	50~77	73.5 ± 5.1 ^a	0.0 ± 0.0 ^a	-	-	-
100	29~92	72.1 ± 6.7 ^a	11.7 ± 6.6 ^b	7.5 ± 4.1 ^a	8.3 ± 2.4 ^a	0.0 ± 0.0 ^a
70	26~80	74.8 ± 1.7 ^a	22.2 ± 5.4 ^c	8.1 ± 3.1 ^a	25.1 ± 10.5 ^b	31.8 ± 5.1 ^b
50	56~59	71.5 ± 4.2 ^a	49.8 ± 2.6 ^d	7.9 ± 2.8 ^a	38.6 ± 9.8 ^{bc}	42.7 ± 6.4 ^{bc}
30	27~68	76.1 ± 5.8 ^a	60.0 ± 6.6 ^e	8.5 ± 3.4 ^a	41.7 ± 6.7 ^{cd}	51.5 ± 9.4 ^{cd}
0	35~58	83.6 ± 4.4 ^a	74.9 ± 3.5 ^f	9.1 ± 2.8 ^a	57.5 ± 4.2 ^d	58.2 ± 6.2 ^d

All data are ± SD. Means followed by same letter in a column are not significantly different at $P=0.05$ by Tukey's studentized range test (SAS Institute, 2003).

(다) 번데기에 대한 전자빔의 효과

아메리카잎굴파리의 번데기에 전자빔을 조사하였을 때 우화율, 성충수명, 우화한 성충의 산란수, 산란된 알의 부화율 등을 조사하였다(표 3-2-12). 아메리카잎굴파리의 번데기는 30 Gy와 50 Gy에서 control(0 Gy)와 비교하여 조금 낮았고 70 Gy와 100 Gy에서 우화율이 줄어들면서 조사량이 높아질수록 우화율이 억제되었으며 150 Gy 이상에서는 완전히 억제되었다. 우화한 성충의 수명은 100 Gy에서 전혀 살지 못하였고, 소수의 우화한 성충

은 전혀 산란을 하지 못하였다. 조사량이 높아질수록 산란수가 조사량에 의존적으로 감소하였고 부화율도 같은 경향을 보였다. 그러나 성충의 수명에 있어서는 70 Gy까지 영향이 없는 것으로 보인다.

표 3-2-12. Emergence, longevity, fecundity and hatchability of electron beam irradiated *L. trifolii* pupae

Dose (Gy)	n	Emergence (%)	Longevity (day)	No. eggs (female/day)	Hatchability (%) (F_1)
200	100	0 ± 0 ^a	-	-	-
150	100	0 ± 0 ^a	-	-	-
100	100	3.1 ± 2.4 ^a	-	-	-
70	100	29.7 ± 5.3 ^b	8.1 ± 1.6 ^a	12.4 ± 4.4 ^a	30.8 ± 3.0 ^a
50	100	66.7 ± 4.7 ^c	7.9 ± 2.9 ^a	35.5 ± 7.0 ^b	45.8 ± 1.7 ^b
30	100	70.6 ± 5.4 ^{cd}	8.5 ± 1.1 ^a	46.0 ± 12.6 ^{bc}	47.3 ± 11.1 ^b
0	100	81.5 ± 5.7 ^d	8.6 ± 2.2 ^a	57.2 ± 6.8 ^c	57.0 ± 6.1 ^b

All data are ± SD. Means followed by same letter in a column are not significantly different at $P=0.05$ by Tukey's studentized range test (SAS Institute, 2003).

(라) 성충에 대한 전자빔의 효과

아메리카잎굴파리의 성충에 전자빔을 조사하였을 때 성충수명, 산란수, 산란된 알의 부화율 등을 조사하였다(표 3-2-13). 아메리카잎굴파리 성충의 산란수는 control(0 Gy)에 비하여 조사량이 높아질수록 감소하는 경향을 보였으며, 70 Gy에서부터 현저히 감소하였다. 150 Gy와 200 Gy에서는 산란수가 암컷 한 마리의 하루당 산란수가 3.1개와 0.8개로 산란이 되었지만 이 알들은 부화가 되지 않아 150 Gy 이상에서는 높은 산란억제효과와 완전한 부화억제 효과가 있었다. 그러나 성충의 수명은 조사량에 상관없이 비슷하게 나타나 영향을 미치지 않는 것으로 보인다.

표 3-2-13. Longevity, fecundity and hatchability of electron beam irradiated *L. trifolii* adults

Dose (Gy)	n	Longevity (day)	No. eggs (female/day)	Hatchability (%) (F_1)
200	20	7.4 ± 2.0 ^a	0.8 ± 1.8 ^a	0 ± 0 ^a
150	20	8.0 ± 1.0 ^a	3.1 ± 2.9 ^{ab}	0 ± 0 ^a
100	20	7.7 ± 2.8 ^a	7.8 ± 2.7 ^{ab}	2.8 ± 1.8 ^a
70	20	7.5 ± 2.1 ^a	15.9 ± 1.1 ^b	22.3 ± 4.3 ^b
50	20	7.9 ± 2.9 ^a	36.9 ± 8.9 ^c	45.1 ± 3.6 ^c
30	20	8.7 ± 1.5 ^a	41.7 ± 5.2 ^{cd}	49.9 ± 2.8 ^c
0	20	8.1 ± 2.6 ^a	54.3 ± 14.0 ^d	60.3 ± 7.5 ^d

All data are ± SD. Means followed by same letter in a column are not significantly different at $P=0.05$ by Tukey's studentized range test (SAS Institute, 2003).

(마) 상호교배에 의한 전자빔의 효과

전자빔 처리한 암컷(IF)과 처리하지 않은 수컷(UM), 전자빔 처리한 수컷(IM)과 처리하지 않은 암컷(UF)을 교배하여 부화율과 산란수를 조사하였다(표 3-2-14). 그 결과 150 Gy 선량에서 IF×UM 그룹의 부화율은 완전히 억제되었지만 UF×IM 그룹에서는 1.3%의 부화율을 보였다. 또한 200 Gy에서도 완전히 억제되지 않았다. 이러한 결과는 암컷보다 수컷이 전자빔처리에 더 내

성을 가짐을 보여준다.

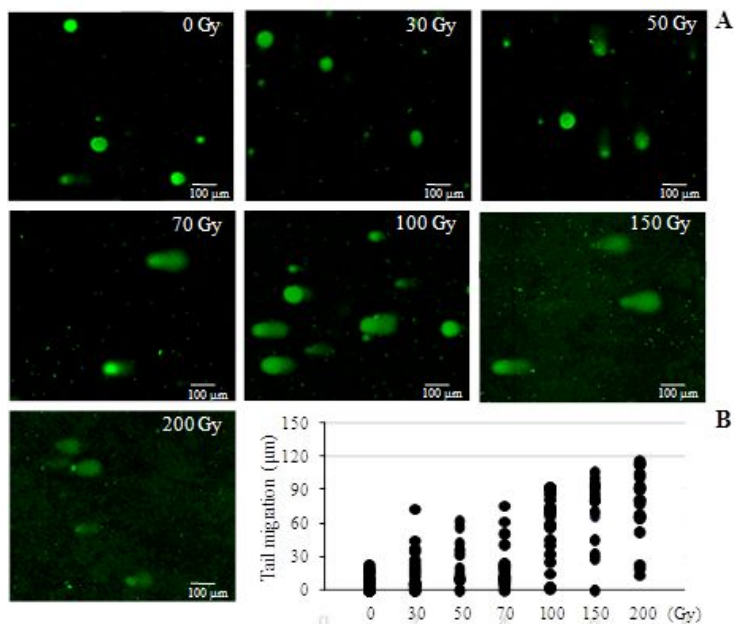
표 3-2-14. Reproductive performance of *L. trifolii* when irradiated or unirradiated adults are mated in reciprocal crosses

Pairing	Dose (Gy)	n	Longevity (day)	No. eggs (female/day)	Hatchability (%) (F_1)
IF × UM	200	20	8.2 ± 1.3 ^a	1.5 ± 1.7 ^a	0.0 ± 0.0 ^a
	150	20	7.6 ± 1.9 ^a	1.6 ± 2.8 ^a	0.0 ± 0.0 ^a
	100	20	7.8 ± 0.8 ^a	4.0 ± 3.5 ^a	11.5 ± 5.4 ^a
	70	20	8.4 ± 1.1 ^a	24.8 ± 10.8 ^b	31.7 ± 11.7 ^b
	50	20	8.0 ± 1.0 ^a	40.1 ± 7.2 ^{bc}	45.7 ± 6.1 ^c
	30	20	7.8 ± 1.3 ^a	51.6 ± 5.7 ^c	53.1 ± 6.0 ^{cd}
	0	20	8.1 ± 2.1 ^a	54.3 ± 14.0 ^c	60.3 ± 7.5 ^d
UF × IM	200	20	7.8 ± 1.5 ^a	20.8 ± 14.5 ^a	0.2 ± 0.5 ^a
	150	20	8.4 ± 1.9 ^a	26.5 ± 18.1 ^a	1.3 ± 1.6 ^a
	100	20	8.4 ± 0.9 ^a	36.7 ± 16.0 ^{ab}	15.7 ± 4.5 ^b
	70	20	7.6 ± 1.1 ^a	40.8 ± 17.7 ^{ab}	20.0 ± 9.2 ^b
	50	20	8.4 ± 1.5 ^a	52.1 ± 14.8 ^{ab}	47.4 ± 6.8 ^c
	30	20	8.6 ± 1.7 ^a	52.4 ± 12.2 ^{ab}	57.9 ± 8.2 ^c
UF × UM	0	20	8.1 ± 2.1 ^a	54.3 ± 14.0 ^b	60.3 ± 7.5 ^{cd}

All data are ± SD. Means followed by same letter in a column are not significantly different at $P=0.05$ by Tukey's studentized range test (SAS Institute, 2003). *UF* unirradiated female, *UM* unirradiated male, *IF* irradiated female, *IM* irradiated male.

(바) DNA 손상에 있어 전자빔의 효과

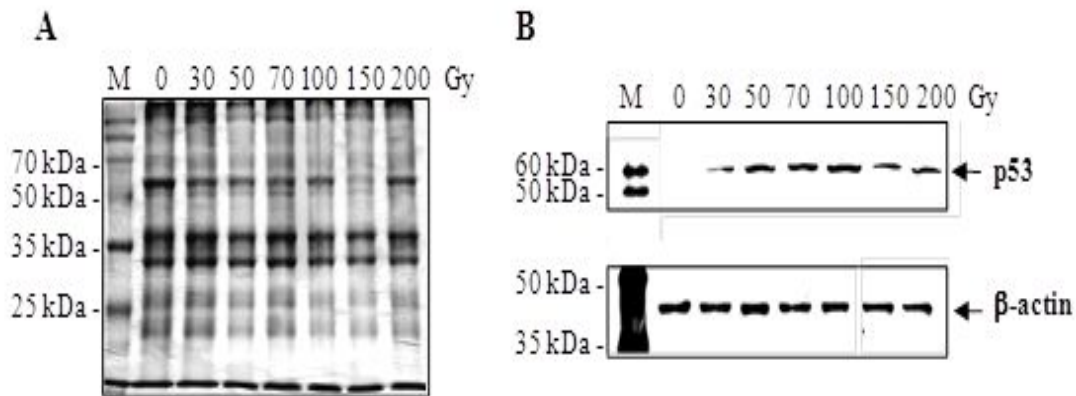
전자빔의 조사가 아메리카잎굴파리의 성충의 세포에 미치는 영향을 알아보기 위하여 전자빔을 조사하고 5시간 후 세포를 분리하여 comet assay를 실시하였다. 전자빔의 조사



(A) Representative images of comets from *L. trifolii* adults treated with electron beam irradiation at different doses. (B) Graphic depiction of the calculated tail length from analysis of alkaline comet assays. Data are shown for a representative experiment, where at least 100 comets were quantified for each sample.

그림 3-2-4. Comet assay of electron beam-induced DNA damage in the cells of *L. trifolii* larvae

량이 높아질수록 tail length가 길어짐을 알 수 있다(그림 3-2-4). 이러한 결과는 DNA 손상 정도가 증가함을 의미한다. DNA 손상 정도는 control(0 Gy)와 비교하였을 때 50 Gy에서는 약 3.6배, 100 Gy에서는 약 4.8배 정도 더 많이 손상이 되는 것으로 나타났다. 전자빔은 아메리카잎굴파리의 생식과 발육에 영향을 끼치며 DNA 손상을 유발한다. 따라서 전자빔에 의한 p53의 유전자발현 변화를 조사하기 위해 p53에 특이적으로 결합하는 항체를 사용하여 Western blotting을 실시하였다(그림 3-2-5). 그 결과, 전자빔 조사량이 높아질수록 p53의 발현이 급격히 증가했으며 150 Gy 이상에서는 조금 감소한 경향을 보였다(그림 3-2-3). 이는 전자빔의 조사량이 너무 높아서 일시적으로 감소한 것으로 보인다.



The cells were harvested 5 h after electron beam irradiation and analyzed by SDS-PAGE (A) and Western blot analysis (B) with anti-p53 antibodies. The p53 and actin protein are indicated with arrowheads.

그림 3-2-5. Western blotting of the p53 protein in electron beam-irradiated *L. trifolii* adults

(4) 담배거세미나방

(가) 알에 대한 전자빔의 효과

담배거세미나방의 알에 전자빔을 조사하였을 때 부화율, 우화율, 성충수명, 우화한 성충의 산란수, 산란된 알의 부화율 등에 미치는 영향을 조사하였다(표 3-2-15). 그 결과 100 Gy 선량부터 우화한 성충이 낳은 알의 부화가 100% 억제되었다.

표 3-2-15. Effect of electron beam on hatchability, pupation, emergence, longevity, fecundity and hatchability of adult when irradiated on *S. litura* eggs

Dose (Gy)	n	Hatchability (%)	Pupation (%)		Emergence (%)		Longevity (day)	No. eggs ♀/total ♀		Hatchability (%)	
250	97~196	0.0 ± 0.0 a ^a	-	-	-	-	-	-	-	-	-
200	357~400	0.0 ± 0.0 a	-	-	-	-	-	-	-	-	-
150	17~323	0.0 ± 0.0 a	-	-	-	-	-	-	-	-	-
100	69~275	0.0 ± 0.0 a	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	289~501	86.0 ± 6.1 b	85.7 ± 9.5 a	87.9 ± 2.8 a	8.7 ± 2.8 a	1064.6 ± 185.7 a	86.4 ± 5.1 a				
30	107~304	87.2 ± 4.7 b	88.0 ± 8.2 a	88.4 ± 4.4 a	9.3 ± 2.0 a	1053.9 ± 232.0 a	87.5 ± 8.0 a				
0	102~349	88.4 ± 9.3 b	91.6 ± 6.7 a	90.4 ± 2.3 a	9.1 ± 3.1 a	1134.4 ± 210.8 a	88.5 ± 4.1 a				

(나) 유충에 대한 전자빔의 효과

담배거세미나방의 유충에 전자빔을 조사하였을 때 용화율, 우화율, 성충수명, 우화한 성충의 산란수, 산란된 알의 부화율 등을 조사하였다(표 3-2-16). 알에서와 마찬가지로 100 Gy 선량부터 우화한 성충이 낳은 알의 부화가 100% 억제되었고 150 Gy 이상에서는 우화가 100% 억제되었다.

표 3-2-16. Effect of electron beam on pupation, larva period, emergence, longevity, fecundity and hatchability when irradiated on *S. litura* larvae

Dose (Gy)	n	Pupation (%)		Larva period (day) ^b		Emergence (%)		Longevity (day)		No. eggs /♀/total		Hatchability (%)	
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
250	50	2.2	± 1.9	a ^a	-	-	-	-	-	-	-	-	-
200	50	8.4	± 5.8	a	22.3	± 2.4	a	0.0	± 0.0	a	-	-	-
150	50	32.7	± 8.5	b	22.0	± 1.1	a	0.0	± 0.0	a	-	-	-
100	50	56.3	± 4.4	c	17.5	± 2.2	b	48.2	± 4.9	b	8.4	± 3.1	a
50	50	85.1	± 6.2	d	15.3	± 1.7	c	87.6	± 3.9	c	8.9	± 1.6	a
30	50	86.1	± 6.1	d	15.2	± 1.4	c	89.5	± 2.7	c	9.2	± 2.1	a
0	50	90.0	± 2.0	d	14.6	± 1.2	c	90.5	± 6.1	c	9.1	± 2.9	a

(다) 번데기에 대한 전자빔의 효과

담배거세미나방의 번데기에 전자빔을 조사하였을 때 우화율, 성충수명, 우화한 성충의 산란수, 산란된 알의 부화율 등을 조사하였다(표 3-2-17). 담배거세미나방의 번데기는 150 Gy 이상에서 부화율이 완전히 억제되었다. 그러나 성충의 수명에 있어서 100 Gy까지는 영향이 없는 것으로 보인다.

표 3-2-17. Effect of electron beam on emergence, longevity, fecundity and hatchability when irradiated on *S. litura* pupae

Dose (Gy)	n	Emergence (%)		Longevity (day)		No. eggs /♀/total		Hatchability (%)		
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	
250	50	22.2	± 9.0	a ^a	5.8	± 1.8	a	0.0	± 0.0	a
200	50	30.3	± 11.3	a	6.5	± 2.1	a	60.2	± 87.7	a
150	50	34.2	± 12.2	ab	6.8	± 1.7	a	0.0	± 0.0	a
100	50	50.5	± 12.2	b	8.8	± 2.2	b	878.4	± 280.0	b
50	50	77.8	± 9.6	c	9.2	± 3.1	b	938.0	± 200.1	b
30	50	82.4	± 9.9	c	9.1	± 1.5	b	973.4	± 242.8	b
0	50	89.8	± 8.9	c	9.4	± 2.2	b	955.7	± 274.9	b

(라) 성충에 대한 전자빔의 효과

담배거세미나방의 성충에 전자빔을 조사하였을 때 성충수명, 산란수, 산란된 알의 부화율 등을 조사하였다(표 3-2-18). 100 Gy 선량에서부터 급격히 부화율이 감소하여 200 Gy

에서는 완전히 억제되었다. 그러나 산란수와 성충의 수명은 조사량에 상관없이 비슷하게 나타나 영향을 미치지 않는 것으로 보인다.

표 3-2-18. Effect of electron beam on longevity, fecundity and hatchability when irradiated on *S. litura* adults

Dose (Gy)	n	Emergence (%)	Longevity (day)	No. eggs / total	Hatchability (%)
250	50	22.2 ± 9.0 a ^a	5.8 ± 1.8 a	0.0 ± 0.0 a	0.0 ± 0.0 a
200	50	30.3 ± 11.3 a	6.5 ± 2.1 a	60.2 ± 87.7 a	0.0 ± 0.0 a
150	50	34.2 ± 12.2 ab	6.8 ± 1.7 a	0.0 ± 0.0 a	0.0 ± 0.0 a
100	50	50.5 ± 12.2 b	8.8 ± 2.2 b	878.4 ± 280.0 b	2.9 ± 4.3 a
50	50	77.8 ± 9.6 c	9.2 ± 3.1 b	938.0 ± 200.1 b	87.4 ± 4.5 b
30	50	82.4 ± 9.9 c	9.1 ± 1.5 b	973.4 ± 242.8 b	89.3 ± 6.1 b
0	50	89.8 ± 8.9 c	9.4 ± 2.2 b	955.7 ± 274.9 b	91.5 ± 7.3 b

(마) DNA 손상에 있어 전자빔의 효과

전자빔의 조사가 담배거세미나방의 성충의 세포에 미치는 영향을 알아보기 위하여 전자빔을 조사하고 5시간 후 세포를 분리하여 comet assay를 실시하였다. 전자빔의 조사량이 높아질수록 tail length가 길어짐을 알 수 있다(그림 3-2-6). 이러한 결과는 DNA 손상 정도가 증가함을 의미한다.

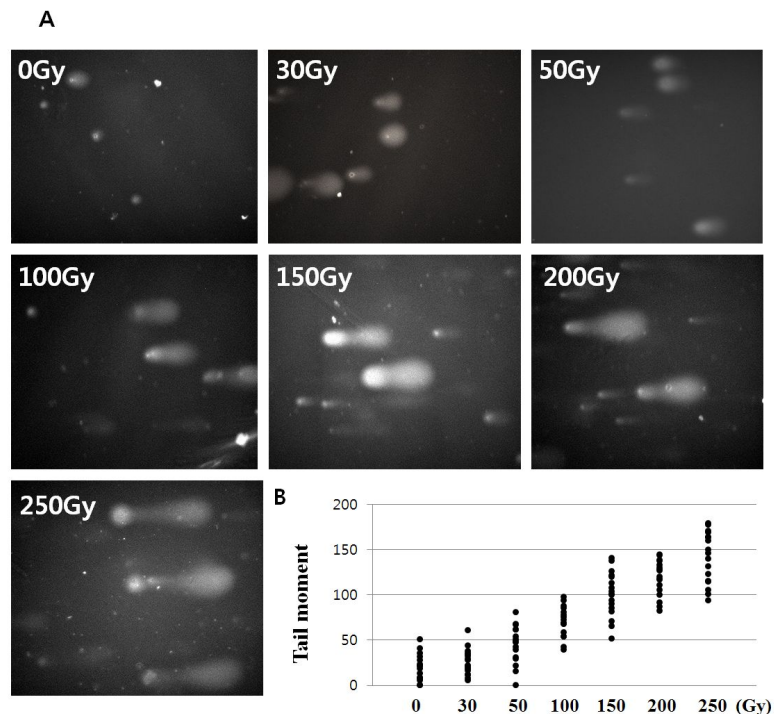


그림 3-2-6. Comet assay of electron beam-induced DNA damage in cells of *S. litura* adults.

Panel A, photographic observations ($\times 100$) and panel B, tail moment induced in nuclei of treated cells.

(5) 꽃노랑총채벌레

꽃노랑총채벌레의 알과 성충에 200, 400, 600, 그리고 800 Gy의 전자빔을 처리하여 알의 부화율과 성충이 낳은 알의 부화율을 각각 조사하였다(표 3-2-19). 그 결과 200 Gy의 전자빔 선량은 알의 부화율을 완전히 억제하지 못하였고, 400 Gy 선량부터는 100% 억제되었다. 또한 성충이 낳은 알은 600 Gy 선량까지 부화가 되었고 800 Gy에서는 완전히 억제가 되었다.

표 3-2-19. Effect of electron beam on egg hatchability of *F. occidentalis*.

Insect	Dose	Egg		Adult	
		Inhibition of egg hatch (%)		Inhibition of egg hatch (%)	
<i>Frankliniella occidentalis</i>	200	93.8	± 9.5	89.6	± 10.0
	400	100.0	± 0.0	93.8	± 6.8
	600	100.0	± 0.0	98.5	± 2.9
	800	100.0	± 0.0	100.0	± 0.0
	con	-	-	-	-

이상의 결과를 종합하여 볼 때 전자빔 조사는 유충이나 성충에 대한 직접적인 치사효과보다는, 알의 부화억제와 성충의 불임을 기대할 수 있다. 따라서 작물에 해충이 존재하더라도 생식력을 제거할 수 있다면, 효과적인 방제가 가능하리라 생각한다.

다. 수출포장 단위의 박스 높이별 전자빔 투과선량 실험결과

(1) 실험방법

전자빔처리에 사용한 화훼박스의 총 높이는 50 cm이며 꽃의 높이에 따라 상부, 중부, 하부 3부분으로 나누어 조사대상 층을 매달고 장미와 국화로 각각 박스를 채웠다(Fig. 3-2-7). 조사대상 해충은 점박이용애의 알, 아메리카잎굴파리의 알, 유충, 번데기, 그리고 담배거세미나방의 알이다. 알에 대해서는 부화율, 유충에 대해서는 용화율과 우화율 조사, 번데기에 대해서는 우화율을 각각 조사하였다.



박스내부 조사 층의 위치

전자빔처리 모습

그림 3-2-7. 박스높이별 전자빔 투과시험 모습

(2) 실험결과

(가) 점박이용애

화훼수출용 박스안에 장미와 국화를 각각 채운 후 점박이용애 알을 높이별로 넣어 200 Gy의

전자빔을 처리하였다. 그 결과 모든 높이에서 부화율을 완전히 억제하였다(표 3-2-20).

표 3-2-20. 점박이응애 알에 대한 박스높이별 전자빔 투과선량 실험

해충명	화훼종류	조사선량	위치	개수	부화율(%)
<i>Teranychus urticae</i>	장미	200 Gy	상부	32-38	0.0 ± 0.0
			중부	36-55	0.0 ± 0.0
			하부	34-56	0.0 ± 0.0
	국화	200 Gy	con	36-51	90.4 ± 5.9
			상부	25-47	0.0 ± 0.0
			중부	20-52	0.0 ± 0.0
		0 Gy	하부	23-55	0.0 ± 0.0
			con	35-74	92.6 ± 3.9

(나) 아메리카잎굴파리

화훼수출용 박스안에 장미와 국화를 각각 채운 후 아메리카잎굴파리 알을 높이별로 넣어 200 Gy의 전자빔을 처리하였다. 그 결과 장미를 채운 박스하부에서 2.0%의 부화율을 보였고 상부, 중부에서는 모두 100% 억제가 되었다(표 3-2-21).

표 3-2-21. 아메리카잎굴파리 알에 대한 박스높이별 전자빔 투과선량 실험

해충명	화훼종류	조사선량	위치	개수	부화율(%)
<i>Liriomyza trifolii</i> (egg)	장미	200 Gy	상부	39-87	0.0 ± 0.0
			중부	37-64	0.0 ± 0.0
			하부	59-72	2.0 ± 3.2
	국화	200 Gy	con	39-69	90.7 ± 5.9
			상부	27-67	0.0 ± 0.0
			중부	69-81	0.0 ± 0.0
		0 Gy	하부	32-90	0.0 ± 0.0
			con	62-96	88.8 ± 3.9

화훼수출용 박스안에 장미와 국화를 각각 채운 후 아메리카잎굴파리 2령 유충을 높이별로 넣어 200 Gy의 전자빔을 처리하였다. 그 결과 용화율에는 아무런 영향이 없었으며 우화율은 완전히 억제되었다(표 3-2-22).

표 3-2-22. 아메리카잎굴파리 유충에 대한 박스높이별 전자빔 투과선량 실험

해충명	화훼종류	조사선량	위치	개수	용화율(%)	우화율(%)
<i>Liriomyza trifolii</i> (larva)	장미	200 Gy	상부	41-70	85.7 ± 0.3	0.0 ± 0.0
			중부	25-31	82.9 ± 4.4	0.0 ± 0.0
			하부	32-65	81.9 ± 12.6	0.0 ± 0.0
	국화	200 Gy	con	36-51	86.3 ± 5.1	88.0 ± 2.5
			상부	40-63	91.7 ± 2.5	0.0 ± 0.0
			중부	49-68	86.1 ± 6.1	0.0 ± 0.0
		0 Gy	하부	22-32	85.7 ± 5.3	0.0 ± 0.0
			con	41-50	89.8 ± 4.7	88.1 ± 5.9

화훼수출용 박스안에 장미와 국화를 각각 채운 후 아메리카잎굴파리 번데기를 높이별로 넣어 200 Gy의 전자빔을 처리하였다. 그 결과 모든 높이에서 우화율을 완전히 억제하였다(표 3-2-23).

표 3-2-23. 아메리카잎굴파리 번데기에 대한 박스높이별 전자빔 투과선량 실험

해충명	화훼종류	조사선량	위치	개수	우화율(%)
<i>Liriomyza tri- folii</i> (pupa)	장미	200 Gy	상부	30	0.0 ± 0.0
			중부	30	0.0 ± 0.0
			하부	30	0.0 ± 0.0
		0 Gy	con	30	94.4 ± 6.9
	국화	200 Gy	상부	30	0.0 ± 0.0
			중부	30	0.0 ± 0.0
			하부	30	0.0 ± 0.0
		0 Gy	con	30	91.1 ± 8.4

(다) 담배거세미나방

화훼수출용 박스안에 장미와 국화를 각각 채운 후 담배거세미나방 알을 높이별로 넣어 200 Gy의 전자빔을 처리하였다. 그 결과 장미와 국화를 채운 박스하부에서 각각 2.9%와 1.3%의 부화율을 보였고 상부, 중부에서는 모두 100% 억제가 되었다(표 3-2-24).

표 3-2-24. 담배거세미나방 알에 대한 박스높이별 전자빔 투과선량 실험

해충명	화훼종류	조사선량	위치	개수	부화율(%)
<i>Spodoptera litura</i> (egg)	장미	200 Gy	상부	181-250	0.0 ± 0.0
			중부	137-311	0.0 ± 0.0
			하부	197-231	2.9 ± 5.0
		0 Gy	con	231-411	90.1 ± 3.1
	국화	200 Gy	상부	161-452	0.0 ± 0.0
			중부	232-398	0.0 ± 0.0
			하부	131-491	1.3 ± 1.3
		0 Gy	con	217-323	88.8 ± 3.9

결론적으로 점박이용애와 담배거세미나방 알의 부화를 완전히 억제하기 위해서는 200 Gy 이상의 전자빔을 조사하여야 한다.

제3절 비화학적 소독기술 관련 원천기술 확보 및 처리시스템의 개발

1. 비화학적 소독기술

1.1 전자빔 소독

전자빔 소독에 관한 연구는 1950년대 초로 거슬러 올라가며, 전자가속기들이 발전함에 따라 1980년대 중반에 전자빔 소독은 실용성을 갖추게 된다. 당시 전자빔 소독을 둘러싼 상황은 산

화에틸렌 소독이 가장 우수했고 그 다음은 감마선 소독이었다.

전자빔 소독의 원리를 살펴보면 고전 물리학상 감마선은 매우 짧은 파장($\lambda < 10^{-12}$ m)의 전자파이며 전자는 정지 질량 9.109×10^{-31} kg이고 전하가 -1인 입자이다. 전자는 전하가 없는 광자로서 물질과 상호작용이 없기 때문에 소재 깊숙이 침투하는 감마선과 달리 전자빔은 전하 및 질량으로 인한 물질과의 상호 작용이 운동을 막기 때문에 깊게 침투하지 않는다. 5MeV 전자빔 조사의 경우 투과도는 밀도 1g/cm³을 기준으로 물을 양면조사시 약 4.5 cm 침투된다.

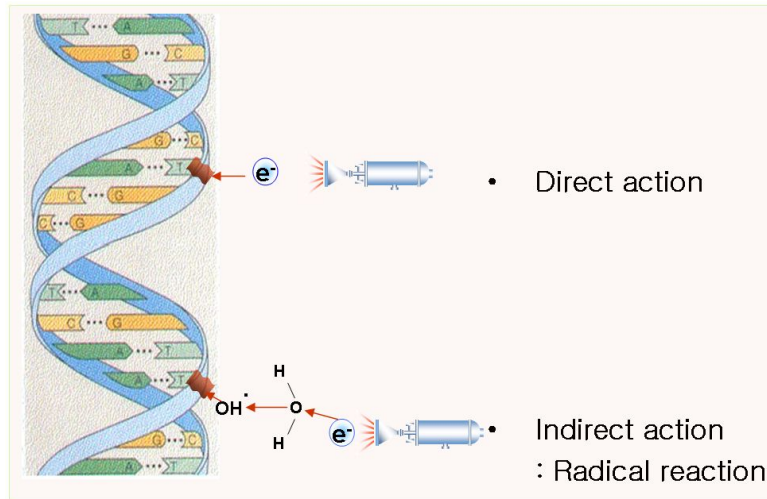


그림 3-3-1. 전자빔의 소독원리

전자빔이 미생물을 소독하는 원리는 두가지로 하나는 전자빔이 미생물의 DNA 분자에 직접 충돌하는 것이고 다른 하나는 전자빔 조사에 의해 활성화된 주변 분자에 의해 야기된 간접반응이다. 이 두 가지 반응은 DNA 이중 나선 구조에 손상을 입히며 미생물을 불활성화 한다. 전자빔 소독의 주변 상황은 산화에틸렌 규제의 강화로 인해 전자빔에 유리한 방향으로 움직이고 있다. 산화에틸렌의 발암성이 밝혀진 이후 미국과 유럽에서는 규제가 더욱 엄격해졌다. 일본 정부도 환경 잔류산화에틸렌 농도를 1 ppm 미만으로 제한하고 상품에 잔류물질을 제한하는 등의 규정이 시행되었다. 이러한 문제들을 극복하기 위해 전자빔 소독은 비화학적 청정기술로 높은 잠재력을 가진다.

표 3-3-1. 소독 방법의 비교

	전자빔	감마선	산화에틸렌
처리시간	짧다	길다(수 시간)	길다(수 시간)
포장	밀폐	밀폐	비밀폐
소독검증	용이(선량)	용이(선량)	복잡
소독시험	불요	불요	필수
재료영향	가능	가능	드물다
잔류물	무	무	산화에틸렌 처리 필요

전자빔 소독기술은 방사선 조사 소독의 검증에 따라 국제표준 ISO11137에 준한다. 산화에틸렌은 ISO11135, 가압증기 소독은 ISO11134(ISO 17665로 개정)에 의해 정의되어 있다. 의료기와 같이 규제 대상인 제품은 이 표준에 따라 검증되어야 한다. 현행 ISO11137이 정의하는 검증 업무의 절차는 <그림 3-3-2>와 같다.

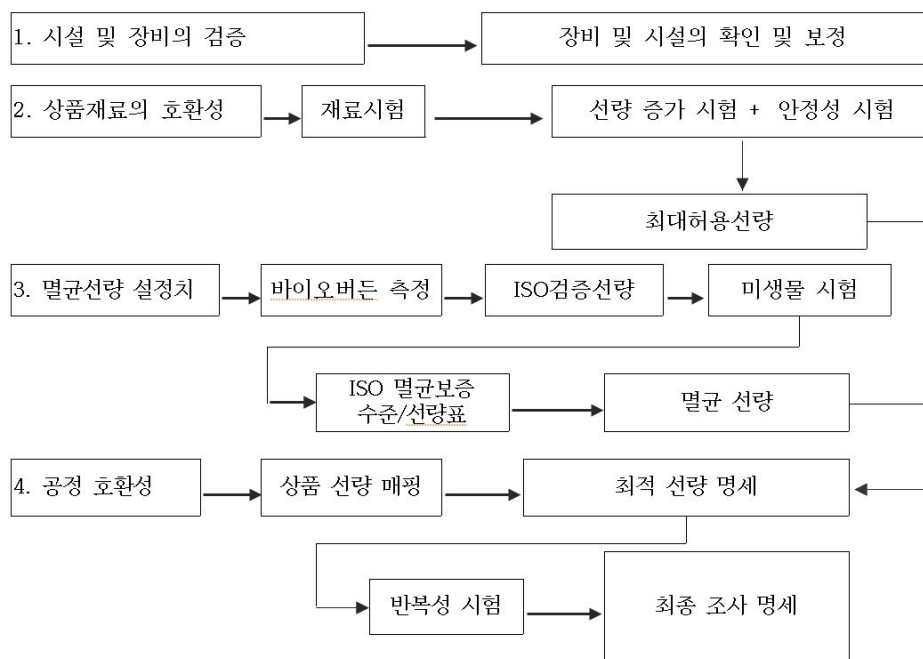


그림 3-3-2. ISO11137에 의한 전자빔 소독의 절차

ISO11137에 의한 전자빔 소독의 절차에 나타난 바와 같이, 수행하여야 할 업무 흐름이 네 가지가 있다. 첫 번째는 시설 및 장비의 검증이며 이는 조사를 실제로 수행하는 회사가 책임이 있는 항목이다. 검증 작업은 전자가속기, 전자빔 반응기와 보조장치, 선량관리 장치 및 조사 작업의 일부를 구성하는 필수 시스템의 검증을 포함하며 매일 수행하여야 한다. 두 번째, 세 번째 및 네 번째는 특정한 상품을 소독하기 위해 수행하여야 하는 항목을 정의한다.

두 번째는 상품 소재에 대한 조사의 영향을 확인하는 방법을 말한다. 구체적으로는 실제 공정 중에 가해질 것이라고 예상되는 범위의 선량에 재료를 노출시키고 실제 용도로 보아 그 영향이 과다한지의 여부를 판단하는 방식으로 검증을 수행한다. 약화, 경화, 탈색, 냄새 등의 영향을 점검하여야 한다. 어떤 재료는 조사가 완료된 후에도 지속적인 열화를 보이며(예를 들어 폴리프로필렌) 최소한 6개월 후의 특성 점검이 규정된다는 점에 유의하여야 한다. 현행 표준은 가속 시험 적용을 인정하지만 일본 규정은 가속 시험을 허용하지 않고 있다. 현행 ISO11137에 정의된 중합 재료의 조사 안정성은 많은 참고자료를 가지고 있다.

세 번째는 소독 선량 설정치이다. 상품 특성 및 적용 편의성에 따라 다음 세 가지 방법 중 하나를 선택하여야 한다. 방법 1은 바이오버든 정보를 이용하는 방법이고, 방법2A는 선량 증가 조사 시험에서 얻어진 민감도(positive fraction) 정보를 이용하는 방법이다. 세 번째 방법 2B는 방법 2A와 같지만 바이오버든이 매우 작은 상품에만 적용된다. 위 세 가지 방법 이외에도, 현행 표준에 포함되지는 않았지만, 25 kGy를 ISO/TR 13409에 의해 특정되는 소독 선량으로 실증

하는 방법이 있다. 방법 2는 실제 제품에 조사하는 선량을 증가시키는 방법이며 정의된 식에 기본으로 소독선량을 결정하며 제품의 최초 바이오버든 측정은 불필요하다. 그러나 이 방법은 최소한 표본 840개 이상을 필요하므로 방법 1을 많이 선택한다. 25kGy 실증법은 생산 로트가 적은 제품에 적용되는 것으로 정의되며 방법 1을 적용하여 설정되는 소독 선량이 대개 25 kGy 보다 낮기 때문에, 적용 사례는 무척 드물다. 방법 1에 의한 선량 설정이 실패하는 경우 방법 2를 적용하여 선량을 다시 설정하여야 한다. 기상 및 생산 조건이 달라질 수 있기 때문에 최초 선량 설정 이후 매 3개월마다 소독 선량에 대한 감사를 수행하여야 한다.

네 번째는 선량 분포도(Dose Mapping)시험이다. 실제 포장 단위 내의 선량 분포를 점검하여야 한다. 전자빔 투과도가 제한적이기 때문에 이 시험은 정확히 수행하여야 한다. 측정된 최대 선량은 재료의 열화를 고려하여 최대 허용 선량보다 낮아야 한다. Mapping이 이 조건에 부합하지 않는 경우, 포장을 변경하여야 한다. 반복성을 확인하기 위해 이 시험은 최소한 3회 실시하여야 한다.

1.2 전자가속기 및 처리시스템

1.2.1 전자가속기 원리

전자가속기는 인위적인 전장 하에서 하전을 띠고 있는 입자가 전장에 이끌려 정지 상태로 부터 가속될 수 있는 현상을 이용하는 장치이며, 정전압 가속장치의 경우 하전입자가 가속되어 얻는 최대의 에너지는 전장에 인가된 전압에 하전입자의 전하값(전자 한 개가 1V의 전압에 의하여 가속될 경우 그때의 에너지를 1eV이다)을 곱한 값으로서 eV의 치수로서 표시된다. 한편



그림 3-3-3. 전자빔 이용시설 (이비테크(주))

전장에서 가속되는 전자는 대기 중에서 쉽게 산란되어 그 에너지를 잃게 되므로 전자가 가속되는 구간은 필수적으로 진공상태를 유지하여야 한다. 따라서 일반적인 전자빔의 정전압 가속기가 갖추어야 할 필수적인 시스템으로 가속전압을 발생시키는 고전압 장치, 전자를 발생시키는 전자총, 전자를 진공상태에서 가속시키기 위한 가속관으로 구성된다.

일반적으로 전자총은 음의 고전압 전위에 둔다. 이는 전자를 접지 전위에서 이용하기 때문이다. 조사물을 접지 전위에 두고 처리해야 하기 때문이며, 전자총의 전위가 음(-)의 하전을 띠게 되고, 따라서 전자는 밀어내는 힘에 의하여 가속되어 시료에 도달하는 조사형태가 된다.

MV이상의 고전압 터미널의 경우 대기 중에서 가동을 하기 위해서는 주위로의 방전을 방지하기 위하여 넓은 공간이 필요하다. 이 공간을 절약하기 위하여 MV이상의 가속기인 경우 절연기체로 충전된 압력용기를 고전압 터미널 외부에 설치하는 것이 일반적이다.

1.2.2 고전압 발생장치

수백 kV급의 직류 고전압은 상용의 단일 변압기와 정류기를 이용하면 용이하게 만들 수 있다. 그러나 MV급 이상이 되면 단일 변압기를 이용하는 방식으로는 절연에 한계가 있어 여러가지의 방법을 사용하는데 그 중의 공심형 변압기 형식의 채택한 것이 ELV형 가속기의 고전압 발생장치다.

ELV형 가속기의 고전압 발생장치는 전압증배 정류회로를 여러 단 직렬로 연결하여 고전압을 발생시키는 형태로 유도성 결합방식과 병렬 전력 공급방식을 조합한 형태로서, 각 단의 전류용량이 동일하여 변압기의 이차코일이 동일한 구조를 가지나 각 단의 내압은 달라진다.

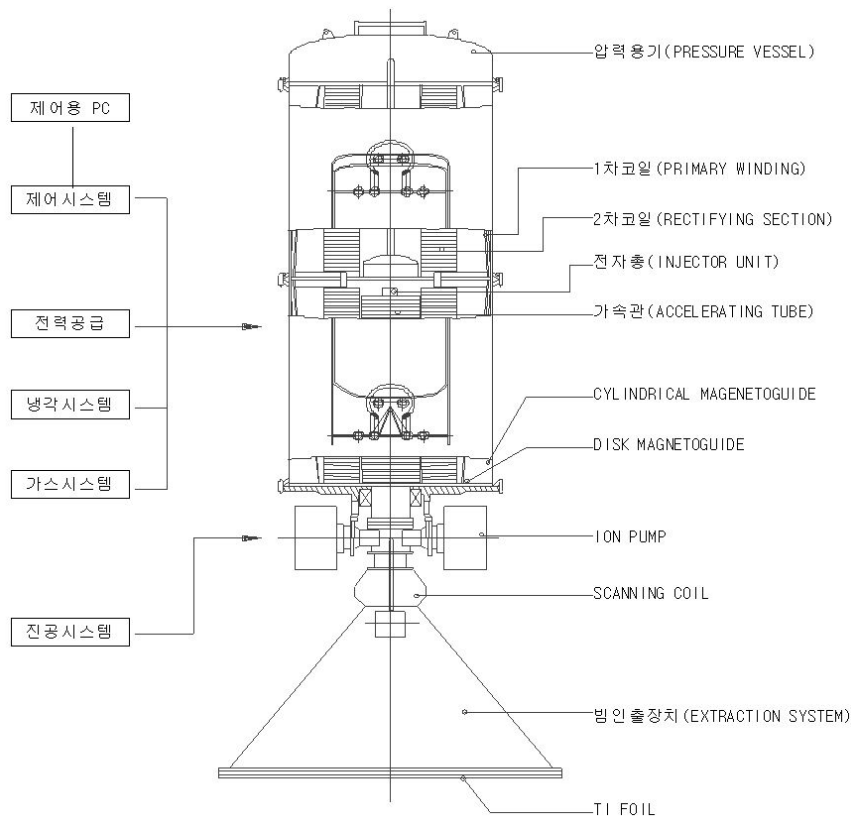


그림 3-3-4. Electron Accelerator (ELV-8, 이비테크(주))



그림 3-3-5. Photo of Electron Accelerator (ELV-8 and UELV10-10S, 이비테크(주))

연구개발에 사용된 전자가속기는 ELV-8형과 UELV10-10S로 사양은 <표 3-3-2>와 같다.

표 3-3-2. 연구개발에 사용된 전자가속기 사양

ITEM	ELV-8	UELV-10-10S
Accelerating energy	1.0 ~ 2.5MeV	5 ~ 10MeV
Energy instability	<±2%	<±2%
Beam current	max. 40mA	max. 1mA
Beam power	max. 100kW	max. 10kW
Beam current instability	<±2%	<±2%
Non-uniformity of the current	<±10%	<±10%
Window length	1600mm	600mm

1.2.3 전자총

전자들은 금속 표면의 전위에 의하여 금속에 구속되어 있다. 이 전위는 일함수라고 불리며, 전자가 이 에너지 이상을 얻으면 금속 표면을 벗어날 수 있으며, 전자의 방출은 에너지를 공급하는 방법에 따라 열전자 방출, 광전자 방출 및 이차전자 방출로 나눈다. 이 중에서 전자가속기에서 주로 사용하는 것은 열전자 방출이며 열전자 방출에는 직접 가열방식과 간접 가열방식이 있는데 ELV형 전자가속기에서는 LaB6를 음극물질로 사용하는 간접 가열방식을 사용한다. 이 재질은 텅스텐에 비하여 동작온도가 낮아 전자빔의 인출이 용이하고, 전류밀도가 비교적 높아 작은 면적의 음극으로 높은 전류의 인출이 가능하다. 그러나 진공도가 나쁜 경우에는 이온역류에 의한 충격으로 인하여 마모되어 수명이 짧아질 수 있으므로 사용중의 진공도에 대하여 조심하여야 한다.

1.2.4 가속관

가속관은 고전압 발생부에서 발생하는 전위를 이용하여 전자총으로부터 생성된 전자를 가속시키는 역할을 한다. 가속전위는 보통 수백 kV이상이므로 고전압 절연 및 가속입자의 집속 문

제 때문에 직접1단으로 가속시킬 수 없고, 전 전위를 일정한 전위 구배를 갖도록 여러 등분의 등전위면을 갖도록 설계하게 된다. 정전 가속기 기술의 발달과 더불어 가속관도 구조나 재료, 가공 기술면에서 보다 높은 가속전장을 얻을 수 있도록 개발되고 있는 추세이다. 가장 일반적인 가속관 형태는 평행 원판형 가속관으로서 이는 세라믹을 이용한 절연링과 도체 원판을 교대로 쌓는 형태를 이룬다.

가속관은 전자가 가속되면서 진행되는 공간이므로 좋은 진공도를 유지할 필요가 있다. 전자가 가속관 내부의 기체와 충돌하면 진행방향이 바뀌고 가속관 벽에 입사 되어 전하의 축적 및 가속관 내부의 방전의 원인이 되며 또한 전자와 기체분자와의 충돌로 인하여 발생된 양전하의 이온들이 가속관을 따라 역으로 가속되면서 전자총을 때려 수명을 단축시킬 수도 있다. 이러한 부작용을 방지하기 위하여, 최소한 10-6torr는 유지되어야 한다.

1.2.5 전자빔 수송장치

전자빔 수송장치는 가속된 전자를 이용하여 처리공정에 적합하도록 유도하는 것이다. 전자빔 처리하는 장치는 집속장치, 편향장치 및 인출장치로 구분된다. 이 중 집속장치는 가속된 전자 가속전하의 공간전하 효과로 발산하는 것을 방지하고 처리에 이용될 수 있는 빔 크기로 조절하기 위한 것이다. 이러한 집속장치는 크게 전장형과 자장형의 집속장치로 분류할 수 있으며, 실용적으로 전자의 집속에는 전장을 이용하는 것보다 자장을 이용하는 것이 유리하다. 전자빔의 편향에 사용할 수 있는 편향장치도 크게 나누어 전장형과 자장형으로 나눌 수 있으며, 집속장치와 마찬가지로 편향장치에서도 MeV급 전자빔 가속기에서는 전장형보다는 자장형을 이용하는 것이 간단하고 보다 유용하다. ELV 시스템에서는 두께 50m인 Titanium 박막을 사용하고 있다.

1.2.6 전자빔의 특징

방사선(Radiation)은 우리 지구상에서 볼 수 있는 에너지의 한가지 형태이며, 자연환경에서 언제나 접할 수 있다. 방사선은 생물활동에 영향을 미치며, 지구상에 생명체가 생겨난 이래로 생물의 진화에도 영향을 미쳤다. 방사선은 전자기파 또는 빠른 속도로 운동하는 원자의 입자 형태로 에너지를 한 물체에서 다른 물체로 전환 시킬 수 있다. 전자기파에 의해 전달되는 에너지는 광양자(photon) 에너지이며 입자파에 의해 전달되는 에너지는 입자의 운동에너지이다.

방사선의 에너지는 방사선의 경로에 따라서 그 근방에 있는 분자에 에너지를 주게 되는데 경로에 가까운 곳에서는 이온화로 생성되는 분자의 양이온과 전자의 이온쌍이 그리고 약간 떨어진 곳에서는 전자의 들뜬 분자와 그 분해에 의해서 생성된 중성의 라디칼이 집단적으로 생성되어 비적(Track, spur)을 형성한다. 이처럼 빠른 물리적 과정을(10-13sec)을 거치는 분자종(molecular species)은 자신 혹은 다른 분자와 에너지를 주고 받아서 활성이 있는 1차 분자생성물이나 확산 라디칼을 형성한다. 라디칼은 외각궤도에 짝짓지 않은 전자를 가지고 있는 것이 특징으로 화학식에 점을 붙여 표시한다. 물리화학적 과정(10-10sec)을 거친 이들의 분자종은 생물의 중요한 생체분자(핵산이나 단백질) 라디칼의 바탕이 된다. 또한 생물분자가 물로 둘러싸여 있는 경우 물에서 생성되는 OH라디칼, H라디칼과 수화전자(hydrated electron, e-aq)가 간접적으로 중요한 생체분자와 반응한다. 생체분자 라디칼의 생성에서 분자의 화학변화를 화학적 과정이라고 하며, 반응은 10-6sec 이내에 일어난다.

고에너지 방사선은 초기에는 방사 화학적인 반응에 사용한다. 여기에 포함된 방사선은 자연 방사능, 인공방사능(α 선, β 선, γ 선), X-선, 중성자선, 입자선, 전자빔 등이다. 이중 전자빔과 선은 종종 방사선 공정의 응용연구에 적용되기도 한다. 고에너지 방사선은 크게 3가지 분류가 되는데 첫째, 자연방사능과 인공방사능으로 분류되며, 둘째 입자가속기, 셋째는 핵반응기이다. 첫번째 분류의 자연방사능은 라듐과 라돈이고, 인공방사능은 Co-60, Cs-137, St-90이다. 두번째 그룹은 X-선 발생기와 여러 유형의 전자가속기로 Vande Graaff 가속기와 양이온 입자 빔을 사용하는 사이클로트론이다. 셋째는 핵반응기 방사능 원으로 중성자 빔과 α 선, β 선, γ 선 그리고 중성자의 혼합원으로 나타난다. Co-60의 선과 전자가속기는 가장 일반적이고 공통적으로 사용되는 방사선의 기본이다.

1.2.7 깊이에 대한 선량 곡선

비전리 방사선의 사용에 있어서 흡수된 방사선은 공정에서 조절해야 할 필요가 있는 유일한 인자이기 때문에 식품에 흡수된 방사선 선량에 대한 재현성 및 정확한 평가는 매우 중요하다. Dosimetry는 사양, 선량작성(dose mapping), 검증수행(validation), 절차수립(commissioning procedure) 뿐만 아니라 플랜트의 일간 운전에 대한 변화에 맞는 공정인자의 설정에 중요한 역할을 한다.

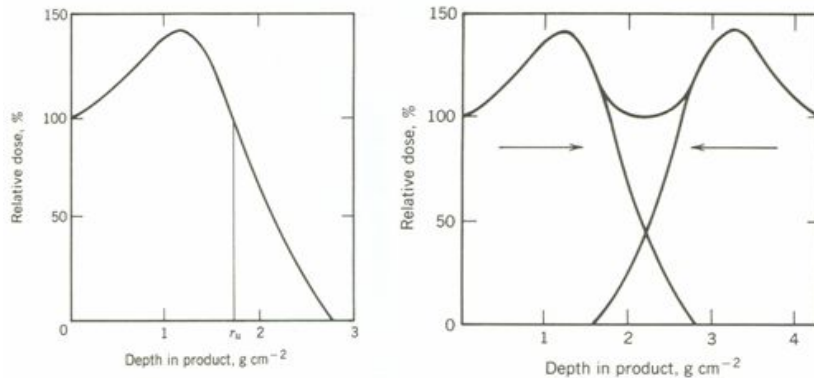


그림 3-3-6. Depth-dose curve for various beam energy

전자빔 에너지가 물질에 전달되면 선량은 모든 두께에서 균일하지 않고, <그림 3-3-6>에서 보는 바와 같이 두께에 따라 변한다. 그 곡선은 선량 대 단위 비중을 가진 물질에서 가속기의 공급 에너지별 투과 깊이를 보여준다.

일반적으로 유효투과깊이(useful range)는 최대치의 60% 이상인 선량이 조사되는 두께로 선정한다. 이 값은 요구되는 선량을 초과하는 것을 최소화하고, 전자빔 투과의 전체 효율을 최대로 하는 것이 최적의 포인트이다. 이것은 전자빔의 이용 효율과 관련하여 더 상세하게 검토 되어야 하며, 아래 식에 의하여 간단히 계산될 수도 있다.

$$r_u = \frac{E_0^2}{3\rho} \quad (E_0 \leq 1\text{MeV})$$

$$= \frac{E_0}{3\rho} \quad (E_0 \geq 1\text{MeV})$$

단, r_u : 유효비정(cm), E_0 : 전자빔에너지(MeV), ρ : 조사된 물질의 밀도(g/cm^3)

방사선의 적용은 조사하려는 목적물과 깊이에 따라 여러가지 유형의 깊이-선량의 곡선을 갖는다. 대상물에 대한 방사에너지의 깊이는 깊이-선량곡선으로 나타낼 수 있으며 입자의 흡수선량을 거리에 따라 나타내었다. 그림 4는 방사선 조사시 투과 깊이에 따른 흡수선량으로 나타낸 것이다. 방사능의 조사 기술의 유형은 크게 <그림 3-3-8>과 같다.

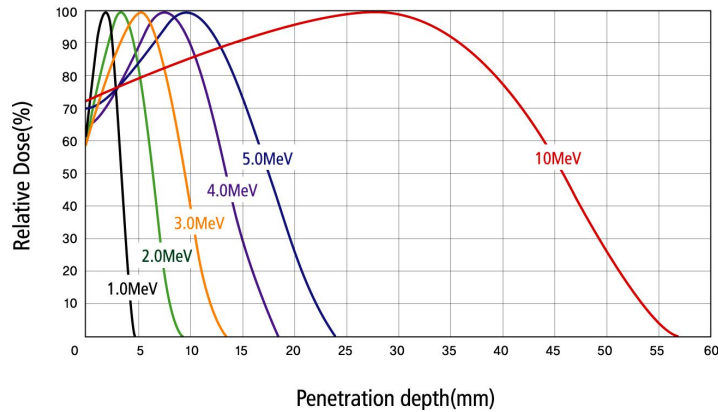


그림 3-3-7. Percentage depth-dose curves for electron irradiation of water

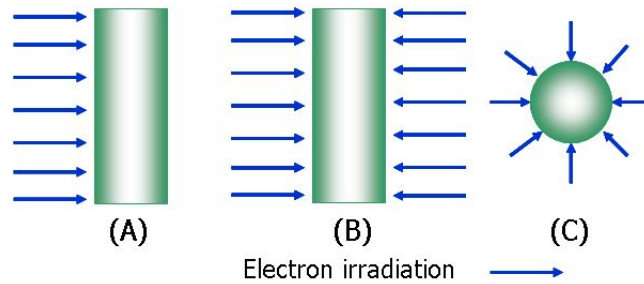


그림 3-3-8. Irradiation techniques: (A) irradiation from one side of the sample only; (B) irradiation from two opposite sides; (C) multidirectional irradiation

1.3 선량측정 시스템

선량시스템의 흡수선량 측정은 물리적 또는 화학적 선량계 뿐만 아니라 측정장비(분광광도계, EPR분광계)까지 방사능 측정에 관련되어지며, 기준규격(과장과 흡수도 기준)이 사용된다. 선량계의 분류는 선량계의 종류에 따라 정확도 및 적용에 따라 분류될 수 있다.

선량계는 4개의 종류로 분류되며 다음과 같다.

- 1차표준선량계(Primary standard dosimeters)
- 참고기준선량계(Reference standard dosimeters)
- 이동기준선량계(Transfer standard dosimeters)
- 실용선량계(Routine/working dosimeters)

1차표준선량계는 SI 기본단위 (질량, 길이, 시간, 전류 등)와 물리적인 상수를 바탕으로 측정되며, 이 선량계는 흡수한 양의 절대량으로 조정이 필요하지 않다. 방사능 측정체계의 기본 유형은 국가 기준 실험실에 의해 일반적으로 제공한다. 1차표준선량계는 Ionization chambers와 Calorimeters가 있다. 참고기준선량계는 다른 선량계를 측정하기 위하여 기준 규격으로 사용될 수 있는 고도의 계측개념을 포함하고 있으며, 1차표준선량계와 달리 조정이 필요하다. 참고 기준 선량계는 각종 매개변수에 따라 영향을 받는데, 조사 온도, 조사 후 안정도에 따라 변화한다. 일반적으로 사용한 선량계는 Fricke 선량계, Ceric-cerous 선량계, Dichromate 선량계, Ethanol chlorobenzene 선량계 및 Alanine dosimeters 가 사용된다. 이동 기준 선량계는 국가 기준 실험실로부터 방사선 조사시설의 조사선량을 확인하기 위하여 측정된 선량계로 방사성 동위원소의 이동이 잦은 경우 측정용으로 많이 사용한다.

표 3-3-3. Classes of dosimeter

Class	Calibration necessary?	Uncertainty ($k = 1$)	Examples
Primary	No	1%	Calorimeter, Ionization chamber
Reference	Yes	2-3%	Calorimeter, Alanine, Dichromate, Ceric-cerous, ECB, Fricke,
Transfer	Yes	3-5%	Alanine, Fricke, Dichromate, Ceric-cerous, ECB
Routine	Yes	5%	PMMA, Radiochromic films, CTA, Ceric-cerous, ECB

실용선량계는 방사선 조사시설의 선량분포도 및 선량 모니터링을 위하여 사용하는 선량계로서 수시로 선량에 대한 검증을 필요로 한다. 일반적으로 사용한 실용선량계는 PMMA필름, Radiochromic 필름, CTA 필름, Ceric-cerous 및 ECB 선량계를 포함한다.

플라스틱 필름이 방사선 조사된 경우에 생기는 화학적 변화에 관련한 양을 측정하는 것에 의해 흡수선량을 구하는 선량계이다. 필름선량계의 일반적인 특징으로는 측정이 용이하고, 구입이 비교적 쉬우며, 조사된 물질의 평면 및 두께 방향에 대해서 선량분포 측정이 용이하여 실용선량계로 널리 이용되고 있다. 필름선량계에 의한 측정 원리는 특정 파장에 있어서 흡광도 변화와 발색이나 변색이 있고, 그 외 발생한 라디칼 수의 측정에 의한 방법 등이 있다. 필름선량계를 사용할 때는 선량의 측정에 이용하는 계측기류(분광광도계, 두께를 재는 기계 등)에 대해서는 정기적인 검교정이 필요하다.

1.3.1 CTA 선량계

플라스틱 필름이 방사선 조사된 경우에 생기는 화학적 변화에 관련한 양을 측정하는 것에 의해 흡수선량을 구하는 선량계이다. 필름선량계의 일반적인 특징으로는 측정이 쉽고, 구입이 비

교적 쉬우며, 조사된 물질의 평면 및 두께 방향에 대해서 선량분포 측정이 용이한 실용선량계로 널리 이용되고 있다. 이비테크(주)가 사용한 필름선량계는 FTR-125 모델의 CTA 선량계를 사용하여 측정하였다.

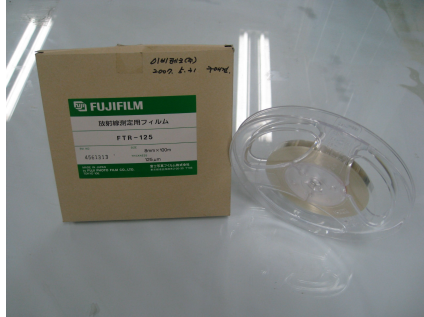


그림 3-3-9. FTR-125 CTA 선량계

필름 선량계에 의한 측정 원리는 특정 파장에 있어서 흡광도 변화와 발색이나 변색이 있고, 그 외 발생한 라디칼 수의 측정에 의한 방법 등이 있다. 필름선량계를 사용할 때는 선량의 측정에 이용하는 계측기류(분광광도계, 두께를 재는 기계 등)에 대해서는 정기적인 검교정이 필요하다. 이비테크(주)는 분광광도계의 검교정을 매년 실시하고 있으며, 2011년 3월 한국표준과학연구원 검교정실을 통하여 선량측정 관련 장비를 교정하였다. FTR-125는 두께 125 μ m, 폭 8mm의 테이프 형태로 상세한 CTA 필름선량계의 제원은 <표 3-3-4>와 같다.

표 3-3-4. Specifications of CTA film dosimeter(FTR-125)

Items	Specifications
중량조성	삼초산셀룰로즈(C ₁₂ H ₁₆ O ₈)n 85% 톨리페닐포스페이트 C ₁₈ H ₁₅ O ₄ P 15%
공칭의 두께	0.125mm
테이프 폭	8mm
밀도	0.29g/cm ³
표준측정파장	280nm
미조사 필름의 흡광도	0.12 ~ 0.13
중량평균 원자번호(Z)	6.7
질량충돌저지능(1MeV 전자)	1.74 MeV · cm ² · g ⁻¹
질량에너지 흡수계수(⁶⁰ Co, γ 선)	0.0281cm ² /g
단위 선량당 흡광도변화(Δ OD/kGy), K	0.063

1.3.2 전자빔 투과(Electron Beam Penetration)

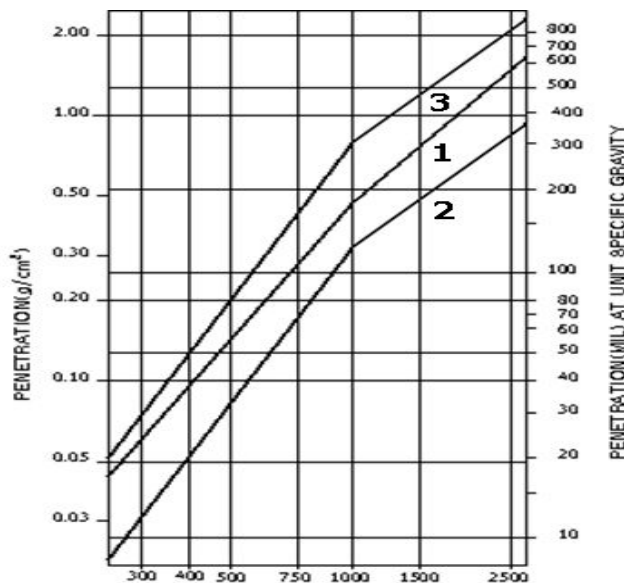
전자빔 조사공정의 적용 제품의 적용성에 관련된 판단은 전자빔 에너지의 범위에 따라 선택되어진다. 전자빔 에너지는 투과할 수 있는 물질의 두께를 결정하는 것으로 1 MeV는 1MV의

전압 차에 의해 가속된 전자에 의해 이동 되는 에너지로, 1MeV 이상에서 전자의 물질 투과 깊이는 직접적으로 그 에너지에 비례하고, 투과 깊이는 조사물질의 비중에 반비례한다. 그러므로 100 μm 알루미늄 시트(비중=2.7)는 물 270 μm 두께와 같다.

전자빔의 투과 깊이는 일반적으로 밀도와 두께를 모두 포함하는 단위 면적당 조사되는 물질의 무게로 나타내며, 투과 깊이는 단위 cm^2 당 g로 표현 되는데 여기서 두께는 cm, 밀도는 g/cm^3 이다.

1.3.3 단면 조사 (Single side irradiation)

전자빔 에너지는 조사물질에 모두 전달되어도 선량은 모든 두께에서 균일하게 나타나지 않는다. 전자빔의 조사선량은 조사물질의 두께에 따라 선량 값이 달리 나타난다. 선량곡선은 선량 대 단위 비중을 가진 물질에서 전자빔 가속기의 공급 에너지별 투과 깊이를 보여준 곡선으로 인출창과 공기 중 경로(4cm)의 에너지 손실을 고려한 실제의 곡선을 나타낸 것이다. 공기 중 경로가 4cm 보다 더 큰 경우 투과 깊이의 추가적인 손실은 대략적으로 추가적인 cm당 투과 깊이 10 μm 의 손실로 계산되어진다. 선량은 두께에 균일하지 않기 때문에 일부 두께에만 어느 정도 균일한 조사가 가능하다. 유효 깊이는 최대치의 60% 이상인 선량이 조사되는 두께로 선정한다. 유효 투과깊이와 에너지의 관계는 <그림 3-3-10>에 나타내었다.



- 1-Total penetration
- 2-Useful penetration for single-side irradiation
- 3-Useful penetration for double-side irradiation

그림 3-3-10. Useful penetration for irradiation and electron energy

1.3.4 양면조사(Double side irradiation)

전자빔을 물질의 양면에 조사를 하는 기술을 ‘double bombardment’라 하며 반대쪽은 한쪽 면의 투과 깊이 곡선의 거울 이미지로 부터 얻을 수 있다. 최적의 조사 조건의 경우 선량분포 결

과는 <그림 3-3-11>과 같이 나타나며, 조사물질의 밀도와 두께에 따라 투과 깊이별 선량은 여러가지 경향으로 설명할 수 있다. 양면조사(double bombardment)의 유효 두께는 단면(single side) 조사로 얻어지는 값의 2배 보다 더 커진 값으로 나타날 수 있다.

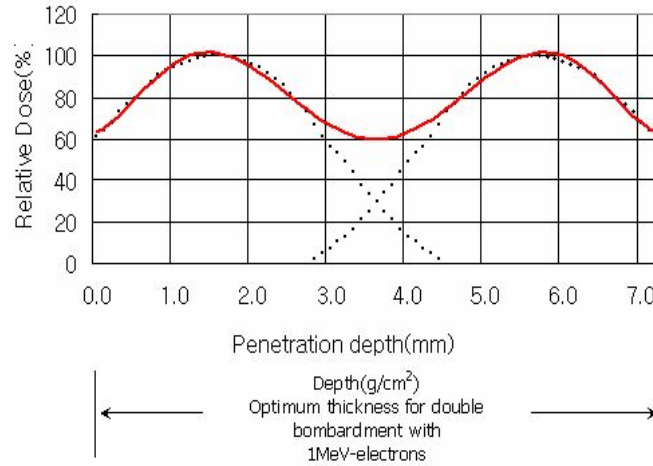


그림 3-3-11. Dose–depth variation in product using double bombardment technique

<그림 3-3-11>에서 보는 바와 같이 양면 조사시 유효 제품의 두께는 한쪽 면의 1회 조사보다 2.4배가 된다. 고형물질의 경우 제품은 한쪽 면 조사 후에 뒤집어 전자빔을 2회 통과시켜 조사할 수 있다. 선형속도는 2회 통과함으로써 반감되는 반면에 제품 두께는 더 빠른 속도로 한번 통과할 때보다 두 배 이상이 커진다. 양면조사와 에너지에 대한 유효 투과 깊이는 <표 3-3-5>에 정리하였다.

표 3-3-5. Useful penetration for irradiation with electron energy

Energy (kV)	300	500	750	1,500	2,500
Total penetration	0.63	1.40	3.00	7.50	15.0
Useful penetration single-side irradiation	0.31	0.80	1.68	5.00	8.7
Useful penetration double-side irradiation	0.75	1.90	4.00	12.0	21.0

1.3.5 흡수선량의 두께

깊이에 따른 선량 변화는 흡수에 대한 두께 효율 계산 시 고려되어야 한다. <그림 3-3-12>와 <그림 3-3-13>은 얼마나 많은 에너지의 양이 모양과 밀도가 균일한 제품의 최적 두께에서 유용하게 흡수되는지를 보여준다. 이들 각각의 곡선에서 효율은 곡선 아래 전체 면적에 대한 투영 제품 단면적의 비로 고려할 수 있다. 최적보다 더 두꺼운 두께에서 투영 면적은 감소하고 초과 선량에 기인한 비효율성이 전자빔의 범위를 중간에 차단하여 얻을 수 있는 것 보다 더 빠르게 증가하기 때문에, 제품을 완전히 통과해서 소실되는 조사 빔과 초과 선량 모두에서 저감이 이루어진다.

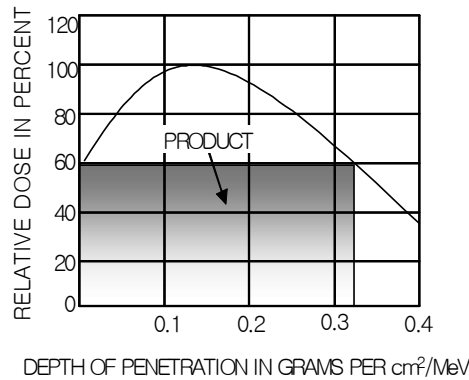


그림 3-3-12. Thickness efficiency of absorption irradiation from a single side

단면조사의 두께 효율은 거의 60%이고, 양면조사는 65~70% 범위이다. 양면조사는 투과 깊이가 2.4배 증가할 뿐 아니라 <그림 3-3-13>과 같이 두께의 효율도 증가한다.

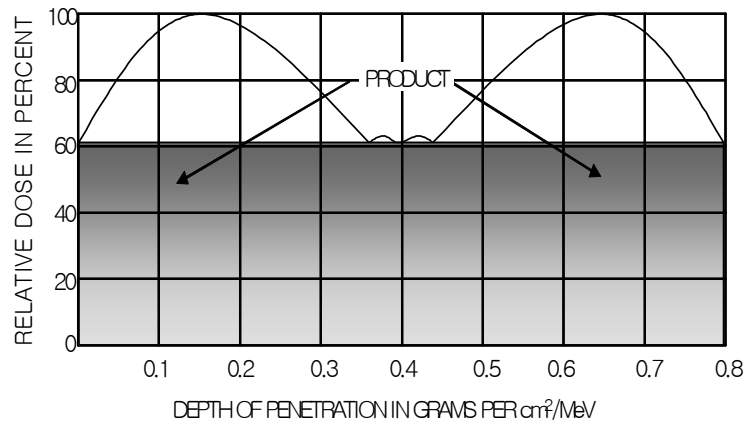


그림 3-3-13. Thickness efficiency of absorption irradiation from two side

2. 선량측정

2.1 전자빔 조사설비

전자가속기에 의한 조사처리는 전자가속기의 빔 에너지, 빔 전류, 이송대차의 속도, 빔 인출창의 통과 회수, 조사 시료의 밀도 및 두께에 따라 제품의 요구선량을 결정하였다. 전자빔 조사설비의 선량분포도 측정은 설비의 적격성을 확인하기 위해 동일 밀도 물질로 적재하여 전자빔 조사설비 내에서 진행하였으며, 공정 처리의 재현성, 분포 및 선량에 관한 측정을 유지하기 위해 조사설비 내에서 흡수선량을 측정한다. 전자빔 조사설비의 선량분포도 측정은 ISO/ASTM 51649:2005(E) Practice for dosimetry in an electron beam facility for radiation processing at energies between 300 KeV and 25 MeV 와 ISO/ASTM 51650:2005(E) Practice for use of a cellulose triacetate dosimetry system의 측정 방법을 적용하였다.

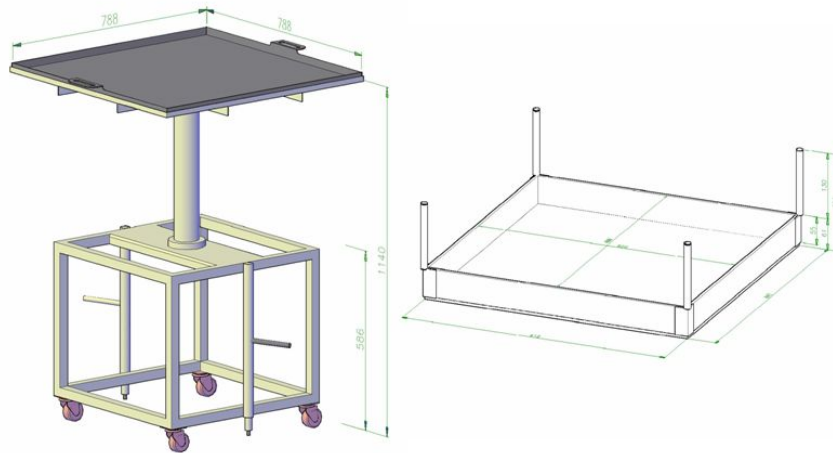


그림 3-3-14. Cart system of electron accelerator(2.5MeV and 10MeV)

전자빔 에너지는 조사물질에 모두 전달되어도 선량은 모든 두께에서 균일하게 나타나지 않는다. 그러므로 전자가속기의 인출창으로 부터 선량 균일도를 평가하였다. 운전조건은 전자가속기 빔에너지 2.5MeV, 빔전류 1.0~20mA와 컨베이어 이송속도는 20~30m/min이다. 또한, 10.0MeV 전자가속기는 빔전류 0.05~1.0mA와 컨베이어 이송속도는 0.5~10m/min로 조사선량에 따라 변경하여 운전하였다.

전자빔의 조사선량은 <그림 3-3-13>과 같이 조사물질의 두께에 따라 선량 값이 달리 나타나는데, 일반적으로 조사 깊이는 최대치의 60% 이상인 선량이 조사되는 두께로 선정한다. 유효 투과깊이와 에너지의 관계는 <그림 3-3-15>에 측정하여 나타내었다.

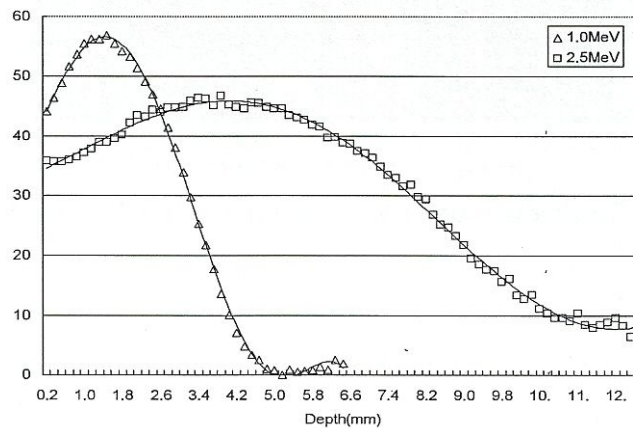


그림 3-3-15. Depth-dose curve for various beam energy
(Beam energy: 2.5MeV, Beam Current: 20mA, Conveyor speed: 5m/min)

<그림 3-3-16>은 전자빔 조사기 인출창에서 스케링 길이에 따른 선량분포도를 나타낸 것으로 실용 선량계를 스케닝 길이 방향으로 설치한 후 전자가속기와 이동대차 시스템을 조정하면서 빔 균일도를 측정하였다. CTA 필름을 인출창과 동일한 방향으로 150cm 일자형으로 놓고 선량계를 측정 후, 조사 처리된 선량계 필름을 2시간 반응 후 분광광도계 280nm에서 측정했다.

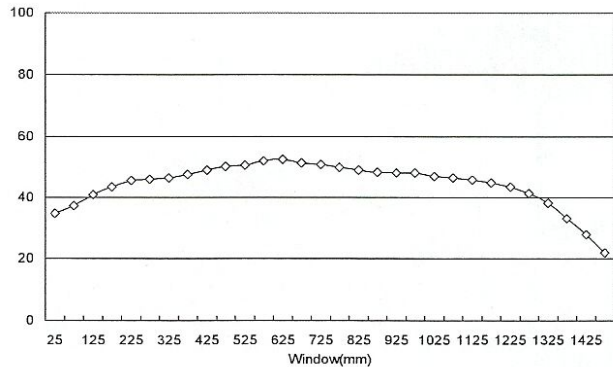
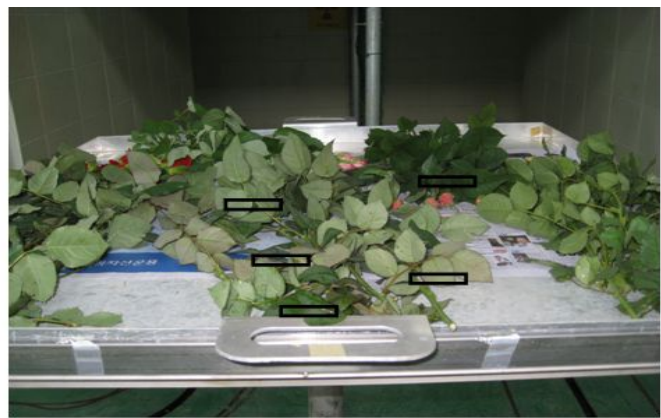


그림 3-3-16. Dose distribution on conveyor for Y axis at the dynamic irradiation (Beam energy 2.5MeV, Beam Current 20mA, Conveyor speed 5m/min)

2.2 화훼의 선량분포도

2.2.1 전자빔 조사와 선량분포 [1]

협동연구기관의 운전조건으로 결정된 몇가지 조사선량 중 2.5MeV에서 결정한 조사선량 1.0kGy을 이용하여 전자빔 조사한 선량의 분포도를 <그림 3-3-17>과 같이 나타내었다. 2.5MeV 전자가속기를 이용한 1.0kGy의 선량분포도는 평균 1.05kGy로 측정되었으며, 표준편차 0.07로 전체시료의 조사가 균일하게 진행되었음을 확인하였다.



Dose mapping (2.5MeV)

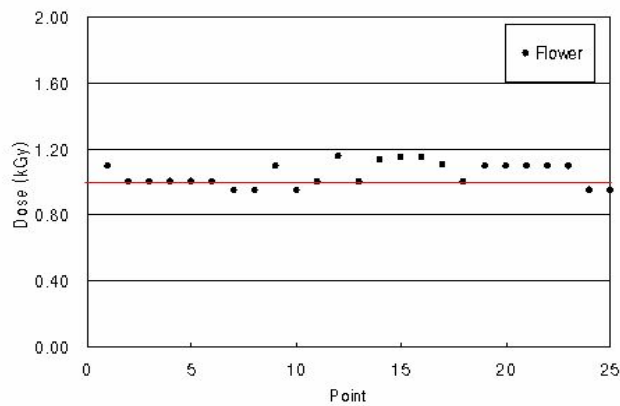


그림 3-3-17. 2.5MeV 전자가속기를 이용한 1.0kGy의 선량분포도

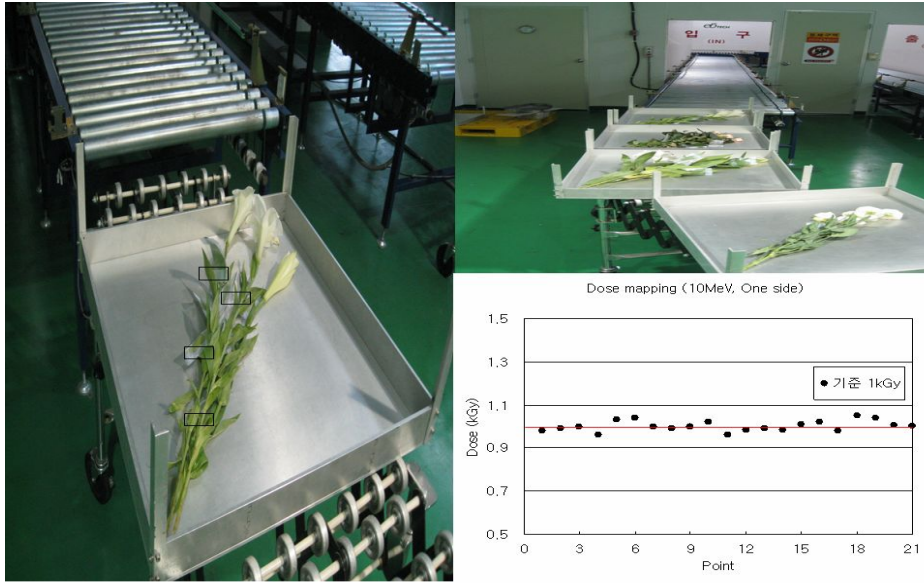


그림 3-3-18. 10MeV 전자가속기를 이용한 1.0kGy의 선량분포도

<그림 3-3-18>의 10MeV 전자가속기를 이용한 1.0kGy의 선량분포도는 평균선량 1kGy와 표준편차 0.02로 전자빔 조사의 균일성을 확보하였다. 또한 전자빔의 투과 깊이가 큰 10MeV 전자가속기의 경우 꽃의 종류에 따른 영향은 없었다.



Dose mapping (10MeV, 100Gy)

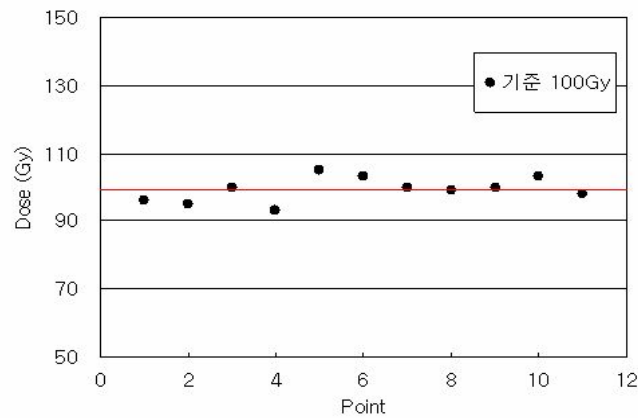


그림 3-3-19. 10MeV 전자가속기를 이용한 100Gy의 선량분포도

<그림 3-3-19>의 10MeV 전자가속기를 이용한 100Gy의 선량분포도는 그림에서 본 바와 같이 모종에 직접 조사하는 방식으로 저선량의 조사를 요구한 시료의 전자빔 분포도를 측정된 결과 평균 99.4Gy로 조사되었고, 잎과 줄기의 선량 표준편차는 3.47로 측정되었다. 모종의 바닥면은 토양층으로 선량값이 약간 감소하는 경향을 나타내었다.

2.2.2 전자빔 조사와 선량분포[2]

<그림 3-3-20>의 10MeV 전자가속기를 이용한 양면조사에 따른 선량분포도는 그림에서 본 바와 같이 화훼업체의 포장용기에 넣어 직접 조사하는 방식을 선택하였다. 박스 포장상태의 전자빔의 균일도를 평가하기 위하여 박스포장 상, 하 및 화훼내에 선량계를 부착하여 측정하였다. 박스포장 시료의 전자빔 분포도를 측정된 결과 평균 1.0kGy로 조사되었고, 잎과 줄기의 선량 표준편차는 0.06으로 박스포장 내에서도 전자빔조사가 균일하게 조사되고 있음을 확인하였다.

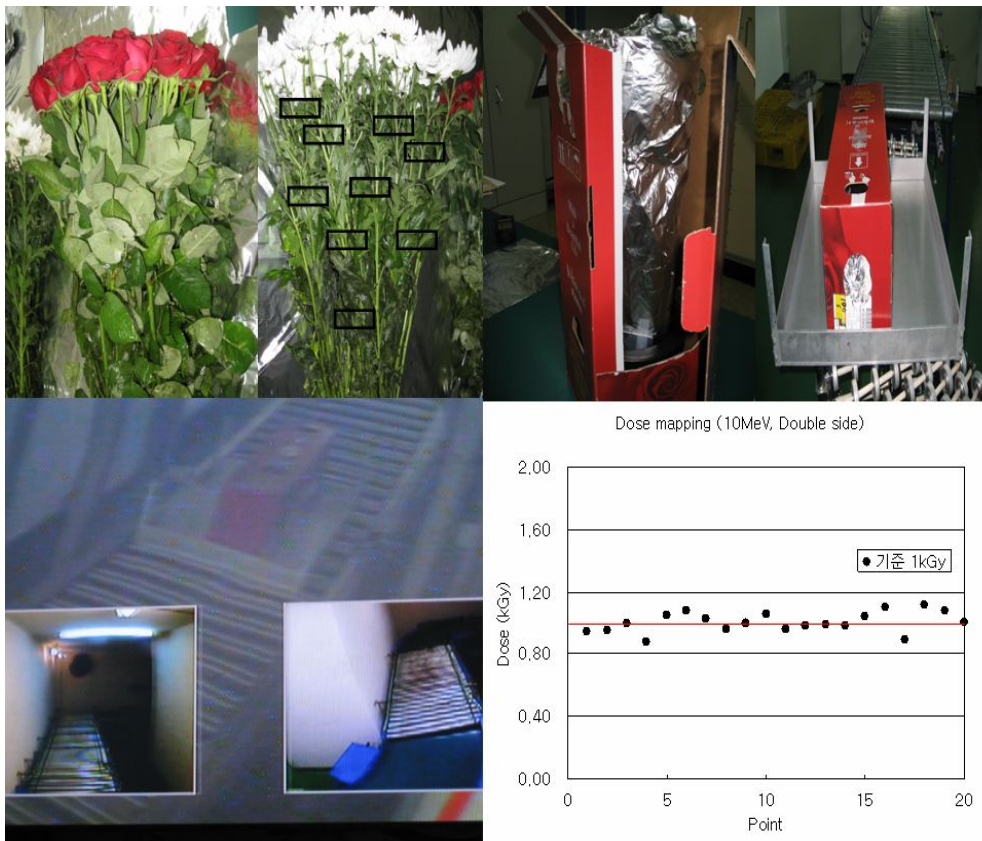


그림 3-3-20. 10.0MeV 전자가속기를 이용한 양면조사에 따른 선량분포도

2.2.3 전자빔 조사와 선량분포[3]

공정의 검증은 포장 내에 포함된 실제 제품에 실제 조사공정이 적용될 때 포장 내의 선량 분포가 최소 선량 및 최대 선량의 범위 내에 속하는 조건을 설정하고 확인하기 위한 과정으로 선량분포도를 작성하여 확인한다. 선량분포도는 전자빔의 투과도를 확인하기 위하여 선량계를 포장 내의 제품에 가급적 많이 놓는다. 포장 크기, 중량 및 용적밀도에 근거하여 조사조건을 추산

하고 추산된 조건에 따라 조사한다. 상자 내의 최대 및 최소 선량 그리고 조사 후의 표면 선량을 점검한다. 최대 허용 선량, 공정의 효율성 및 경제성 등과 같은 조건을 고려하여 적절한 조사 조건을 찾아 같은 절차를 반복하였다.

2.5MeV 전자가속기와 10MeV 전자가속기의 장미류에 대한 선량분포도를 살펴보면 <그림 3-3-21>의 위치에 선량계를 설치하여 위치당 3개씩 5지점을 선정하여 선량을 측정하였다.



그림 3-3-21. 선량계 설치 및 측정 위치

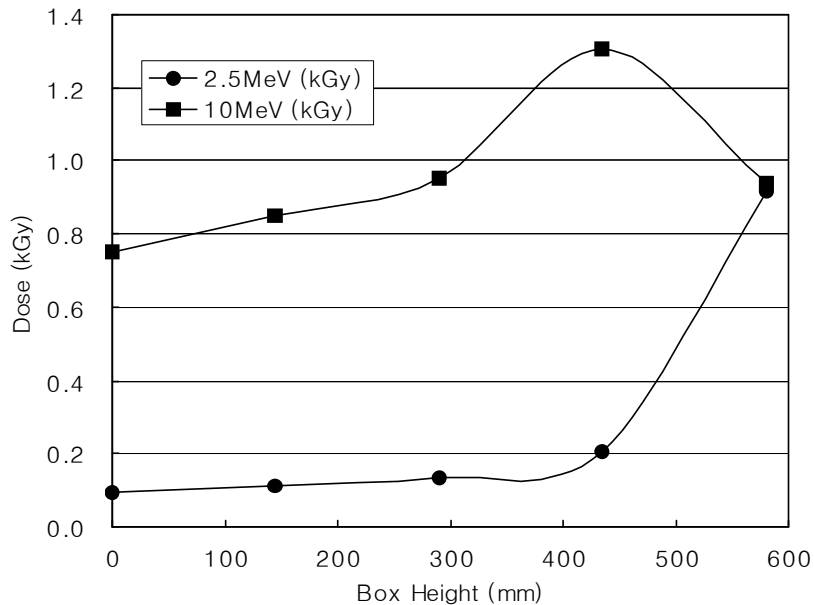


그림 3-3-22. 2.5MeV 전자가속기와 10MeV 전자가속기의 장미류에 대한 선량분포도 (표면선량과 심부선량의 분포)

장미의 꽃봉오리는 435mm에서 580mm사이에 위치하였고, 2.5MeV 전자가속기와 10MeV 전자

가속기의 장미에 대한 선량분포도는 <그림 3-3-23>과 같다. 2.5MeV의 전자빔의 경우 전자빔의 투과시 최대선량은 꽃에서 흡수되었고, 표면선량 0.89kGy에서 0.95kGy의 범위를 가졌다. 10MeV 전자빔의 표면선량은 0.92kGy에서 0.96kGy를 나타내었으며, 435mm 위치의 선량은 최대 선량으로 1.28kGy에서 1.33kGy로 나타났다. 10MeV 전자빔의 경우 전자빔의 투과 깊이가 크므로 꽃과 줄기 그리고 바닥면까지 전자빔이 일정한 값으로 투과되는 것을 알 수 있었다.

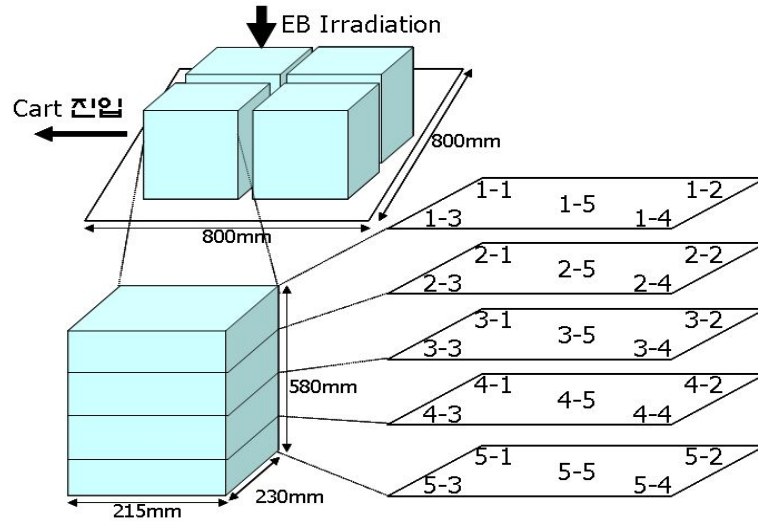


그림 3-3-23. 전자빔을 이용한 조사선량 분포도 측정 및 관리



그림 3-3-24. 10MeV 전자빔을 이용한 조사선량 분포도 측정 및 모니터링 관리 (A: 전자빔 조사 시료, B: 10MeV 전자빔 조사 진입, C: 10MeV 인출창, D: 10MeV 전자빔 조사중)

<그림 3-3-24>는 화훼 수출품 가운데 습식방법에 의한 유통제품으로 절화통이 포함되어 있다. 그러므로 절화통 내 포함된 수분의 누수를 막기 위해 전자빔 조사시 제품을 세워서 조사처리 할 경우 조사선량의 분포도를 검증하였다.

표 3-3-6. 10MeV 전자빔을 이용한 조사선량 분포도 측정(절화통 포함 제품)

위치	선량 (kGy)	위치	선량 (kGy)	위치	선량 (kGy)	위치	선량 (kGy)	위치	선량 (kGy)	평균 (kGy)	표준 편차
1-1	0.93	1-2	0.92	1-3	0.95	1-4	0.96	1-5	0.94	0.94	0.02
2-1	1.29	2-2	1.28	2-3	1.32	2-4	1.33	2-5	1.31	1.31	0.02
3-1	0.95	3-2	0.96	3-3	0.94	3-4	0.95	3-5	0.97	0.95	0.01
4-1	0.84	4-2	0.86	4-3	0.87	4-4	0.85	4-5	0.83	0.85	0.02
5-1	0.75	5-2	0.75	5-3	0.74	5-4	0.73	5-5	0.78	0.75	0.02

절화통이 포함된 제품의 10MeV 전자빔을 이용한 조사선량 분포도 측정한 결과 1단의 위치에서는 평균선량이 0.94kGy, 표준편차 0.02로 측정되었고, 2단의 높이 내 5곳을 측정한 결과 평균선량 1.31kGy, 표준편차 0.02로 단별로 선량분포도는 균일하게 측정되었다. 10MeV 전자빔의 경우 1단과 5단에서 200Gy 정도 조사선량 값이 차이가 남을 확인하였다.

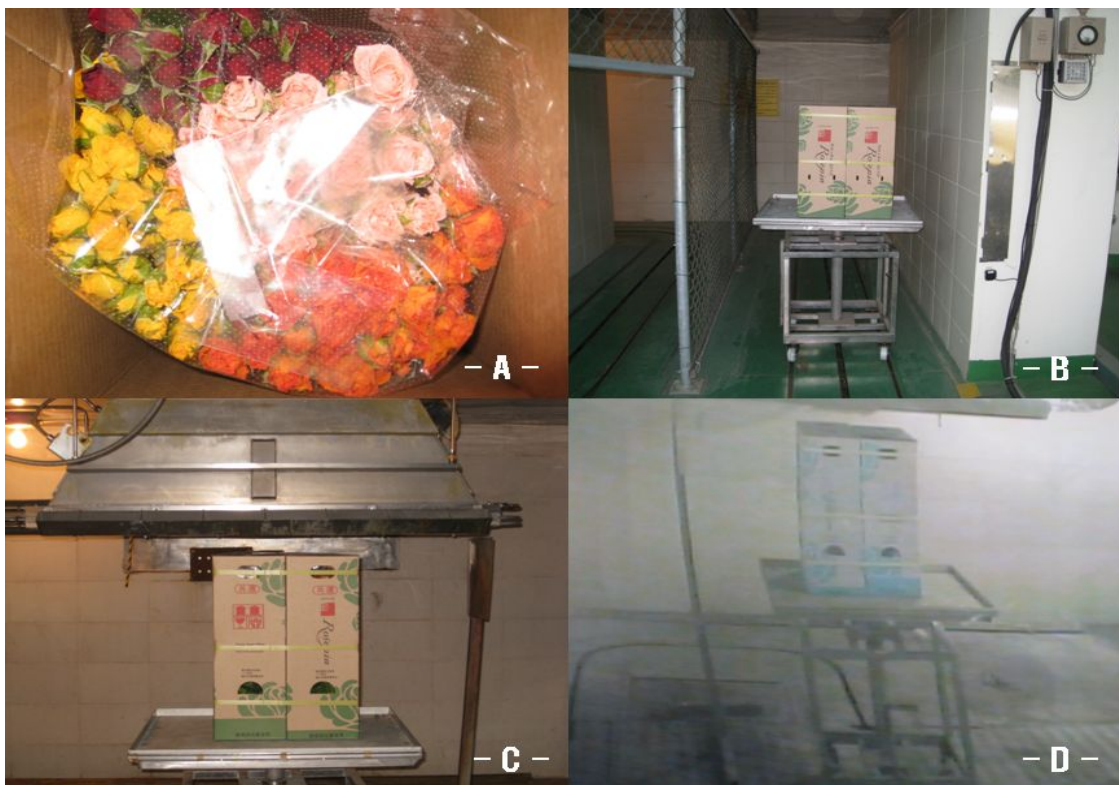


그림 3-3-25. 2.5MeV 전자빔을 이용한 조사선량 분포도 측정 및 모니터링 관리
(A: 선량계 부착시료, B: 2.5MeV 전자빔 조사 진입, C: 2.5MeV 인출창, D: 2.5MeV 전자빔 조사중)

표 3-3-7. 2.5MeV 전자빔을 이용한 조사선량 분포도 측정(절화통 포함 제품)

위치	선량(kGy)	위치	선량(kGy)	위치	선량(kGy)	위치	선량(kGy)	위치	선량(kGy)	평균(kGy)	표준편차
1-1	0.93	1-2	0.89	1-3	0.95	1-4	0.92	1-5	0.90	0.92	0.02
2-1	0.16	2-2	0.20	2-3	0.23	2-4	0.22	2-5	0.21	0.20	0.03
3-1	0.13	3-2	0.14	3-3	0.14	3-4	0.13	3-5	0.14	0.14	0.01
4-1	0.11	4-2	0.12	4-3	0.11	4-4	0.10	4-5	0.11	0.11	0.01
5-1	0.10	5-2	0.09	5-3	0.08	5-4	0.10	5-5	0.09	0.09	0.01

절화통이 포함된 제품의 2.5MeV 전자빔을 이용한 조사선량 분포도 측정한 결과 1단의 위치에서는 평균선량이 0.92kGy, 표준편차 0.02로 측정되었고, 2단의 높이 내 5곳을 측정한 결과 평균선량 0.20kGy, 표준편차 0.03로 단별로 선량분포도는 균일하게 측정되었으나, 2.5MeV 전자빔의 경우 3단 부터는 전자빔의 투과율이 급격히 감소되고 있음을 확인하였다. 그러므로 2.5MeV 전자가속기의 경우 절화통을 포함한 수출 화훼류의 경우 소독시설로서 사용을 검토할 필요가 있다. 또한, 각종 미생물과 층류의 실험결과와 같이 병행하여 전자가속기 시스템의 운전안을 마련하여야 한다.

2.2.4 전자빔 조사 [4]

각종 화훼류의 소독 결과를 평가하고 조사처리 방법에 따른 기술성과 경제성을 검토하기 위하여 3단으로 수출제품을 포장하여 전자빔 조사를 실시하였다. 본 선량분포도는 절화통이 없는 화훼류의 수출품에 적용되며, 대부분의 연구결과는 전자빔 조사처리시 3단포장의 유형으로 준비하여 처리하였다.

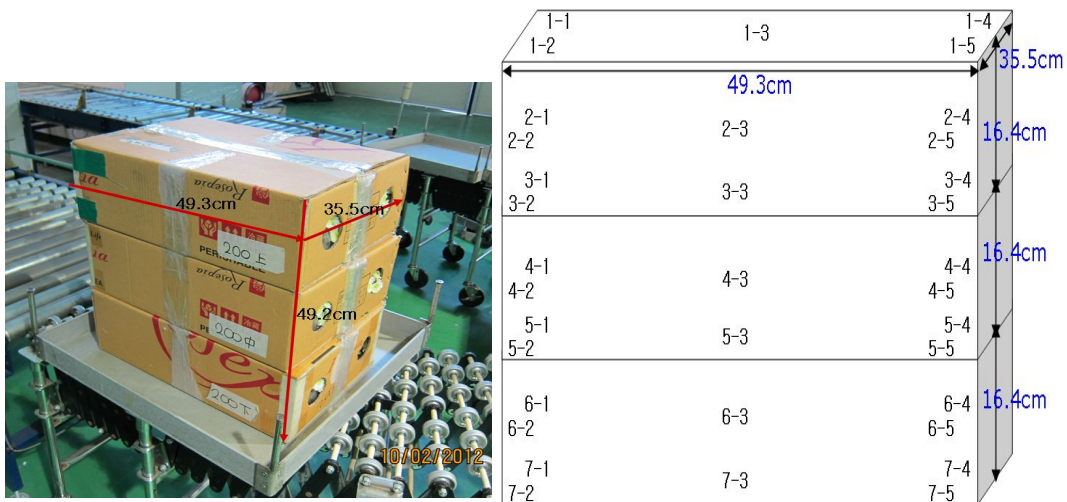


그림 3-3-26. 10MeV 전자빔을 이용한 조사선량 분포 측정(3단 포장평가, 이비테크(주))

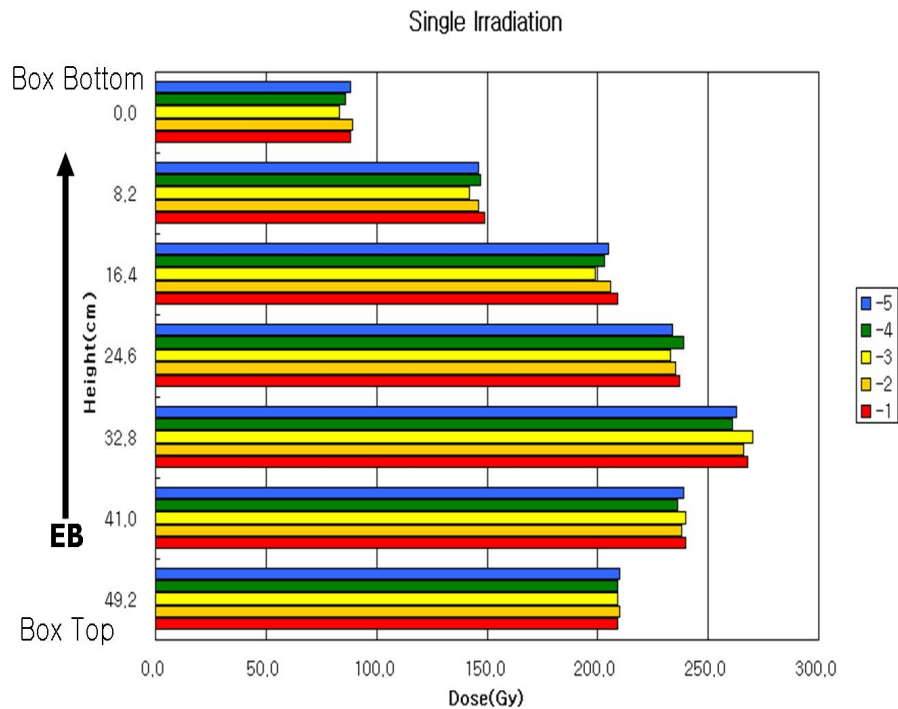


그림 3-3-27. 10MeV 전자빔을 이용한 200Gy 조사선량 분포도(단면조사)

표 3-3-8. 10MeV 전자빔을 이용한 조사선량 분포도 측정(단면조사)

Single Irradiation	높이 (cm)	-1	-2	-3	-4	-5	평균선량 (Gy)	표준편차
1	49.2	209.0	210.0	209.0	209.0	210.0	209.4	0.5
2	41.0	240.0	238.0	240.0	236.0	239.0	238.6	1.7
3	32.8	268.0	266.0	270.0	261.0	263.0	265.6	3.6
4	24.6	237.0	235.0	233.0	239.0	234.0	235.6	2.4
5	16.4	209.0	206.0	199.0	203.0	205.0	204.4	3.7
6	8.2	149.0	146.0	142.0	147.0	146.0	146.0	2.5
7	0.0	88.0	89.0	83.0	86.0	88.0	86.8	2.4

<표 3-3-8>과 <표 3-3-9>는 절화통이 없이 유통되는 수출 화훼류로 3단으로 포장하여 전자빔 조사를 처리한 결과를 나타낸 것이다.

<표 3-3-8>과 <그림 3-3-27>은 3단 포장으로 200Gy을 단면조사 할 경우의 전자빔 분포도를 나타낸 것으로 포장 상자의 높이에 따라 전자빔의 조사선량 분포도가 차이가 남을 확인하였다. 전자빔이 조사된 상부, 49.2cm 1단의 경우 평균선량은 209.4Gy, 표준편차 0.5로 측정되었고, 41cm 2단의 경우 238.6Gy, 표준편차 1.7로 측정되었다. <표 3-3-8>과 <그림 3-3-27>에서 보는 바와 같이 동일 높이에서의 선량분포도는 균일성이 우수하게 나타나지만, 높이에 따른 전자빔의 조사선량 측정값은 1단과 7단의 경우 120Gy 정도로 큰 차이를 나타내었다. 이는 단면조사 처리시 수출 화훼류의 층에 대한 감수성 평가에 차이가 발생할 수 있음을 나타내고 있다.

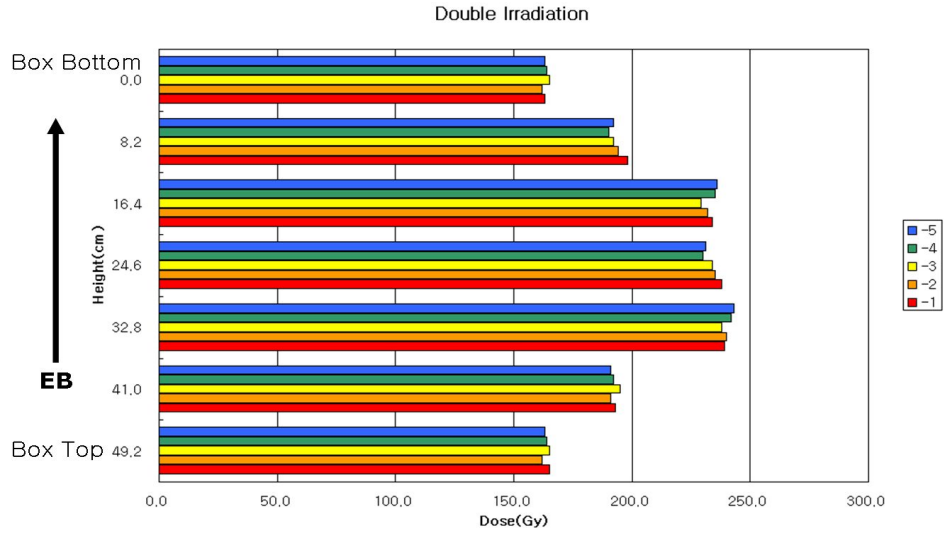


그림 3-3-28. 10MeV 전자빔을 이용한 200Gy 조사선량 분포도(양면조사)

표 3-3-9. 10MeV 전자빔을 이용한 조사선량 분포도 측정(양면조사)

Double Irradiation	높이 (cm)	-1	-2	-3	-4	-5	평균선량 (Gy)	표준편차
1	49.2	165.0	162.0	165.0	164.0	163.0	163.8	1.3
2	41.0	193.0	191.0	195.0	192.0	191.0	192.4	1.7
3	32.8	239.0	240.0	238.0	242.0	243.0	240.4	2.1
4	24.6	238.0	235.0	234.0	230.0	231.0	233.6	3.2
5	16.4	234.0	232.0	229.0	235.0	236.0	233.2	2.8
6	8.2	198.0	194.0	192.0	190.0	192.0	193.2	3.0
7	0.0	163.0	162.0	165.0	164.0	163.0	163.4	1.1

<표 3-3-9>와 <그림 3-3-28>은 <그림 3-3-24>의 제품을 전자빔으로 양면조사 처리한 선량분포도를 나타내고 있다. <그림 3-3-28>에서 보는 바와 같이 동일 높이에서 전자빔의 선량 균일도는 아주 우수하나 1단과 3단 및 4단의 선량 측정과 7단의 선량측정 값은 차이를 나타내고 있다. 조사 제품의 전체 평균선량 200Gy를 운전시에 위치에 따라 조사 선량값이 차이를 나타내므로 전자빔의 운전조건을 요구할 경우 평균선량과 최대선량, 최소선량을 정확히 구분하여야 한다. 본 연구과제의 진행은 평균선량으로 측정된 값을 조사조건으로 사용하였다.

3. 포장소재의 적합성평가

본 연구개발에 지원하는 R사의 꽃포장 제품의 포장재는 KLB 225g/m²의 골판지 B골을 사용한다. 골판지 제품은 물결 모양으로 골을 만든 골심지 즉, 중심지에 라이너지라고 하는 면이 반듯하고 뽀뽀한 판지를 한 면 또는 양 면에 접착제로 붙여서 완충도를 높인 것이다. 골판지 원지라고도 한다. 완충도를 더욱 높이기 위하여 이중으로 만든 것도 있으며, 주로 골판지 상자를 만드는 데 쓰인다. 골판지로 만든 상자를 사용하는 목적은 같은 크기의 나무상자에 비하여 목

재의 사용량이 1/10 이하이므로, 목재 자원의 이용 합리화라는 측면에서도 매우 유익할 뿐만 아니라 값이 저렴하기 때문이다.

제조방법은 판지초지기에 의하여 생산된 평량(坪量) 180~400g/m²의 라이너지와 평량 120~150g/m²의 골심지 두루마리를 코루게이터(corrugating machine)에 걸어 기계를 작동시키면, 골심지에 물결 모양의 일정한 골이 만들어짐과 동시에 라이너지와 접착되어 골판지가 만들어진다. 골판지는 용도에 따라서 외부포장용 및 내부포장용 골판지로 나눈다.

골판지로 골판지 상자를 만드는 과정은 포장될 내용물에 따라서 먼저 일정한 상자 양식을 결정하는 다음, 골판지 표면에 필요한 것들을 인쇄하고, 그것을 슬로터에서 전개도대로 재단하거나 꺾을 곳에 선을 넣고 평철사나 풀 또는 점착 테이프로 접합하게 된다. 이때 반드시 주의해야 할 것은 골판지에 굽힘(warp)이 생겨서는 안 되며, 조립시에는 꺾이는 부위가 직각이 되도록 해야 한다. 골판지상자의 장점은 무게가 가벼워서 겹쳐쌓기가 쉽고, 운반과 저장에 편리하며, 접을 수 있고, 외부 충격에 쉽게 손상을 입지 않는다.

포장검사에는 강도, 투명도, 색, 생물학적 호환성 및 포장 견고성 등과 같이 기구의 의도된 기능에 필수적인 구체적 특성 일체가 포함되어야 한다. 시험 프로그램은 제조 공정, 공차, 조사 선량, 방사원, 원료 및 보관 조건의 변이 일체를 포괄하여야 한다. 위의 고려 사항에 근거하여 각 기구에 대한 최대 선량을 고려하여야 한다. 소재에 대한 조사선량의 영향은 즉각적으로 명백하지 않을 수도 있다. 따라서, 시험 프로그램에는 소재 적합성의 초기 표시에 대한 극한의 조건에서 실시하는 가속 시험 및 상온 실시간 경과 시험이 포함될 수 있다. 가속시험에는 단지 소독을 달성하기 위하여 요구되는 선량을 초과하는 선량과 함께 극한의 환경 조건 하에서의 보관 등이 포함될 수 있다. 그러나, 대부분의 경우 상온, 실시간 및 비조사 대조 표본은 시험 프로그램의 일부가 되어야 한다. 전형적인 시험 실시 규약은 기구 또는 소재 표본이 10 kGy 및 100 kGy 사이의 다양한 선량 수준의 방사선에 노출되도록 요구하고 있지만, 본 연구개발의 최대선량은 2kGy이하이므로 연구개발의 조사선량 범위 내에서 적합성을 관찰하였다. R사의 꽃포장 제품의 포장재는 KLB 225g/m²의 골판지 B골은 0.1kGy에서 2kGy 범위내에서는 조사제품과 대조군과의 차이를 전혀 보이지 않았다.

일반적인 조사제품에 대한 조사 멸균공정을 선정하기 전에, 기구 또는 기구 구성부를 구성하는 소재의 안정성에 대하여 조사가 미칠 영향을 고려하는 것이 중요하다. 폴리스타이렌과 같은 일부 재료는 폴리테트라플루오로에틸렌(PTFE) 또는 폴리옥시메틸렌과 같은 물질보다는 영향을 덜 받는 반면에, 기구의 방사선 안정성 확인은 유효 기간 전체에 걸쳐 수행하여야 한다. 검사에는 강도, 투명도, 색, 생물학적 호환성 및 포장 견고성 등과 같이 기구의 의도된 기능에 필수적인 구체적 특성 일체가 포함되어야 한다. 시험 프로그램은 제조공정, 공차, 조사 선량, 방사원, 원료 및 보관 조건의 변이 일체를 포괄하여야 한다. 위의 고려 사항에 근거하여, 각 기구에 대한 최대 선량을 특정하여야 한다. 재료에 대한 조사선량의 영향은 즉각적으로 명백하지 않을 수도 있다. 따라서, 시험 프로그램에는 소재 적합성의 초기 표시에 대한 극한의 조건에서 실시하는 가속시험 및 상온 실시간 경과 시험이 포함될 수 있다. 가속시험에는 단지 멸균을 달성하기 위하여 요구되는 선량을 초과하는 선량과 함께 극한의 환경 조건 하에서의 보관 등이 포함될 수 있다. 그러나, 대부분의 경우, 상온, 실시간 및 비조사 대조 표본은 시험 프로그램의 일부가 되어야 한다. 전형적인 시험 실시 규약은 기구 또는 재료표본이 10Gy 및 10kGy 사이의 다양한 선량수준의 방사선에 노출되도록 요구한다.

장기적인 저장 안정성 연구를 대신할 수 있는 것은 없지만, 재료의 선별을 위해 가속시험을

이용할 수 있다. 이 경우, 재료 시험을 위하여 동일한 시험 규약을 채택하지만, 온도는 60도로 유지한다. 보다 정확한 관계가 없는 경우, 섭씨 60도로 7일간은 상온 조건에서의 180일간에 상당하는 것으로 간주할 수 있다. 가속 시험에 제안되는 시간 간격은 1주 내지 30일이다. 상온 조건에서, 제안된 시간 간격은 0, 3, 6, 9 및 12 개월이다. 모든 경우에 비조사 재료는 기구의 의도된 내용 연수동안 대조군으로 유지하여야 한다.

재료 평가에 사용되는 시험이 많이 있다. 이러한 시험에 근거하여 일단 소재를 선택하면, 기구의 기능적 안정성을 입증하기 위한 최종 적격성 평가를 처리가 완료된 구성부, 완전한 기구 및 포장 등에 적절하게 수행하여야 한다. 기구의 개별 구성부에 대한 시험이 수행된 경우, 당해 구성부가 완전한 기구 내에서 상호 호환됨을 입증하는 것은 시험의 일부가 되어야 한다.

물리적이고 기계적인 적격성 평가 시험 이외에도 일부 소재는 생물학적 호환성 시험을 거쳐야 할 필요가 있을 수도 있다. 중합체 및 그 첨가물의 화학적 구조상의 변화는 물론 조사 도중에 방출되는 기체 부산물은 의료 기구 용도의 소재의 생물학적 호환성을 바꿀 수 있다. 또한 이 시험은 기구의 의도된 내용 연수에 걸친 생물학적 호환성을 입증할 것이다. 기구의 최종 용도에 따라 구체적 시험들이 요구될 수 있다. 국제 표준을 신중하게 고수함으로써 주 제조사가 의료 기구의 조사 멸균으로 발생할 수 있는 문제를 피하도록 도움이 될 것이다. 재료, 설계 및 포장의 조사 적합성을 보장하는 것은 기구 설계자 및 주 제조사의 책임이다. 전자가속기의 운전자는 요청 시에 일반적인 조언을 제공하고 시험 조사를 실시할 수 있을 뿐이다. 또한 조사의 퇴지는 조사 안정성에 영향을 미칠 수 있는 조성 또는 제조 공정 상의 변화 일체에 관해 재료 및 구성부의 공급자가 알리도록 할 책임이 있다.

전자빔 조사의 안정성에 좋은 전형적 소재 일부를 열거하고 있다. 조사 안정성이 좋은 재료의 선정 또는 설계에 적용되는 규칙이 몇 가지 있다. 그러나 일반적 규칙은 모든 플라스틱은 그 분자가 조사로 인해 열화되는 경향이 높거나, 조사로 인해 가교되는 성질이 큰 재료로 분류될 수 있다는 사실이다. 조사로 인해 가교되는 소재는 조사 안정성이 높은 경향이 있다. 일부 재료의 물성은 조사 방식에 의해 다른 영향을 받으므로 구체적인 지침은 다음과 같다.

- (1) 방향성 소재는 지방성 소재보다 더 안정적이다.
- (2) 대부분의 플라스틱이 함유하는 페놀계 항산화제는 탈색의 원인이다. 비페놀계 첨가물을 사용함으로써 이 문제를 일소할 수 있다.
- (3) 대부분의 폴리프로필렌 및 폴리테트라플루오로에틸렌은 조사 안정성이 좋지 않다. 염화 폴리비닐 및 폴리프로필렌은 특히 조사 호환성을 개선하기 위하여 안정화하여야 한다.
- (4) 중합체 처리 조건 및 의료 기구의 취화를 야기할 수 있는 소재는 조사 안정성을 위해 면밀하게 평가하여야 한다(예를 들어, 플라스틱 재생 원료 또는 유해 중합체의 사용, 성형 중의 고온 사용, 저속 냉각 시 또는 가압 증기 멸균기 내에서의 반결정 중합체 내의 높은 결정성 조성 등).
- (5) 높은 수준의 항산화제는 조사 안정성에 도움이 된다. 일반적으로 기구를 조사 멸균하게 되는 경우 항산화제의 수준을 두 배로 늘려야 한다.
- (6) 반결정 중합체는, 낮은 수준의 결정성을 야기하는 처리 조건에 의해 안정성이 개선된다.
- (7) 플라스틱의 탄성 계수는 멸균 조사선량이 의해 큰 영향을 받지 않는다.
- (8) 분자량이 적은 중합체의 사용을 신중하게 평가한다.
- (9) 일정한 중합체 종류 내에서는 밀도가 낮을수록 조사 안정성이 높아진다.

표 3-3-10. 플라스틱 재료평가를 위한 물리적 시험 및 기능적 시험 방법

시험방법	시험 참고자료
1. 장력 특성	
a) 인장 강도	ISO/R 527:1966
b) 파단 신장률	ISO/R 527:1966
c) 탄성 계수	ISO/R 527:1966
d) 작업	ISO/R 527:1966
2. 굴곡 특성	
a) 플렌지 굽힘 시험	Stability of irradiated Polypropylene. 1. Mechanical Properties", Williams, 'Dunn,Sugg,Stannet,AdvancesinChemistrySeries,No.169,StablizationandDegradation
b) Flexbar 시험	ISO 1 78:1 975
3. 내충격성	1985 ASTM Standards, Vol. 08.01-Plastics, D-1822-84
4. 경도	
a) Shore	ISO 868:1 985
b) Rockwell	1985 ASTM Standards. Vol. 08-01-Plastics, D-785-65
5. 압축 강도	ISO 604:1 973
6. 좌열 강도	1985 ASTM Standards, Vol. 08.01-Plastics (Tubing), D-1 180-57
7. 인열 강도	1985 ASTM Standards Vol 08.01-Plastics D-1004-66, 및 ISO 638311-1983
탈색 시험	
1. 황도측색	1985 ASTM Standards, Vol. 08.02-Plastics, D-1925-70
2. 광학분광계	1985 ASTM Standards, Vol, 08.02-Plastics, D-1 746-70

(주)출처 : International Atomic Energy Agency. Guidelines for Industrial radiation sterilization of disposable medical products, Co-60 gamma irradiation. TEC DOC-539. Vienna, IAEA, 1990.

<표 3-3-11>은 쉽게 구할 수 있는 재료로 자연 상태에서 조사 안정성이 높으며, 대부분의 멸균 기구 용도로 사용할 수 있다.

표 3-3-11. 조사 안정성이 높은 소재(멸균선량 범위 내)

아크릴로나이트릴뷰타디엔스타이렌 (ABS) 폴리스타이렌 폴리스타이렌-아크릴로나이트릴 (SAN) 폴리에틸렌 (모든 밀도 및 UHMW) 폴리아마이드 폴리술폰 폴리이미드 폴리우레테인 황화 폴리페닐렌 폴리에스터 폴리 (에틸렌-비닐 아세테이트) 폴리 (에틸렌-비닐 아크릴레이트) 페놀계 에폭시 천연 고무 실리콘 대부분의 합성 엘라스토머 (뷰틸 또는 폴리아크릴릭 제외)

4. 전자빔 조사공정 절차

4.1 전자빔 조사공정의 안전성

전자빔을 발생하는 전자가속기는 방사선발생장치로 원자력안전위원회의 규제를 받는 시설로 원자력안전법을 따른다. 현재 이비테크(주)에 운전중인 전자가속기는 법적인 절차에 준하여 선량한도 이하로 운전 중에 있다. 전자가속기의 운전은 일정한 교육과 자격을 갖춘 전문인력이 운전하는 장비로 매년 한국원자력안전기술원으로부터 정기검사를 받고 있다. 본 시설은 등록된 방사선작업종사자만 방사선관리구역에 출입할 수 있으며, 방사선작업종사자는 매년 건강검진, 방사선 안전교육을 의무적으로 받고 있다. 또한, 방사선관리구역내 외부피폭에 관한 선량계를 착용하고 있으며, 이에 따른 방사선 피폭선량을 분기별로 원자력안전위원회에 보고하고 있다.

표 3-3-12. 선량한도(제2조 제4호 관련)

구 분		방사선작업종사자	수시출입자 및 운반종사자	일반인
1. 유효선량한도		연간 50밀리시버트를 넘지 않는 범위에서 5년간 100밀리시버트	연간 12밀리시버트	연간 1밀리시버트
2. 등가선량 한도	수정제	연간 150밀리시버트	연간 15밀리시버트	연간 15밀리시버트
	손·발 및 피부	연간 500밀리시버트	연간 50밀리시버트	연간 50밀리시버트

- 주 : 1. 위 표에서 "5년간"이란 임의의 특정 연도부터 계산하여 매 5년씩의 기간(예 : 1998~2002)을 말한다. 다만, 1998년도 이전의 기간에는 이를 적용하지 않는다.
 2. 일반인의 경우 5년간 평균하여 연 1밀리시버트를 넘지 않는 범위에서 단일한 1년에 대하여 1밀리시버트를 넘는 값이 인정될 수 있다.
 3. 방사선작업종사자 중 임신이 확인된 사람과 일반인 중 방사성동위원소 등을 제한적 또는 일시적으로 사용하는 사람에 대해서는 위원회가 따로 정하여 고시하는 바에 따른다.

4.2 전자빔의 조사 절차

전자빔 조사공정의 일반적인 다음과 같은 순서로 진행되어지며, 제품의 선량에 대한 일상관리가 매회 진행되고 있다. 본 순서도는 2.5MeV 전자가속기를 이용할 경우를 나타내며, 10MeV 전자가속기를 이용할 경우에도 동일한 순서도가 적용되어진다.

전자빔 조사공정의 품질경영시스템의 도입은 조직의 전략적 의사결정으로 이루어지며, 품질경영시스템의 설계 및 실행은 다음에 영향을 받는다.

- ① 비즈니스 환경, 그 환경의 변화 또는 그 환경과 관련된 리스크
- ② 다양한 요구
- ③ 제공되는 제품
- ④ 운용되는 프로세스
- ⑤ 조직의 구조 및 크기

조직의 변화하는 요구, 특정목표, 제공되는 제품, 운용되는 프로세스, 그리고 조직의 규모 및 구조에 의해 영향을 받는다. 이 규격은 인증기관을 포함한 내부·외부 관계자가 조직의 능력이 고객 요구사항, 제품에 대한 적용 가능한 법규 및 규제 요구사항 및 조직 자체 요구사항을 충족시킬 수 있는가를 평가하기 위하여 사용될 수 있다. 이 규격은 고객 요구사항을 충족함으로써

써 고객 만족을 증진시키기 위해 품질경영시스템의 효과성을 개발, 실행 및 개선할 때 프로세스 접근방법을 채택하도록 권장한다. 조직이 기능을 효과적으로 발휘하기 위해서, 조직은 수많은 연결된 활동을 결정하고 관리하여야 한다. 입력을 출력으로 변환되도록 자원을 활용하고, 관리되는 활동은 프로세스로 볼 수 있다. 흔히 하나의 프로세스로부터 나온 출력은 바로 다음 프로세스의 입력이 될 수 있다. 프로세스의 파악과 상호작용, 그리고 원하는 출력을 산출하기 위하여 그에 대한 관리를 포함하여, 조직 내에서 프로세스로 구성된 시스템을 적용하는 것을 프로세스 접근방법이라 할 수 있다. 프로세스 접근방법의 이점은 프로세스 접근 방법이 프로세스의 결합 및 상호작용에 대해서 뿐 아니라 프로세스로 구성된 시스템 내에서 개별 프로세스간의 연결전반에 걸쳐 진행중(on going) 관리를 제공하는 것이다. 프로세스의 접근 방법이 품질경영시스템 내에서 사용될 경우, 다음 사항에 대한 중요성이 강조된다.

- ① 요구사항의 이해 및 충족
- ② 부가가치 측면에서 프로세스를 고려할 필요
- ③ 프로세스의 성과 및 효과성에 대한 결과 획득
- ④ 객관적 측정에 근거한 프로세스의 지속적 개선

<그림 3-3-29>에 제시된 프로세스를 기반으로 한 품질경영 시스템의 모델은 프로세스 연결을 보여준다. 이 그림은 입력 요구사항을 정할 때 고객이 중요한 역할을 한다는 것을 보여 준다. 고객만족의 모니터링은 조직이 고객 요구사항을 충족시켰는지에 대한 고객의 인식에 관련된 정보의 평가가 요구된다. PDCA 모델은 다음과 같이 요약 설명할 수 있다.

- ① 계획(plan): 고객 요구사항 및 조직의 방침에 따라 결과를 도출하는데 필요한 목표 및 프로세스의 수립
- ② 실시(do): 프로세스의 실행
- ③ 체크(check): 방침, 목표 및 제품 요구사항에 대하여 프로세스 및 제품의 모니터링, 측정 및 그 결과의 보고
- ④ 조치(위한 활동 action): 프로세스 성과를 지속적 으로 개선하기 위한 활동

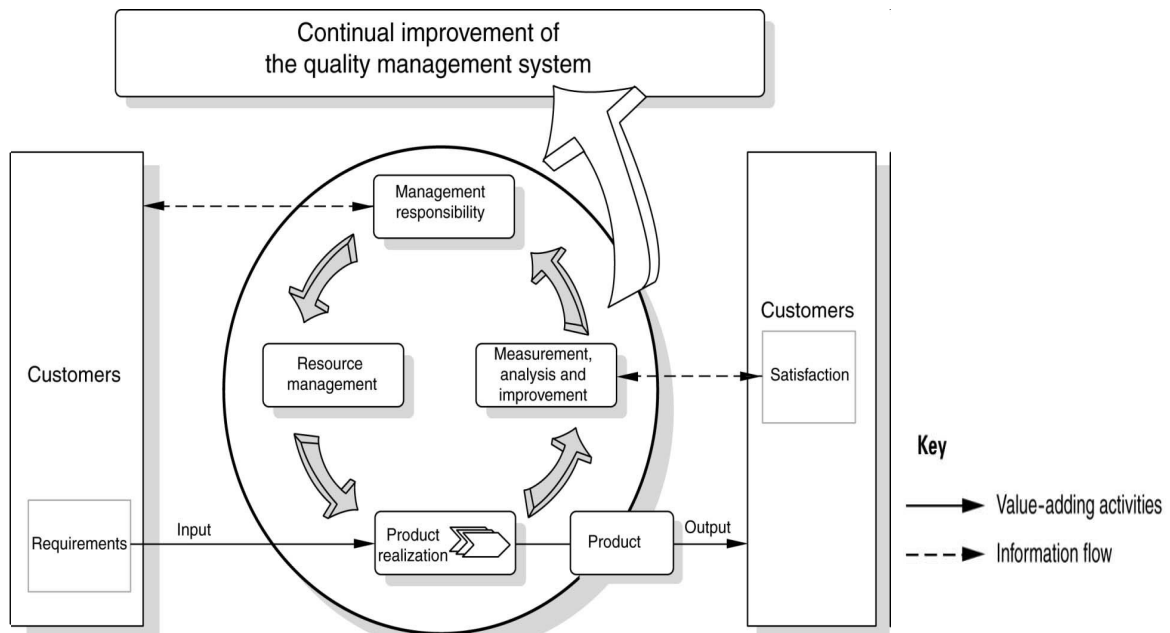


그림 3-3-29. 프로세스를 기반으로 한 품질경영시스템의 모델

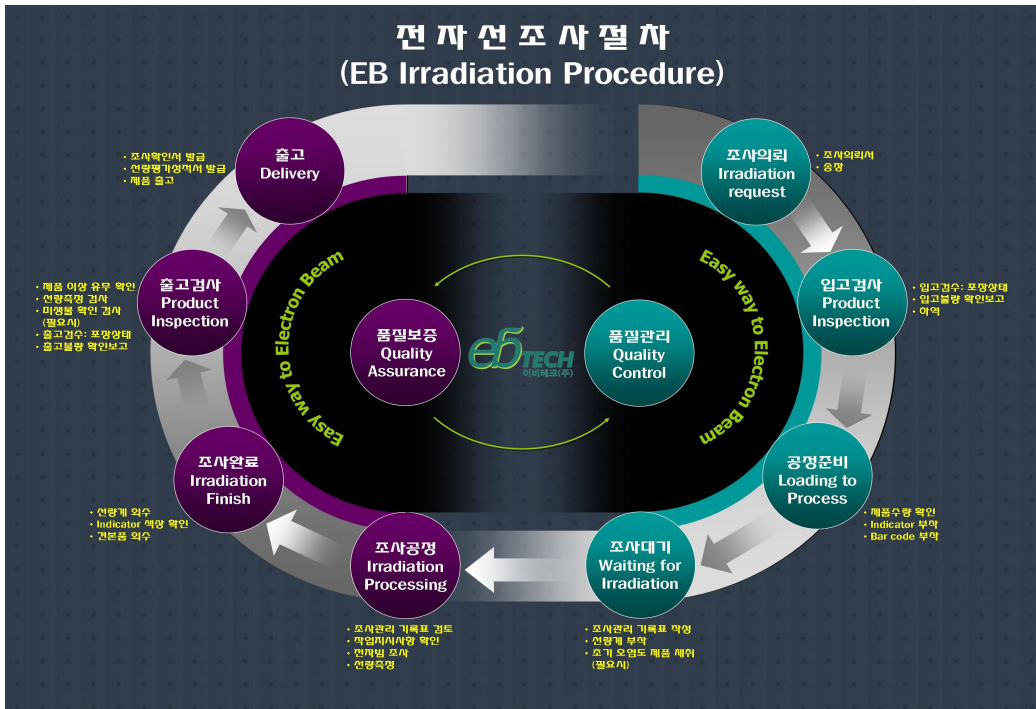


그림 3-3-30. 전자빔 조사공정 절차

1단계: 전자빔 조사서비스 접수

- 1.1 전자빔 조사서비스 신청을 인터넷 혹은 전화로 사전에 접수를 받는다.
- 1.2 모든 접수사항은 영업관리에서 일정 조정 및 취합 관리한다.
- 1.3 영업관리는 해당업체에 이메일 혹은 팩스로 조사서비스의뢰서 양식을 송부하고, 서비스 요청사항을 확인한다.
- 1.4 영업관리는 해당업체로부터 접수된 조사서비스 의뢰서를 품질관리에 전달한다.
- 1.5 품질관리부의 조사의뢰 제품의 성상 및 조사 가능성을 확인 후 생산부에 작업을 통보한다.

2단계: 프로그램에 의한 선량계산

- 2.1 품질관리는 접수된 조사서비스 의뢰서를 기초로 하여 전자빔 운전조건 설정하기 위하여 선량프로그램을 사용하여 계산한다.
- 2.2 조사서비스 프로그램의 입력항목은 밀도, 두께, 주요 화학성분 값으로 전자빔 빔에너지 조건에 따라 찾아 입력하여 전자빔 조사선량을 결정한다. 상세한 사용법은 EB Irradiation services 매뉴얼을 참조한다.
- 2.3 화웨이업체로부터 필요 선량을 요구받거나 필요시 조사선량에 대한 컨설팅을 제공하고, 제품의 포장형태 및 두께를 확인한다.

3단계 : Dose Validation (Dose Mapping)

- 3.1 품질관리는 포장재질의 구성 원료, 포장형태 및 치수, 제품의 밀도, 포장 재료의 시험 조사선량 및 품질의 안전성에 대한 평가 자료를 근거로 조사선량을 계산한다.
- 3.2 품질관리는 프로그램에 의하여 계산된 결과를 품질관리 부서장의 확인을 득한 후 생산부

에 전달한다.

3.3 프로그램에 의하여 계산된 전자빔의 운전 조건에 따라 전자가속기 및 콘베이어를 운전하고, 3개 카트의 중앙에 위치한 제품표면에 CTA필름을 부착한다.

3.4 제품에 식별번호나 조사 전, 후에 관한 식별을 위하여 아래 그림의 식별번호표와 노란색 Indicator를 부착한다.

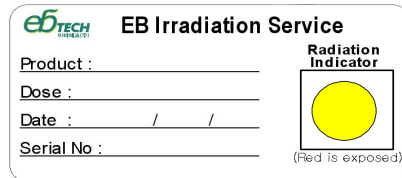


그림 3-3-31. Indicator label(조사전: 노랑, 조사후: 빨강)

3.5 초기 제품의 경우 Dose Mapping은 아래의 절차에 따라 실시한다.

화훼의 대부분은 겉보기 밀도가 0.1g/cm³ 이상이므로 조사처리 제품의 두께가 제한된다. 제품별 동질밀도에 대한 선량 분포도 측정을 위한 선량 측정위치는 그림과 같은 위치에 선량계 필름을 설치하여 측정한다. 여기서 선량계 필름의 길이는 최소 50mm로 한다. 선량계의 설치 위치는 아래의 그림과 같이 위치시킨다. 설정된 적재형태 내에서 최대선량, 최소선량을 결정한다. 공정의 재현성을 평가하기 위하여 Dose Mapping은 3차에 걸쳐 실시한다. 예상되는 최대선량과 최소선량을 기준으로 선량 위치를 정하여 기록한다. 정규 공정을 위한 선량 측정 모니터링 위치를 결정한다. Dose Mapping의 주기는 최초 제품조사 의뢰시와 조사제품의 설계 변경시 실시한다. Dose Mapping 결과에 대한 관리번호를 부여하고 측정결과를 기록관리 한다. 선량의 Mapping 실측결과에 따라 선량계산 프로그램을 Calibration하고, 관리번호를 부여한다.

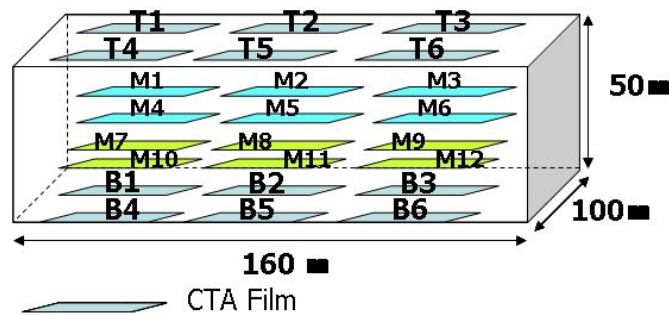


그림 3-3-32. Loading Pattern

3.6 조사선량의 일상관리는 다음의 절차에 따른다.

- ① 주기: 매회 조사서비스 의뢰시 실시한다.
- ② 전자빔 조사 의뢰된 제품의 선량 측정 모니터링 위치에 선량계 필름을 부착한다. 전자빔 조사 의뢰된 제품은 3개의 콘베이어 카트(80cm*80cm)에 별도로 구분하여 중앙에 위치시킨다. 선량계 필름은 최소 5cm 길이로 일정하게 자른 후 제품 속에 넣거나, 매직테이프를 이용하여 제품의 표면에 고정한다.
- ③ 계산 및 설정된 조건에 따라 전자빔 조사를 한다.

- ④ 전자빔 조사된 제품이 출구로 나온 후 부착된 필름을 떼어 알루미늄 호일에 포장 후 화학실험실로 옮긴다.
 - ⑤ 선량의 계산방법은 분광광도계의 흡광도 값을 이용하여 측정값을 계산한다.
 - ⑥ 설정된 적재형태 내에서 최대선량, 최소선량을 결정한다.
- 3.7 품질관리는 전자빔 조사 의뢰된 제품의 전자빔 운전조건과 조사선량 확인서를 발행하여 영업관리에 제품의 출고를 지시한다.

4단계 : 전자가속기 점검 및 전자빔 조사 준비

4.1 전자가속기 가동 전에 유지보수점검항목을 기준으로 이상 유무를 확인한다.

NO	일일점검항목	비 고
1	Interlock unit 접점 상태 확인	가동중 확인
2	이온펌프 진공도	가동중 확인
3	카트와 인출창 높이	가동전 확인
4	콘베이어 레일	가동전 확인
5	콘베이어 제어판넬	가동전 확인
6	카트의 변형 및 파손	가동전후확인
7	누설방사선량측정	가동중 확인
8	수냉각장치(chiller)	가동전 확인
9	적외선출입인터록	가동전 확인
10	오존배기팬	가동전 확인
11	Air cooling Blower	가동전 확인
12	전자총	가동중 확인
13	감시카메라	가동전 확인
14	조사실 내부 환경	가동전 확인

- 4.2 접수된 제품을 조사실 앞으로 운반한다.
- 4.3 카트식 콘베이어 및 이송 레일의 청소 상태(이물질 등)를 확인하고, 전원투입 후 전후 왕복운동을 시켜 작동상태가 정상인지 확인한다.
- 4.4 빔 인출창과 카트의 거리는 20cm로 조정하고, 조사할 제품의 박스의 높이를 고려하여 카트의 높이를 조정하여야한다. (기준점은 제품의 중간 높이로 한다)
- 4.5 운전자는 의료기기 제품을 카트식 콘베이어에 loading한다.
- 4.6 조사 서비스가 준비된 제품에 전자빔 조사 유무를 판정하는 라벨지를 각각 부착한다. 필요시 Bar Code 시스템을 구비하여 조사처리 제품의 효율적인 관리가 가능토록 하여야 한다.

5단계 : 전자빔 조사 (Electron Beam Irradiation)

- 5.1 전자빔의 Utility Panel의 Fan과 Chiller 버튼을 눌러 동작시킨다.
- 5.2 전자빔의 1층과 2층 차폐도어가 닫혀 있는지 확인한다.
- 5.3 전자빔 조사실 내부에 사람이 있는지 없는지 확인한다.
- 5.4 전자빔 조사실 내부의 전등과 내부감시 카메라의 전원을 동작시킨다.
- 5.5 전자빔 MCU 판넬 및 컨트롤용 PC의 전원을 동작시키고, 전자빔 조사시설의 가동을 사이렌으로 알린다.

- 5.6 전자빔 조사일지에 전자가속기 운전사항 및 시작시간, 작업자, 날짜, 사용자 정보 등을 기록한다.
- 5.7 전자빔 운전 프로그램(ELV.EXE) 실행한다.
- 5.8 전자빔 조사 조건에 따라 빔에너지를 입력한다.
- 5.9 전자빔 조사 조건에 따라 빔전류를 입력한다.
 - * 전자가속기의 상세 가동 및 정지순서는 가속기 운전매뉴얼에 따라 실시한다.
- 5.10 전자빔의 입력된 설정조건이 될 때 까지 Warming-up 시킨다.
- 5.11 전자빔 운전 조건의 정상상태가 확인되면 이동식 카트를 동작시킨다.
- 5.12 이동식 카트의 컨트롤 패널에서 제품의 이송속도를 제어한다.
- 5.13 내부 감시 카메라를 통해 이동식 카트의 이동을 관찰한다.
- 5.14 제품의 전자빔 조사공정이 끝나면 전자빔을 정지한다.

6단계: 전자빔 조사완료

- 6.1 조사 서비스가 완료된 제품의 전자빔조사 유무를 부착된 인디케이트의 색깔 변화로 확인한다.(노랑→빨강)
- 6.2 이동식 카트 위의 조사된 제품의 포장 단위별 바코드를 확인한다.
- 6.3 제품의 수량, 포장상태, 파손여부를 확인한다.
- 6.4 화웨이 업체별 조사선량 관리에 기록을 보관한다.
- 6.5 전자빔의 운전조건과 조사선량을 선량인정서에 기록하여 확인서를 발행한다.
- 6.6 고객불만 사항을 접수한다.

4.3 전자빔 조사에 따른 모니터링과 일상관리

전자빔 조사조건은 제품 종류별로 특징과 선량 분포를 측정하여 종합적으로 고려하여 설정한다. 가장 중요한 문제는 선량 분포 시험에서 구한 최대 및 최소선량이 제품 종류별 선량평가를 통해 결정한 최대 선량 및 소독 선량의 범위 내에 충분히 들어가도록 전자빔 조사 조건을 결정한다. 또한 복수의 조사시험으로 반복성도 확인한다. 현장적용을 위한 조사에서는 표면 선량 및 선량 분포 간의 관계가 확인되었으므로 표면선량이 전체 선량분포를 대표하는 것으로 간주하고 선량을 측정하고 선량에 대한 모니터링 지점으로 선정한다.

선량측정 및 모니터링 위치 설정은 제품의 검증 조건을 선정하고 각종 변경인자가 발생할 경우 측정 관리한다. 전자가속기 시설의 운영에 따른 모니터링은 정기적으로 실시하며, 선량계 측정을 위한 광학기기는 정기적인 검교정을 실시한다. 또한, 컨베이어 속도, 조사 제품에 대한 선량 분포, 에너지확인은 월별로 측정하여 기록한다.

전자빔 조사에 따른 일상관리는 다음과 같이 진행되고 있다.

가. 제품관리

제품은 품목(조사 조건) 및 수량의 혼동을 피하기 위하여 제품 코드 또는 로트 번호를 사용하여 수령부터 선적시점까지 관리하여야 한다. 특정된 보관 조건이 있는 제품은 당해 조건을 준수하여 보관하여야 한다.

나. 조사공정 관리

조사 전에 다음 각 호가 정확히 설정되었는지 확인한다.

- ① 품목
- ② 포장 규격 및 중량
- ③ 물량
- ④ 제품 또는 포장의 오염 또는 손상
- ⑤ 적재 방식
- ⑥ 선량계의 위치 및 수

조사중에 조사 변수를 주시하고 적절성 여부를 확인한다. 데이터는 기록하여야 한다. 조사가 완료된 후에 다음 각 호가 정확히 수행되었는지 확인한다.

- ① 품목
- ② 적용된 선량이 정의된 범위 내에 있는지의 여부
- ③ 제품 또는 포장의 오염 또는 손상
- ④ 선적 적재 방식: 선적 시에는 품목, 선적 물량, 손상 또는 오염, 그리고 배달 장소를 확인한다.

다. 선량 측정

선량 측정을 실시하고 결과를 기록한다. 사용할 선량계는 널리 인정되고 국제 표준으로 소급이 가능하여야 한다. 통상적으로 선량계는 특정된 간격으로 제품 포장의 표면에 놓는다. 일부 선량계는 온도 및 습도에 민감하므로 측정 및 보관 환경은 면밀하게 관리하여야 한다. 조사된 제품을 식별하기 위한 Indicator를 각 포장 또는 카톤 상자에 사용한다.

라. 기록 및 표준 문서화

조사 공정을 관리하기 위해 다음 각 호의 문서가 제공된다. 공정의 작업 현황을 작업자가 기록하고, 점검하여, 철하기 전에 공장장이 승인한다. 기록 파일은 10년간 보관하여야 한다.

- ① 조사 주문
- ② 조사 공정 기록
- ③ 검사 기록
- ④ 선량 측정 기록
- ⑤ 조사 인증서

일체의 조사 조건은 조사 명세서(제품 표준)에 특정하여야 하며 명세서의 일체의 변경은 변경이 이루어지는 즉시 문서 원본에 반영되어야 한다. 처리를 위해 최신 갱신 내용을 적용하여야 한다.

마. 선적 인증서

제품의 선적은 공정 기록 및 선량 측정 기록을 통하여 공정이 적절히 완료되었음을 담당 관리자가 확인한 후에 인증한다. 인증서 용지는 제품에 부착되어 있다.

5. 전자빔 조사공정의 매뉴얼

5.1 조사시설 및 기기 기준 작성

수출화웨이류의 조사시설은 다음의 기준으로 설치 운영되며, 전자가속기는 방사선발생장치로서 원자력안전법의 규제를 따른다.

가. 전자가속기의 사용시설 차폐기준

- (1) 사용시설 안 및 분배시설 안의 사람이 상시 출입하는 장소에서의 방사선량: 1mSv/주
- (2) 사업소의 경계에 인접하는 구역에서의 방사선량: 0.1mSv/주

나. 전자가속기의 사용시설에 대한 기술기준

(1) 사용시설의 위치: 방사선발생장치(RG)의 사용·보관시설은 화재·침수 또는 지반붕괴의 우려가 없는 곳에 설치하여야 한다.

(2) 구조 및 설비

- ① 사용시설에서는 방사선량이 선량한도 이하가 되도록 필요한 차폐벽이나 차폐물을 설치할 것
- ② 방사선발생장치(RG)를 사용하는 때에는 그 사용시설의 출입구에 방사선발생장치(RG)의 사용중임을 자동적으로 표시하는 장치와 사람의 출입을 제한하는 장치를 할 것
- ③ 방사선발생장치(RG)를 사용하는 때에는 방사선발생장치(RG)의 사용여부에 따라 사용시설의 출입구가 개폐되는 연동장치를 할 것
- ④ 시설의 경계에는 울타리 기타 사람의 출입을 제한하는 시설을 할 것
- ⑤ 사용시설 및 사용시설의 경계에 설치한 울타리 기타 사람의 출입을 제한하는 시설에는 방사능 표지를 부착할 것
- ⑥ 비상시 사용시설 안에 들어있는 사람이 신속히 탈출할 수 있는 구조로 하고, 반입구·비상구등 사람이 상시 출입하지 아니하는 출입구의 문을 외부로부터 개폐할 수 없도록 할 것

다. 방사선발생장치(RG)의 사용에 관한 기술기준

- (1) 사용시설 안에서만 사용할 것
- (2) 정상적인 사용상태에서는 방사선발생장치(RG)가 파괴될 우려가 없도록 할 것
- (3) 다음의 조치를 할 것
 - ① 차폐벽이나 차폐물에 의하여 방사선을 차폐할 것
 - ② 원격조작장치를 사용하여 방사선발생장치(RG)와 인체 사이에 적당한 거리를 두게 할 것
 - ③ 면밀한 작업계획 및 취급의 숙달·훈련 등을 통하여 인체에 방사선이 피폭되는 시간을 단축할 것
- (4) 사용시설 또는 방사선관리구역의 눈에 띄기 쉬운 장소에 방사선장해방지에 필요한 주의사항을 게시할 것
- (5) 방사선발생장치(RG)의 건전성을 확인하기 위하여 과기부장관이 정하여 고시하는 바에 따라 정기점검을 실시할 것

라. 방사선발생장치(RG)를 판매하고자 할 때 그 취급기준

(1) 방사선발생장치(RG)를 판매하는 경우에는 방사선발생장치(RG)의 사용에 관한 허가를 받거나 신고를 하였는지 여부를 확인하고 판매하여야 한다.

(2) 방사선발생장치(RG)의 표면에는 제작사에서 권고하는 안전수칙을 표시하여야 한다.

(3) 방사선발생장치(RG)를 판매하는 경우에는 장비의 운영·보수 및 관리방법등에 관한 사항을 사용자가 이해할 수 있도록 작성·제공하여야 하며, 사용자가 교육 및 훈련을 요청하는 경우에는 이에 응하여야 한다.

(4) 방사선발생장치(RG)를 판매하는 경우에는 방사선발생장치(RG)의 설계승인서 또는 제작검사필증 등 방사선발생장치(RG)의 정상작동상태를 입증하는 서류를 사용자에서 제공하여야 한다.

(5) 방사선발생장치(RG)의 안전성에 결함이 발견된 때에는 즉시 사용자에서 그 사실을 통지하고 필요한 조치를 하여야 한다.

5.2 조사기록 및 표준 문서화 기록

수출화웨이폰가의 제품의뢰에 대해 전자빔 조사 작업 기준 및 관리방법에 준하여 다음과 같은 표준 문서를 기록하고 보관하고 있다.

No.	ISO 9001:2000	SOP 번호	영세서에 관한 절차	BB Tech. ISO9001:2008, ISO15485			
				QAM 번호	SOP 번호		
4. 품질 관리 시스템	4.1 일반 요건	06.01.	데이터 및 문서 관리 규정	1.1 일반	06.01 데이터 및 문서 관리 규정		
	4.2 문서화 요건		품질 보증 기록 관리 절차	1.22 품질 보증 기록 관리		22.01 품질 보증 기록 관리 절차	
6. 경영진 책임	6.1 경영진의 의지	02.01.	품질 보증 기록 관리	품질 보증 정책	02.01 기록 관리 규정		
	6.2 고객 우선		품질 보증 기록 관리	품질 보증 정책	02.01 기록 관리 규정		
	6.3 품질 계획		품질 보증 기록 관리	품질 보증 정책	02.01 기록 관리 규정		
	6.4 계획		6.4.1 품질 목표	담당 무.	02.01 기록 관리 규정	02.01 기록 관리 규정	
			6.4.2 품질 관리 시스템 계획	담당 무.	02.01 기록 관리 규정	02.01 기록 관리 규정	
	6.5 책임, 권한 부여 및 의사 소통		6.5.1 책임 및 권한 부여	02.01.	02.01.	02.01.	02.01 기록 관리 규정
			6.5.2 경영 담당 인원	02.01.	02.01.	02.01.	02.01 기록 관리 규정
			6.5.3 내부적 의사 소통	02.01.	02.01.	02.01.	02.01 기록 관리 규정
	6.6 경영 검토		6.6.1 일반	02.02.	품질 보증 검토 기정 절차	1.2 조직 및 체계	02.02 품질 보증 검토 기정 절차
			6.6.2 경영진 입력 항목	02.02.	02.02.	02.02.	02.02 품질 보증 검토 기정 절차
6.6.2 경영진 출력 항목		02.02.	02.02.	02.02.	02.02 품질 보증 검토 기정 절차		
6. 자원 활용 및 관리	6.1 자원 공급	21.01.	02.01.	1.2 조직 및 체계	21.01 품질 보증 교육 절차		
	6.2 인력 자원		6.2.1 일반	02.01.	21.01.	21.01 품질 보증 교육 절차	
			6.2.2 인적, 인적 및 교육	21.01.	21.01.	21.01 품질 보증 교육 절차	
	6.3 기반 시설		21.02.	21.02.	21.02.	21.02.	21.02 운영 근무인 교육 절차
			21.03.	21.03.	21.03.	21.03.	21.03 조사기 조작원 교육 절차
			21.04.	21.04.	21.04.	21.04.	21.04 조사기 조작원 교육 절차
			21.05.	21.05.	21.05.	21.05.	21.05 영업 인력 교육 절차
	6.4 작업 환경		21.06.	21.06.	21.06.	21.06 미생물 시험 인력 교육 절차	
	7. 제품 실현		7.1 제품 실현 계획	10.01.	10.01.	1.10 공정 관리	10.01 조사 시설 관리 절차
				10.05.	10.05.	1.10 공정 관리	10.05 미생물 관리 절차
7.2 고객 관련 과정		10.02.01-T,	10.02.01-T,	1.10 공정 관리	10.02.01 조사 공정 관리 절차(별첨)		
		10.02.01-K,	10.02.01-K,	1.10 공정 관리	10.02.02 조사 공정 관리 절차(한도치)		
		10.02.02-T,	10.02.02-T,	1.10 공정 관리	10.02.02 조사 공정 관리 절차(한도치)		
		10.02.02-K,	10.02.02-K,	1.10 공정 관리	10.02.02 조사 공정 관리 절차(한도치)		
7.3 설계 개발		08.01-T,	08.01-T,	1.8 품질 보증 시스템	08.01 조사 시험 절차		
		08.01-K,	08.01-K,	1.8 품질 보증 시스템	08.02 품질 보증 계획 작성 절차		
		08.08-T,	08.08-T,	1.8 품질 보증 시스템	08.08 한도치 조사 조건 확립 절차		
		08.08-K,	08.08-K,	1.8 품질 보증 시스템	08.08 한도치 조사 조건 확립 절차		
7.4 구매	04.01.	04.01.	1.4 계약 내용 확인	4.01 계약 내용 확인 절차			
	7.2.1 제품어 관한 요건 검토	02.01.	02.01.	02.01 기록 관리 규정			
7.5 설계 개발	05.01.	05.01.	05.01.	05.01.	05.01.		
	7.4.1 구매 과정	07.01-T,	07.01-T,	1.7 구매	07.01 구매 품목 관리 절차		
7.4 구매	7.4.1 구매 정보	07.01-K,	07.01-K,	1.7 구매	07.01 구매 품목 관리 절차		

		구리 품목 확인,	07.01-T, 07.02-K,	구리 품목 관리 절차*,	1.7 구리,	07.01 구리 품목 관리 절차*,	
	7.5 제품 처리 및 서비스 기준,	7.5 제품 처리 및 서비스 기준 관리,	10.02.01-T, 10.02.01-K, 10.02.02-T, 10.02.02-K, 10.08-T, 10.09-K, 08.01.01-T, 08.01.01-K, 08.01.02-T, 08.01.02-K, 18.01,	조사 환경 관리 절차 (별표)*, 조사 환경 관리 절차 (한도치)*, 조사 제품 검사 절차*, 조사 환경 관리 절차 (별표)*, 조사 환경 관리 절차 (한도치)*, 미생물 시험 절차, 환경 검증 절차*, 별표 검증 절차*,	1.10 환경관리, 1.10 환경 관리,	10.02.01 조사 환경 관리 절차(별표), 10.02.02 조사 환경 관리 절차(한도치), 10.08 조사 제품 검사 절차, 08.01.01 조사 환경 관리 절차(별표), 08.01.02 조사 환경 관리 절차(한도치), 18.01 미생물 시험, 10.04.01 환경 검증 절차*, 10.04.02 별표 검증 절차,	
		7.5 제품 처리 및 서비스 기준의 적절성,	10.04.01-T, 10.04.01-K, 10.04.02-T, 10.04.02-K,	환경 검증 절차*, 별표 검증 절차*,			
		7.5.5 식별 및 추적성,	..	..	1.9 조사 등의 식별 및 추적성,	..
	7.5.4 고객 재산에 속하는 품목,	08.01.01-T, 08.01.01-K, 08.01.02-T, 08.01.02-K, 14.01,		조사 환경 관리 절차 (별표)*, 조사 환경 관리 절차 (한도치)*, 격함 및 부적합 품목 관리 절차,	1.8 고객이 저정한 품목의 관리,	08.01.01 조사 환경 관리 절차(별표), 08.01.02 조사 환경 관리 절차(한도치), 14.01 격함 및 부적합 품목 관리 절차,	
		7.5.5 제품 보관,	..	..	1.16 취급, 보관 환경,	..
	7.6 감시 및 측정 장치 관리,	..	12.01-T, 12.01-K,	측정 장치 관리 절차*,	1.12 검사, 측정 및 시험 장치 관리,	12.01 측정 장치 관리 절차*,	
8. 측정, 분석 및 개선,	8.1 일반,	..	..	..	..	..
	8.2 모니터링 및 측정,	8.2.1 고각 만족,	08.08,	고각 만족 모니터링 절차,	..	..
		8.2.2 내부 감사,	20.01,	내부 품질 감사 규칙,	1.20 내부 품질 감사,	20.01 내부 품질 감사 규칙,	
		8.2.3 제품 모니터링 및 측정,	28.01,	통계적 방법 활용 절차,	1.28 통계적 방법,	28.01 통계적 방법 활용 절차,	
		8.2.4 측정 모니터링 및 측정,	11.01-T, 11.01-K, 08.01.01, 08.01.02, 11.01,	검사 보고 작성 절차, 조사 제품 관리 절차 (별표)*, 조사 제품 관리 절차 (한도치)*, 작성,	1.11 검사 및 시험,	11.01 검사 보고 작성 절차, 08.01.01 조사 제품 관리 절차(별표), 08.01.02 조사 제품 관리 절차(한도치), 작성,	
		8.3 부적합 제품 관리,	..	14.01,	격함 및 부적합 품목 관리 절차,	1.14 부적합 관리,	14.01 격함 및 부적합 품목 관리 절차,
		8.4 데이터 분석,	..	28.01, 19.01,	통계적 방법 활용 절차, 고충 처리 절차,	1.28 통계적 방법, 1.19 고충 처리 절차,	28.01 통계적 방법 활용 절차, 19.01 고충 처리 절차,
		8.5 개선,	8.5.1 피속적 개선,	02.02,	품질 보증 시스템 개성 절차,	1.2 조직 및 체계,	02.02 품질 보증 시스템 지점트 절차,
			8.5.2 시정 조치,	15.01,	시정 조치 절차,	1.16 시정 및 예방 조치,	15.01 시정 조치 절차,
			8.5.5 예방 조치,	15.02,	예방 조치 절차,	1.15 시정 및 예방 조치,	15.02 예방 조치 절차,

그림 3-3-33. 이비테크(주)의 전자빔 조사에 대한 문서체계도

- (1) 사전 협의에 따라 매주 조사 스케줄 예약
- (2) 조사의뢰 전일 혹은 당일 작업의뢰서 접수, 입고전 수량과 제품의 상태파악

이비테크(주)
 TEL 042-930-7510, FAX 042-930-7500

관리번호	OS- EB- 201103-01
신청일자	2011년 03월 07일

화웨이 전자빔 조사 작업의뢰서

작업일자 : 2011년 03월 07일		전자조사 담당자	김 유리부장/ 이준희주임
회사명	로즈피아 / 실험용	주소	충청북도 청주시 흥덕구 내수동로 52
소속 부서	충북대학교	연락처	TEL 043-467-3573 FAX 043-467-3229
담당자	김길하교수	회망 납기	2011년 03월 07일
발송 일자	2011년 03월 07일		
비고	1.03월 07일 물류업체 → 03월 07일 이비테크(주) 도착 2.03월 07일 전자빔조사 → 03월 07일 충북대학교 도착		

[작업 의뢰품 내역]

No	품명 (Lot No)	박스	속도 m/min	회당 조사선량	조사선량	조사면	전압	전류
1	국화류	5	8.47	200Gy	200Gy	양면	10 MeV	0.1mA
TOTAL		5						

(이비테크에서 정기적으로 전자선량 및 회전 속도등의 Monitoring을 진행하므로 별도의 QC Data 는 필요 없으며, 입고서 양면조사 식별 표시만 확인한다.)	작업자 확인란 (성명: 김유리 Sign:)
---	------------------------------

그림 3-3-34. 화웨이 전자빔 조사 작업의뢰서

(3) 조사예약 당일 제품 입고

(4) 작업의뢰서 참고하고 관리현황일지 작성

화웨이업체 전자선 조사품 관리현황

(2011년) 충북대학교/연암대학교

No.	날 짜	사용시간	요구선량	작업조건 Dose×MeV×mA×m/min×turn		담당자	조사확인		비 고
							EBT	업체	
1	2011/10/12	11:00~11:20	250Gy,150Gy 100Gy,50Gy	250×10×0.12×7.83×1 150×10×0.07×8.47×1	100×10×0.05×7.83×1 50×10×0.02×7.32×1	이준희			.
2	2011/10/24	11:00~11:20	10kGy,2kGy 1kGy,0.8kGy	10×10×1×1.5×1 2×10×1×8.21×1	1×10×0.5×8.21×1 0.8×10×0.4×8.21×1	이준희			연암대학교
3	2011/10/26	11:00~11:20	250Gy,150Gy 100Gy,50Gy	250×10×0.12×7.83×1 150×10×0.07×8.47×1	100×10×0.05×7.83×1 50×10×0.02×7.32×1	이준희			.
4	2011/11/03	11:00~11:20	250Gy,150Gy 100Gy,50Gy	250×10×0.12×7.83×1 150×10×0.07×8.47×1	100×10×0.05×7.83×1 50×10×0.02×7.32×1	이준희			.
5	2011/11/14	11:00~11:20	800Gy,400Gy	800×10×0.4×8.21×1	400×10×0.2×8.21×1	이준희			연암대학교
6	2011/11/18	11:00~11:20	250Gy,150Gy 100Gy,50Gy	250×10×0.12×7.83×1 150×10×0.07×8.47×1	100×10×0.05×7.83×1 50×10×0.02×7.32×1	이준희			.
7	2011/11/30	11:00~11:20	800Gy,600Gy, 400Gy,200Gy.	800×10×0.4×7.83×1 600×10×0.3×7.83×1	400×10×0.2×7.83×1 200×10×0.1×8.47×1	이준희			.
8	2011/12/20	11:00~11:20	800Gy,400Gy	800×10×0.4×8.21×1	400×10×0.2×8.21×1	이준희			연암대학교
9									
10									

그림 3-3-35. 화웨이업체 전자선 조사품의 작업일지

(5) 작업 표준서에 따른 전자선 조사 진행

충북대학교 조사 작업 표준서

의뢰인	윤승환	의뢰인 연락처	010-3476-0200		
의뢰품					
No.	선량(Gy)	종 류	갯 수	조 사 조 건	조 사 확 인
1	800Gy	.	.	10MeV*0.4mA*7.83m/min	.
2	600Gy	.	.	10MeV*0.3mA*7.83m/min	.
3	400Gy	.	.	10MeV*0.2mA*7.83m/min	.
4	250Gy	BOX	/	10MeV*0.12mA*7.83m/min	
5	200Gy	.	.	10MeV*0.1mA*8.47m/min	.
6	150Gy	BOX	/	10MeV*0.07mA*7.83m/min	
7	100Gy	BOX	/	10MeV*0.05mA*8.47m/min	
8	70Gy	.	.	10MeV*0.03mA*7.83m/min	.
9	50Gy	BOX	/	10MeV*0.02mA*7.32m/min	
전자조사 前	<ol style="list-style-type: none"> 1. 조사 실험체의 수량에 따라 카트를 컨베이어 위에 올려놓는다. 2. 카트 내부에 이물질 및 오염 여부를 확인 후 필요시 청소를 실시한다. 3. 조사 실험체의 높은 선량부터 순서대로 카트 위에 놓는다. 4. 카트 내부에서 흔들림이 없도록 테이블을 이용해 고정한다. 5. 작업 일지에 기록하고 가속기를 동작시킨다. 				
작업 방법	<ol style="list-style-type: none"> 1. 선량 별 조사 조건은 위 조사조건을 따라야 한다. 2. 선량 별 조사 조건대로 에너지, 전류와 컨베이어 속도를 변경한 뒤에 카트를 투입한다. 3. 카트의 이동과정을 컨베이어 컨트롤 화면을 통해 육안으로 모니터링 한다. 4. 정상적인 조사 확인 후에 다음 선량 조건에 따라 전류와 컨베이어 속도를 변경한다. 5. 위와 같은 과정을 마지막 선량까지 반복한다. 				
전자조사 後	<ol style="list-style-type: none"> 1. 조사된 실험체의 이상 유무를 확인 후 카트에서 분리한다. 2. 조사일지에 작업자 확인 서명을 하고 의뢰인 서명을 받는다. 				
작업일지	20 11 . 11 . 18 .		작업자	이준희	

그림 3-3-36. 화웨이업체 전자선 조사품의 작업표준서

- (6) 전자선 조사자의 정상 조사완료 확인 사인 후 출고
- (7) 매주 일정한 조건으로 전자가속기 및 부대시설에 대한 품질확인

eb5TECH (7)월 점검 체크시트

No	점검항목	점검방법	점검자	1주	2주	3주	4주	5주	비고
1	1호가속기 선량	1 MeV*5mA*5m/min로 CTA측정							
2	1호기 컨베이어속도	4m/min 속도로 1회구간(2m) 동작시 30초							
3	1호기 냉각수 수위	정리의 냉각수 수면을 눈으로 확인		✓	✓	✓	✓		
4	1호기 SF6 압력	가스시스템의 SF6게이지를 눈으로 확인(6~8kg/cm3)		✓	✓	✓	✓		
5	1호기 검사카메라	1호기 가속기 동작시 TV화면에서 카드의 식별							사용 안 함
6	2호가속기 선량	2.5MeV*5mA*10m/min, CTA측정		✓	✓	✓	✓		K.7 kg
7	2호기 카트 속도	3m구간에서 6m/min 속도로 1회 동작시 30초		✓	✓	✓	✓		
8	2호기 냉각수 수위	정리의 냉각수 수면을 눈으로 확인		✓	✓	✓	✓		
9	2호기 SF6 압력	가스시스템의 SF6게이지를 눈으로 확인(6~8kg/cm3)		✓	✓	✓	✓		
10	2호기 검사카메라	2호기 가속기 동작시 TV화면에서 카드의 식별							OK
11	3호가속기 선량	10MeV*1mA*, CTA측정		✓	✓	✓	✓		13.06 kg
12	3호기 컨베이어속도	표시된 슬롯컨베이어(1.25m)에 30Hz로 25초		✓	✓	✓	✓		
13	3호기 냉각수 수위	정리의 냉각수 수면을 눈으로 확인		✓	✓	✓	✓		
14	3호기 SF6 압력	가스시스템의 SF6게이지를 눈으로 확인(약1.0kg/cm3)		✓	✓	✓	✓		
15	3호기 검사카메라	3호기 가속기 동작시 TV화면에서 카드의 식별							OK
16	입출금 광고정소	입출금 콤팩트 주변 정리정돈		✓	✓	✓	✓		
17	Ti-Foil 청소	1,2호기의 가속기 하단 윈도우를 약원과 원자로 청소							완료

• 매주 : 매주 완료된 작업 후 확인 기록한다.
 • 매월 : 매월 1일 작업전 확인후 기록한다.

이상없음시 : V
 이상발생시 : X
 수리완료시 : O

OMEGA LEVEL 이비테크(주)

그림 3-3-37. 화웨이 전자빔 조사품에 대한 전자가속기 및 부대시설에 대한 점검확인서

5.3 조사인증서 발급 및 관리

전자빔 조사의뢰 들어온 제품에 대한 선량관리 및 조사인증서를 발급하고 있다.

eb5TECH CERTIFICATE For Electron Beam Processing



No.	Certificate No.	Customer	Product	Dose (kGy)	Date of request	Date Issued	Measured by	Approved by
1	EBTS12-31	WC	Wafer	0.13	12.1.13	12.1.17	yui	me
2	EBTS12-32	"	"	0.52	"	"	yui	me
3	EBTS12-33	"	"	1.7	"	"	yui	me
4	EBTS12-34	"	"	4.9	"	"	yui	me
5	EBTS12-35	WC	wafer	0.9	12.1.17	12.1.18	yui	me
6	EBTS12-36	WC	wafer	2.0	"	"	yui	me
7	EBTS12-37	FC	wafer	1.3	12.1.16	12.1.20	yui	me
8	EBTS12-38	"	"	1.0	"	"	yui	me
9	EBTS12-39	"	"	2.0	"	"	yui	me
10	EBTS12-40	"	"	2.0	"	"	yui	me
11	EBTS12-41	"	"	4.0(5)	"	"	yui	me
12	EBTS12-42	"	"	4.0	"	"	yui	me
13	EBTS12-43	"	"	4.0	"	"	yui	me
14	EBTS12-44	CNU	Flower	200kGy	12.1.20	12.1.26	yui	me
15	EBTS12-45	WC	wafer	0.94	12.1.21	12.1.26	yui	me

그림 3-3-38. 화웨이 전자빔 조사품의 선량인증서 발급대상



CERTIFICATE

For Electron Beam Processing



Certificate No. : EBTS12-0044

Customer: Rosepia/Chungbuk National University	Product: Flower
---	-----------------

Box number	5 Box
Number of trays	5
Accelerator	LINAC
Processing Lot No.	EBTS12-W011
Date of request	January 20 2012
Date of arrival	January 26 2012
Date of processing	January 26 2012
Date of forwarding	January 26 2012

Required Dose (kGy)	200Gy
Delivered Dose (kGy)	200Gy

ISO/ASTM 51650 Practice for use of a cellulose triacetate dosimetry system

We hereby certify that the products specified above have been duly processed by electron beam.

Date Issued : January 26 2012
 Measured by : Quality Department Hyunwoo Lee *[Signature]*
 Approved by : Quality Department Yuri Kim *[Signature]*

EB Tech Co., Ltd.

550 Yongsan-dong, Yuseong-gu Daejeon, Korea 305-500
 Tel:+82-42-930-7510 Fax:+82-42-930-7500

F803-1(Rev.0)

EB Tech Co., Ltd.

그림 3-3-39. 화훼류 전자빔 조사품의 선량인증서

6. 결 론

전자빔 소독의 연구는 ISO 규격에 준하여 체계적으로 진행될 것이며, 수출 화훼류의 포장규격, 포장재, 포장 유형에 따라 균일한 선량분포도를 유지할 수 있도록 DB를 구축하였다. 또한, 수출 화훼류의 다양한 검증 실험을 통하여 여러가지 종류와 미생물군의 종류에 따라 조사선량을 결정하여 처리할 수 있으며, 전자빔의 조사선량의 범위에 따라 제품군의 영향성을 협동과제별로 평가하여 운전시스템을 구축하였다.

전자빔의 소독기술은 포장이 완료된 제품군에 직접 조사처리 할 수 있으며, 처리시간이 초단위로 진행되기 때문에 소독처리의 시간적 절약도 효과적이고 경제적인 공정이라고 할 수 있다.

제4절 전자빔을 이용한 수출 화훼류의 살균기술 및 검역기술의 개발

1. 수출 화훼류의 전자빔 처리후 품질특성 평가

1.1 전자빔에 대한 수출 화훼류의 감수성 평가

1.1.1 재료 및 방법

가. 장미

전자빔에 대한 감수성 평가를 위해 총 10품종의 장미를 대상으로 실험하였다. 이중 ‘레뷰’(Rosa hybrida ‘Revue’), ‘데코레이션’(Rosa hybrida ‘Decoration’), ‘엠세컨드러브’(Rosa hybrida ‘M-second Love’), ‘비비안’(Rosa hybrida ‘Vivian’), ‘일세브론즈’(Rosa hybrida ‘Il se Bronze’), ‘퀸비’(Rosa hybrida ‘Queen Bee’), ‘레드자이언트’(Rosa hybrida ‘Red Giant’)는 2.5 MeV와 10 MeV 전자가속기를 이용하여 100, 200, 400, 600, 800, 1000, 2000 Gy 선량으로 조사한 후 절화의 품질 특성을 평가하였다. ‘리디아’(Rosa hybrida ‘Lydia’), ‘러블리리디아’(Rosa hybrida ‘Lovely Lydia’), ‘자나’(Rosa hybrida ‘Jana’)는 2.5 MeV 전자가속기를 이용하여 100, 200, 400, 600, 800, 1000, 2000 Gy 선량으로 조사한 후 절화의 품질 특성을 평가하였다. 전자빔을 조사한 절화 장미는 실험실 조건으로 옮긴 후, 길이 30 cm로 재절단한 후 증류수에 꽂았으며, 이후 생체중, 화경, 화색, 꽃의 관상가치, 절화수명 등을 측정하였다.

나. 국화

스탠다드형 국화의 전자빔에 대한 감수성 평가를 위해 국화 ‘백마’(Dendranthema grandiflorum ‘Baekma’)를 대상으로 실험하였다. 2.5 MeV와 10 MeV 전자가속기를 이용하여 100, 200, 400, 600, 800, 1000, 2000 Gy 선량으로 조사한 후 절화 국화의 품질 특성을 평가하였다. 전자빔을 조사한 ‘백마’ 국화는 실험실 조건으로 옮긴 후, 길이 50 cm로 재절단한 후 증류수에 꽂았으며, 이후 생체중, 화경, 엽록소 함량, 잎의 관상가치, 절화수명 등을 26일 동안 측정하였다.

스프레이형 국화의 전자빔에 대한 감수성 평가를 위해 국화 ‘델몬트’(Dendranthema grandiflorum ‘Delmonte’)를 대상으로 실험하였다. 10 MeV 전자가속기를 이용하여 100, 150, 200, 400, 600, 800, 1000, 2000 Gy 선량으로 조사한 후 절화 국화의 품질 특성을 평가하였다. 전자빔을 조사한 ‘델몬트’ 국화는 실험실 조건으로 옮긴 후, 길이 40 cm로 재절단한 후 증류수에 꽂았으며, 이후 생체중, 개화율, 노화율, 절화수명 등을 31일 동안 측정하였다.

다. 백합

전자빔에 대한 백합의 감수성 평가를 위해 오리엔탈나리 ‘시베리아’(Lilium Oriental Hybrid ‘Siberia’)와 나팔나리 ‘오거스타’(Lilium longiflorum ‘Augusta’)를 대상으로 실험하였다. 2.5 MeV와 10 MeV 전자가속기를 이용하여 100, 200, 400, 600, 800, 1000, 2000 Gy 선량으로 조사한 후 절화의 품질 특성을 평가하였다. 전자빔을 조사한 ‘시베리아’ 나리는 실험실 조건으로 옮긴 후, 길이 40 cm로 재절단한 후 증류수에 꽂았으며, 이후 생체중, 화경, 엽록소 함량, 잎의 관상가치, 절화수명 등을 12일 동안 측정하였다.

라. 카네이션

전자빔에 대한 카네이션의 감수성 평가를 위해 ‘몬테주마’(*Dianthus caryophyllus* ‘Montezuma’)를 대상으로 실험하였다. 2.5 MeV와 10 MeV 전자가속기를 이용하여 100, 200, 400, 600, 800, 1000, 2000 Gy 선량으로 조사한 후 절화 카네이션의 품질 특성을 평가하였다. 전자빔을 조사한 ‘몬테주마’ 카네이션은 실험실 조건으로 육긴 후, 길이 40 cm로 재절단한 후 증류수에 꽂았으며, 이후 생체중, 화경, 화색, 꽃의 관상가치, 절화수명 등을 18일 동안 측정하였다.

마. 꽃도라지

전자빔에 대한 꽃도라지의 감수성 평가를 위해 ‘로지나화이트’(*Eustoma grandiflorum* ‘Rosina White’)를 대상으로 실험하였다. 2.5 MeV와 10 MeV 전자가속기를 이용하여 100, 200, 400, 600, 800, 1000, 2000 Gy 선량으로 조사한 후 절화 꽃도라지의 품질 특성을 평가하였다. 전자빔을 조사한 ‘로지나화이트’ 꽃도라지는 실험실 조건으로 육긴 후, 길이 30 cm로 재절단한 후 증류수에 꽂았으며, 이후 생체중, 화경, 화색, 꽃의 관상가치, 절화수명 등을 12일 동안 측정하였다.

바. 스토크

십자화과 화훼류의 전자빔에 대한 감수성 평가를 위해 스토크 ‘글로리라벤더’(*Matthiola incana* ‘Glory Lavender’)를 대상으로 실험하였다. 2.5 MeV 전자가속기를 이용하여 100, 200, 400, 600, 800, 1000, 2000 Gy 선량으로 조사한 후 절화 스토크의 품질 특성을 평가하였다. 전자빔을 조사한 스토크는 실험실 조건으로 육긴 후, 길이 50 cm로 재절단한 후 증류수에 꽂았으며, 이후 생체중, 엽록소함량, 개화율, 노화율, 절화수명 등을 측정하였다.

1.1.2 실험 결과

가. 장미

(1) 레뷰(Revue)

전자빔 에너지와 선량에 따라 장미 ‘레뷰’(*Rosa hybrida* ‘Revue’)의 절화수명에 미치는 영향을 조사하였다(표 3-4-1). 절화수명은 2.5 MeV 800 Gy, 10 MeV 600 Gy 이하에서 대조구와 비슷하였으며, 특히 2.5 MeV 100 Gy, 10 MeV 200, 400 Gy에서 절화수명이 연장되는 효과를 보였다. 그러나, 전자빔 조사선량이 높아질수록 생체중이 급격하게 감소하였으며(그림 3-4-1), 개화가 제대로 이루어지지 못하여 화경이 단축되는 문제가 발생하였다. 이러한 결과를 보았을 때 2.5 MeV 600 Gy, 10 MeV 400 Gy 이하까지 전반적인 절화품질이 유지되는 것으로 판단하였다(그림 3-4-2).

표 3-4-1. Effects of electron-beam on the postharvest quality of 'Revue' Rose

Treatment		Flower longevity (day)		Flower diameter (mm)		Visual quality of flowers (1-5) ^z	
Energy (MeV)	Irradiation dose (Gy)						
Control		8.80	abc ^y	44.7	a	3.00	ab
2.5	100	9.60	a	34.1	bc	3.00	ab
	200	9.25	ab	34.3	bc	3.00	ab
	400	9.00	abc	42.2	ab	3.00	ab
	600	9.00	abc	40.4	abc	3.00	ab
	800	8.75	abc	33.5	c	2.60	abc
	1000	7.20	c	38.5	abc	2.40	bc
	2000	8.00	abc	33.7	bc	2.00	c
10	100	9.33	ab	39.4	abc	2.75	ab
	200	10.00	a	42.1	abc	3.20	a
	400	9.80	a	35.0	bc	3.20	a
	600	9.20	abc	37.0	abc	3.20	a
	800	7.50	bc	35.0	bc	2.40	bc
	1000	7.20	c	36.9	abc	2.00	c
	2000	7.20	c	39.5	abc	2.00	c
<i>F</i> -test		**		NS		****	

^zBased on a scale of 1 to 5 and taken on 8 days after treatment. 1=very poor quality (not acceptable, severe wilting or discoloration, not marketable); 2=poor quality (not acceptable, large areas of necrosis or discoloration, poor form, not marketable); 3=fair quality (marginally acceptable, somewhat desirable form and color); 4=good quality (very acceptable, nice color without yellowing, good form, marketable); 5=excellent.

^yDuncan's multiple range test within columns for each experiment, $P = 0.05$.

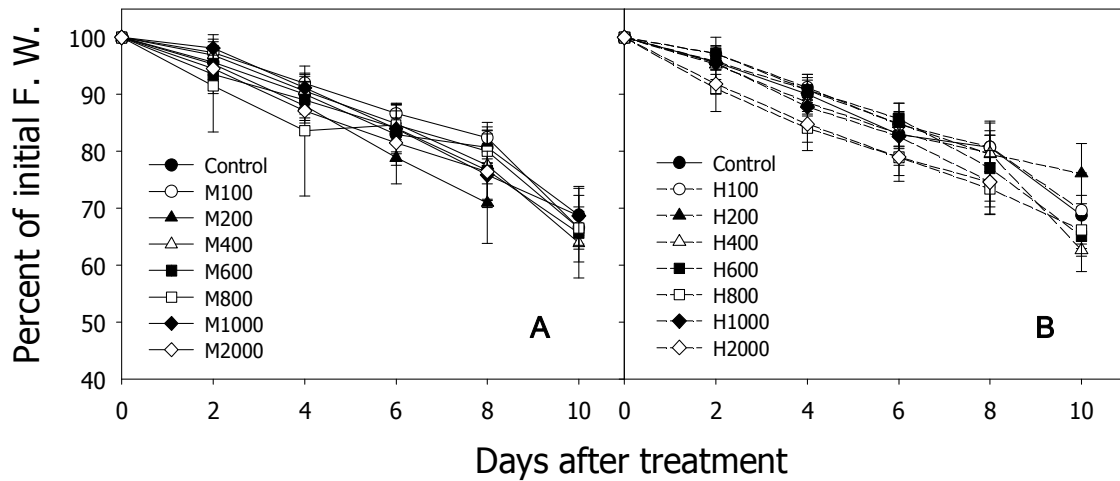


그림 3-4-1. Effect of 2.5 MeV (A) and 10 MeV (B) electron-beam on the fresh weight of 'Revue' Rose. Data are means of five replications \pm S.D.



그림 3-4-2. Visual appearance of 'Revue' Rose flowers 8 days after electron-beam treatment. C, control. M, Medium energy (2.5 MeV electron-beam accelerator). H, High energy (10 MeV electron-beam accelerator).

(2) 데코레이션(Decoration)

전자빔 에너지와 선량에 따라 장미 '데코레이션'(Rosa hybrida 'Decoration')의 절화수명에 미치는 영향을 조사하였다(표 3-4-2). 절화수명은 2.5 MeV 400 Gy, 10 MeV 600 Gy 이하에서 대조구와 비슷하였으며, 10 MeV 100 Gy에서 절화수명이 연장되는 효과를 보였다. 그러나, 600 Gy 이상에서는 수분흡수가 원활하지 못하여 생체중이 급격하게 감소하였고(그림 3-4-3), 개화가 제대로 이루어지지 못하는 문제가 발생하였다. 따라서, 2.5 MeV 400 Gy, 10 MeV 400 Gy 이하까지 전반적인 절화품질이 유지되는 것으로 판단하였다(그림 3-4-4).

표 3-4-2. Effects of electron-beam on the postharvest quality of 'Decoration' Rose.

Treatment		Flower longevity		Flower diameter		Flower color	
Energy (MeV)	Irradiation dose (Gy)	(day)		(mm)		$(\Delta E^* ab)^z$	
Control		7.40	ab ^y	48.0	a	6.9	ab
2.5	100	7.40	ab	35.7	b	5.5	ab
	200	7.20	ab	39.1	ab	7.9	ab
	400	6.80	abc	36.7	b	9.6	a
	600	6.40	bc	31.1	b	5.0	ab
	800	6.40	bc	32.4	b	6.5	ab
	2000	6.00	c	37.5	ab	7.8	ab
	10	100	7.60	a	39.7	ab	7.4	ab
200		7.20	ab	37.3	ab	4.4	b
400		6.60	abc	38.9	ab	7.6	ab
600		6.60	abc	33.9	b	6.7	ab
800		6.40	bc	39.9	ab	6.5	ab
1000		6.40	bc	34.5	b	6.5	ab
2000		6.00	c	35.4	b	7.7	ab
<i>F</i> -test		****		NS		NS	

^zColor difference of petals taken on 4 days after treatment.

^yDuncan's multiple range test within columns for each experiment, $P = 0.05$.

NS, **** Nonsignificant or significant at $P = 0.0001$ level, respectively.

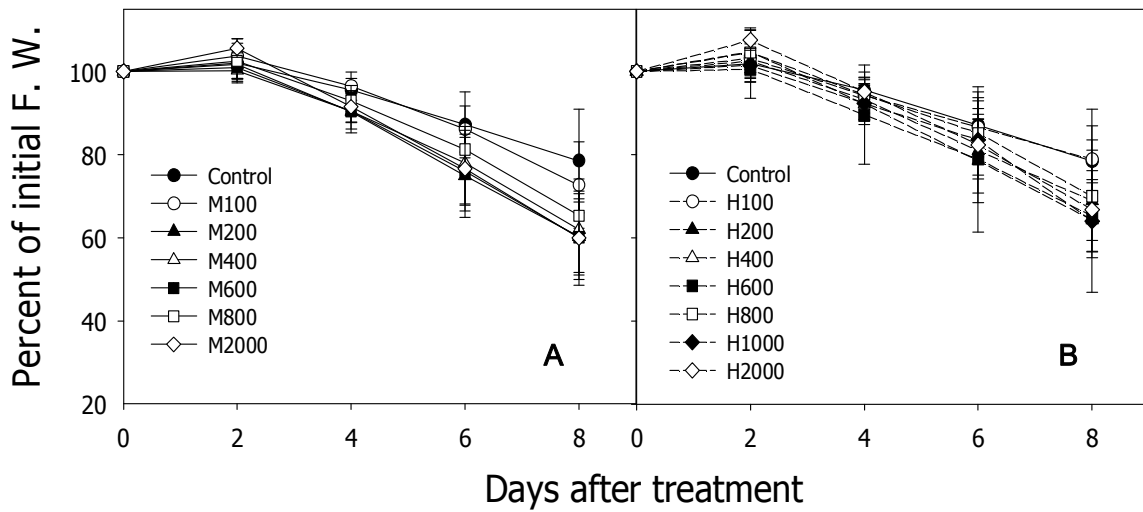


그림 3-4-3. Effect of 2.5 MeV (A) and 10 MeV (B) electron-beam on the fresh weight of 'Decoration' Rose. Data are means of five replications \pm S.D.



그림 3-4-4. Visual appearance of 'Decoration' Rose flowers 6 days after electron-beam treatment. C, control. M, Medium energy (2.5 MeV electron-beam accelerator). H, High energy (10 MeV electron-beam accelerator).

(3) 엠세컨드러브(M-second Love)

전자빔 에너지와 선량에 따라 장미 ‘엠세컨드러브’(Rosa hybrida 'M-second Love')의 절화수명에 미치는 영향을 조사하였다(표 3-4-3). 절화수명은 2.5 MeV 200 Gy, 10 MeV 100 Gy 이하에서 대조구와 비슷하였으나 그 이상의 선량에서 급격하게 감소하였고, 10 MeV 100 Gy에서 효과적으로 연장되었다. 엠세컨드러브의 경우 전자빔에 의해 꽃잎이 벌어지지 않는 문제가 심각하여 봉오리 상태에서 시들어버리는 경우가 많았다. 따라서, 2.5 MeV 200 Gy, 10 MeV 100 Gy 이하에서 절화품질이 유지되는 것으로 판단하였다(그림 3-4-6).

표 3-4-3. Effects of electron-beam on the postharvest quality of 'M-second Love' Rose

Treatment		Flower longevity (day)		Flower diameter (mm)	
Energy (MeV)	Irradiation dose (Gy)				
Control		6.50	ab ^z	32.0	abc
2.5	100	6.40	ab	28.3	abcd
	200	6.00	abc	34.0	ab
	400	5.40	bcde	29.7	abcd
	600	4.80	cde	17.9	abcd
	800	4.60	de	20.7	abcd
	1000	4.60	de	22.0	abcd
	2000	4.60	de	24.2	abcd
10	100	7.25	a	32.8	abc
	200	5.50	bcde	23.0	abcd
	400	5.60	bcd	25.3	abcd
	600	5.20	bcde	16.0	cd
	800	4.75	cde	14.5	d
	1000	4.40	de	16.4	cd
	2000	4.20	e	17.1	bcd
<i>F</i> -test		****		NS	

^zDuncan's multiple range test within columns for each experiment, $P = 0.05$.
 NS, **** Nonsignificant or significant at $P = 0.0001$ level, respectively.

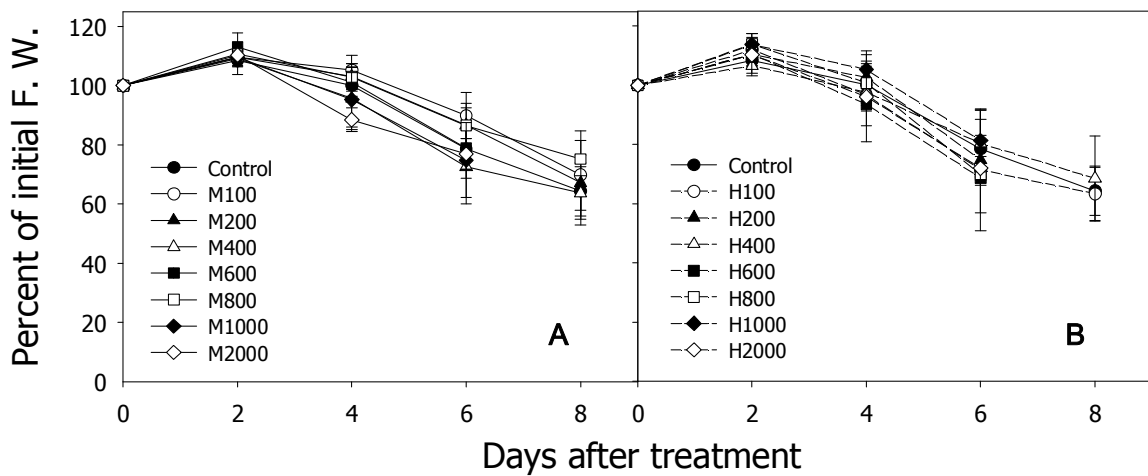


그림 3-4-5. Effect of 2.5 MeV (A) and 10 MeV (B) electron-beam on the fresh weight of 'M-second Love' Rose.
 Date are means of five replications \pm S.D.



그림 3-4-6. Visual appearance of 'M-second Love' Rose flowers 4 days after electron-beam treatment.

C, control. M, Medium energy (2.5 MeV electron-beam accelerator). H, High energy (10 MeV electron-beam accelerator).

(4) 비비안(Vivian)

전자빔 에너지와 선량에 따라 장미 '비비안'(Rosa hybrida 'Vivian')의 절화수명에 미치는 영향을 조사하였다(표 3-4-4). 절화수명은 2.5 MeV 400 Gy, 10 MeV 200 Gy 이하에서 대조구와 비슷하였으며, 특히 10 MeV 100, 200 Gy에서 절화수명이 연장되는 효과를 보였다. 비비안 역시 전자빔 선량이 높아질수록 생체중이 급격하게 감소하였으며(그림 3-4-7), 수분 흡수율이 감소하면서 꽃잎이 벌어지지 않아 화경이 단축되는 문제가 발생하였다. 이러한 결과를 보았을 때 2.5 MeV 400 Gy, 10 MeV 200 Gy 이하까지 전반적인 절화품질이 유지되는 것으로 판단하였다(그림 3-4-8).

표 3-4-4. Effects of electron-beam on the postharvest quality of 'Vivian' Rose

Treatment		Flower longevity (day)		Flower diameter (mm)		Flower color ($\Delta E^* ab$) ^z	
Energy (MeV)	Irradiation dose (Gy)						
Control		8.0	ab ^y	48.7	a	8.7	abc
2.5	100	8.0	ab	47.1	a	10.2	a
	200	8.0	ab	36.8	b	6.8	abc
	400	7.0	abc	37.3	b	10.3	a
	600	6.8	bcd	26.1	cd	7.5	abc
	800	5.6	de	26.8	cd	7.6	abc
	1000	5.8	cde	24.9	cd	9.9	ab
	2000	4.6	e	23.4	d	6.1	bc
10	100	8.3	a	41.5	ab	7.7	abc
	200	8.2	a	31.7	bcd	9.0	abc
	400	6.8	bcd	34.4	bc	8.1	abc
	600	6.4	cd	34.9	bc	5.3	c
	800	5.5	de	25.9	cd	5.5	c
	1000	5.5	de	23.1	d	7.3	abc
	2000	4.5	e	24.1	d	6.5	abc
<i>F</i> -test		****		****		NS	

^zColor difference of petals taken on 4 days after treatment.

^yDuncan's multiple range test within columns for each experiment, $P = 0.05$.

NS, **** Nonsignificant or significant at $P = 0.0001$ level, respectively.

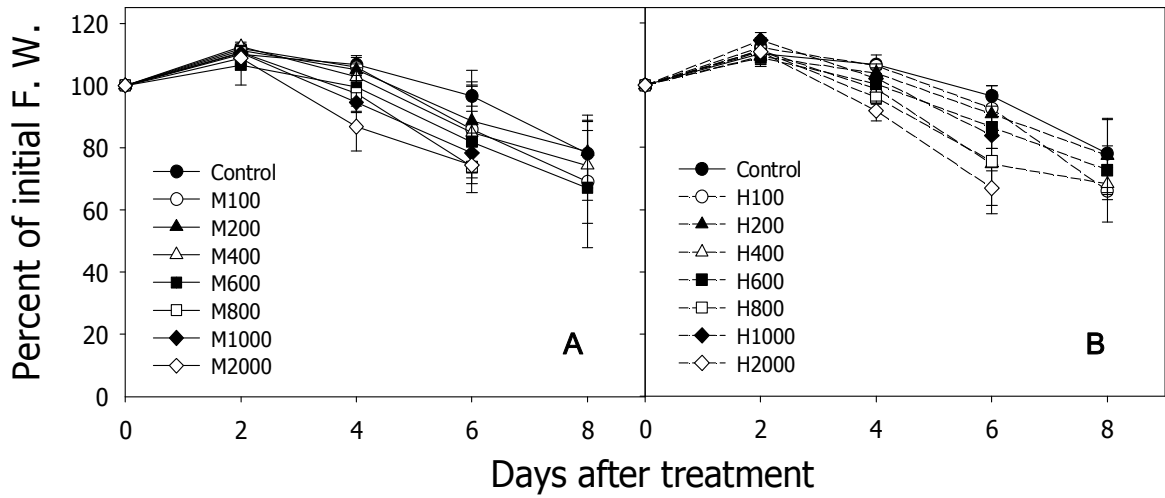


그림 3-4-7. Effect of 2.5 MeV (A) and 10 MeV (B) electron-beam on the fresh weight of 'Vivian' Rose.
Date are means of five replications \pm S.D



그림 3-4-8. Visual appearance of 'Vivian' Rose flowers 5 days after electron-beam treatment.
C, control. M, Medium energy (2.5 MeV electron-beam accelerator). H, High energy (10 MeV electron-beam accelerator)

(5) 일세브론즈(Il se Bronze)

전자빔 에너지와 선량에 따라 장미 ‘일세브론즈’(Rosa hybrida 'Il se Bronze')의 절화수명에 미치는 영향을 조사하였다(표 3-4-5). 절화수명은 2.5 MeV 400 Gy, 10 MeV 400 Gy 이하에서 대조구와 비슷하였으며, 2.5 MeV 100, 200 Gy에서 절화수명이 연장되는 효과를 보였다. 그러나, 10 MeV 400 Gy 이상에서는 수분흡수가 원활하지 못하여 생체중이 급격하게 감소하였고(그림 3-4-9), 개화가 제대로 이루어지지 못하는 문제가 발생하였다. 따라서, 2.5 MeV 400 Gy, 10 MeV 200 Gy 이하까지 전반적인 절화품질이 유지되는 것으로 판단하였다(그림 3-4-10).

표 3-4-5. Effects of electron-beam on the postharvest quality of 'Il se Bronze' Rose

Treatment		Flower longevity (day)		Flower diameter (mm)		Flower color (ΔE^*ab) ^z	
Energy (MeV)	Irradiation dose (Gy)						
Control		7.00	ab ^y	31.5	ab	10.7	abc
2.5	100	8.00	a	39.3	ab	9.8	abc
	200	8.00	a	29.9	ab	6.9	c
	400	7.00	ab	34.8	ab	9.7	abc
	600	6.50	abc	37.7	ab	7.9	bc
	800	6.50	abc	27.7	ab	15.0	a
	1000	6.25	bc	27.1	ab	10.5	abc
	2000	6.25	bc	30.8	ab	13.1	abc
	10	100	7.33	ab	49.2	a	14.7	ab
200		7.50	ab	42.1	a	10.7	abc
400		8.00	a	20.4	b	9.1	abc
600		6.67	abc	33.8	ab	13.0	abc
800		6.50	abc	30.0	ab	7.6	c
1000		6.25	bc	39.3	ab	10.7	abc
2000		5.25	c	26.5	b	13.5	abc
<i>F</i> -test		**		NS		NS	

z) Color difference of petals taken on 4 days after treatment.

y) Duncan's multiple range test within columns for each experiment, P = 0.05.

NS, **Nonsignificant or significant at P = 0.01 level, respectively.

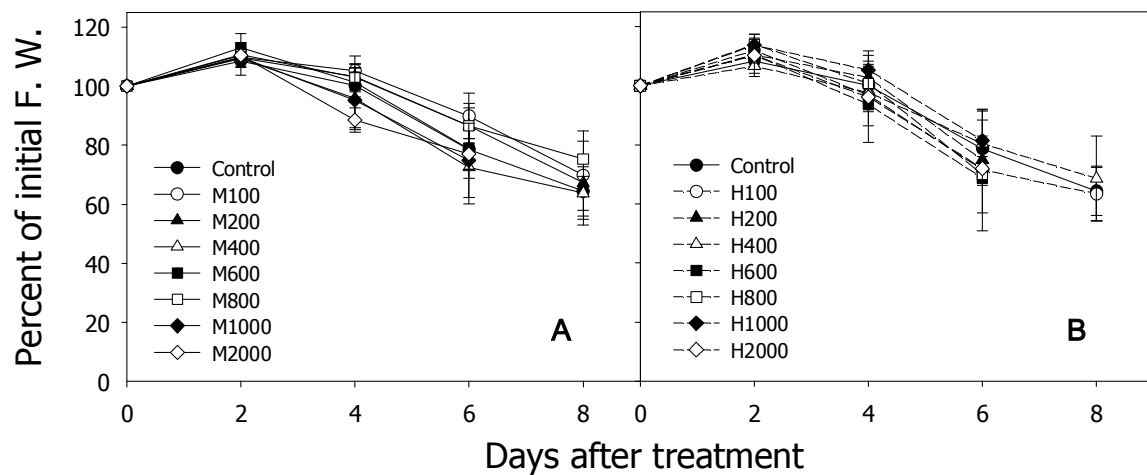


그림 3-4-9. Effect of 2.5 MeV (A) and 10 MeV (B) electron-beam on the fresh weight of 'Il se Bronze' Rose.

Date are means of five replications \pm S.D



그림 3-4-10. Visual appearance of 'Il se Bronze' Rose flowers 5 days after electron-beam treatment.

C, control. M, Medium energy (2.5 MeV electron-beam accelerator). H, High energy (10 MeV electron-beam accelerator)

(6) 퀸비(Queen Bee)

전자빔 에너지와 선량에 따라 장미 '퀸비'(Rosa hybrida 'Queen Bee')의 절화수명에 미치는 영향을 조사하였다(표 3-4-6). 절화수명은 2.5 MeV 200 Gy, 10 MeV 200 Gy 이하에서 대조구와 비슷하였으나, 400 Gy 이상에서 노화가 급격하게 진행되었고, 10 MeV 200 Gy에서 효과적으로 연장되었다. 퀸비의 경우 2.5 MeV 800 Gy 이상에서 생체중이 급격하게 감소하였으나(그림 3-4-11), 꽃잎이 벌어지는 데에는 이상이 없었다. 이러한 결과를 보았을 때 2.5 MeV 200 Gy, 10 MeV 200 Gy 이하까지 전반적인 절화품질이 유지되는 것으로 판단하였다(그림 3-4-12).

표 3-4-6. Effects of electron-beam on the postharvest quality of 'Queen Bee' Rose

Treatment		Flower longevity		Flower diameter		Flower color	
Energy (MeV)	Irradiation dose (Gy)	(day)		(mm)		$(\Delta E^* ab)^z$	
Control		6.50	ab ^y	53.4	abc	17.5	ab
2.5	100	6.50	ab	54.6	abc	18.2	a
	200	6.50	ab	58.7	a	18.4	a
	400	5.75	ab	55.5	ab	13.7	ab
	600	5.75	ab	50.7	abcd	13.8	ab
	800	5.25	c	50.3	abcd	16.9	ab
	1000	5.25	c	49.3	abcd	14.8	ab
	2000	5.00	c	42.9	bcd	12.6	ab
10	100	6.50	ab	42.0	bcd	18.2	a
	200	7.00	a	49.7	abcd	16.2	ab
	400	5.75	bc	40.4	bcd	14.3	ab
	600	5.75	bc	39.0	cd	15.1	ab
	800	5.00	c	39.9	bcd	13.5	b
	1000	5.00	c	40.7	bcd	11.1	ab
	2000	5.00	c	35.9	d	13.7	ab
<i>F</i> -test		**		*		NS	

z) Color difference of petals taken on 4 days after treatment.

y) Duncan's multiple range test within columns for each experiment, P = 0.05.

NS, *, **Nonsignificant or significant at P = 0.05 or 0.01 level, respectively.

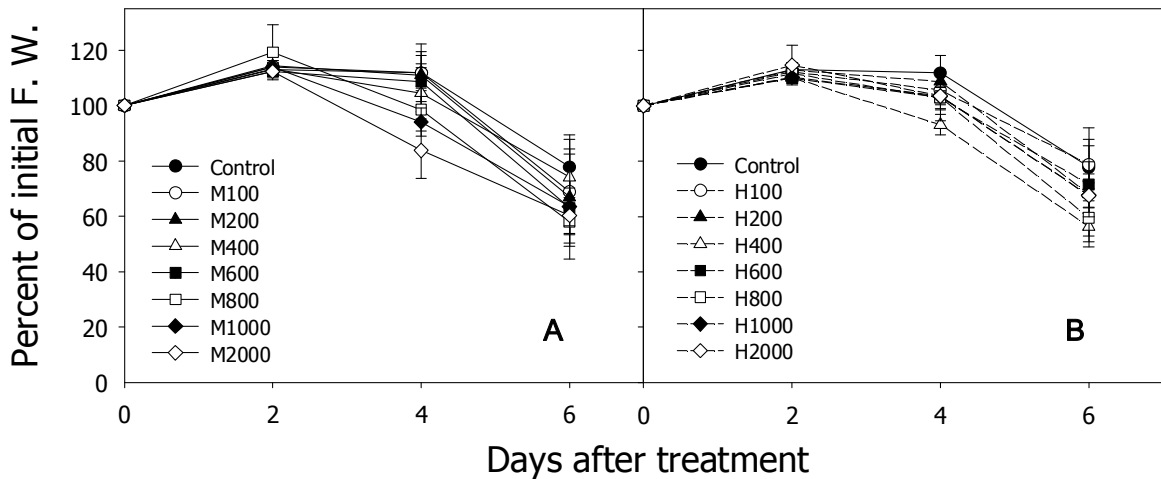


그림 3-4-11. Effect of 2.5 MeV (A) and 10 MeV (B) electron-beam on the fresh weight of 'Queen Bee' Rose.
Date are means of five replications \pm S.D.



그림 3-4-12. Visual appearance of 'Queen Bee' Rose flowers 5 days after electron-beam treatment.
C, control. M, Medium energy (2.5 MeV electron-beam accelerator). H, High energy (10 MeV electron-beam accelerator)

(7) 레드자이언트(Red Giant)

전자빔 에너지와 선량에 따라 장미 '레드자이언트'(Rosa hybrida 'Red Giant')의 절화수명에 미치는 영향을 조사하였다(표 3-4-7). 레드자이언트는 전반적으로 절화수명이 짧아 전자빔에 의한 효과를 판단할 수 없었다. 그러나, 이 품종 역시 2.5 MeV 100 Gy, 10 MeV 100 Gy에서 절화수명이 증가하는 경향을 보였다. 전자빔 선량이 높아질수록 생체중이 급격하게 감소하였고(그림 3-4-13), 개화가 제대로 이루어지지 못하여 화경이 감소하는 문제가 발생하였다(그림 3-4-14).

표 3-4-7. Effects of electron-beam on the postharvest quality of 'Red Giant' Rose

Treatment		Flower longevity (day)		Flower diameter (mm)		Flower color (ΔE^*ab) ^z	
Energy (MeV)	Irradiation dose (Gy)						
Control		5.00	ab ^y	82.1	a	3.5	bc
2.5	100	5.40	a	72.0	abc	3.7	bc
	200	5.20	ab	75.0	ab	5.3	abc
	400	4.80	ab	62.3	abc	4.6	abc
	600	5.00	ab	68.5	abc	7.0	abc
	800	4.60	ab	67.7	abc	4.9	abc
	1000	5.00	ab	57.4	bc	4.8	abc
	2000	4.60	ab	64.5	abc	7.4	ab
10	100	5.40	a	72.1	abc	2.8	c
	200	5.20	ab	72.8	abc	3.3	bc
	400	5.20	ab	63.6	abc	4.9	abc
	600	5.00	ab	51.7	c	7.0	abc
	800	4.60	ab	63.1	abc	8.1	a
	1000	4.80	ab	62.6	abc	6.8	abc
	2000	4.40	b	68.5	abc	8.5	a
<i>F</i> -test		NS		NS		NS	

z) Color difference of petals taken on 4 days after treatment.

y) Duncan's multiple range test within columns for each experiment, P = 0.05.

NS Non-significant.

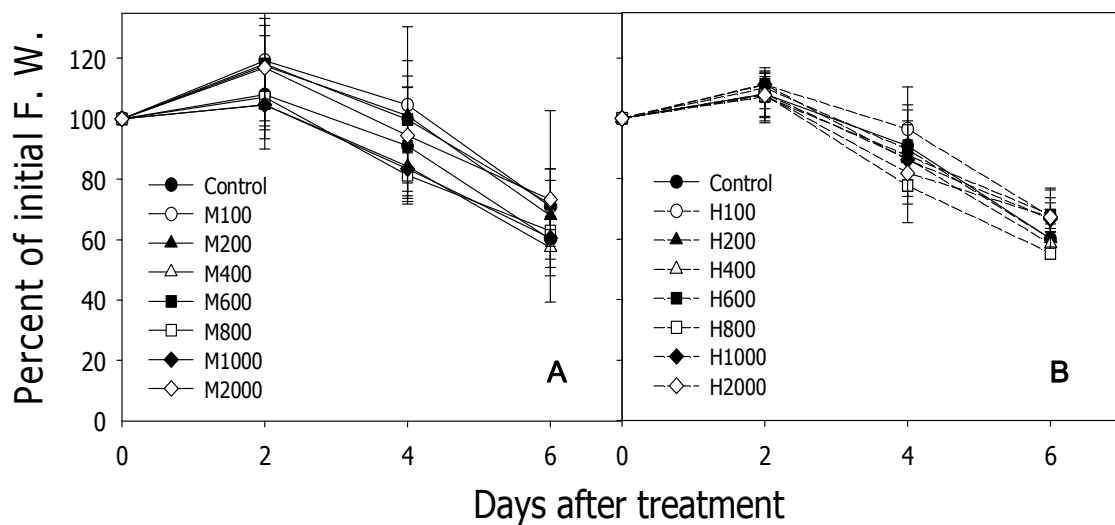


그림 3-4-13. Effect of 2.5 MeV (A) and 10 MeV (B) electron-beam on the fresh weight of 'Red Giant' Rose.

Date are means of five replications \pm S.D.



그림 3-4-14. Visual appearance of 'Red Giant' Rose flowers 4 days after electron-beam treatment. C, control. M, Medium energy (2.5 MeV electron-beam accelerator). H, High energy (10 MeV electron-beam accelerator)

(8) 리디아(Lydia)

전자빔 선량이 장미 ‘리디아’(Rosa hybrida 'Lydia')의 절화수명에 미치는 영향을 조사하였다(표 3-4-8). 리디아의 경우 2.5 MeV 400 Gy 이하에서 대조구와 절화수명이 비슷하였다. 전자빔 선량이 높아질수록 생체중이 감소하였으나(그림 3-4-15 A), 개화에는 영향을 미치지 않았다.

표 3-4-8. Effects of electron-beam on the postharvest quality of 'Lydia' Rose

Treatment		Flower longevity (day)	Flower diameter (mm)		Flower color (ΔE^*ab) ^z		
Energy (MeV)	Irradiation dose (Gy)						
Control		7.00	a ^y	23.2	ab	4.1	ab
2.5	100	6.80	a	20.6	b	2.8	b
	200	6.67	a	20.6	b	3.4	ab
	400	6.80	a	20.7	b	3.2	b
	600	5.80	a	20.6	b	3.4	ab
	800	6.60	a	21.6	ab	2.7	b
	1000	5.60	a	20.0	b	6.1	a
	2000	5.40	a	25.1	a	4.9	ab
<i>F</i> -test		NS		NS		NS	

^zColor difference of petals taken on 4 days after treatment.

^yDuncan's multiple range test within columns for each experiment, $P = 0.05$.

^{NS}Nonsignificant.

(9) 러블리리디아(Lovely Lydia)

전자빔 선량이 장미 ‘러블리리디아’(Rosa hybrida 'Lovely Lydia')의 절화수명에 미치는 영향을 조사하였다(표 3-4-9). 러블리 리디아 역시 2.5 MeV 400 Gy 이하에서 대조구와 절화수명이 비슷하였으며, 전자빔 선량이 높아질수록 생체중이 감소하였으나(그림 3-4-15 B), 개화에는 영향을 미치지 않았다.

표 3-4-9. Effects of electron-beam on the postharvest quality of 'Lovely Lydia' Rose

Treatment		Flower longevity (day)		Flower diameter (mm)		Flower color (ΔE^*ab) ^z	
Energy (MeV)	Irradiation dose (Gy)						
Control		6.40	ab ^y	18.35	a	6.1	b
2.5	100	6.50	a	18.02	a	4.4	b
	200	6.00	ab	16.20	a	4.6	b
	400	6.40	ab	16.27	a	5.2	b
	600	5.80	ab	16.45	a	6.6	b
	800	5.00	ab	15.72	a	6.0	b
	1000	4.60	b	16.57	a	9.9	ab
	2000	4.80	ab	16.00	a	13.3	a
<i>F</i> -test		NS		NS		*	

z) Color difference of petals taken on 4 days after treatment.

y) Duncan's multiple range test within columns for each experiment, P = 0.05.

NS, *Nonsignificant or significant at P = 0.05 level, respectively.

(11) 자나(Jana)

전자빔 선량이 장미 '자나'(Rosa hybrida 'Jana')의 절화수명에 미치는 영향을 조사하였다(표 3-4-10). 2.5 MeV 200 Gy 이하에서 대조구와 절화수명이 비슷하였으며, 전자빔 선량이 높아질수록 생체중이 감소하였다(그림 3-4-15 C).

표 3-4-10. Effects of electron-beam on the postharvest quality of 'Jana'

Treatment		Flower longevity (day)		Flower diameter (mm)		Flower color (ΔE^*ab) ^z	
Energy (MeV)	Irradiation dose (Gy)						
Control		8.5	ab ^y	20.8	a	3.9	b
2.5	100	8.8	a	20.0	a	3.3	b
	200	8.0	ab	17.6	a	3.8	b
	400	6.3	bc	20.9	a	4.3	ab
	600	6.8	abc	21.3	a	4.7	ab
	1000	5.6	c	20.2	a	4.9	ab
	2000	4.8	c	18.5	a	7.5	a
<i>F</i> -test		**		NS		NS	

z) Color difference of petals taken on 4 days after treatment.

y) Duncan's multiple range test within columns for each experiment, P = 0.05.

NS, **Nonsignificant or significant at P = 0.01 level, respectively.

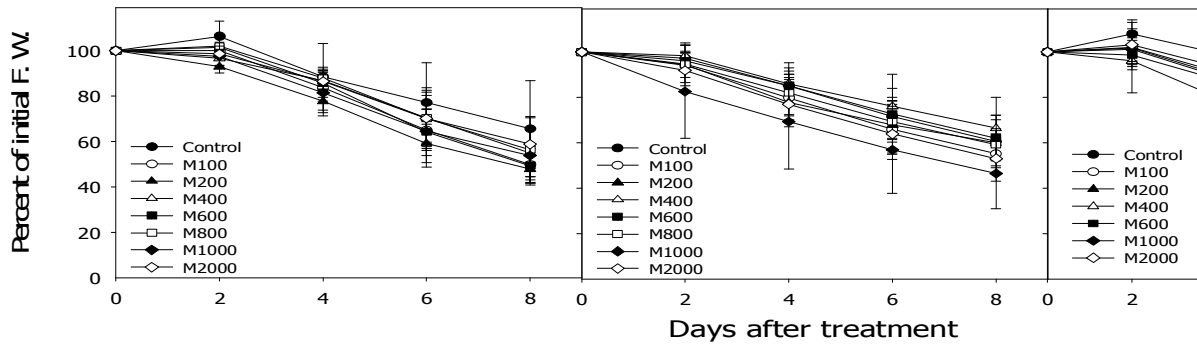


그림 3-4-15. Effect of 2.5 MeV electron-beam on the fresh weight of 'Lydia' (A), 'Lovely Lydia' (B), 'Jana' (C) Roses.
Date are means of five replications \pm S.D.

나. 국화

(1) 백마(Baekma)

전자빔 에너지와 선량에 따라 국화 '백마'(Dendranthema grandiflorum 'Baekma')의 절화수명에

표 3-4-11. Effects of electron-beam on the postharvest quality of 'Baekma' Chrysanthemum

Treatment		Flower longevity (day)		Flower diameter (mm)		Chlorophyll content (SPAD readout) ^z		Visual quality of leaves (1-5) ^y	
Energy (MeV)	Irradiation dose (Gy)								
Control		25.2	a ^x	80.41	c	60.9	a	5.0	a
2.5	100	24.0	ab	70.13	abc	56.3	ab	5.0	a
	200	24.8	a	93.80	a	59.8	a	5.0	a
	400	22.0	ab	81.61	ab	59.6	a	4.4	ab
	600	12.8	de	33.20	ef	50.6	bcd	3.5	bc
	800	16.8	cd	52.11	cdef	50.0	bcd	3.2	c
	1000	11.6	e	28.01	f	45.7	de	1.4	d
	2000	11.6	e	39.60	def	45.7	de	1.0	d
10	100	25.2	a	79.76	ab	60.9	a	5.0	a
	200	22.0	ab	76.53	abc	57.5	a	5.0	a
	400	20.0	bc	73.17	abc	54.0	abc	5.0	a
	600	16.0	cd	57.26	bcde	54.2	abc	4.2	abc
	800	16.0	cd	59.76	bcd	55.2	abc	4.0	abc
	1000	10.8	e	27.61	f	48.6	cde	1.6	d
	2000	11.6	e	42.98	def	42.5	e	1.2	d
<i>F</i> -test		****		****		****		****	

z) Leaf chlorophyll content 6 days after treatment.

y) Based on a scale of 1 to 5 and taken on 8 days after treatment. 1=very poor quality (not acceptable, severe leaf necrosis or yellowing, not marketable); 2=poor quality (not acceptable, large areas of necrosis or yellowing, poor form, not marketable); 3=fair quality (marginally acceptable, somewhat desirable form and color); 4=good quality (very acceptable, nice color without yellowing, good form, marketable); 5=excellent.

x) Duncan's multiple range test within columns for each experiment, $P = 0.05$.

****Significant at $P = 0.0001$ level.

미치는 영향을 조사하였다(표 3-4-11). 절화수명은 2.5 MeV 400 Gy, 10 MeV 400 Gy 이하에서 대조구와 비슷하였으며, 600 Gy 이상에서는 화경, 엽록소 함량, 잎의 관상가치가 감소하였다. 생체중 역시 전자빔 조사선량이 높아질수록 급격하게 감소하였으며(그림 3-4-16), 수분흡수율이 감소하면서 꽃잎이 벌어지지 않는 문제가 발생하였다(그림 3-4-17). 따라서, 2.5 MeV 400 Gy, 10 MeV 400 Gy 이하까지 전반적인 절화품질이 유지되는 것으로 판단하였다.

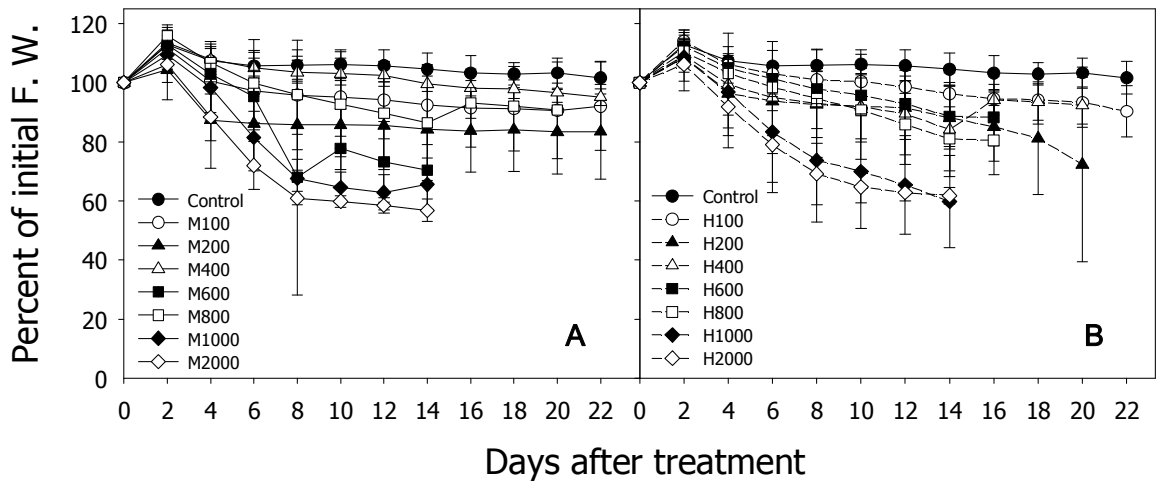


그림 3-4-16. Effect of 2.5 MeV (A) and 10 MeV (B) electron-beam on the fresh weight of 'Baekma' Chrysanthemum.
Date are means of five replications \pm S.D.



그림 3-4-17. Visual appearance of 'Baekma' Chrysanthemum flowers 14 days after electron-beam treatment.
C, control. M, Medium energy (2.5 MeV electron-beam accelerator). H, High energy (10 MeV electron-beam accelerator)

(2) 델몬트(Delmonte)

전자빔 선량이 국화 ‘델몬트’(*Dendranthema grandiflorum* ‘Delmonte’)의 절화수명에 미치는 영향을 조사하였다(표 3-4-12). 절화수명은 10 MeV 600 Gy 이하에서 대조구와 비슷하게 유지되거

나 길어졌다. 개화율 역시 전자빔 선량이 높아질수록 감소하는 경향을 보였으나 1000 Gy 이하에서 대조구와 비슷하거나 높게 유지되었다. 전자빔 처리 후 16일째에 노화한 꽃의 비율을 측정한 결과 처리간 차이가 없었다. 생체중은 전자빔 선량이 높아질수록 급격하게 감소하였다(그림 3-4-18). 이러한 결과를 종합하여 볼 때, 국화 ‘델몬트’는 10 MeV 600 Gy 이하까지 전반적인 절화품질이 유지되어 전자빔에 대한 감수성이 낮은 것으로 판단하였다(그림 3-4-19).

표 3-4-12. Effects of electron-beam on the postharvest quality of ‘Delmonte’ Chrysanthemum

Treatment		Flower longevity (day)		Flowering rate (%)		Flower senescence (%) ^z	
Energy (MeV)	Irradiation dose (Gy)						
Control		24.0	a ^y	85.0	a	18.6	a
10	100	24.4	a	86.3	a	14.6	a
	150	24.2	a	81.0	a	14.4	a
	200	24.0	a	84.8	a	17.8	a
	400	23.8	a	78.3	a	17.2	a
	600	23.8	a	81.8	a	16.8	a
	800	21.2	b	81.6	a	17.2	a
	1000	21.4	b	71.7	a	13.2	a
	2000	18.8	c	46.2	b	15.0	a
<i>F</i> -test		***		***		NS	

z) Rate of flower senescence on 16 days after treatment.

y) Duncan's multiple range test within columns for each experiment, P = 0.05.

NS, ***Nonsignificant or significant at P = 0.001 level, respectively.

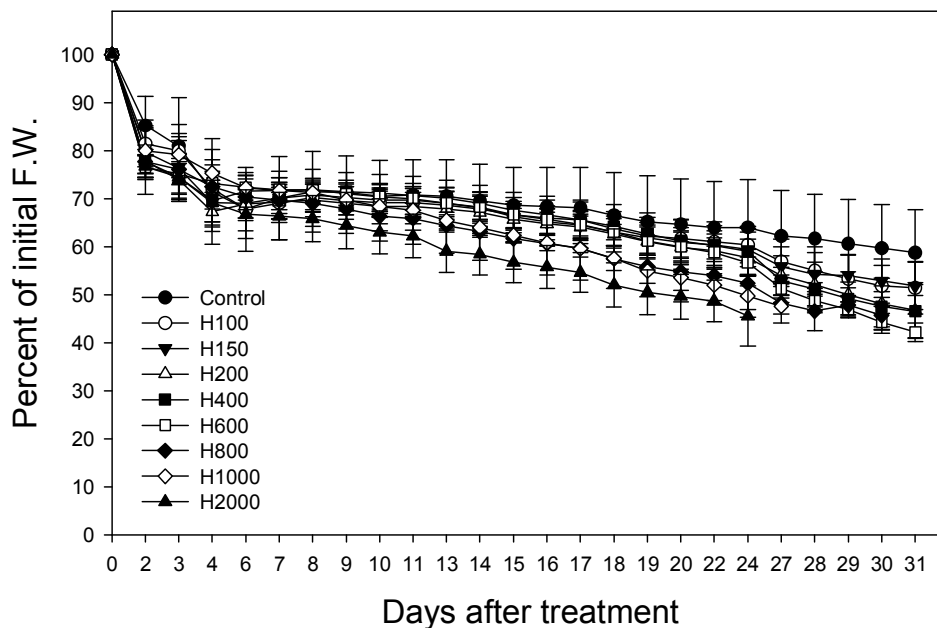


그림 3-4-18. Effect of 10 MeV electron-beam on the fresh weight of ‘Delmonte’ Chrysanthemum.

Data are means of five replications ± S.D.



그림 3-4-19. Visual appearance of 'Delmonte' Chrysanthemum 2 days after electron-beam treatment.
C, control. H, High energy (10 MeV electron-beam accelerator).

다. 백합

(1) 시베리아(Siberia)

전자빔 에너지와 선량에 따라 오리엔탈나리 '시베리아'(Lilium Oriental Hybrid 'Siberia')의 절화수명에 미치는 영향을 조사하였다(표 3-4-13). 절화수명은 2.5 MeV 400 Gy, 10 MeV 400 Gy 이하에서 대조구와 비슷하였으며, 특히 10 MeV 100 Gy에서 효과적으로 연장되었다. 엽록소 함량, 잎의 관상가치는 800 Gy 이상에서 감소하였으나, 화경은 600 Gy 이상부터 감소하기 시작하여 꽃잎이 벌어지지 않는 문제가 발생하였다. 생체중 역시 전자빔 조사선량이 높아질수록 급격하게 감소하여, 수분흡수율이 감소하였음을 알 수 있다(그림 3-4-20). 따라서, 2.5 MeV 400 Gy, 10 MeV 400 Gy 이하까지 전반적인 절화품질이 유지되는 것으로 판단하였다(그림 3-4-21).

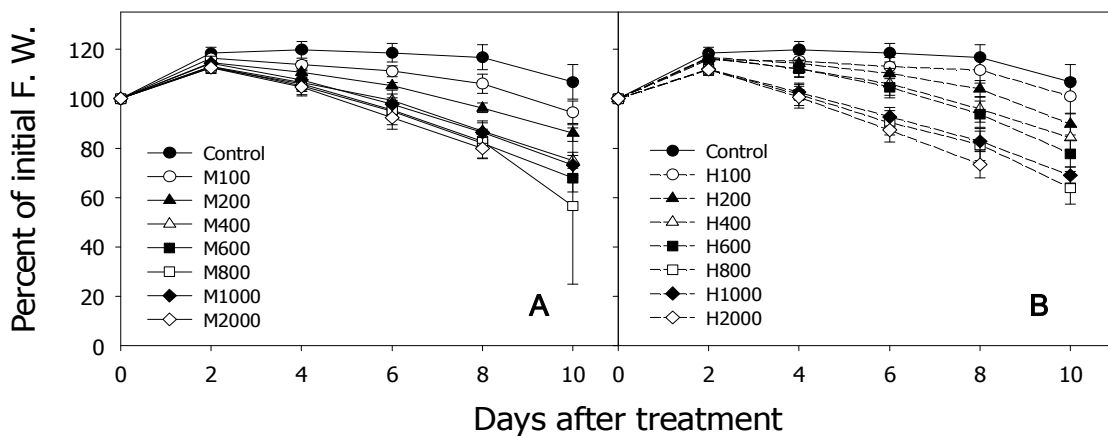


그림 3-4-20. Effect of 2.5 MeV (A) and 10 MeV (B) electron-beam on the fresh weight of 'Siberia' Lily.
Date are means of five replications \pm S.D.

표 3-4-13. Effects of electron-beam on the postharvest quality of 'Siberia'

Treatment		Flower longevity (day)		Flower diameter (mm)		Chlorophyll content (SPAD readout) ^z		Visual quality of leaves (1-5) ^y	
Energy (MeV)	Irradiation dose (Gy)								
Control		11.6	ab ^x	187.20	a	58.30	a	4.80	a
2.5	100	10.4	b	166.00	ab	37.37	cd	4.00	abc
	200	10.6	b	170.80	a	44.40	bcd	4.00	abc
	400	10.4	b	164.80	ab	41.97	cd	4.00	abc
	600	8.0	cd	135.07	bcd	36.40	cd	3.80	abc
	800	7.2	d	128.13	cde	40.75	cd	3.50	bc
	1000	6.8	de	96.48	df	37.15	cd	3.40	c
	2000	6.0	ef	42.20	g	40.45	cd	3.40	c
10	100	12.0	a	176.20	a	57.20	a	4.40	abc
	200	11.0	ab	177.60	a	55.00	ab	4.60	ab
	400	10.6	b	153.93	abc	49.53	abc	3.80	abc
	600	8.8	c	120.11	de	46.40	abcd	3.75	abc
	800	8.0	cd	111.23	def	38.06	cd	3.50	bc
	1000	7.2	d	84.57	f	39.13	cd	3.60	bc
	2000	5.2	f	42.47	g	35.23	d	3.60	bc
<i>F</i> -test		****		****		***		*	

z) Leaf chlorophyll content 4 days after treatment.

y) Based on a scale of 1 to 5 and taken on 4 days after treatment. 1=very poor quality (not acceptable, severe leaf necrosis or yellowing, not marketable); 2=poor quality (not acceptable, large areas of necrosis or yellowing, poor form, not marketable); 3=fair quality (marginally acceptable, somewhat desirable form and color); 4=good quality (very acceptable, nice color without yellowing, good form, marketable); 5=excellent.

x) Duncan's multiple range test within columns for each experiment, P = 0.05.

*, **, ****Significant at P = 0.05, 0.001, or 0.0001 level, respectively.



그림 3-4-21. Visual appearance of 'Siberia' Lily flowers 4 days after electron-beam treatment. C, control. M, Medium energy (2.5 MeV electron-beam accelerator). H, High energy (10 MeV electron-beam accelerator).

(2) 오거스타(Augusta)

전자빔 에너지와 선량에 따라 나팔나리 ‘오거스타’(Lilium longiflorum 'Augusta')의 절화수명에 미치는 영향을 조사하였다(표 3-4-14). 절화수명은 2.5 MeV 400 Gy, 10 MeV 400 Gy 이하에서 대조구와 비슷하였으며, 특히 2.5 MeV 100, 200 Gy에서 효과적이었다. 엽록소 함량, 잎의 관상가치는 600 Gy 이상에서 감소하였으며, 화경은 400 Gy에서 약간 감소하였으나 나팔나리 화형의 특성상 관상가치가 있다고 판단하였다. 생체중 역시 전자빔 조사선량이 높아질수록 급격하게 감소하였다(그림 3-4-22). 따라서, 2.5 MeV 400 Gy, 10 MeV 400 Gy 이하까지 전반적인 절화품질이 유지되는 것으로 판단하였다(그림 3-4-23).

표 3-4-14. Effects of electron-beam on the postharvest quality of 'Augusta' Lily.

Treatment		Flower longevity		Flower diameter		Chlorophyll content		Visual quality of leaves	
Energy (MeV)	Irradiation dose (Gy)	(day)	(day)	(mm)	(mm)	(SPAD readout) ^z	(SPAD readout) ^z	(1-5) ^y	(1-5) ^y
Control		10.2	ab ^x	105.73	a	58.05	a	5.0	a
2.5	100	10.6	a	95.66	a	54.76	ab	5.0	a
	200	10.6	a	94.25	ab	54.94	ab	5.0	a
	400	9.2	abc	68.92	cd	51.48	abcd	4.2	ab
	600	9.0	bc	47.14	e	48.22	bcde	3.8	b
	800	8.2	c	25.12	f	43.98	efg	3.0	c
	1000	6.8	d	8.34	fg	39.34	g	2.0	d
	2000	6.8	d	0.00	g	39.32	g	1.2	e
10	100	9.0	bc	93.15	ab	54.17	abc	5.0	a
	200	9.2	abc	86.49	abc	54.05	abc	4.6	ab
	400	9.2	abc	72.31	bc	54.65	ab	4.4	ab
	600	8.8	bc	49.25	de	47.26	cdef	3.8	b
	800	8.6	c	27.79	ef	45.34	defg	3.0	c
	1000	6.8	d	11.83	fg	45.20	defg	2.4	cd
	2000	6.8	d	0.00	g	40.90	fg	1.2	e
<i>F</i> -test		****		****		****		****	

z) Leaf chlorophyll content 4 days after treatment.

y) Based on a scale of 1 to 5 and taken on 6 days after treatment. 1=very poor quality (not acceptable, severe leaf necrosis or yellowing, not marketable); 2=poor quality (not acceptable, large areas of necrosis or yellowing, poor form, not marketable); 3=fair quality (marginally acceptable, somewhat desirable form and color); 4=good quality (very acceptable, nice color without yellowing, good form, marketable); 5=excellent.

x) Duncan's multiple range test within columns for each experiment, P = 0.05.

****Significant at P = 0.0001 level.

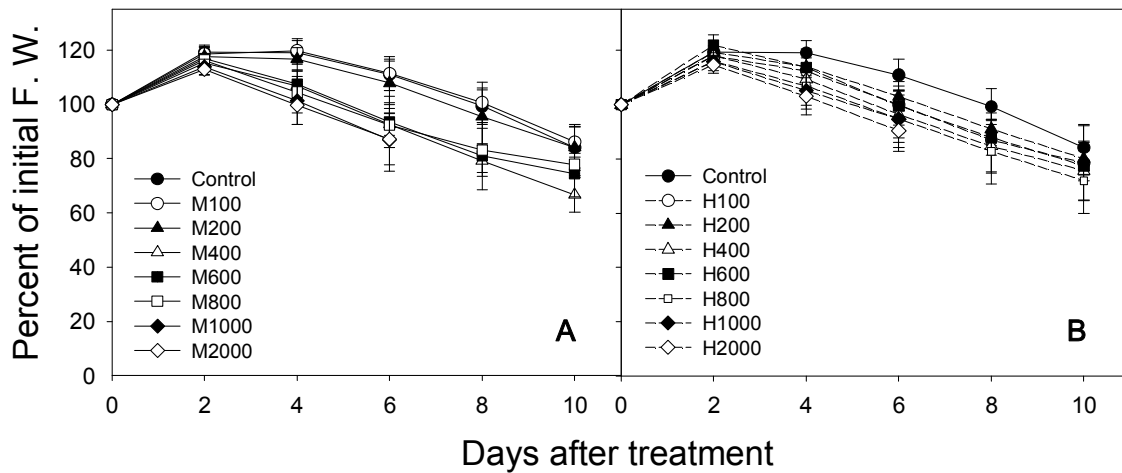


그림 3-4-22. Effect of 2.5 MeV (A) and 10 MeV (B) electron-beam on the fresh weight of 'Augusta' Lily.
Date are means of five replications \pm S.D.

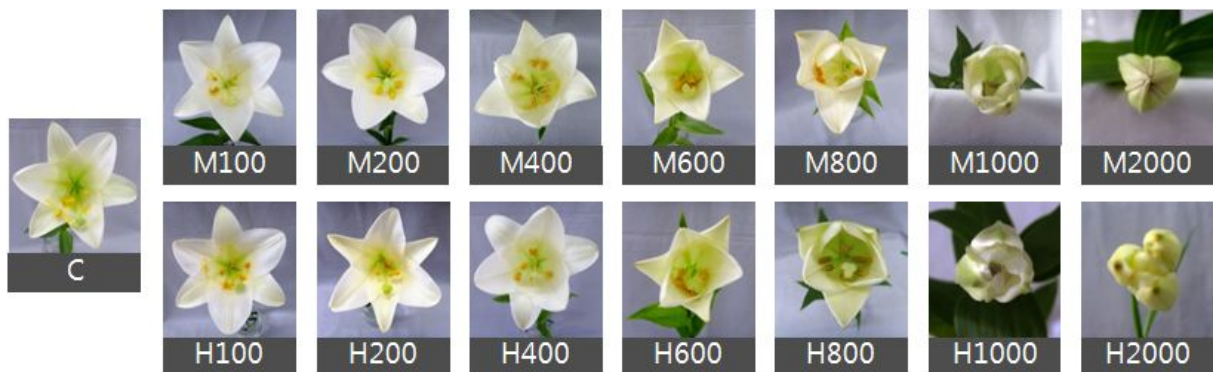


그림 3-4-23. Visual appearance of 'Augusta' Lily flowers 6 days after electron-beam treatment.
C, control. M, Medium energy (2.5 MeV electron-beam accelerator). H, High energy (10 MeV electron-beam accelerator).

라. 카네이션

전자빔 에너지와 선량에 따라 카네이션 ‘몬테주마’(*Dianthus caryophyllus* 'Montezuma')의 절화수명에 미치는 영향을 조사하였다(표 3-4-15). 절화수명은 2.5 MeV 600 Gy, 10 MeV 400 Gy 이하에서 대조구와 비슷하였으며, 특히 2.5 MeV 100, 200 Gy, 10 MeV 100 Gy에서 효과적으로 연장되었다. 생체중은 전자빔 조사 선량에 관계없이 대조구와 비슷한 양상을 보였으며, 2.5 MeV 200 Gy에서는 오히려 더디게 감소하였다(그림 3-4-24). 카네이션의 경우 수분흡수에는 문제가 없는 것으로 보였으며, 전자빔에 의해 꽃잎이 벌어지지 않는 문제는 발생하지 않았다. 이러한 결과를 보았을 때 2.5 MeV 600 Gy, 10 MeV 400 Gy 이하까지 전반적인 절화품질이 유지되는 것으로 판단하였다(그림 3-4-25).

표 3-4-15. Effects of electron-beam on the postharvest quality of 'Montezuma' Carnation.

Treatment		Flower longevity (day)	Flower diameter (mm)		Flower color (ΔE^*ab) ^z		Visual quality of flowers (1-5) ^y		
Energy (MeV)	Irradiation dose (Gy)								
Control		14.0	bcd ^x	74.6	ab	4.29	ab	2.60	abc
2.5	100	15.6	ab	75.9	ab	3.44	ab	3.40	abc
	200	17.5	a	76.7	ab	4.19	ab	4.25	a
	400	14.0	bcd	73.4	b	4.95	ab	2.25	bc
	600	14.0	bcd	76.2	ab	3.51	ab	3.00	abc
	800	12.0	cd	75.5	ab	5.29	a	2.00	bc
	1000	10.6	d	78.6	a	4.23	ab	2.20	bc
	2000	10.8	d	74.2	b	2.84	b	1.60	c
	10	100	15.2	abc	75.6	ab	4.32	ab	3.60	ab
200		13.0	bcd	75.4	ab	3.79	ab	2.67	abc
400		13.7	bcd	77.6	ab	4.71	ab	2.75	abc
600		11.4	d	73.6	b	4.56	ab	1.75	c
800		10.8	d	75.9	ab	4.41	ab	1.80	bc
1000		11.2	d	78.5	a	4.34	ab	1.80	bc
2000		11.2	d	75.4	ab	3.64	ab	2.00	bc
<i>F</i> -test		**		NS		NS		*	

z) Color difference of petals taken on 6 days after treatment.

y) Based on a scale of 1 to 5 and taken on 12 days after treatment. 1=very poor quality (not acceptable, severe wilting or discoloration, not marketable); 2=poor quality (not acceptable, large areas of necrosis or discoloration, poor form, not marketable); 3=fair quality (marginally acceptable, somewhat desirable form and color); 4=good quality (very acceptable, nice color without yellowing, good form, marketable); 5=excellent.

x) Duncan's multiple range test within columns for each experiment, P = 0.05.

NS, *, **Nonsignificant or significant at P = 0.05 or 0.01 level, respectively.

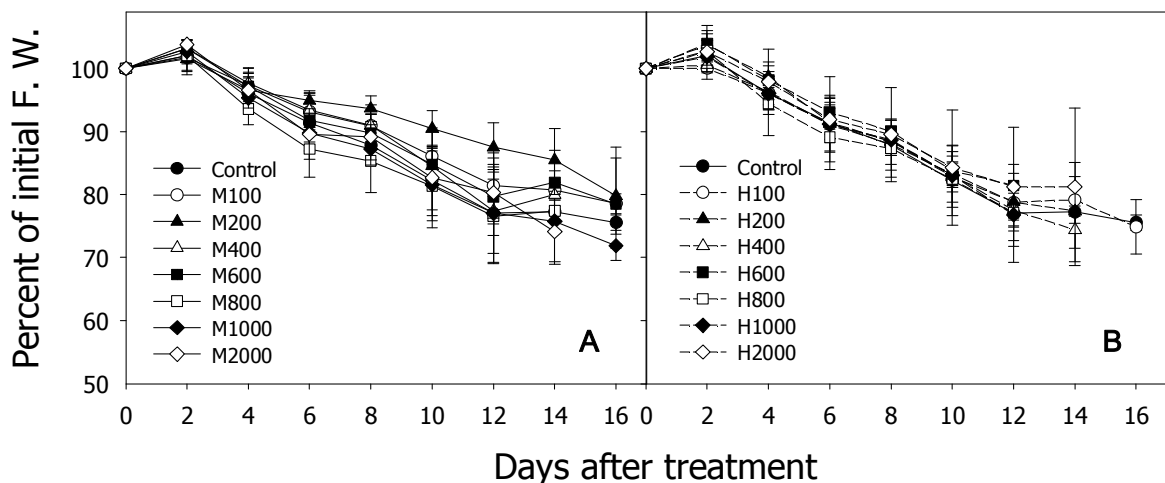


그림 3-4-24. Effect of 2.5 MeV (A) and 10 MeV (B) electron-beam on the fresh weight of 'Montezuma' Carnation.

Date are means of five replications \pm S.D.



그림 3-4-25. Visual appearance of 'Montezuma' Carnation flowers 10 days after electron-beam treatment.
C, control. M, Medium energy (2.5 MeV electron-beam accelerator). H, High energy (10 MeV electron-beam accelerator).

마. 꽃도라지

전자빔 에너지와 선량에 따라 꽃도라지 '로지나화이트'(Eustoma grandiflorum 'Rosina White')의 절화수명에 미치는 영향을 조사하였다(표 3-4-16). 절화수명은 2.5 MeV 800 Gy, 10 MeV 800 Gy 이하에서 대조구와 비슷하였으며, 특히 2.5 MeV 100, 200, 400 Gy, 10 MeV 100, 200 Gy에서 효과적으로 연장되었다. 생체중은 전자빔 조사 선량에 관계없이 대조구와 비슷한 양상을 보였으며, 카네이션과 마찬가지로 수분흡수에 문제가 없어 개화가 정상적으로 이루어졌다(그림

표 3-4-16. Effects of electron-beam on the postharvest quality of 'Rosina White' Lisianthus.

Treatment		Flower longevity		Flower diameter		Flower color	
Energy (MeV)	Irradiation dose (Gy)	(day)		(mm)		$(\Delta E^*ab)^z$	
Control		8.60	ab ^y	56.5	a	3.5	ab
2.5	100	9.25	a	57.8	a	3.0	ab
	200	9.25	a	57.0	a	2.9	b
	400	9.25	a	54.2	a	4.6	ab
	600	8.75	ab	57.1	a	3.8	ab
	800	8.50	ab	57.5	a	5.1	ab
	1000	6.75	b	59.9	a	6.1	ab
	2000	6.75	b	53.4	a	5.3	ab
10	100	9.60	a	51.6	a	2.9	ab
	200	9.40	a	55.6	a	3.0	ab
	400	8.80	ab	55.2	a	5.3	ab
	600	8.75	ab	55.1	a	3.7	ab
	800	8.00	ab	57.4	a	4.3	ab
	1000	7.50	ab	52.6	a	4.9	ab
	2000	7.75	ab	57.4	a	7.2	a
<i>F</i> -test		*		NS		NS	

z) Color difference of lisianthus petals 6 days after treatment.

y) Duncan's multiple range test within columns for each experiment, P = 0.05.

NS, *Nonsignificant or significant at P = 0.05 level, respectively.

3-4-26). 이러한 결과를 보았을 때 2.5 MeV 800 Gy, 10 MeV 800 Gy 이하까지 전반적인 절화품질이 유지되는 것으로 판단하였다(그림 3-4-27).

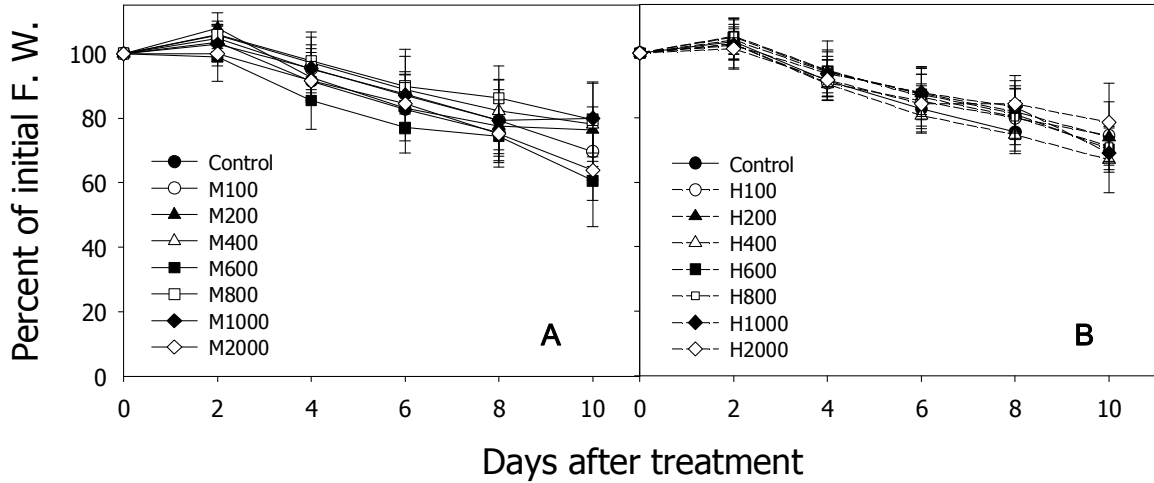


그림 3-4-26. Effect of 2.5 MeV (A) and 10 MeV (B) electron-beam on the fresh weight of 'Rosina White' Lisianthus.
Date are means of five replications \pm S.D.



그림 3-4-27. Visual appearance of 'Rosina White' Lisianthus flowers 8 days after electron-beam treatment.
C, control. M, Medium energy (2.5 MeV electron-beam accelerator). H, High energy (10 MeV electron-beam accelerator).

바. 스톡

전자빔 선량이 스톡 '글로리라벤더'(Matthiola incana 'Glory Lavender')의 절화수명에 미치는 영향을 조사하였다(표 3-4-17). 절화수명과 엽록소 함량은 2.5MeV 200Gy 이하에서 대조구와 비슷하게 유지되었으며, 개화율은 전자빔 선량이 높아질수록 감소하였으나 400Gy 이하에서 대조구와 비슷하였다. 생체중 역시 전자빔 선량이 높아질수록 급격하게 감소하였다(그림 3-4-28). 이러한 결과를 종합하여 볼 때, 스톡은 2.5MeV 200Gy 이하까지 전반적인 절화품질이 유지되어 전자빔에 대한 감수성이 높은 것으로 판단하였다(그림 3-4-29).

표 3-4-17. Effects of electron-beam on the postharvest quality of Stock.

Treatment		Flower longevity (day)	Chlorophyll content (SPAD readout) ^z		Flowering rate (%)		Flower senescence (%) ^y		
Energy (MeV)	Irradiation dose (Gy)								
Control		5.0	a ^x	50.1	a	85.3	a	41.8	d
2.5	100	5.4	a	54.1	a	81.4	ab	47.4	cd
	200	5.0	a	51.5	a	80.4	ab	54.0	c
	400	3.4	b	40.1	bc	79.3	abc	84.3	b
	600	3.2	b	38.8	bc	65.2	cd	94.5	a
	800	3.6	b	41.8	b	68.0	bcd	92.9	ab
	1000	3.0	b	35.7	c	70.4	bcd	100.0	a
	2000	3.0	b	29.8	d	58.3	d	100.0	a
	<i>F</i> -test		****		****		**		****

z) Leaf chlorophyll content 4 days after treatment.

y) Rate of flower senescence on 4 days after treatment.

x) Duncan's multiple range test within columns for each experiment, P = 0.05.

** , ****Significant at P = 0.01 or 0.0001 level, respectively.

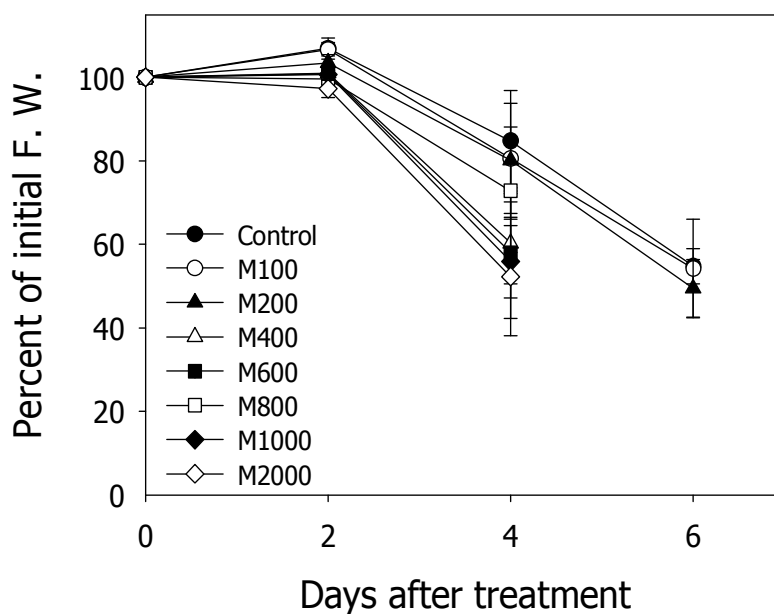


그림 3-4-28. Effect of 2.5 MeV electron-beam on the fresh weight of Stock. Date are means of five replications \pm S.D.



그림 3-4-29. Visual appearance of Stock 4 days after electron-beam treatment.
C, control. M, Medium energy (2.5 MeV electron-beam accelerator).

사. 화훼류의 전자빔 감수성

이러한 결과를 종합하여 볼 때, 대부분의 절화에서 400 Gy를 기준으로 감수성을 구분할 수 있었다. 장미의 경우 품종에 따라 전자빔 감수성이 다양하였는데 ‘레뷰’는 감수성이 낮았으며, ‘데코레이션’, ‘리디아’, ‘러블리리디아’는 보통, ‘엠세컨드러브’, ‘비비안’, ‘일세브론즈’, ‘퀸비’, ‘자나’는 감수성이 높았다. 스탠다드 타입 국화 ‘백마’의 경우 감수성이 보통이었으며, 스프레이 타입 국화 ‘델몬트’는 감수성이 낮았다. 오리엔탈나리 ‘시베리아’와 나팔나리 ‘오거스타’의 감수성도 보통이었다. 카네이션 ‘몬테주마’와 꽃도라지 ‘로지나화이트’는 전자빔 감수성이 낮아 600 Gy 이상에서도 절화 품질에 이상이 없었다. 십자화과 화훼류인 스톡 ‘글로리라벤더’는 전자빔 감수성이 높았다.

1.2 전자빔에 대한 수출 화훼류의 세포구조학적 평가

1.2.1 재료 및 방법

가. 장미 꽃잎 세포 표면 관찰

전자빔 조사에 따른 세포 표면 변화를 알아보기 위하여 장미 ‘비탈’(Rosa hybrida ‘Vital’) 꽃잎을 사용하였다. ‘비탈’ 장미는 10 MeV 전자가속기를 이용하여 200, 400, 1000 Gy 선량으로 조사하였으며, 전자빔을 조사한 장미 꽃잎은 고정, 포매, 코팅과 같은 전처리 과정을 거치지 않고 전계방출주사전자현미경(SUPRA 55VP, Carl Zeiss, Germany)을 이용하여 저진공에서 관찰하였다.

나. 백합 꽃잎 세포 표면 관찰

전자빔 조사에 따른 세포 표면 변화를 알아보기 위하여 오리엔탈나리 ‘시베리아’(Lilium Oriental Hybrid ‘Siberia’) 꽃잎을 사용하였다. ‘시베리아’ 백합은 10 MeV 전자가속기를 이용하여 2000 Gy 선량으로 조사하였으며, 전자빔 처리 후 9일에 외화피와 내화피를 구분하여 꽃잎 시료

를 채취한 후 전처리 과정과 백금코팅을 하였으며, 이후 전계방출주사전자현미경(SUPRA 55VP, Carl Zeiss, Germany)을 이용하여 관찰하였다.

다. 백합 꽃잎 세포 구조 관찰

전자빔 조사에 따른 세포 구조 변화를 알아보기 위하여 오리에탈나리 ‘시베리아’(Lilium Oriental Hybrid ‘Siberia’) 꽃잎을 사용하였다. ‘시베리아’ 백합은 10 MeV 전자가속기를 이용하여 2000 Gy 선량으로 조사하였으며, 전자빔 처리 후 9일에 외화피와 내화피를 구분하여 꽃잎 시료를 채취한 후 전처리 과정과 백금코팅을 하였으며, 초박편미세절단기(MTX, RMC, USA)를 이용하여 절편을 만든 후 투과전자현미경(JEM1010, JEOL, Japan)을 이용하여 관찰하였다.

1.2.2 실험 결과

가. 장미 꽃잎 세포 표면 관찰

10 MeV 200, 400, 1000 Gy 전자빔 처리후 장미 비탈(Rosa hybrida 'Vital') 꽃잎 세포의 표면을 관찰하였다. 그림 3-4-30은 전자빔 조사 당일에 꽃잎 앞면(adaxial)을 관찰한 결과이다. 꽃잎 시료는 고정, 코팅과 같은 전처리 과정을 거치지 않고 주사전자현미경을 이용하여 저진공에서 관찰하였음에도 불구하고, 높은 해상도를 보여주었다. 조사 당일에는 전자빔 선량에 따른 세포 표면의 차이를 볼 수 없었다.

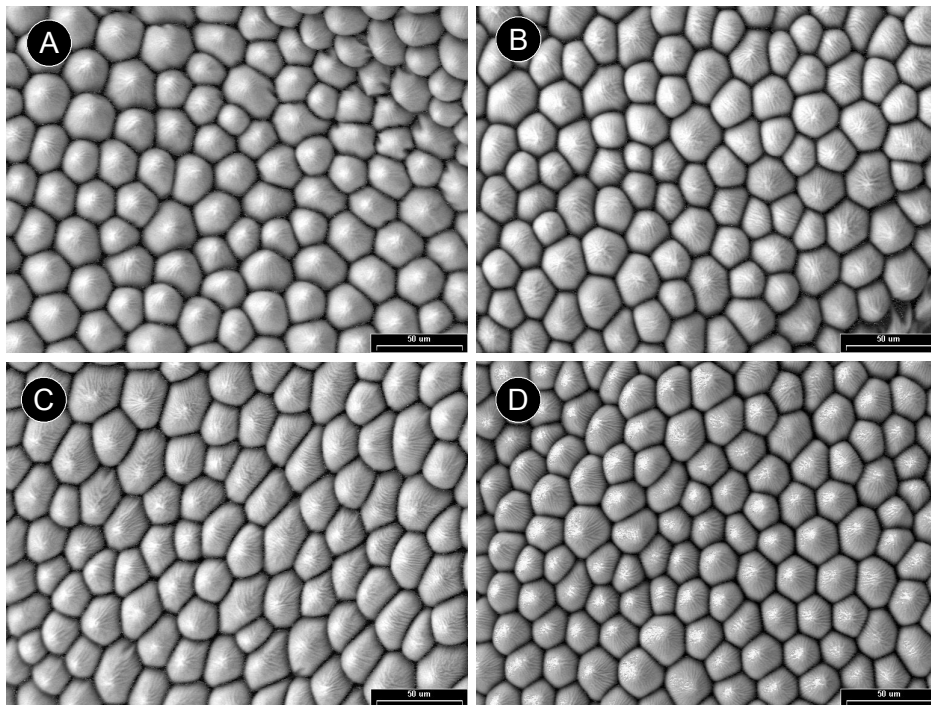


그림 3-4-30. SEM (Scanning electron micrographs) images ($\times 500$) of adaxial epidermis of rose petal after electron-beam treatment.

A, Electron-beam unirradiated petal cells. B, 200 Gy irradiated petal cells. C, 400 Gy irradiated petal cells. D, 1000 Gy irradiated petal cells. Bar = 50 μ m.

<그림 3-4-31>은 전자빔 조사 5일 후에 장미 꽃잎 앞면(adaxial)을 관찰한 결과이다. 전처리 과정 없이 꽃잎 시료를 주사전자현미경을 이용하여 저진공에서 관찰하였다. 대조구와 10 MeV 200, 400 Gy 처리구는 조사 당일과 차이를 보이지 않았으나, 10 MeV 1000 Gy를 처리한 꽃잎 세포는 팽압이 약간 손실되었음을 볼 수 있다.

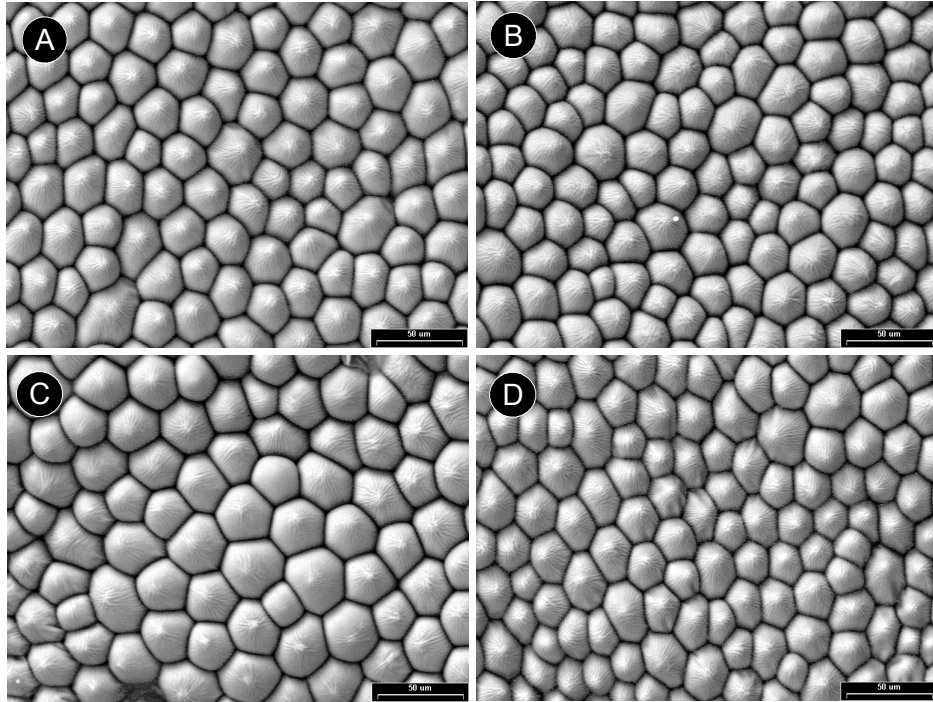


그림 3-4-31. SEM images ($\times 500$) of adaxial epidermis of rose petal 5 days after electron-beam treatment.

A, Electron-beam unirradiated petal cells. B, 200 Gy irradiated petal cells. C, 400 Gy irradiated petal cells. D, 1000 Gy irradiated petal cells. Bar = $50\mu\text{m}$.

나. 백합 꽃잎 세포 표면 관찰

10 MeV 2000 Gy 전자빔 조사후 오리엔탈나리 ‘시베리아’(Lilium Oriental Hybrid ‘Siberia’) 꽃잎 세포의 표면을 관찰하였다. 그림 3-4-32은 전자빔 조사 9일 후에 꽃잎 뒷면(adaxial)을 관찰한 결과이다. 꽃잎 시료는 전처리 과정과 백금코팅을 거쳐 전계방출주사전자현미경을 이용하여 관찰하였다. A와 B는 대조구의 모습이고, C와 D는 10 MeV 2000 Gy를 처리한 외화피의 모습이다. 2000 Gy를 처리한 백합의 경우 봉오리가 벌어지지 않고 노화의 과정을 거치는데, E와 F는 봉오리 내부에 쌓여 있었던 내화피의 모습이다. 대조구의 꽃잎 세포는 비교적 균일한 형태를 하고 있었고, 세포를 확대해 보아도 정상적인 모습을 하고 있었다. 반면, 2000 Gy를 처리한 외화피의 표면은 심하게 울퉁불퉁하였으며, 세포간극이 붕괴된 모습을 볼 수 있었다. 세포를 확대해 보면 세포 팽압이 소실되어 세포의 모양이 변형된 모습을 볼 수 있었다. 2000 Gy를 처리한 내화피의 경우에도 세포간극이 벌어졌으며, 세포 팽압이 소실된 모습을 볼 수 있었다.

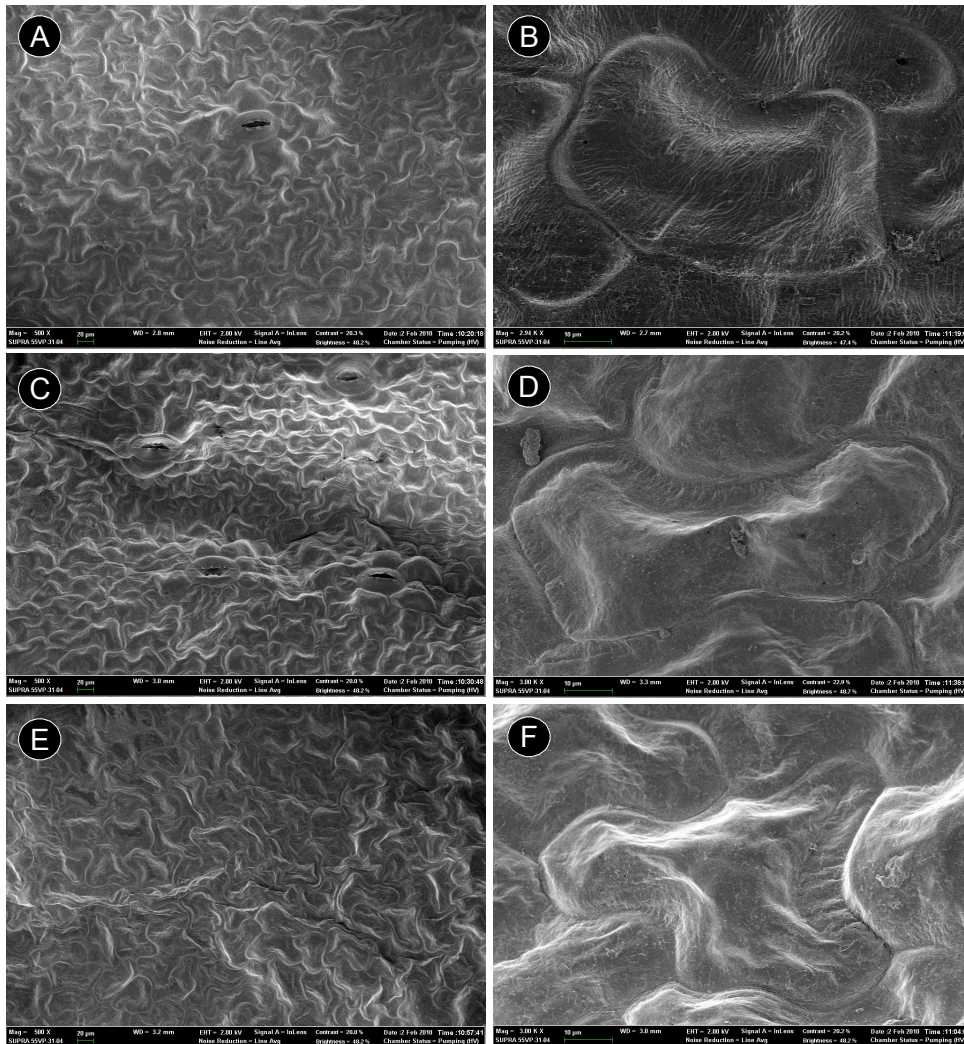


그림 3-4-32. SEM images of abaxial epidermis of lily flower 9 days after electron-beam treatment. (A, B: Electron-beam unirradiated outer perianth cells. C, D: 2000 Gy irradiated outer perianth cells. E, F: 2000 Gy irradiated inner perianth cells. A, C, E: $\times 500$, bar = $20\mu\text{m}$. B, D, F: $\times 3000$, bar = $10\mu\text{m}$)

다. 백합 꽃잎 세포 구조 관찰

<그림 3-4-33>은 전자빔 조사 9일 후에 오리엔탈나리 ‘시베리아’(Lilium Oriental Hybrid ‘Siberia’) 꽃잎 세포 내 구조를 관찰한 결과이다. A는 전자빔을 처리하지 않은 백합의 세포 모습이고, C는 10 MeV 2000 Gy 전자빔을 처리한 백합의 외화피 세포, D는 내화피 세포의 모습이다. 대조구의 꽃잎 세포에서는 세포벽과 원형질막이 안정적인 구조를 하고 있고, 세포내 소기관들도 정상적인 모양을 하고 있으며, 액포가 작게 분포하고 있었다. 반면, 2000 Gy를 처리한 백합의 외화피 세포의 경우 세포벽의 일부가 붕괴되었고, 세포의 대부분을 액포가 차지하고 있었으며, 세포내 소기관들의 막이 붕괴된 것을 볼 수 있었다. 전자빔을 처리한 내화피 세포의 경우에서도 세포내 소기관들의 모습을 관찰하기 어려웠는데, 세포내 소기관들은 변형되었고 세포벽쪽에 붙어있는 것을 볼 수 있었다. 따라서, 전자빔 조사에 의해 백합의 내화피와 외화피 모두 노화가 더욱 진전된 것을 알 수 있었다.

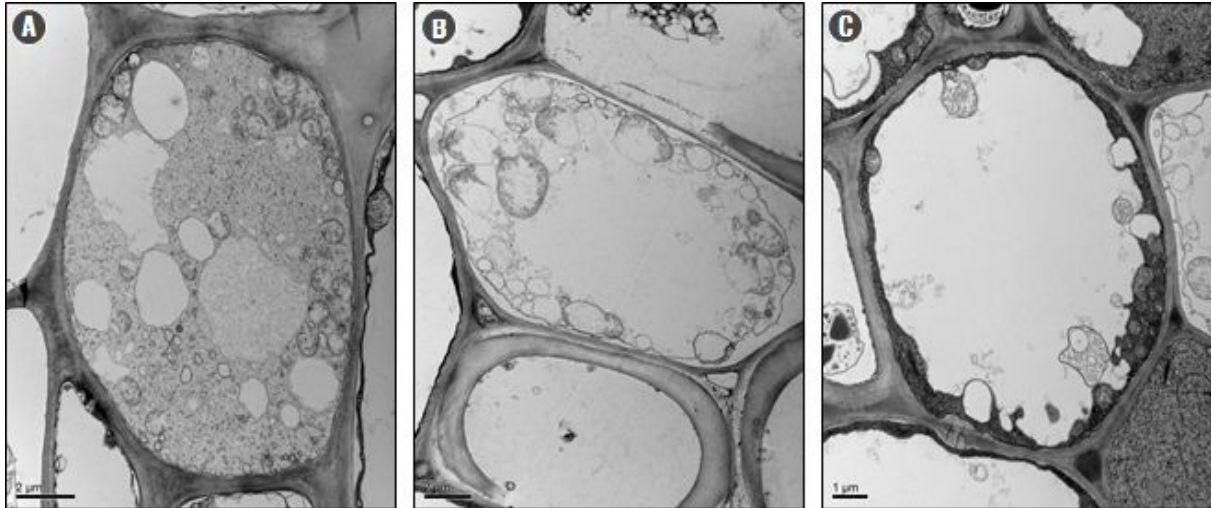


그림 3-4-33. TEM (Transmission electron micrographs) images of lily flower 9 days after electron-beam treatment.
 (A: Electron-beam unirradiated outer perianth cells. $\times 10,000$. B: 2000 Gy irradiated outer perianth cells. $\times 8000$. C: 2000 Gy irradiated inner perianth cells., bar = $20\mu\text{m}$)

1.3 보존용액 처리를 통한 수출 화훼류의 전자빔 처리후 회복을 평가

1.3.1 재료 및 방법

보존용액 처리를 통한 수출 화훼류의 전자빔 처리후 회복을 평가를 위해, 1차년도에서 감수성이 보통으로 나왔던 오리엔탈나리 '시베리아'(Lilium Oriental Hybrid 'Siberia')를 대상으로 실험하였다. 전자빔은 2.5 MeV 전자가속기를 이용하여 100, 200, 400, 800, 2000 Gy 선량으로 조사하였으며, 전자빔을 조사한 백합은 3 그룹으로 나누어, 첫 번째는 증류수에, 두 번째는 1% Chrysal professional No. 3 용액에, 세 번째는 1% Floralife 용액에 꽃아 이후의 품질 변화를 살펴 보았다. 측정항목은 생체중, 화경, 엽록소함량, 잎과 꽃상태, 절화수명을 살펴보았다.

1.3.2 실험 결과

전자빔 에너지와 선량에 따라 오리엔탈나리 '시베리아'의 전자빔 감수성을 실험한 1차년도 결과에서 '시베리아'는 2.5 MeV 400 Gy 이하에서 전반적인 절화품질이 높게 유지되었으나, 일부에서 꽃잎이 완전히 벌어지지 않는 문제가 발생하였다. 이를 해결하기 위하여 전자빔 조사 후에 보존용액을 처리하여 봉오리 열림을 확실하게 할 수 있는지 알아보았다.

실험 결과 절화수명은 증류수에 꽃았을 경우 400 Gy 이하에서 대조구와 비슷하였으나, Chrysal professional No. 3과 Floralife와 같은 보존용액 처리시 800 Gy 이하에서 대조구와 차이가 없었다(표 3-4-18). 특히, 전자빔 100, 200 Gy 조사 후 Chrysal 보존용액을 처리하였을 때 절화수명이 효과적으로 연장되었다. 전자빔 조사 후 4일 뒤에 측정된 엽록소 함량 측정 결과 증류수 처리시 800 Gy 이하에서 대조구와 차이가 없었으며, 전자빔 200 Gy 이하 조사 후 보존용액 처리시 엽록소 함량이 높게 유지되었다. 증류수 처리시 200 Gy 이하에서 화경이 대조구와

차이가 없었으며 400 Gy에서 다소 감소하였으나, Chrysal 처리구에서 400 Gy까지 안정적으로 개화하는 것을 확인하였으며, Floralife 처리구는 증류수와 비슷한 결과를 보였다(표 3-4-18, 그림 3-4-34). 생체중은 전자빔 조사선량이 높아질수록 급격하게 감소하여 수분흡수율이 감소하였음을 알 수 있는데, 보존용액 처리시 대조구에 비해 생체중이 서서히 감소하였고, 이러한 양상은 Chrysal 처리구에서 효과적이었다(그림 3-4-35).

이러한 결과를 종합하여 볼 때, 보존용액 처리시 전자빔 조사선량이 높아짐에 따라 발생하였던 절화수명 단축, 개화 불량, 엽록소 함량 감소 등의 문제점이 개선되었으며, 특히 Chrysal 처리구의 경우 400 Gy 이하의 선량에서 절화품질이 높게 유지되어 안정적으로 전자빔을 사용할 수 있을 것으로 판단하였다.

표 3-4-18. Effects of preservative solution and electron-beam on the postharvest quality of 'Siberia' Lily.

Treatment		Flower longevity		Flower diameter		Chlorophyll content		Visual quality of flowers		Visual quality of leaves	
Preservative solution	Irradiation dose (Gy)	(day)	(mm)	(SPAD readout) ^z	(1-5) ^y	(1-5) ^x					
Control		10.6	b ^w	188.5	a	71.2	abc	4.60	a	4.80	ab
D.W.	100	10.7	b	167.7	a	65.8	bcd	4.33	ab	5.00	a
	200	10.3	b	165.7	a	70.2	abc	4.33	ab	5.00	a
	400	10.0	bc	123.5	b	71.8	ab	3.67	bc	4.33	abcd
	800	9.3	c	62.2	c	67.3	bcd	2.67	d	4.00	bcd
	2000	6.0	d	33.2	cd	57.8	ef	1.00	e	2.00	e
Chrysal	100	11.8	a	187.6	a	71.2	abc	5.00	a	4.80	ab
	200	11.6	a	177.2	a	70.9	abc	4.80	a	4.60	abc
Professional No. 3	400	10.6	b	155.4	a	65.5	cd	4.40	ab	4.20	abcd
	800	10.0	bc	92.8	b	62.1	de	3.60	bc	3.60	d
	2000	6.0	d	6.5	de	52.7	f	1.00	e	1.60	e
Floralife	100	10.6	b	168.8	a	71.1	abc	4.80	a	4.60	abc
	200	10.4	b	173.6	a	75.5	a	4.60	a	4.60	abc
	400	10.4	b	117.1	b	67.0	bcd	3.40	cd	3.60	d
	800	10.0	bc	42.3	c	67.3	bcd	3.00	cd	3.80	cd
	2000	6.0	d	3.0	e	55.6	f	1.00	e	1.60	e
<i>F</i> -test		****		****		****		****		****	

z) Leaf chlorophyll content 4 days after treatment.

y) Based on a scale of 1 to 5 and taken on 8 days after treatment. 1=very poor quality (not acceptable, severe wilting or discoloration, not marketable); 2=poor quality (not acceptable, large areas of necrosis or discoloration, poor form, not marketable); 3=fair quality (marginally acceptable, somewhat desirable form and color); 4=good quality (very acceptable, nice color without yellowing, good form, marketable); 5=excellent.

x) Based on a scale of 1 to 5 and taken on 6 days after treatment. 1=very poor quality (not acceptable, severe leaf necrosis or yellowing, not marketable); 2=poor quality (not acceptable, large areas of necrosis or yellowing, poor form, not marketable); 3=fair quality (marginally acceptable, somewhat desirable form and color); 4=good quality (very acceptable, nice color without yellowing, good form, marketable); 5=excellent.

w) Duncan's multiple range test within columns for each experiment, P = 0.05.

****Significant at P = 0.0001 level.



그림 3-4-34. Visual appearance of 'Siberia' Lily flowers 6 days after electron-beam and preservative solution treatment. M, Medium energy (2.5 MeV electron-beam accelerator).

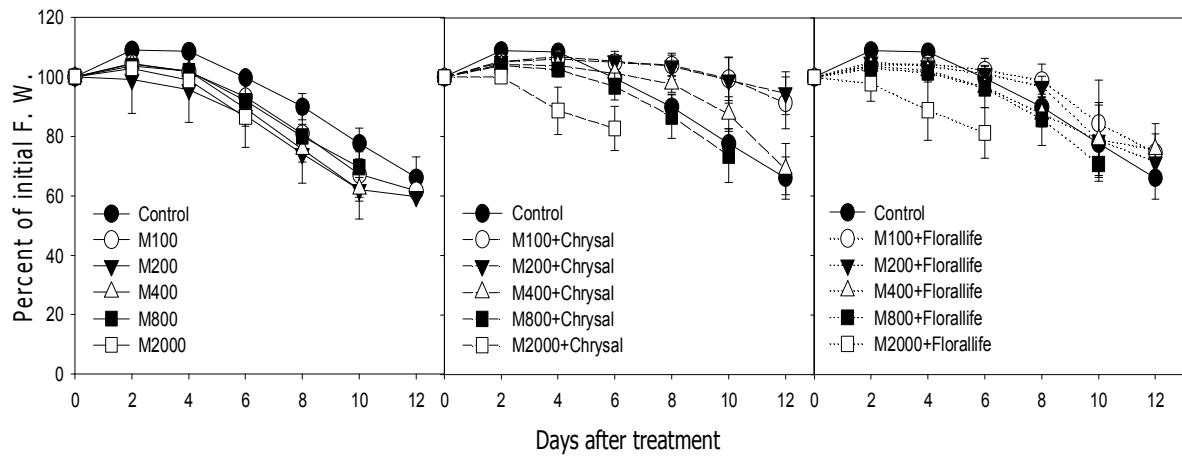


그림 3-4-35. Effects of 2.5 MeV electron-beam and preservative solution on the fresh weight of 'Siberia' Lily. Data are the means of five replications \pm S.D.

2. 수출 화훼류의 전자빔 살균기술 개발

2.1 전자빔에 대한 검역대상 병균의 감수성 평가

2.1.1 재료 및 방법

가. 포자 발아 실험

최근 절화 장미 수출에서 문제가 되고 있는 잣빛곰팡이병에 대한 전자빔 효과를 알아보기 위해, 대상 병균인 *Botrytis cinerea* 포자 현탁액에 전자빔을 조사하여 포자 발아를 살펴보았다. *Botrytis cinerea* 균주는 한국화학연구원에서 분양받아 사용하였다, 포자 현탁액(1×10^5 spore/ml)은 2.5 MeV, 10 MeV 전자가속기를 이용하여 100, 200, 400, 600, 800, 1000, 2000, 10000, 20000 Gy 선량으로 조사하였으며, 20°C 배양기에서 암조건으로 12시간 배양한 후 광학현미경($\times 300$)하에서 포자 발아를 측정하였다.

나. 균사 생장율 조사

전자빔 감수성 평가를 위해 *Botrytis cinerea* 균사 생장율을 조사하였다. *Botrytis cinerea* 균주는 한국화학연구원에서 분양받아 사용하였다. PDA 배지에 *Botrytis cinerea* 균사 절편(직경 8mm)을 치상한 후 2.5 MeV, 10 MeV 전자가속기를 이용하여 100, 200, 400, 600, 800, 1000, 2000, 10000, 20000 Gy 선량으로 조사하였으며, 20°C 배양기에서 암조건으로 4일간 배양한 후 균사 생장율을 측정하였다.

다. 온도에 따른 전자빔 효과 비교

온도에 따른 전자빔 효과를 비교하기 위해 *Botrytis cinerea* 균사 생장율을 조사하였다. *Botrytis cinerea* 균주는 한국화학연구원에서 분양받아 사용하였다. PDA 배지에 *Botrytis cinerea* 균사 절편(직경 8 mm)을 치상한 후, 10 MeV 전자가속기를 이용하여 400, 800 Gy 선량으로 조사하였으며, 10°C, 15°C, 20°C 배양기에서 암조건으로 6일간 배양하였다. 전자빔을 조사하지 않은 무처리구는 5°C, 10°C, 15°C, 20°C 배양기에서 암조건으로 6일간 배양하였으며, 매일 균사 생장율을 측정하였다. 각각의 배양온도에서 전자빔 조사에 의한 균사 생장 억제율은 다음과 같은 식에 따라 계산하였다.

$$\text{균사생장억제율(\%)} = (1 - \text{처리구의 균사생장량} / \text{무처리구의 균사생장량}) \times 100$$

라. 전자빔의 in vivo 살균활성 검증

전자빔을 조사한 잣빛곰팡이병균을 토마토 유묘에 접종하여 전자빔의 in vivo 살균활성을 검증하였다. 실험에 사용한 토마토 유묘는 4.5 cm 직경 플라스틱 포트에 파종하고 25±5°C 온실에서 재배하였다. 한국화학연구원에서 분양받은 잣빛곰팡이병균의 포자현탁액 농도를 5×10^5 개/ml로 조정 한 후, 포자현탁액을 10 MeV 전자가속기를 이용하여 200, 400, 1000, 2000, 10000 Gy 선량으로 조사하였다. 3주동안 재배한 4엽기 토마토 유묘를 turn 표 위에 놓고 회전시키면서 spray gun (1 kg/cm³)으로 식물체 전체에 골고루 전자빔을 조사한 포자현탁액을 분무하여 접종하였다. 접종한 토마토 유묘는 20°C 습실상(상대습도 95% 이상)에 넣어 7일동안 발병을 유도한 후 잎에

형성된 병반 면적율을 조사하였다. 방제효과는 다음과 같이 계산하였다.

$$\text{방제가(\%)} = (1 - \text{처리구의 병반면적율} / \text{무처리구의 병반면적율}) \times 100$$

2.1.2 실험 결과

가. 포자 발아 실험

*Botrytis cinerea*에 의한 잿빛곰팡이병은 전 세계적으로 널리 분포하며, 원예작물에 가장 일반적이고 가장 광범위하게 발생하는 중요 식물병의 하나이다. 특히 이 병은 열매를 비롯하여 잎, 가지, 꽃, 봉오리 등 생육 전반에 발생하여 여러 농작물에 막대한 피해를 일으킨다. 국내 절화장미 수출에서도 가장 문제가 되는 것이 바로 잿빛곰팡이병으로, 이 병균은 온도가 낮고 습도가 높은 환경에서 활동이 왕성하므로, 수출 포장 작업에서는 눈에 띄지 않다가 습식상자에 담겨 저온으로 수출되는 3~4일간의 유통과정에서 크게 발병되어 꽃잎 등에 문제를 일으키고 있다.

본 실험은 잿빛곰팡이병의 비화학적, 물리적 소독기술 개발을 위해 전자빔을 조사하고, 전자빔 에너지와 선량에 따른 *Botrytis cinerea*의 감수성 정도를 포자 발아율을 통해 비교하였다.

대조구의 포자발아율은 100%였으며, 전자빔 조사선량이 높아질수록 다소 감소하긴 했지만, 800 Gy 조사선량까지 2.5 MeV는 94.3%, 10 MeV는 94.6% 이상의 높은 발아율을 관찰할 수 있었다(그림 3-4-36). 그러나, 1000 Gy 이상부터 포자발아율이 감소하기 시작하여 2.5 MeV 2000 Gy 조사선량에서는 53.4%, 10 MeV 2000 Gy 조사선량에서는 52.1%까지 억제되었으며, 두 에너지 수준 모두 10000 Gy 이상에서는 포자발아가 완전히 억제되었다(그림 3-4-37, 38).

포자 발아 실험 결과, *Botrytis cinerea*의 포자 발아는 전자빔 에너지에 따른 차이는 없었으며, 조사선량이 높아지더라도 1000 Gy가 될 때까지 현저하게 억제되지 않음을 보여주었다. 하지만, 일반적으로 미생물의 방사선 감수성은 포자가 영양세포에 비해 저항성이 크다고 알려져 있기 때문에 이후 균사 성장 실험을 실시하였다.

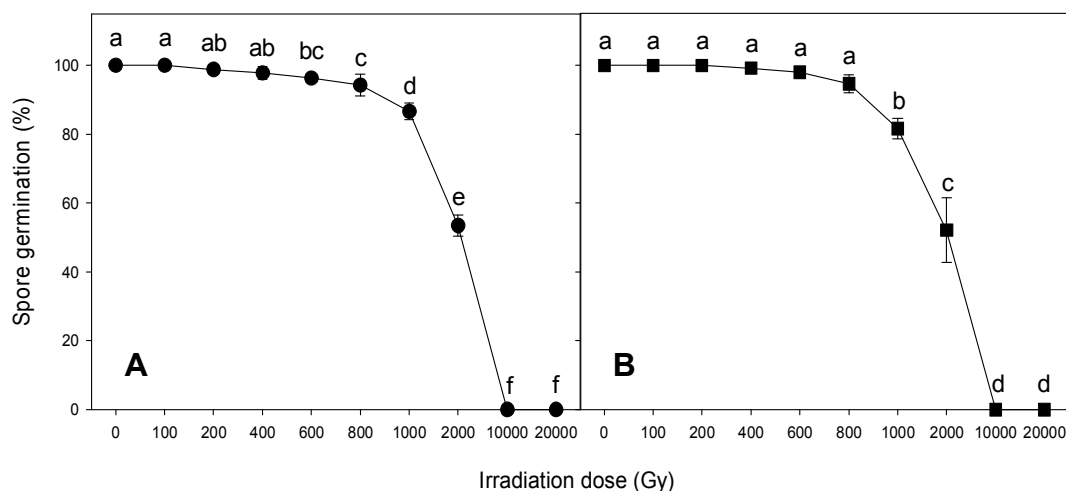


그림 3-4-36. Effect of 2.5 MeV (A) and 10 MeV (B) electron-beam on spore germination of *Botrytis cinerea* in potato dextrose broth. Data are the means of three replications \pm S.D. Treatments followed by different letters are statistically different by the Duncan's multiple range test ($P < 0.0001$).

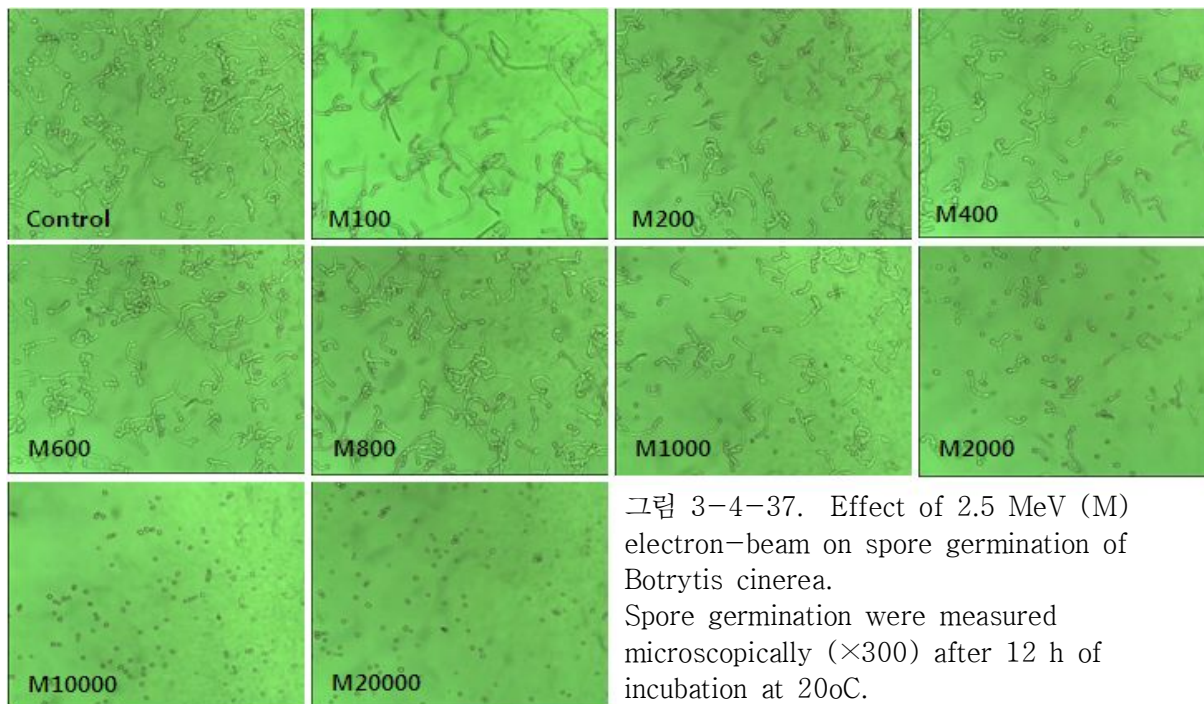


그림 3-4-37. Effect of 2.5 MeV (M) electron-beam on spore germination of *Botrytis cinerea*. Spore germination were measured microscopically ($\times 300$) after 12 h of incubation at 20°C.

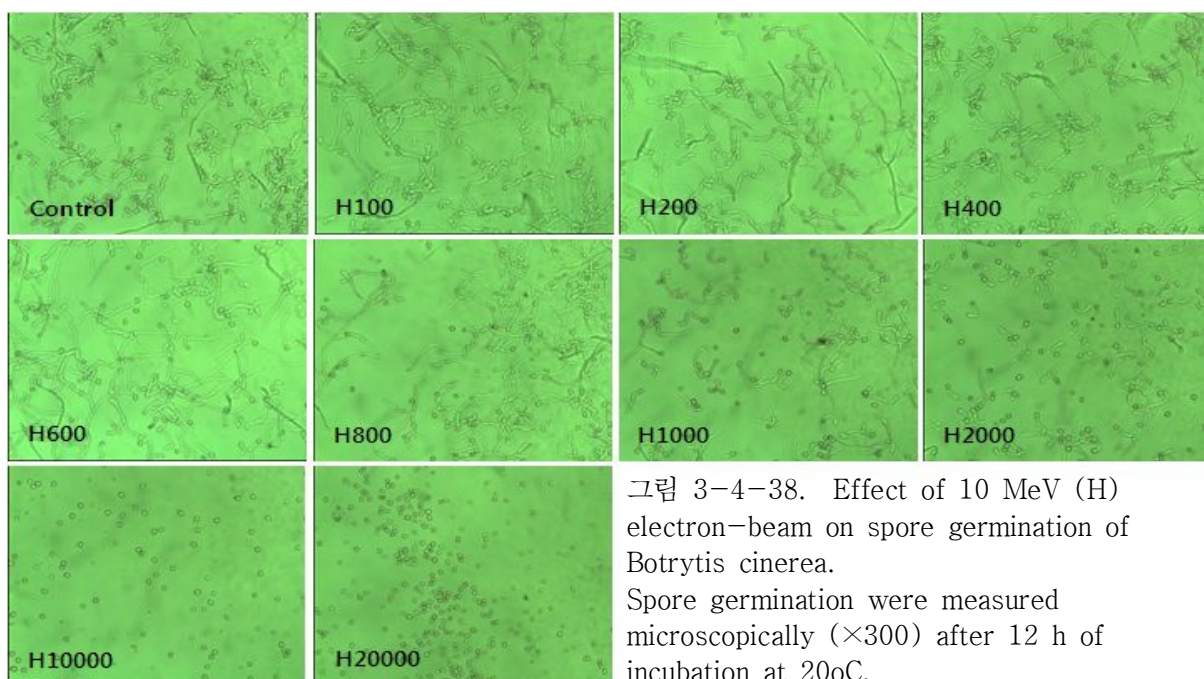


그림 3-4-38. Effect of 10 MeV (H) electron-beam on spore germination of *Botrytis cinerea*. Spore germination were measured microscopically ($\times 300$) after 12 h of incubation at 20°C.

나. 균사 성장을 조사

전자빔 조사에 의한 *Botrytis cinerea* 균사 성장 억제 효과를 시험하였다. <그림 3-4-39>는 전자빔 조사 4일후의 균사 성장 억제율을 본 결과이다. 2.5 MeV와 10 MeV 에너지 수준 모두 전자빔 조사선량이 높아질수록 균사 생장이 효과적으로 억제되었다. 회귀분석 결과, 2.5 MeV의 경우 균사 성장을 50% 억제하는 선량이 981 Gy로 나타난 반면, 10 MeV의 경우 819 Gy로 나타나 10 MeV 에너지로 전자빔을 조사하였을 때 균사 생장이 더욱 효과적으로 감소함을 알 수 있었다. 두 에너지 수준 모두 10000 Gy 이상에서는 균사 생장이 완전히 억제되었다(그림 3-4-40,

41). 균사 성장 실험 결과 포자 발아에 영향을 주는 선량보다 낮은 선량에서 균사의 생장이 억제되었으므로, *Botrytis cinerea*의 전자빔 감수성은 균사가 포자에 비해 높다고 판단하였다.

수출 화훼류의 전자빔 처리후 품질특성을 평가한 1차년도 결과에서 전자빔 감수성은 화훼 종류와 품종에 따라 다양하였지만, 대부분의 절화에서 400 Gy를 기준으로 감수성을 구분할 수 있었다. 이 선량은 *Botrytis cinerea* 성장을 완전히 억제시키기에는 부족하므로, 가열처리와 전자빔 조사의 병용처리 등을 통해 더 낮은 선량에서 균사의 성장을 억제시킬 수 있는지 살펴볼 필요가 있다.

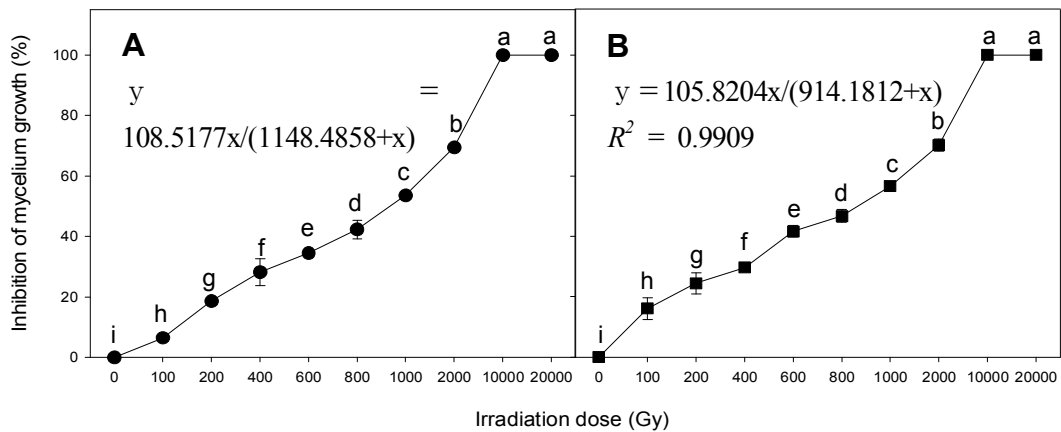


그림 3-4-39. Effect of 2.5 MeV (A) and 10 MeV (B) electron-beam on inhibition of mycelium growth of *Botrytis cinerea*.
 Inhibition rate(%) = (1-mycelial diameter of treatment/mycelial diameter of control)×100. Data are the means of three replications ± S.D. Treatments followed by different letters are statistically different by the Duncan's multiple range test (P < 0.0001).

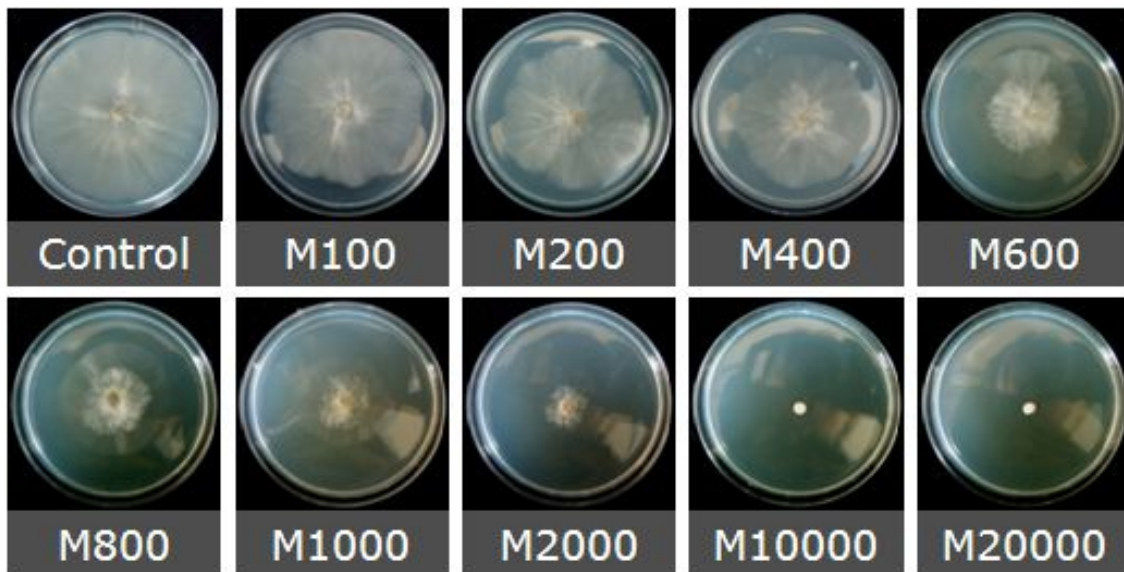


그림 3-4-40. Effect of 2.5 MeV (M) electron-beam on mycelium growth of *Botrytis cinerea* after 4 days of incubation at 20°C.

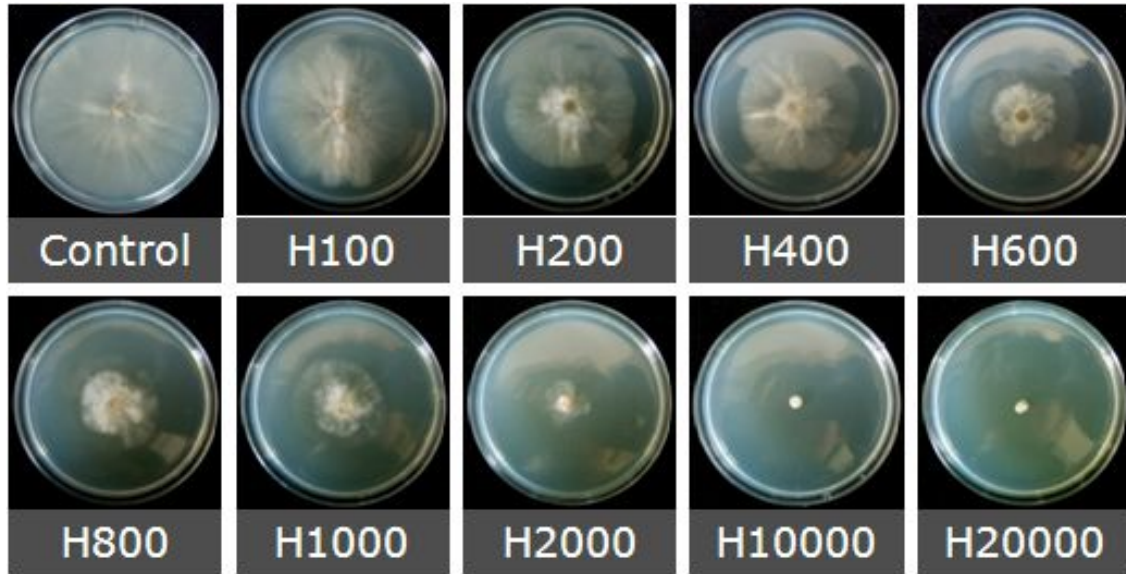


그림 3-4-41. Effect of 10 MeV (H) electron-beam on mycelium growth of *Botrytis cinerea* after 4 days of incubation at 20°C.

다. 온도에 따른 전자빔 효과 비교

온도에 따른 *Botrytis cinerea* 균사 성장을 비교하였다. 10, 15, 20°C 배양온도에서 전자빔 무처리구의 균사 생장이 50% 될 때까지 걸린 기간은 각각 4.10일, 2.92일, 1.98일로 배양온도가 높아질수록 균사 생장이 빠르게 증가하였다. 5°C 배양온도에서는 6일째까지 균사 생장이 일어나지 않았다(그림 3-4-42).

전자빔 조사 후 배양온도에 따른 잿빛곰팡이병균 균사 성장을 비교하였다(그림 3-4-43). 잿빛곰팡이병균에 대한 전자빔 효과는 배양온도가 낮아짐에 따라 증가하였으며, 전자빔 선량에 따른 차이는 10°C 배양온도에서 가장 컸다. 10°C 배양온도에서 400 Gy, 800 Gy 전자빔 처리구 모두 잿빛곰팡이병균 균사 성장을 크게 억제하였다. 전자빔 선량이 400 Gy에서 800 Gy로 증가함에 따라 균사 성장 억제율은 증가하였으며, 특히 800 Gy에서는 처리후 2일째까지 균사 생장이 일어나지 않았다. 회귀분석 결과, 400 Gy, 800 Gy에서 균사 성장 억제율이 50% 이하로 떨어지는 데 걸린 기간은 각각 4.58일, 6.23일이었다(그림 3-4-44 A). 배양온도가 10°C에서 15°C로 높아짐에 따라 전자빔 처리구의 균사 성장 억제율은 초기엔 높게 유지되다가 시간이 지남에 따라 급격하게 감소하였다. 10°C 배양온도에서와 마찬가지로 전자빔 선량이 400 Gy에서 800 Gy로 증가함에 따라 균사 성장 억제율도 증가하였으나, 5일 이후부터는 무처리구와 차이가 없었다. 회귀분석 결과, 400 Gy, 800 Gy에서 균사 성장 억제율이 50% 이하로 떨어지는 데 걸린 기간은 각각 2.98일, 3.68일이었다(그림 3-4-44 B). 20°C 배양온도에서 전자빔 효과는 배양 시간이 길어짐에 따라 크게 감소하였으며, 전자빔 조사후 4일부터는 잿빛곰팡이병균에 대한 전자빔 효과를 볼 수 없었다. 회귀분석 결과, 균사 성장 억제율이 50% 이하로 떨어지는 데 걸린 기간은 800 Gy에서 1.21일이었으며, 400 Gy에서는 전자빔 조사후 1일부터 30.77%의 낮은 균사 성장 억제율을 보였다(그림 3-4-44 C). 이상의 결과로부터 잿빛곰팡이병균의 균사 성장에서 배양온도가 매우 중요한 인자라는 것을 알 수 있었으며, 전자빔과 온도 처리를 병행함으로써 잿빛곰팡이병

에 대한 전자빔 효과를 크게 증가시킬 수 있으리라 예상되었다.

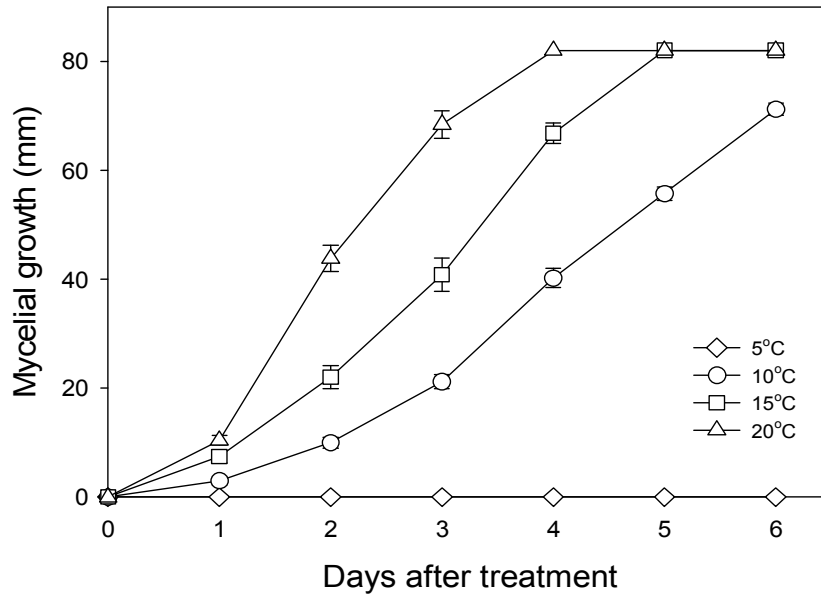


그림 3-4-42. Effect of incubation temperature on mycelial growth of *Botrytis cinerea*. Data are means of five replications \pm S.D.

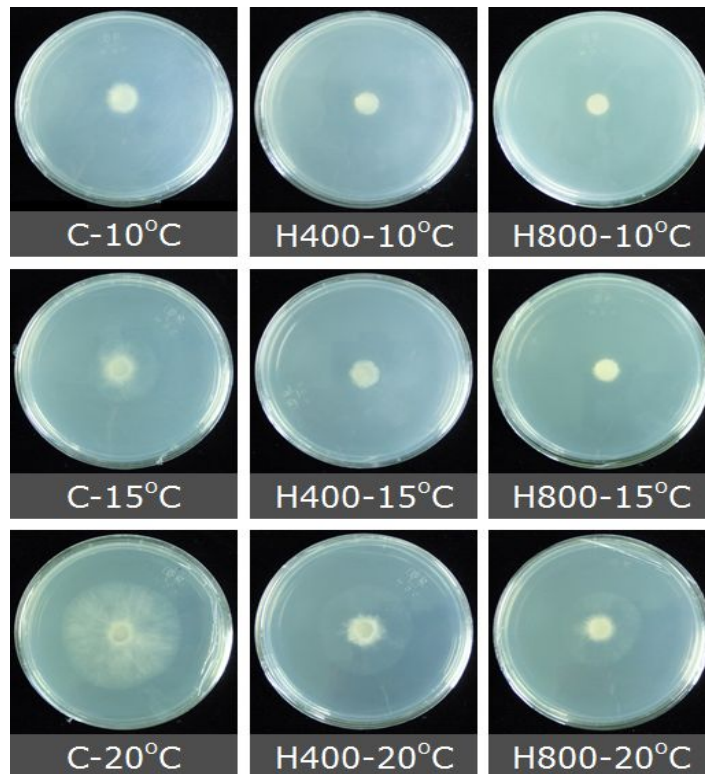


그림 3-4-43. Effect of electron-beam at different incubation temperature ($^{\circ}$ C) on mycelial growth of *Botrytis cinerea*. Mycelial growth of *B. cinerea* was observed at 10° C, 15° C, and 20° C. Electron-beam was irradiated at dose of 400 Gy and 800 Gy. C, control. H, High energy (10 MeV electron-beam accelerator).

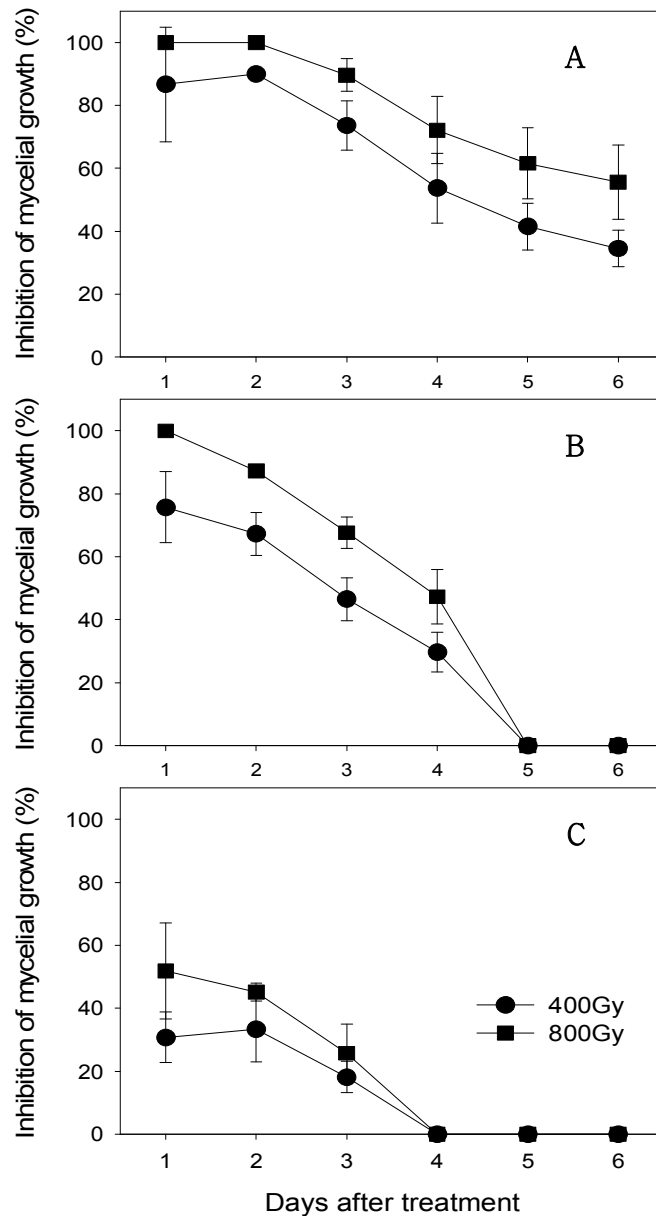


그림 3-4-44. Inhibition of electron-beam at different incubation temperature on mycelial growth of *Botrytis cinerea*.

Mycelial growth of *B. cinerea* was observed at 10°C (A), 15°C (B), and 20°C (C). Electron-beam was irradiated at dose of 400Gy (●) and 800Gy (■). Inhibition rate (%) = $(1 - \text{mycelial diameter of treatment} / \text{mycelial diameter of control}) \times 100$. Data are means of five replications \pm S.D.

라. 전자빔의 *in vivo* 살균활성 검정

토마토 유묘를 이용하여 전자빔의 *in vivo* 살균활성을 검정하였다(그림 3-4-45). 전자빔 선량이 증가함에 따라 토마토 유묘의 병반 면적율은 감소하였으며, 전자빔 선량이 200 Gy, 400 Gy, 1000 Gy, 2000 Gy로 증가함에 따라 방제효과도 14%, 28%, 47%, 52%로 증가하였다. 특히, 10000 Gy 선량의 전자빔 조사시에는 잿빛곰팡이병에 대하여 100% 방제 효과를 보였다. 회귀분

석 결과, 방제효과가 50%되는 선량은 1615 Gy였다(그림 3-4-46). 이상의 결과로부터 전자빔의 잿빛곰팡이병에 대한 살균활성을 확인할 수 있었다.

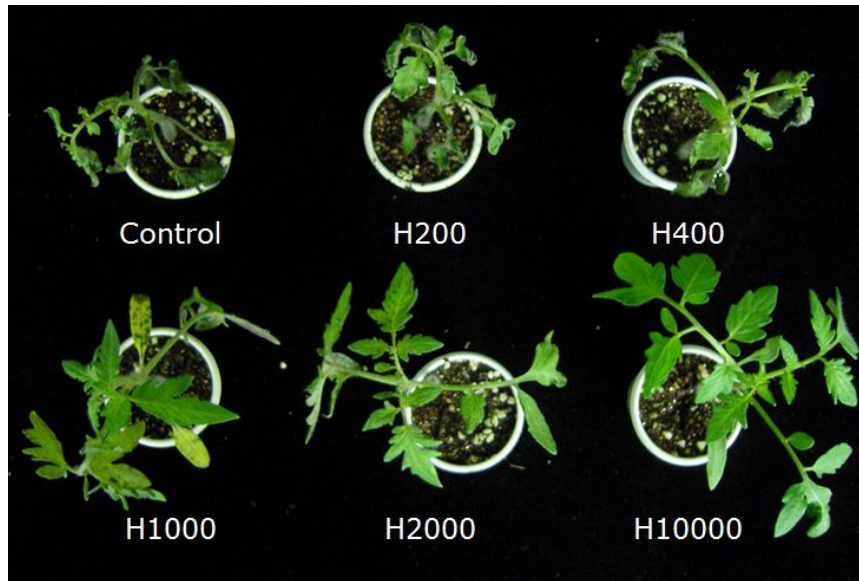


그림 3-4-45. In vivo antifungal activity of electron-beam against tomato gray mold disease caused by *Botrytis cinerea*.
H, High energy (10 MeV electron-beam accelerator).

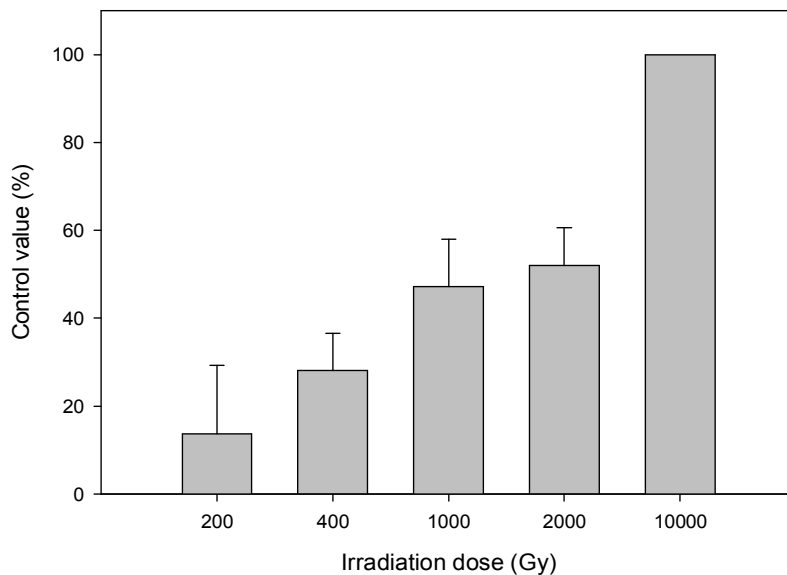


그림 3-4-46. Effect of 10 MeV electron-beam on tomato gray mold disease caused by *Botrytis cinerea*.
Data are means of five replications \pm S.D.

2.2 전자빔 조사선량 검증

2.2.1 재료 및 방법

가. 장미꽃의 평균 바이오버든 측정

이 실험은 ISO 11737-1 (ISO, 2006)에 따라 전자빔으로 멸균 전 장미꽃의 생균수를 확인하기 위하여 실행하였다. 장미꽃은 (주)로즈피아에서 제공받아 실험에 사용하였다. 장미꽃의 꽃송이만을 떼어 용매(인산염완충액) 50 mL와 함께 멸균된 테스트 튜브에 넣고 vortex mixer를 이용하여 10분 동안 균을 용출한 후(그림 3-4-47), 용매를 membrane filter (47 mm, 0.20 μm pore)에 통과시켰다. 용매를 통과시킨 filter membrane을 배지성능시험이 끝난 고체배지에 올리고 호기성 세균(TSA medium, Tryptic Soy Agar)은 3~5일 동안 30~35 $^{\circ}\text{C}$, 진균(SDA medium, Sabouraud Dextrose Agar)은 5~7일 동안 20~25 $^{\circ}\text{C}$ 에서 배양하였다. 이후 보정수(Correction factor)를 구하기 위해 Bacillus subtilis var. niger 현탁액(100 spore/0.1mL)을 장미꽃에 접종하여 건조시킨 후, vortex mixing 방법으로 균을 용출하여 보정수를 계산하였다.



그림 3-4-47. Vortex mixing

나. 확인선량 실험

이 실험은 ISO 11137-2 (ISO, 2006)에 따라 바이오버든에 근거한 멸균선량을 결정하기 위하여 실행하였다. 장미꽃의 평균 바이오버든 값을 구한 후, ISO 11137-2 표 3-4-5에서 이 값보다 크면서 가장 가까운 평균 바이오버든 및 해당하는 10-2 SAL (Sterility Assurance Level, 멸균보증 수준)으로부터 확인 선량을 구했다. 장미꽃의 꽃송이만을 떼어 멸균된 conical tube에 담고(그림 3-4-48), 2.5 MeV, 10 MeV 전자가속기를 이용하여 확인 선량으로 조사하였다. 이후 ISO 11737-2 (ISO, 2007)의 규정 및 지침에 따라 무균시험을 실시하였다. 장미꽃은 (주)로즈피아에서 제공받아 실험에 사용하였다.

무균시험은 직접법(direct inoculation)과 멤브레인필터법(membrane filtration) 두 가지 방법을 모두 사용하였다. 먼저 직접법에서는 확인선량으로 조사한 장미꽃을 멸균한 성장배지 FTM (Fluid Thioglycollate Medium, 호기성세균)과 TSB(Tryptic Soy Broth, 진균)에 넣고 각각 30~35 $^{\circ}\text{C}$, 20~25 $^{\circ}\text{C}$ 에서 14일간 배양하였다. 멤브레인필터법에서는 멸균한 테스트 튜브에 확인선량으로 조사한 장미꽃을 넣고, 용리액을 부어 10분 동안 vortex mixing 한 후 세정액으로 membrane filter (47 mm, 0.20 μm pore)를 씻어냈다. 이후 membrane filter를 멸균한 가위로 반을 잘라 각각 FTM (30~35 $^{\circ}\text{C}$)과 TSB(20~25 $^{\circ}\text{C}$)에 넣어 14일 동안 배양하였다.

무균시험의 판정은 만약 샘플이 무균하다면 성장배지에 균이 자라는 것이 보이지 않을 것이므로, 성장배지에서의 균의 발육 유무를 14일 동안 배양하여 관찰한 후 결정하였다.



그림 3-4-48. Samples for verification dose experiment.

2.2.2 실험 결과

가. 장미꽃의 평균 바이오버든 측정

배지성능시험 결과 호기성 세균 배양을 위한 TSA medium은 시험균주인 *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538), *Bacillus subtilis* (ATCC 6633), *Candida albicans* (ATCC 10231)가 5일이내 정상적으로 발육하였으므로 적합하다고 판정하였으며, 진균 배양을 위한 SDA medium 역시 시험균주로 사용한 *Aspergillus niger* (ATCC 16404)가 5일이내 정상적으로 발육하였으므로 적합하다고 판정하였다.

장미꽃의 바이오버든 시험 결과 호기성 세균은 평균 86.8 CFU/unit가 나왔으며, 진균은 평균 153.1 CFU/unit가 나왔다(표 3-4-19). 그림 3-4-49와 50은 각각 호기성 세균과 진균의 바이오버든 시험결과이다.

보정수 계산을 위하여 *Bacillus subtilis* var. *niger* 현탁액(100 spore/0.1mL)을 장미 샘플에 접종

표 3-4-19. Bioburden of rose flowers.

Sample	Aerobic bacteria (CFU/unit)	Fungi (CFU/unit)
1	149	160
2	167	105
3	142	198
4	38	106
5	81	276
6	7	57
7	54	161
8	21	147
9	122	168
Sum	781	1378
Mean	86.8	153.1

하여 vortex mixing 방법으로 용출시킨 결과 평균 68개 포자가 회수되어 1.47의 보정수를 얻었다(표 3-4-20). 보정수를 적용한 결과 장미꽃의 평균 바이오버든 값은 352.7 CFU/unit가 나왔다(표 3-4-21).

표 3-4-20. Calculation of correction factor by recovery efficiency.

Sample	Recovery efficiency	
	Inoculated CFU/unit	Recovered CFU/unit
1	100	69
2	100	64
3	100	69
4	100	70
Mean	100	68
Sample item portion (SIP)	1.0	
Correction factor	1.47	

표 3-4-21. Determination of bioburden applied a correction factor.

	Aerobic bacteria (CFU/unit)	Fungi (CFU/unit)
Mean	86.8	153.1
Overall average bioburden	239.9	
Sample item portion (SIP)	1.0	
Correction factor	1.47	
Bioburden estimation	352.7	

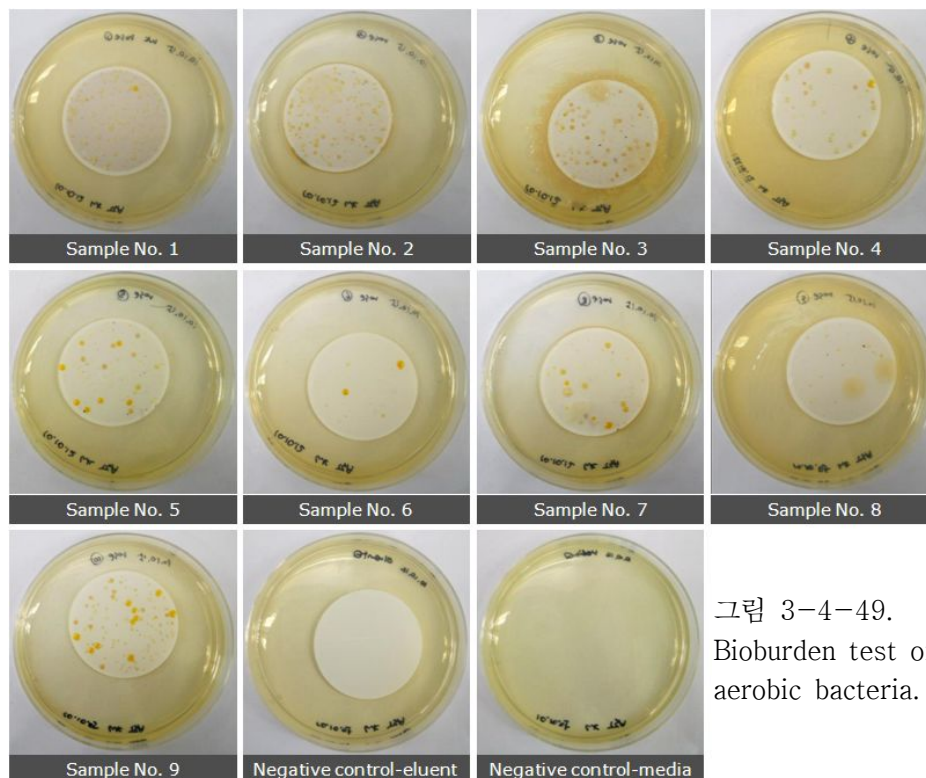


그림 3-4-49. Bioburden test of aerobic bacteria.

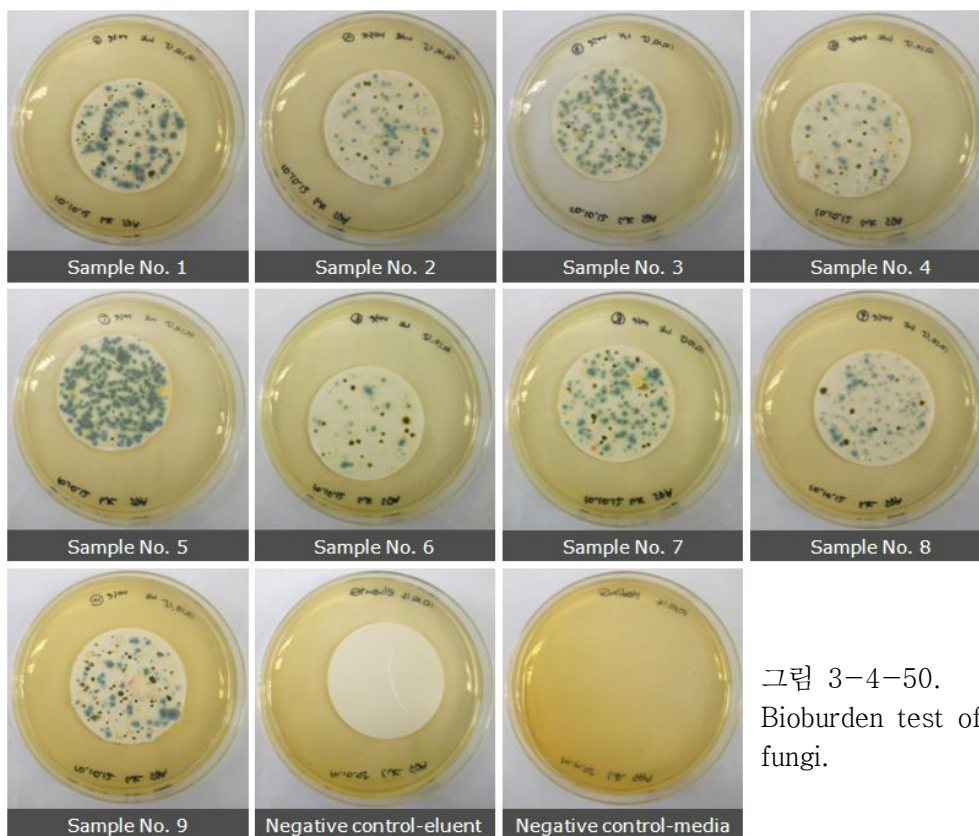


그림 3-4-50.
Bioburden test of
fungi.

나. 확인선량 실험

장미꽃의 평균 바이오버든 값은 실험 결과 352.7 CFU/unit가 나왔으므로, ISO 11137-2 표 3-4-5에서 이 값보다 크면서 가장 가까운 평균 바이오버든 및 해당하는 10-2 SAL (Sterility Assurance Level, 멸균보증수준)으로부터 확인선량 9.7kGy를 구했다. 2.5 MeV, 10 MeV 전자가속기를 이용하여 장미꽃을 9.7 kGy 확인선량으로 조사한 후 무균시험을 실시한 결과는 다음과 같다.

배지성능시험 결과 호기성 세균 배양을 위한 FTM medium은 시험균주인 *Staphylococcus aureus*(ATCC 6538), *Pseudomonas aeruginosa*(ATCC 9027), *Clostridium sporogenes*(ATCC 19404)를 10~100개 접종하였을 때 정상적으로 발육하였으므로 적합하다고 판정하였다. 진균 배양을 위한 TSB medium 역시 시험균주로 사용한 *Bacillus subtilis*(ATCC 6633), *Candida albicans*(ATCC 10231), *Aspergillus niger*(ATCC 16404)를 10~100개 접종하였을 때 정상적으로 발육하였으므로 적합하다고 판정하였다.

2.5 MeV 전자가속기를 이용하여 9.7 kGy 확인선량으로 조사한 장미꽃에 대한 무균시험 결과 14일이 지나도 FTM과 TSB 모두에서 균이 성장하지 않음을 관찰하였으므로, 확인 시험은 적합하다고 판정하였다(표 3-4-22). 이 결과는 직접법과 멤브레인 필터법 모두에서 동일하였다(그림 3-4-51). 10 MeV 전자가속기를 이용하여 9.7 kGy 확인선량으로 조사한 장미꽃 역시 무균시험 결과 적합하다고 판정하였으며(표 3-4-23), 직접법과 멤브레인 필터법 모두에서 동일한 결과를 얻었다(그림 3-4-52).

장미꽃의 무균시험 결과 양성 표본의 수가 2를 초과하지 않았으므로, 확인선량 실험은 적합하다고 판정하였다.

표 3-4-22. Sterility test of rose flowers exposed to the verification dose using 2.5 MeV linear electron-beam accelerator.

Sample	Media	
	FTM (Aerobic bacteria)	TSB (Fungi)
Direct inoculation		
No. 1	Negative	Negative
No. 2	Negative	Negative
Negative control - media	Negative	Negative
Membrane filtration		
No. 1	Negative	Negative
No. 2	Negative	Negative
Negative control - media	Negative	Negative
Negative control - eluent	Negative	Negative

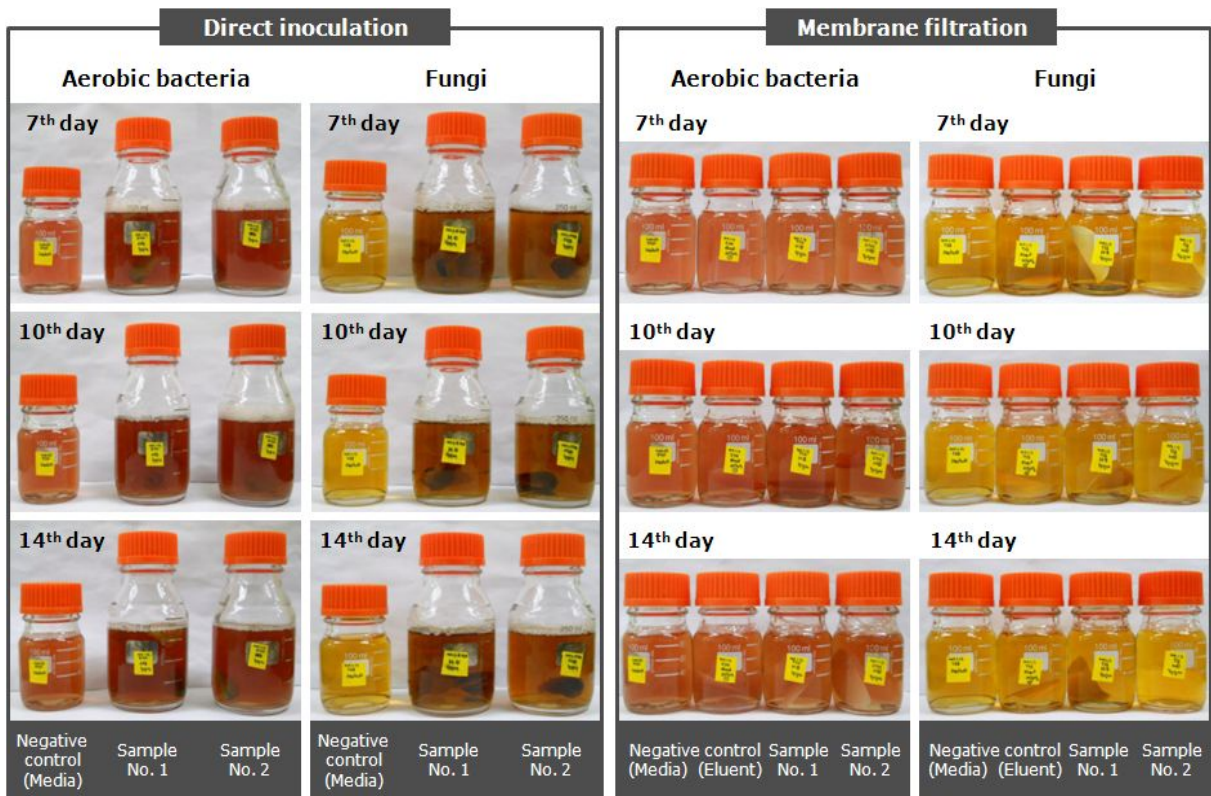


그림 3-4-51. Sterility test of rose flowers exposed to the verification dose using 2.5 MeV linear electron-beam accelerator.

표 3-4-23. Sterility test of rose flowers exposed to the verification dose using 10 MeV linear electron-beam accelerator.

Sample	Media	
	FTM(Aerobic bacteria)	TSB(Fungi)
Direct inoculation		
No. 1	Negative	Negative
No. 2	Negative	Negative
Negative control - media	Negative	Negative
Membrane filtration		
No. 1	Negative	Negative
No. 2	Negative	Negative
Negative control - media	Negative	Negative
Negative control - eluent	Negative	Negative

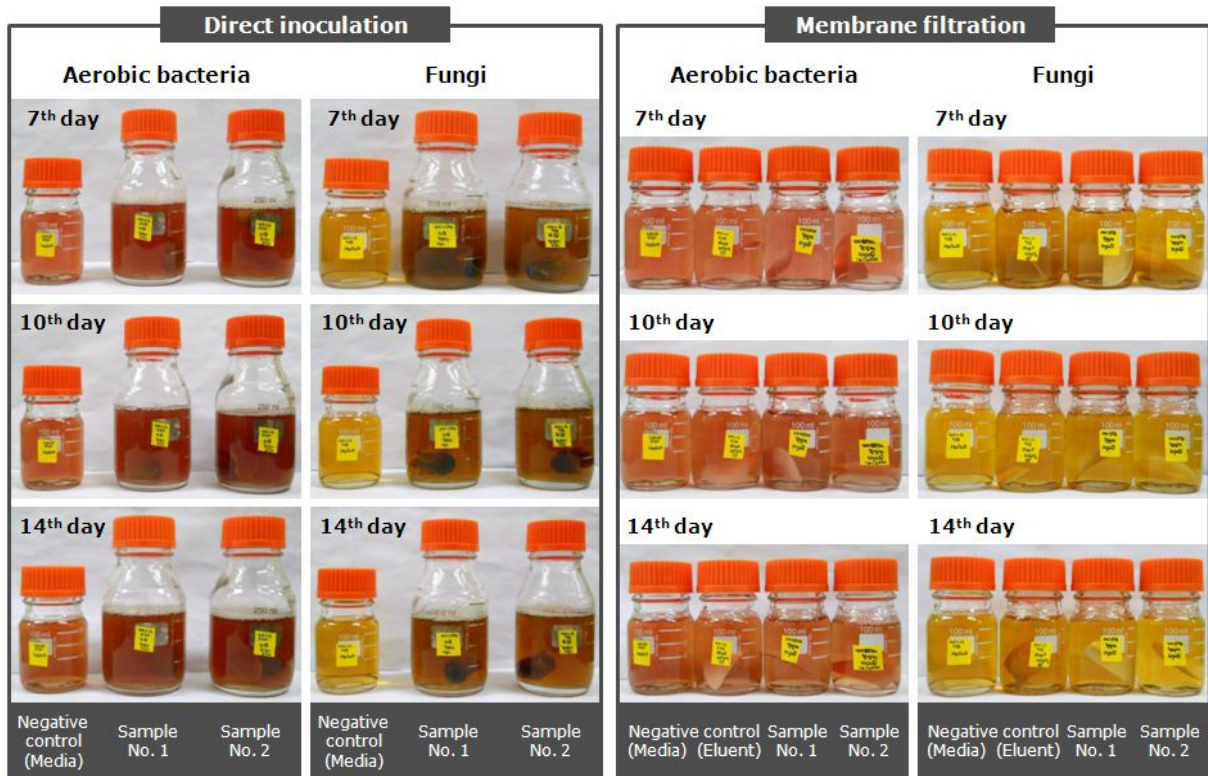


그림 3-4-52. Sterility test of rose flowers exposed to the verification dose using 10 MeV linear electron-beam accelerator.

다. 멸균선량 결정

장미꽃의 무균시험 결과 확인선량 9.7 kGy가 10⁻² SAL을 잘 만족하고 있음을 확인하였기 때문에, ISO 11137-2 표 3-4-5에서 평균 바이오버든 및 10⁻⁶ SAL에 해당하는 멸균선량 수치를 구했다. 10⁻⁶ SAL을 달성하기 위한 멸균선량은 23.3 kGy이다.

이러한 멸균선량의 결정 방식, 즉 바이오버든에 근거한 선량 설정은 전자빔을 포함한 방사선

조사 멸균에서 흔히 사용되는 방법으로 이번 실험에서는 의료 기구에 적용되는 멸균보증수준 (SAL) 10⁻⁶까지 적용해 보았다.

2.3 전자빔 멸균 공정 매뉴얼 제작

이상의 시험 결과를 정리하여 ISO 11137의 멸균보증절차에 부합하는 전자빔 멸균 공정 매뉴얼을 작성하면 다음과 같다.



3. 수출 화훼류의 전자범 살균시스템 구축

3.1 수출 화훼류의 일본 현지에서의 식물검역 및 유통 현황

3.1.1 수출 화훼류 동향

가. 우리나라의 화훼류 수출 동향

(1) 우리나라의 품목별 화훼류 수출 현황

우리나라의 화훼 수출은 화훼 산업의 성장과 더불어 1990년대부터 급격하게 증가하여 왔다. 화훼 수출은 1990년에는 140만달러에 불과했으나, 2000년 2,890만달러, 2005년 5,210만달러, 2010년 10,307달러로 매년 크게 증가하였다(표 3-4-24). 특히, 3대 절화인 장미, 국화, 백합의 수출 비중이 높은 가운데, 2000년대 중반 이후부터 백합의 수출 비중이 꾸준히 증가하는 추세이다.

표 3-4-24. 우리나라의 품목별 화훼류 수출 실적

단위: 천달러, %

	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010
계	28,888 (100.0)	52,142 (100.0)	40,414 (100.0)	58,089 (100.0)	76,222 (100.0)	77,179 (100.0)	103,067 (100.0)
장미	10,324 (35.7)	10,570 (20.3)	8,847 (21.9)	8,025 (13.8)	11,811 (15.5)	20,132 (26.1)	34,235 (33.2)
국화	4,682 (16.2)	8,503 (16.3)	6,971 (17.2)	5,926 (10.2)	6,018 (7.9)	8,004 (10.4)	13,802 (13.4)
백합	4,395 (15.2)	10,484 (20.1)	9,716 (24.0)	15,886 (27.3)	19,051 (25.0)	24,742 (32.1)	27,845 (27.0)
난초	3,250 (11.3)	16,668 (32.0)	10,820 (26.8)	23,514 (40.5)	25,006 (32.8)	15,444 (20.0)	20,264 (19.7)
기타	6,236 (21.6)	5,917 (11.3)	4,059 (10.0)	4,738 (8.2)	14,336 (18.8)	8,858 (11.5)	6,921 (6.7)

자료: 농수산물유통공사 무역정보.

(2) 우리나라의 국가별 화훼류 수출 현황

우리나라는 세계적 꽃 소비국인 일본이 지리적으로 인접해 있어, 신선도 관리에 유리하고 물류비를 절감할 수 있는 강점이 있다. 따라서, 화훼류는 대부분 절화를 위주로 일본시장으로 수출되고 있다(표 3-4-25).

표 3-4-25. 우리나라의 국가별 화훼류 수출 실적

단위: 천달러, %

	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010
계	28,888 (100.0)	52,142 (100.0)	40,414 (100.0)	58,089 (100.0)	76,222 (100.0)	77,179 (100.0)	103,067 (100.0)
일본	20,975 (72.6)	31,359 (60.1)	26,838 (66.4)	31,214 (53.7)	39,667 (52.0)	56,935 (73.8)	80,273 (77.9)
중국	2,434 (8.4)	16,033 (30.7)	10,298 (25.5)	23,298 (40.1)	23,415 (30.7)	14,435 (18.7)	18,575 (18.0)
기타	5,479 (19.0)	4,750 (9.1)	3,278 (8.1)	3,577 (6.2)	13,140 (17.2)	5,810 (7.5)	4,219 (4.1)

자료: 농수산물유통공사 무역정보.

(3) 우리나라의 주요 화훼류 일본 수출 현황

수출 화훼류 중 3대 절화인 장미, 국화, 백합은 평균 99.5% 이상이 일본으로 수출되고 있어 일본시장 의존도가 매우 높은 품목이라 할 수 있다(표 3-4-26).

표 3-4-26. 우리나라의 주요 화훼류 일본 수출 실적

단위: 천달러, %

		2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010
장미	계	10,324 (100.0)	10,570 (100.0)	8,847 (100.0)	8,025 (100.0)	11,811 (100.0)	20,132 (100.0)	34,235 (100.0)
	일본	10,295 (99.7)	10,540 (99.7)	8,825 (99.8)	7,965 (99.3)	11,428 (96.8)	19,262 (95.7)	33,911 (99.1)
국화	계	4,682 (100.0)	8,503 (100.0)	6,971 (100.0)	5,926 (100.0)	6,018 (100.0)	8,004 (100.0)	13,802 (100.0)
	일본	4,682 (100.0)	8,502 (100.0)	6,971 (100.0)	5,926 (100.0)	6,016 (100.0)	7,940 (99.2)	13,801 (100.0)
백합	계	4,395 (100.0)	10,484 (100.0)	9,716 (100.0)	15,886 (100.0)	19,051 (100.0)	24,742 (100.0)	27,845 (100.0)
	일본	4,384 (99.8)	10,484 (100.0)	9,716 (100.0)	15,885 (100.0)	19,048 (100.0)	24,739 (100.0)	27,840 (100.0)

자료: 농수산물유통공사 무역정보.

나. 일본의 화훼류 수입 동향

(1) 일본의 품목별 절화 수입 현황

일본의 농산품 수입액을 보면 2010년에 3조 5,900억엔으로 2000년 대비 1.3배 증가하였으며, 이중 절화 수입은 전체 농산품 수입액의 0.6~0.9%를 차지하고 있다. 2010년 일본의 품목별 절화 수입 비중을 보면, 국화가 총 절화 수입액의 33.9%를 차지하고, 장미가 7.8%, 백합이 3.0%를 차지하는 것으로 나타났다(표 3-4-27).

표 3-4-27. 일본의 품목별 절화 수입 실적

단위: 백만엔, %

		2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010
농산품 계		2,754,746	3,417,172	3,712,647	4,150,841	4,549,052	3,414,314	3,590,028
절화	계	17,578 (100.0)	23,858 (100.0)	26,260 (100.0)	27,996 (100.0)	26,342 (100.0)	26,017 (100.0)	30,771 (100.0)
	장미	-	1,989 (8.3)	2,235 (8.5)	2,223 (7.9)	2,152 (8.2)	2,168 (8.3)	2,395 (7.8)
	국화	2,463 (14.0)	6,573 (27.5)	7,667 (29.2)	8,097 (28.9)	8,171 (31.0)	8,409 (32.3)	10,429 (33.9)
	백합	872 (5.0)	719 (3.0)	524 (2.0)	621 (2.2)	720 (2.7)	736 (2.8)	938 (3.0)
	카네이션	-	4,017 (16.8)	4,734 (18.0)	5,596 (20.0)	5,578 (21.2)	5,627 (21.6)	6,787 (22.1)
	절화난	5,783 (32.9)	5,811 (24.4)	6,283 (23.9)	6,853 (24.5)	5,942 (22.6)	5,737 (22.1)	6,521 (21.2)
	기타	8,460 (48.1)	4,749 (19.9)	4,818 (18.3)	4,606 (16.5)	3,778 (14.3)	3,340 (11.5)	3,700 (12.0)

자료: 일본 재무성 무역통계.

(2) 일본의 국가별 절화 수입 현황

일본은 2000년 초반에는 네덜란드로부터의 절화 수입 비중이 높았으나, 점차 기후조건이 좋아 품질이 좋은 콜롬비아, 말레이시아, 태국 등으로부터 수입되는 비중이 증가하였다. 반면, 장미, 국화, 백합이 중심품목인 한국산 절화는 2000년도 11.6%에서 2010년 7.2%로 수입비중이 감소하는 추세이다(표 3-4-28).

표 3-4-28. 일본의 국가별 절화 수입 실적

단위: 백만엔, %

	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010
계	17,578 (100.0)	23,858 (100.0)	26,260 (100.0)	27,996 (100.0)	26,342 (100.0)	26,017 (100.0)	30,771 (100.0)
한 국	2,038 (11.6)	2,280 (9.6)	1,558 (5.9)	1,390 (5.0)	1,430 (5.4)	1,674 (6.4)	2,228 (7.2)
중 국	81 (0.5)	1,634 (6.8)	2,255 (8.6)	2,742 (9.8)	2,542 (9.7)	2,581 (9.9)	2,860 (9.3)
대 만	1,088 (6.2)	2,032 (8.5)	2,104 (8.0)	1,827 (6.5)	2,187 (8.3)	2,235 (8.6)	3,000 (9.7)
베 트 남	147 (0.8)	721 (3.0)	829 (3.2)	984 (3.5)	999 (3.8)	1,244 (4.8)	1,306 (4.2)
태 국	3,002 (17.1)	3,001 (12.6)	3,414 (13.0)	3,962 (14.2)	3,324 (12.6)	2,983 (11.5)	3,116 (10.1)
말레이시아	683 (3.9)	4,543 (19.0)	5,731 (21.8)	6,262 (22.4)	6,285 (23.9)	6,321 (24.3)	7,603 (24.7)
네덜란드	3,695 (21.0)	1,290 (5.4)	1,207 (4.6)	1,087 (3.9)	893 (3.4)	723 (2.8)	943 (3.1)
콜롬비아	1,281 (7.3)	3,037 (12.7)	3,499 (13.3)	3,923 (14.0)	4,208 (16.0)	4,224 (16.2)	5,432 (17.7)
뉴질랜드	2,080 (11.8)	1,630 (6.8)	1,585 (6.0)	1,715 (6.1)	1,331 (5.1)	1,259 (4.8)	1,368 (4.4)
기 타	3,484 (19.8)	3,689 (15.5)	4,078 (15.5)	4,104 (14.7)	3,141 (11.9)	2,774 (10.7)	2,915 (9.5)

자료: 일본 재무성 무역통계.

3.1.2 일본의 화훼류 식물검역

가. 일본의 화훼류 식물검역 현황

(1) 일본의 장미 수입 검역 현황

일본의 절화류 수입 검역 통계를 기준으로 보면, 장미 수입은 매년 증가 추세로 스프레이 계통은 한국에서 수입하는 물량이 많으며, 스탠더드 계통은 인도, 콜롬비아, 케냐 등에서 수입하고 있다(표 3-4-29). 한국산 장미의 수입비중은 2000년대 중후반에 감소하다가 최근 회복 추세를 보이고 있다.

(2) 일본의 국화 수입 검역 현황

일본내 절화 수입액 비중이 가장 높았던 국화는 2005년 1억 6,946만개에서 2010년 2억 7,368만개로 수입 검역 물량이 1.6배 증가하였다. 반면, 한국산 국화는 2000년대 초반까지 수입비중이 높았으나, 고령지에서 재배되어 품질이 좋은 말레이시아산과 저가의 중국산 국화에 밀려 수입비중이 감소하였다(표 3-4-30).

표 3-4-29. 일본의 국가별 장미 수입 검역 통계

단위: 천개, %

	2005	2006	2007	2008	2009	2010
계	79,958 (100.0)	82,326 (100.0)	78,119 (100.0)	76,190 (100.0)	84,225 (100.0)	88,711 (100.0)
한 국	19,049 (23.8)	13,799 (16.8)	9,722 (12.4)	10,058 (13.2)	15,039 (17.9)	18,542 (20.9)
네덜란드	3,790 (4.7)	3,110 (3.8)	2,375 (3.0)	1,833 (2.4)	1,425 (1.7)	1,416 (1.6)
인 도	37,053 (46.3)	39,540 (48.0)	36,747 (47.0)	30,401 (39.9)	27,943 (33.2)	25,683 (29.0)
베 트 남	3,849 (4.8)	4,237 (5.1)	3,809 (4.9)	3,215 (4.2)	4,437 (5.3)	4,369 (4.9)
중 국	3,042 (3.8)	2,539 (3.1)	1,447 (1.9)	814 (1.1)	673 (0.8)	401 (0.5)
콜롬비아	2,631 (3.3)	2,725 (3.3)	3,317 (4.2)	4,944 (6.5)	6,694 (7.9)	8,414 (9.5)
에콰도르	2,891 (3.6)	2,514 (3.1)	2,609 (3.3)	2,999 (3.9)	3,726 (4.4)	4,325 (4.9)
에티오피아	-	1,019 (1.2)	4,921 (6.3)	7,051 (9.3)	8,416 (10.0)	7,179 (8.1)
케냐	3,958 (5.0)	11,370 (13.8)	11,732 (15.0)	12,544 (16.5)	12,905 (15.3)	16,750 (18.9)
기 타	3,693 (4.6)	1,473 (1.8)	1,440 (1.8)	2,331 (3.1)	2,967 (3.5)	1,632 (1.8)

자료: 일본 농림수산성 식물방역소

표 3-4-30. 일본의 국가별 국화 수입 검역 통계

단위: 천개, %

	2005	2006	2007	2008	2009	2010
계	169,457 (100.0)	201,290 (100.0)	203,390 (100.0)	211,792 (100.0)	231,245 (100.0)	273,678 (100.0)
한 국	20,675 (12.2)	18,849 (9.4)	15,901 (7.8)	14,511 (6.9)	15,495 (6.7)	19,673 (7.2)
대 만	14,399 (8.5)	11,950 (5.9)	4,695 (2.3)	7,513 (3.5)	5,137 (2.2)	7,227 (2.6)
중 국	26,472 (15.6)	42,608 (21.2)	42,604 (20.9)	40,420 (19.1)	46,040 (19.9)	51,348 (18.8)
스리랑카	-	-	-	2 (0.0)	2 (0.0)	599 (0.2)
필 리 핀	-	1 (0.0)	85 (0.0)	1 (0.0)	129 (0.1)	621 (0.2)
베 트 남	14,165 (8.4)	17,239 (8.6)	20,285 (10.0)	22,874 (10.8)	29,544 (12.8)	29,436 (10.8)
말레이시아	92,981 (54.9)	110,423 (54.9)	118,944 (58.5)	125,739 (59.4)	133,983 (57.9)	158,779 (58.0)
네덜란드	424 (0.3)	136 (0.1)	39 (0.0)	23 (0.0)	107 (0.0)	2,722 (1.0)
남아프리카공화국	1 (0.0)	-	2 (0.0)	-	19 (0.0)	1,496 (0.5)
콜롬비아	72 (0.0)	36 (0.0)	106 (0.1)	244 (0.1)	628 (0.3)	866 (0.3)
기 타	96 (0.1)	48 (0.0)	729 (0.4)	465 (0.2)	161 (0.1)	911 (0.3)

자료: 일본 농림수산성 식물방역소

(3) 일본의 백합 수입 검역 현황

일본의 백합 수입은 2005년 797만개에서 2010년 1,300만개로 수입 검역 물량이 1.6배 증가하였다. 특히, 2010년 수입 국가별 검역 비중을 살펴보면, 한국산 백합이 95.2%로 백합 수입 물량의 대부분을 차지하고, 그 다음으로 중국이 3.3%를 차지하는 것으로 나타났다(표 3-4-31). 일본은 과거 네덜란드로부터의 백합 수입 비중이 높았으나, 물류비 부담이 가중되면서 점차 지리적 으로 인접한 우리나라로부터의 수입이 점차 증가해 왔다. 반면, 우리와 경쟁 관계였던 저가의 중국산 백합은 시장에서의 평가가 좋지 않아 수입물량이 크게 감소하였다. 이에 따라 한국산 백합이 일본 백합시장에서 절대적 우위를 차지하고 있다.

표 3-4-31. 일본의 국가별 백합 수입 검역 통계

단위: 천개, %

	2005	2006	2007	2008	2009	2010
계	7,971 (100.0)	6,644 (100.0)	8,957 (100.0)	10,870 (100.0)	12,784 (100.0)	12,996 (100.0)
한 국	6,589 (82.7)	5,722 (86.1)	8,212 (91.7)	10,121 (93.1)	12,315 (96.3)	12,369 (95.2)
네덜란드	50 (0.6)	21 (0.3)	12 (0.1)	5 (0.0)	8 (0.1)	19 (0.1)
대 만	140 (1.8)	101 (1.5)	52 (0.6)	109 (1.0)	38 (0.3)	31 (0.2)
중 국	1,099 (13.8)	638 (9.6)	545 (6.1)	265 (2.4)	199 (1.6)	435 (3.3)
콜롬비아	-	-	10 (0.1)	140 (1.3)	163 (1.3)	117 (0.9)
기 타	93 (1.2)	162 (2.4)	126 (1.4)	230 (2.1)	61 (0.5)	25 (0.2)

자료: 일본 농림수산성 식물방역소

나. 일본의 한국산 화훼류 검역 현황

(1) 일본의 한국산 화훼류 소독 현황

일본의 식물검역 과정에서 한국산 절화가 소독되는 비중을 보면, 2005년의 경우 장미 21.9%, 국화 27.8%, 백합 5.3%로 검역에 불합격되어 소독되는 비중이 높았다. 반면, 2010년도에는 장미, 국화, 백합의 소독 비중이 각각 2.4%, 7.9%, 3.8%로 낮아졌다(표 3-4-32).

표 3-4-32. 일본의 한국산 절화류 검역 및 소독 통계

단위: 천개, %

		2005	2006	2007	2008	2009	2010
장미	검역	19,049 (100.0)	13,799 (100.0)	9,722 (100.0)	10,058 (100.0)	15,039 (100.0)	18,542 (100.0)
	소독	4,176 (21.9)	2,559 (18.5)	370 (3.8)	317 (3.1)	489 (3.2)	444 (2.4)
국화	검역	20,675 (100.0)	18,849 (100.0)	15,901 (100.0)	14,511 (100.0)	15,495 (100.0)	19,673 (100.0)
	소독	5,745 (27.8)	1,612 (8.6)	2,071 (13.0)	1,499 (10.3)	1,334 (8.6)	1,548 (7.9)
백합	검역	6,589 (100.0)	5,722 (100.0)	8,212 (100.0)	10,121 (100.0)	12,315 (100.0)	12,369 (100.0)
	소독	347 (5.3)	91 (1.6)	268 (3.3)	318 (3.1)	857 (7.0)	471 (3.8)

자료: 일본 농림수산성 식물방역소

(2) 일본의 한국산 화훼류 병해충 발견 현황

2010년 한국산 절화의 식물검역 과정에서 발견된 병해충 목록을 살펴보면, 국화가 52건으로 가장 많았고, 그 다음으로 백합이 36건, 장미는 5건이었다(표 3-4-33). 이 중, 국화 흰녹병균 1건

을 제외하고 나머지는 해충이 발견된 기록이었다. 따라서, 국화와 백합의 경우 수출시에 더욱 철저한 선별과정을 거칠 필요가 있다.

표 3-4-33. 한국산 절화의 병해충 발견기록 (2010년)

	병균 및 해충명	발견회수
장미	<i>Trialeurodes vaporariorum</i> (온실가루이)	1
	<i>Aphis gossypii</i> (목화진딧물)	2
	<i>Tetranychus sp.</i> (응애류)	2
국화	<i>Puccinia horiana</i> (국화 흰녹병균)	1
	<i>Liriomyza huidobrensis</i> (흑다리 잎굴파리)	4
	<i>Bemisia tabaci</i> (담배가루이)	17
	<i>Trialeurodes vaporariorum</i> (온실가루이)	1
	<i>Aphis sp.</i> (진딧물류)	1
	<i>Aphis gossypii</i> (목화진딧물)	16
	<i>Thrips palmi</i> (오이 총채벌레)	10
	<i>Tetranychus sp.</i> (응애류)	2
백합	<i>Aphis sp.</i> (진딧물류)	3
	<i>Aphis gossypii</i> (목화진딧물)	25
	<i>Dichromothrips smithi</i> (난 총채벌레)	1
	<i>Frankliniella sp.</i> (총채벌레류)	2
	<i>Frankliniella tenuicornis</i> (담배 총채벌레)	1
	<i>Mvcterothrips glvcines</i> (콩어리 총채벌레)	1
	<i>Tetranychus sp.</i> (응애류)	3

자료: 일본 농림수산성 식물방역소

다. 시모노세키항의 화훼류 식물검역 과정

(1) 한국산 화훼류 통관 및 검역과정

일본으로 수출하고 있는 한국산 화훼류는 주로 선박을 이용하는데, 대부분 부산항을 거쳐 시모노세키항으로 수송된다. 한국에서 선적된 수출 화훼류는 부산항에서 저녁 6~7시 사이에 국내 검역을 받은 후, 다음 날 오전 시모노세키항에 하역된 후 수입검역 및 통관을 거치게 된다(표 3-4-34, 그림 3-4-53).

표 3-4-34. 부관페리호 일본도착 및 식물검역, 통관 일정표

시 간	추진업무	특기사항
08:30	부관페리 부두 입항	
08:30~09:00	컨테이너 하역 작업	
09:00~09:10	컨테이너에서 검역용 견본 채취	(주)일본통운
09:10~10:30	식물검역 실시(검역 물량에 따라 변동)	식물방역소
10:30~11:30	식물검역합격증 발급	
11:30	수입통관 제반작업 실시	(주)일본통운
11:30~13:00	컨테이너 반출, 물류기지 이동	

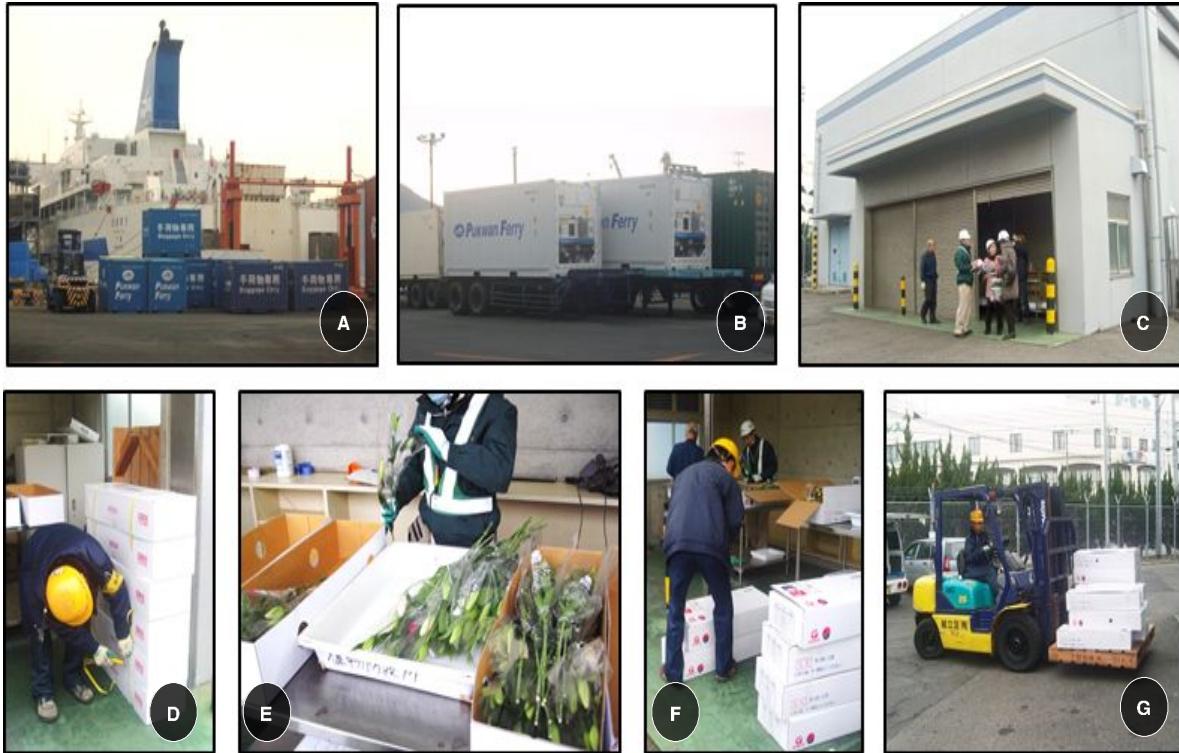


그림 3-4-53. 시모노세키항의 화훼류 식물검역.
 A, 부관페리 입항. B, 컨테이너 하역. C, 식물검역용 간이시설. D, 검역준비 (일본통운, 포장개봉). E, 검역실시. F, 재포장(일본통운). G, 컨테이너 이동

(2) 식물검역 불합격시 처리 방법

일본의 경우 한국에서 생산된 절화 중 수출이 금지되어 있는 품목은 없으나 식물검역 과정에서 일본측의 검역대상 병해충이 발견되면 소독, 폐기 또는 반송의 검역처분을 받으므로 수출상품 선별과정 등에서 철저한 품질관리가 필요하다.

식물검역에서 소독이란 병해충을 사멸, 제거 또는 불임화하기 위하여 공식적으로 승인된 절차를 말하며, 해충에 감염된 절화류의 경우 메틸브로마이드(Methyl Bromide)와 청산가스(HCN) 훈증 방법을 사용하고 있다. 이 때 사용되는 메틸브로마이드는 오존층 파괴 물질로서 전세계적으로 사용량을 감축하고 있고, 화훼류에 처리시 갈변, 짓무름, 노화 촉진 등의 약해가 발생할

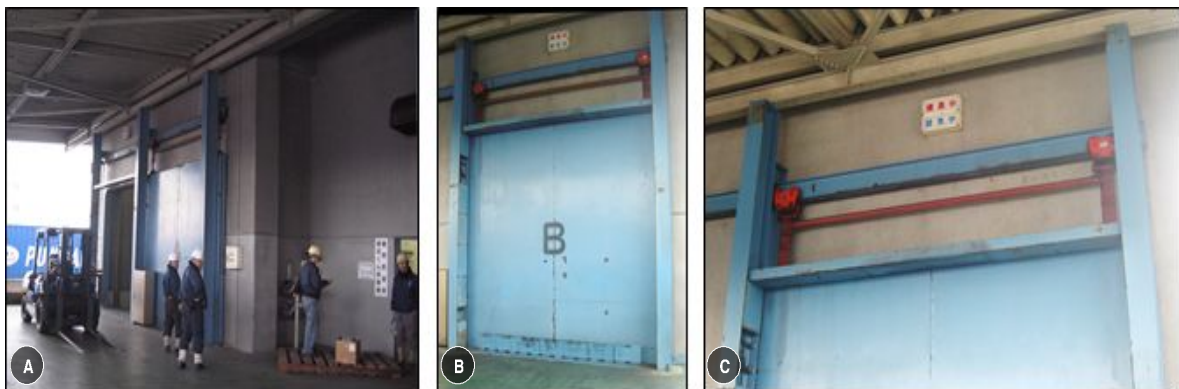


그림 3-4-54. A, B, 시모노세키항의 훈증창고. C, 작업표시등.

수 있다. 이렇게 수출과정에서 혼증 소독을 거치게 되면 일본의 화훼시장 또는 소비자 구매 직후 절화수명이 종료되는 경우가 빈번하게 발생하여 한국산 화훼의 이미지를 실추시키고 있다.

3.1.3 일본 화훼도매시장 조사

가. 일본 화훼도매시장 규모

일본의 화훼도매시장은 중앙과 지방을 합쳐 194개이며, 연간 취급액은 4,500억 엔이다. 도매시장을 경유하는 화훼류의 비중은 85.4%이며, 이중 중앙도매시장에서 처리되는 물량은 34.3%이다. 도쿄도 중앙도매시장 중 5곳의 도매시장에서 화훼류를 취급하고 있는데, 2011년도 중앙도매시장 화훼류 거래 정보를 보면 오타시장에서 절화 총 거래액의 55.6%, 분화 총 거래액의 57.8%를 처리하고 있다(표 3-4-35).

표 3-4-35. 도쿄도 중앙도매시장 화훼류 시장 거래 정보

단위: 천개, 백만엔

		절 화	절 엽	절 지	분 화	
계		수량	933,278	80,201	28,071	35,955
		금액	55,079	2,240	4,392	16,000
오타시장 (309일)	소계	수량	525,585	47,261	10,217	19,623
		금액	30,621	1,360	2,622	9,241
	오타화훼	수량	364,484	36,437	6,982	3,439
		금액	21,473	1,068	1,851	1,760
	FAJ	수량	161,101	10,823	3,235	16,183
		금액	9,148	293	771	7,481
기타아다치시장 (307일)		수량	118,718	8,896	4,292	2,526
		금액	6,643	223	414	1,051
이타바시장 (256일)		수량	97,021	6,811	3,823	1,185
		금액	5,935	179	457	593
카사이시장 (301일)		수량	85,292	7,443	3,350	5,235
		금액	4,673	173	287	1,801
세타가야시장 (310일)		수량	106,663	9,790	6,389	7,386
		금액	7,207	305	612	3,314

주 : ()내는 시장개시일수

자료 : 일본 도쿄도 중앙도매시장 연보(2011년)

나. 오타 화훼도매시장

(1) (주)오타화훼(大田花き)

(주)오타화훼는 도쿄도 중앙도매시장 오타시장 화훼부를 개장함과 동시에 영업을 시작하여 시장규모, 거래액 모두 일본 국내 1위를 차지하고 있다. 2011년 오타 화훼도매시장 거래정보를 보면, (주)오타화훼는 절화 총 거래액의 70.1%, 절엽 총 거래액의 78.5%, 절지 총 거래액의 70.6%를 차지하고 있는데 주로 절화류를 취급하고 있다.



그림 3-4-55. 일본 동경 (주)오타화훼의 경매 모습

A, B, (주)오타화훼 경매 모습. C, 컴퓨터 경매 방식. D, 전자경매판 전시물. E, 신상품 전시코너

(주)오타화훼 관계자와의 면담을 통해 (주)오타화훼에서 취급하는 수입산 절화는 전체의 14% 정도이며, 이중 15%가 한국산 절화임을 알 수 있었는데, 백합과 장미는 일본 국내산과 품질이 비슷하여 거의 동급으로 취급되고 있으나, 국화의 경우 일본의 중급 이하 품질을 보인다고 한다. 또한, 한국산 절화는 특히 여름철에 검역 및 통관, 그 이후의 유통과정에서 온도 관리가 제대로 이루어지지 않아 품질이 떨어지는 경우가 많다고 한다. (주)오타화훼의 경우 cold chain system을 통하여 화훼류의 품질 관리를 철저히 하고 있다고 한다.

(2) (주)FAJ(Flower Auction Japan)

(주)FAJ 역시 화훼를 전문으로 취급하는 업체이다. (주)FAJ의 경우 오타 화훼도매시장 분화 총 거래액의 81.0%를 차지할 정도로 분화 거래의 비중이 높다. (주)FAJ는 제품의 확실한 이력을 확보하여 도·소매업자 및 소비자에게 가능한 자세한 상품정보를 전달하기 위하여 'FAJ 코드'를 개발하여 사용하고 있다. 또한 화훼류의 유통과정 중에 신선도를 유지하기 위하여 도매센터 전체의 70% 이상을 온도 관리하고 있으며, 식물의 특성에 따라 적합한 온도 보관소에 보관하고 있다. 또한 절화의 경우 습식유통 방식을 취하고 있는데, 습식유통시 가격이 안정적이며, 수명 연장 효과뿐만 아니라 판매일수 역시 빨라지는 장점이 있다. (주)FAJ는 절화 생산자에게 습식 유통을 유도하기 위하여, FAJ 바스켓과 절화보존제(Chrysal T-Bag powder)를 함께 패키지 형태로 대여하고, 소비자인 FAJ에서 회수하는 방식을 취하고 있다(그림 3-4-56). 바스켓 시스템 구축 후 포장박스 쓰레기 문제가 해소되었다고 한다.

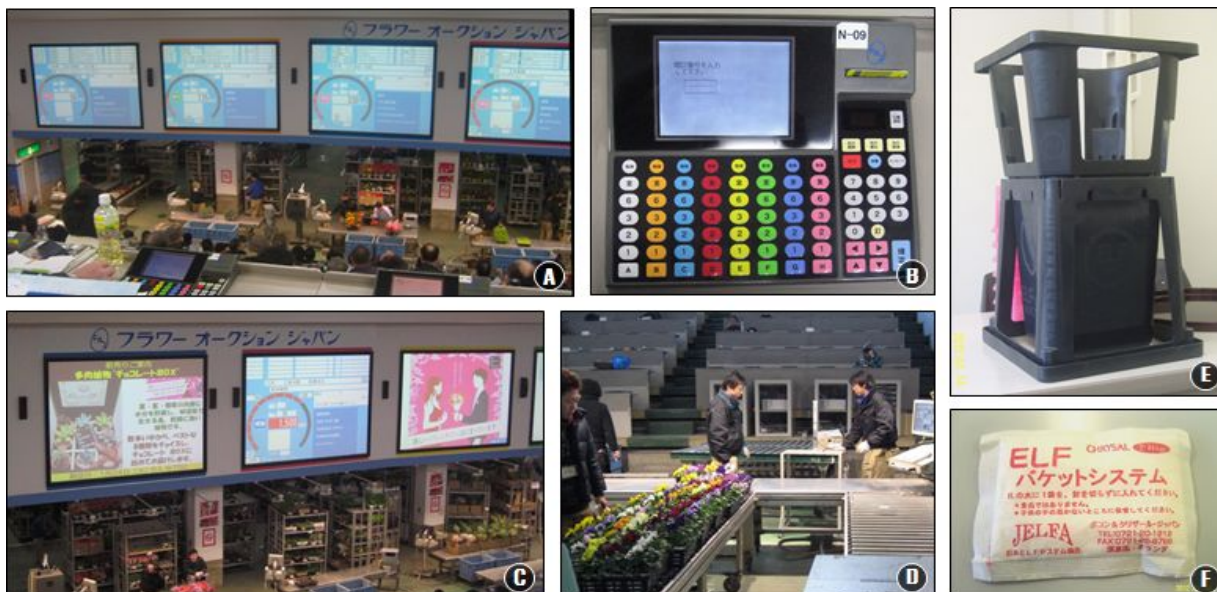


그림 3-4-56. 일본 동경 (주)FAJ(Flower Auction Japan)의 경매 모습
 A, D, (주)FAJ(Flower Auction Japan) 경매 모습. B, 경매 키보드. C, 광고에
 이용되는 경매판. E, FAJ 바스켓, F, FAJ 바스켓에 들어가는 절화보존제
 (Chrysal T-Bag powder)

3.1.4 일본 화훼소매시장 조사

가. 일본의 화훼소매시장 규모

일본의 화훼 수요는 경기 침체에도 불구하고 일정비율의 소비가 꾸준히 이루어지고 있다. 일본의 화훼소매시장을 살펴보면, 2007년 기준 2만 4천개의 화훼 전문매장이 운영되고 있으며, 종사자수는 8만 7천명, 연간 판매액은 6,891억엔 규모이다(표 3-4-36). 일본에서의 화훼는 국민 생활 곳곳에 등장해 윤택과 안락함을 제공하는 존재로 인식되고 있는데, 일본 정부는 ‘화훼산업진흥방침’ 통해 생활과 밀접한 화훼의 수요확대를 위한 적극적인 움직임을 보이고 있다.

표 3-4-36. 일본의 화훼소매시장 규모

	단위: 개, 명, 만엔, m ² , %			
	업체수	종사자수	연간 판매액	매장면적
계	24,228 (100.0)	87,424 (100.0)	689,104 (100.0)	1,875,603 (100.0)
상업통합지역	10,613 (43.8)	38,943 (44.5)	306,762 (44.5)	560,064 (29.9)
오피스지역	2,321 (9.6)	8,551 (9.8)	71,509 (10.4)	141,143 (7.5)
주거지역	7,518 (31.0)	25,476 (29.1)	186,490 (27.0)	585,250 (31.2)
산업지역	957 (3.9)	4,084 (4.7)	37,325 (5.4)	130,683 (7.0)
기타지역	2,819 (11.6)	10,370 (11.9)	87,017 (12.6)	458,463 (24.4)

자료: 일본 경제산업성 2007년 상업통계.

나. 일본 화훼소매시장 조사

(1) 도쿄도 화훼소매점 조사

도쿄도내 화훼소매점을 조사한 결과 역세권에 위치한 경우가 많았으며, 개방형 매장이 대부분이었다(표 3-4-37). 취급 품목도 절화, 분화뿐만 아니라 프리저브드 플라워를 비롯한 다양한 데코레이션 상품들이 구비되어 있었고, 플라워샵마다 자신들만의 특정한 스타일의 화훼상품디자인을 선보이고 있었다. 특히나, 소형 꽃다발과 소형 화분과 같은 캐주얼플라워 상품의 비중이 높았다(그림 3-4-57).

표 3-4-37. 일본 도쿄도 화훼소매점 조사

업체명	シャムロック (SHAMROCK)	Aoyama flower market (이다바시 라무라 상점)	Fleurage (Lumine 2)	Fleurage (Lumine EST)
위 치	요쓰야 산초메역 3번출구 도보 3분	이다바시 라무라 2층 (JR 이다바시역 동쪽 출구)	신주쿠역 Lumine 2 (본점 / 역내 위치)	신주쿠역 Lumine EST (역과 쇼핑몰 연결통로)
매 장 형 태	폐쇄형	반개방형(접이식 윈도우)	완전개방형	완전개방형
취 급 품 목	절화, 분화	절화, 분화, 데코레이션 상품	절화, 분화, 프리저브드, 데코레이션 상품	절화, 분화, 프리저브드, 데코레이션 상품
온 도 관 리	당시 10도 여름철 18도 유지	당시 4-6도	당시 12~14도 여름철 20도 유지	당시 4-5도
꽃냉장고	없음	없음	없음	없음
절화보존 용 액	Floral Mist (Pacific Wide Ltd)	Fresh flower food (본사 자체 제작)	Floralife 파우치 (Smithers-Oasis)	Floralife Quick Dip (Smithers-Oasis)
한국산 화 훼	취급	잘 모름	잘 모름	잘 모름
부 가 정 보	Tel 03-3353-8783	www.aoyamaflowermarket.com/ Tel 03-5261-2987	www.fleurage-un.jp Tel 03-3346-8122	www.fleurage-un.jp Tel 03-5379-8120

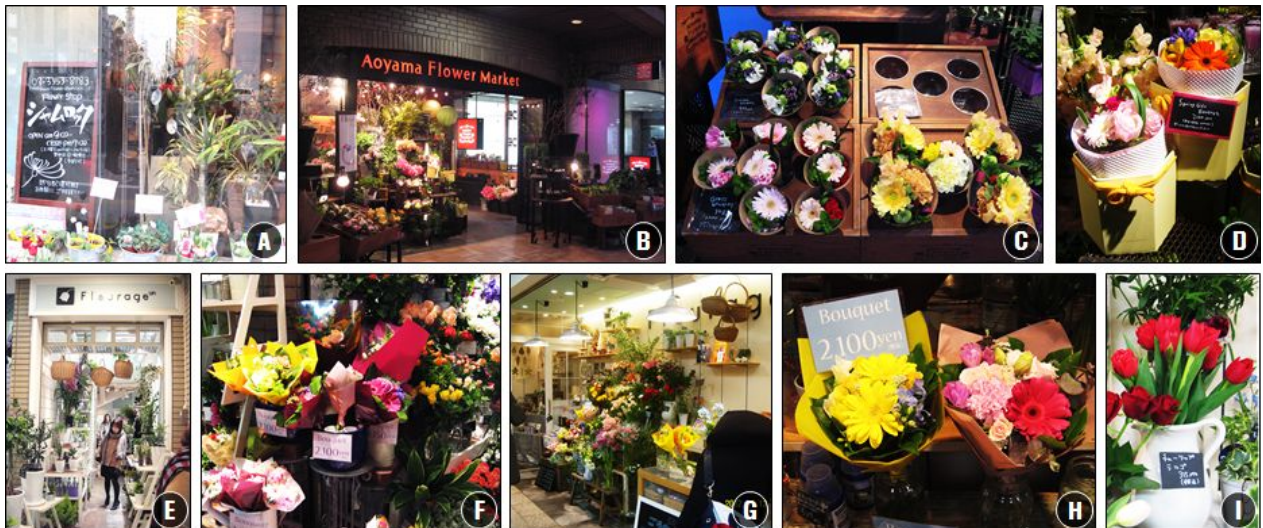


그림 3-4-57. 일본 도쿄도 화훼소매점.

A, SHAMROCK. B-D, Aoyama flower market (이다바시 라무라 상점), E, F, Fleurage (Lumine 2). 검역실시. G-I, Fleurage (Lumine EST).

매장의 온도는 조사 당시가 겨울이었으므로 외기의 영향으로 낮았으며, 여름철에는 18~20도 정도를 유지하는데, 절화의 경우 물을 자주 갈아주어 신선도 유지에 신경을 쓴다고 한다. 조사

를 실시했던 매장 모두 꽃냉장고가 없었고, 절화보존용액을 적극적으로 사용하고 있었다. 한국산 화훼에 대한 질문에는 1곳에서만 취급 경험이 있으며, 저렴한 가격 때문에 구입했지만 만족스러운 품질이었고 재구매 의사가 있다는 답변을 얻었다. 나머지 매장에서는 잘 모른다는 답변을 얻었다.

(2) 후쿠오카시 화훼소매점 조사

후쿠오카시내 화훼소매점을 조사한 결과 백화점 및 쇼핑몰, 호텔에 위치한 경우가 많았으며, 개방형 매장이 대부분이었다(표 3-4-38). 도쿄에서와 마찬가지로 절화, 분화, 프리저브드 플라워, 데코레이션 상품들이 다양하게 디스플레이 되어 있었다(그림 3-4-58). 매장의 온도는 백화점, 호텔, 쇼핑몰 등 대형건물 내 개방형 매장이 대부분이었기 때문에 14~23도 정도였다. 대부분의 매장에서 꽃냉장고와 절화보존용액을 적극적으로 사용하고 있었다. 한국산 화훼에 대한 질문에는 모든 매장에서는 잘 모른다는 답변을 얻었다.

표 3-4-38. 일본 후쿠오카시 화훼소매점 조사

업체명	Hibiya-Kadan (그랜드 하얏트 후쿠오카점)	PLANTS (다이마루후쿠오카 텐진)	HANAYUKI (다이마루점)	les mille feuilles de LIBERTÉ (하카타점)
위 치	그랜드 하얏트 후쿠오카 지하1층	다이마루후쿠오카 텐진 동관 지하1층(연결통로)	다이마루후쿠오카 텐진 1층 연결통로(파사주)	JR 하카타시티 아뮤 플라자 2층(백화점매장)
매 장 태	완전개방형	완전개방형	폐쇄형	완전개방형
취 급 품 목	절화, 분화, 프리저브드, 데코레이션 상품	절화, 분화, 프리저브드	절화, 분화, 프리저브드	절화, 분화, 프리저브드
온 도 관 리	당시 14~15도	당시 22~23도	당시 15~18도	당시 18도
꽃냉장고	있음	있음	있음	없음
절화보존 용 액	Keep Flower 파우치 (Fuji nihon seito Co.)	Keep Flower 파우치 (Fuji nihon seito Co.)	Chrysal Universal 파우치 (Chrysal)	사용 안함
한국산 화 훼	잘 모름	잘 모름	잘 모름	잘 모름
부 가 정 보	www.hibiya.co.jp Tel 092-271-2387	www.daimaru.co.jp Tel 092-751-6885	www.hanayuki.co.jp Tel 092-762-4111	www.liberte-f.co.jp Tel 092-409-6639



그림 3-4-58. 일본 후쿠오카시 화훼소매점.
A-D, Hibiya-Kadan (그랜드 하얏트 후쿠오카점), E, PLANTS. F, G, HANAYUKI (다이마루점).

3.1.5 전자빔을 이용한 수출 화훼류의 검역기술 개발에 주는 시사점

우리나라의 화훼 수출은 장미, 국화, 백합을 중심으로 지속적으로 성장해 왔고, 거의 대부분 일본시장에 수출하고 있다. 일본은 세계적인 화훼 수입국이고 현재까지는 일본 시장에서 한국산 절화의 수입 비중이 높은 편이지만, 세계 각국의 꽃이 치열한 경쟁을 벌이고 있는 만큼 지속적인 수출 확대 노력이 필요하다.

특히, 일본에 수출하고 있는 우리의 화훼류는 항공료 부담으로 선박을 이용하는 경우가 많아 수확 이후 검역, 통관에 이르기까지 긴 시간이 소요되어 선도 유지에 문제가 있을 수밖에 없다. 또한, 검역 과정에서 소득 등이 이루어질 경우 시간지체는 물론 심각하게 품질이 저하되기 때문에 가격 하락은 물론 한국산 화훼의 전체적인 이미지를 흐릴 수 있다. 따라서, 병해충 방제를 위한 노력도 중요하겠지만, 신속한 검역과 검역 절차의 간소화가 요구된다. 이를 위해서는 양국간 협약을 통한 ‘사전검역제도’와 같은 국가적 지원이 필요할 것이다.

일본의 경우 화훼 도매시장에 반입되는 즉시 저온창고 등에 보관하고, 도매시장 내 화훼의 이동을 최소화하여 화훼류의 품질을 효율적으로 관리하고 있었다. 또한, 습식 유통이 상용화되고 있어 효율적인 물류 체계가 운영되고 있었다. 우리나라의 수출 화훼류도 검역 및 통관 이후로는 유통과정에서 일본 국내산과 동일하게 취급되는데, 빠른 시간내에 소비자에게 도달할 수 있는 시스템 확립과 더불어 각 수출단계별로 철저한 온도 관리가 중요할 것이다.

일본내 소매시장에서는 지역별로 차이가 있었지만, 매장의 온도관리에는 특별한 신경을 쓰고 있지 않았다. 온도 관리가 전자빔을 조사한 화훼류의 품질 유지와 병원균 발생 억제에 커다란 영향을 줄 수 있기 때문에, 앞으로 전자빔을 조사한 화훼류의 유통에는 꽃냉장고가 있는 매장이 유리할 것으로 생각된다. 또한, 전자빔을 조사한 화훼류의 완전개화에 절화보존용액 처리가 효과적이었고, 대부분의 일본 소매점에서 절화보존용액을 상용화 하고 있는 만큼 완전개화에는 문제가 없을 것으로 생각된다.

3.2 전자빔 살균에 대한 가이드라인 제시

3.2.1 대상 병원 및 작목

- ① 대상 병원 : *Botrytis cinerea*
- ② 대상 작목 : 장미, 국화, 백합, 카네이션, 꽃도라지, 스토크

3.2.2 표준시험기구 기준

- ① 멸균선량 설정 : ISO 11137-2 (ISO, 2006)
- ② 바이오버튼 측정 : ISO 11737-1 (ISO, 2006)
- ③ 무균시험법 : ISO 11737-2 (ISO, 2007)

3.2.3 병원균 시험방법

가. 병원균의 분리

Botrytis cinerea 병원균주는 대상 작목별로 잿빛곰팡이병에 걸린 꽃으로부터 분리한다. 이병조

직을 1% sodium hypochlorite solution으로 표면 소독 후 100 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 의 streptomycin이 첨가된 PDA (potato dextrose agar) 배지에 올려놓고 24°C 배양기에서 3일간 배양한다. 조직편에서 자란 균사의 선단을 취하여 PDA 배지로 다시 옮겨 병원균을 순수 분리한다.

나. 포자 발아 실험

멸균수로 PDA 배지에 형성된 포자를 수확한 후 가제로 걸러서 균사체를 제거한 후 광학현미경 하에서 포자의 수를 조사한다. 포자현탁액의 농도는 1×10^5 개/ml로 조정한다. 포자현탁액을 계획한 선량으로 전자빔 조사한다. 전자빔을 조사한 포자현탁액에 20 $\mu\text{l}/\text{ml}$ PDB (potato dextrose broth)를 첨가하고 잘 섞어준 후, hole slide glass에 80 μl 씩 떨어뜨린다. hole slide glass를 습식상자에 넣어 밀봉한 후 20°C 배양기에서 암조건으로 12시간 배양한다. 이후 광학현미경 아래서 포자 발아를 조사하는데, 발아관이 포자의 폭 길이보다 긴 것을 발아한 것으로 간주한다. 포자 발아 실험은 3반복으로 실시하며 반복당 100개의 포자를 조사한다.

다. 균사 생장 실험

PDA 배지에 Botrytis cinerea 균사 절편(8 mm)을 치상한 후 계획한 선량으로 전자빔을 조사한다. 전자빔을 조사한 PDA 배지는 20°C 배양기에서 암조건에서 4일간 배양한 후 균사생장을 측정한다. 균사 생장 실험은 5반복으로 실시하며, 균사 생장 억제율은 다음과 같은 식에 따라 계산한다.

$$\text{균사생장억제율(\%)} = (1 - \text{처리구의 균사생장량} / \text{무처리구의 균사생장량}) \times 100$$

라. in vivo 살균활성 검정

포자현탁액의 농도를 5×10^5 개/ml로 조정한 후 계획한 선량으로 전자빔을 조사한다. 대상 작목의 절화를 준비한 후, 꽃 전체에 spray gun($1\text{kg}/\text{cm}^3$)으로 전자빔 조사한 포자현탁액을 분무하여 접종한다. 접종한 절화는 20°C 습실상(상대습도 95% 이상)에 넣어 7일동안 발병을 유도한 후 꽃에 형성된 병반 면적율을 조사한다. in vivo 살균활성 검정은 5반복으로 실시하며, 방제효과는 다음과 같은 식에 따라 계산한다.

$$\text{방제가(\%)} = (1 - \text{처리구의 병반면적율} / \text{무처리구의 병반면적율}) \times 100$$

3.2.4 전자빔 조사 계획

가. 화훼류 품질 유지 및 병원균 발병 지연 목적

화훼류는 식물 종에 따라 또는 식물의 영양상태에 따라 전자빔에 대한 감수성이 다르게 나타날 수 있다. 화훼류에 대한 전자빔 조사는 대상 작목별 전자빔 감수성을 참고하여, 절화 수명 및 품질, 개화를 저하시키지 않는 최대선량을 구한다(표 3-4-39).

2.5 MeV 및 10 MeV 전자가속기를 이용하여 100, 200, 400, 600, 800, 1000, 2000 Gy 선량의 전자빔을 대상작목별로 조사한다. 전자빔을 조사한 절화는 실험실 조건으로 옮긴 후, 재절단하고 증류수에 꽃아 시험종료시까지 품질 특성을 평가한다. 절화의 전자빔 감수성 평가는 5반복으로 실시하며, 품질 특성은 다음과 같은 표에 의해 평가한다(표 3-4-40).

나. 전자빔 멸균 목적

화훼류에 대한 멸균을 목적으로 할 때는 바이오버든에 근거한 멸균 선량 방법을 사용한다. 전자빔 멸균 선량 설정은 다음의 표를 따른다(표 3-4-41).

표 3-4-39. 대상 작목별 전자빔 감수성 및 최대선량

대상작목		전자빔 감수성	최대선량 (Gy)	
			2.5 MeV	10 MeV
장미	레뷰(Revue)	낮음	600	400
	데코레이션(Decoration)	보통	400	400
	엠세컨드러브(M-second Love)	높음	200	100
	비비안(Vivian)	높음	400	200
	일세브론즈(Il se Bronze)	높음	400	200
	퀸비(Queen Bee)	높음	200	200
	레드자이언트(Red Giant)	높음	200	200
	리디아(Lydia)	보통	400	
	러블리리디아(Lovely Lydia)	보통	400	
	자나(Jana)	높음	200	
국화	백마(Baekma)	보통	400	400
	델몬트(Delmonte)	낮음		600
백합	시베리아(Siberia)	보통	400	400
	오거스타(Augusta)	보통	400	400
카네이션	몬테주마(Montezuma)	낮음	600	400
꽃도라지	로지나화이트(Rosina White)	낮음	800	800
스토크	글로리라벤더(Glory Lavender)	높음	200	

표 3-4-40. 절화 품질 특성표

항목	측정방법	비고
생체중	생체중 변화 기록	
화경	화경 변화 기록	
화색	Colorimeter 이용	
엽록소함량	SPAD meter 이용	
꽃의 관상가치	관능평가 실시	1=매우 나쁨(심각한 시들음, 꽃잎 퇴색, 관상가치 소실) 2=약간 나쁨(시들음 진전, 꽃잎 변색, 형태 변화, 관상가치 소실) 3=보통(화색 및 형태 유지, 관상가치 소실 한계점) 4=좋음(화색 선명, 형태 좋음) 5=매우 좋음
잎의 관상가치	관능평가 실시	1=매우 나쁨(심각한 잎 황화, 시들음, 관상가치 소실) 2=약간 나쁨(시들음 진전, 잎의 황화, 형태 변화, 관상가치 소실) 3=보통(잎색 및 형태 유지, 관상가치 소실 한계점) 4=좋음(잎색 선명, 형태 좋음) 5=매우 좋음
절화수명	관능평가 실시	꽃과 잎의 관상가치 소실 시점 파악 꽃목 굵음, 꽃잎 처짐, 꽃잎 탈리시 절화수명 종료

표 3-4-41. 화훼류의 전자빔 멸균 선량 설정

단 계	과 정	내 용	기 준
1단계 기본 정보 결정 및 표본 수집	SAL (Sterility Assurance Level) 결정	· 농산물에 대한 기준이 없으므로 의료기구에 준하는 멸균보증수준 적용 · SAL=10 ⁻²	
	SIP (Sample Item Portion) 결정	· 전체 표본(꽃송이) 사용 · SIP=1	
2단계 평균 바이오버든 측정	바이오버든 측정	· Vortex mixing 방법 이용하여 균 용출 · Membrane filtration(멤브레인필터법) · 배지성능시험 끝난 고체 배지에서 배양 : 호기성 세균(TSA 배지), 진균(SDA 배지) · 보정수(Correction factor) 계산 · 평균바이오버든 산출	ISO 11737-1
3단계 확인선량 구하기	확인선량 구하기	· ISO 11137-2 표 3-4-5에서 평균바이오버든 및 SAL 10 ⁻² 해당하는 확인선량 수치 구함	ISO 11137-2
4단계 확인선량 실험	확인선량 조사	· 전체 표본에 확인선량으로 전자빔 조사	
	무균시험 실시	· 직접법 또는 멤브레인필터법 사용 · 14일 배양후 균 발육 유무 확인 · 무균시험 결과 양성표본수 2 초과하지 않으면 확인선량 실험 적격 판정	ISO 11737-2
5단계 멸균선량 결정	멸균선량 결정	· ISO 11137-2 표 3-4-5에서 평균바이오버든 및 SAL 10 ⁻⁶ 해당하는 멸균선량 수치 구함	ISO 11137-2

제5절 수출 화훼류의 생산과 화훼농가 정보수집

수출 화훼류의 생산과 화훼농가 정보 수집의 과제에서는 이 연구에 필요한 각종 실험용 수출 화훼를 제공하고, 아울러 화훼생산 농가, 유통업자 및 유통방법, 소비자 등에 대한 자료를 수집하여 각 연구팀에 제공하였다.

제4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제1절 연구개발의 목표달성도

1. 제1차년도 연구개발의 목표달성도

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용	달성도(%)
1 차 년 도	2009	수출 화훼류의 전자빔 처리후 품질특성 평가	<ul style="list-style-type: none"> • 전자빔 에너지에 따른 감수성 평가 <ul style="list-style-type: none"> - 에너지 수준 : 2MeV, 10MeV - 화훼류의 감수성 평가 - SEM을 이용한 세포구조학적 평가 • 전자빔 선량에 따른 감수성 평가 <ul style="list-style-type: none"> - 적정선량 설정 : 0 ~2kGy - 수출입 화훼류 15종의 감수성 평가 	100
		수출 화훼류의 검역대상 해충에 대한 전자빔 처리기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 국화에 대한 공시충의 기초자료 수집 • 공시충 채집 및 사육 • 수출 국화에서 전자빔 에너지에 따른 검역대상 해충의 살충력 평가 <ul style="list-style-type: none"> - 종 및 태에 따른 살충력 평가 • 수출 국화에서 전자빔 선량에 따른 검역대상 해충의 감수성 평가 <ul style="list-style-type: none"> - 종 및 태에 따른 감수성 평가 • 해충의 전자빔 조사에 따른 행동변화 조사 	100
		수출 화훼류에 대한 전자빔 처리의 Dose Mapping	<ul style="list-style-type: none"> • 전자가속기 및 처리시스템의 검증I <ul style="list-style-type: none"> - 가속에너지 : 균일밀도 소재 내부의 선량분포 - 빔 current : 조사 방향의 표면 선량분포 • 예비선량 매핑 <ul style="list-style-type: none"> - 포장 크기, 용적밀도를 근거로 조사조건 추산 • 조사공정 규격의 일반화 <ul style="list-style-type: none"> - 모니터링 위치와 min/max의 관계 - 일상적인 모니터링 위치 및 통과회수 및 방향 - 조사선량 관련기준 	100
		수출입식물 소독기술에 대한 기술평가 및 생산자 인식조사	<ul style="list-style-type: none"> • 현행 소독기술에 대한 기술평가 및 수요추정 <ul style="list-style-type: none"> - 전문가 집단을 대상으로 하는 Delphi조사 • 비화학적 소독기술에 대한 생산자 인식조사 <ul style="list-style-type: none"> - 구조화된 설문지를 통한 1:1 면접조사 	100
		수출 화훼류의 안정적 확보 및 농가정보 수집	<ul style="list-style-type: none"> • 수출 화훼류의 안정적인 공급 • 생산농가, 유통업자, 소비자에 대한 정보 수집 	100

2. 제2차년도 연구개발의 목표달성도

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용	달성도(%)
2 차 년 도	2010	수출 화훼류의 전자빔 처리후 살균기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 전자빔 에너지에 따른 검역대상 평균의 감수성 평가 <ul style="list-style-type: none"> - 에너지 수준 : 2MeV, 10MeV - 공시균주의 감수성 검정 : 균사, 포자 • 전자빔 선량에 따른 검역대상 평균의 감수성 평가 <ul style="list-style-type: none"> - 선량 수준 : 0~10kGy - 공시균주의 감수성 검정 : 균사, 포자 • 전자빔 조사선량 검증 <ul style="list-style-type: none"> - 평균 바이오버든의 산정 - 최소, 최대, 최적 선량의 설정 • 전자빔 멸균 공정 매뉴얼 제작 	100
		수출 화훼류의 검역대상 해충에 대한 전자빔 처리기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 장미에 대한 공시충의 기초자료 수집 • 공시충 채집 및 사육 • 수출 장미에서 전자빔 에너지에 따른 검역대상 해충의 살충력 평가 <ul style="list-style-type: none"> - 종 및 태에 따른 살충력 평가 • 수출 장미에서 전자빔 선량에 따른 검역대상 해충의 감수성 평가 <ul style="list-style-type: none"> - 종 및 태에 따른 감수성 평가 • 해충의 전자빔 조사에 따른 행동변화 조사 • 전자빔 살충 공정 매뉴얼 제작 	100
		수출 화훼류에 대한 전자빔 처리의 Dosimetry 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 수출 화훼류의 선량분포 검증 <ul style="list-style-type: none"> - 적재패턴 검증 - 조사선량분포(dose mapping) 검사 - Dosimeter의 설정 - 모니터링 주기의 설정 • 포장소재의 조사적합성 평가 <ul style="list-style-type: none"> - 포장견고성, 최대선량, 포장규격 등 • 표면 선량 및 심부선량과의 관계 규명 	100
		수출입식물 소독기술에 대한 경제성분석 및 방향정립	<ul style="list-style-type: none"> • 전자빔 소독기술에 대한 경제성평가 <ul style="list-style-type: none"> - 비용과 편익의 분석 - 전자빔 소독기술의 산업화 가능성 진단 • '전자빔소독기술'의 실용화 경제분석의 문제점과 개선방안 분석 • '전자빔소독기술'의 경제적 측면에서의 방향정립 	100
		수출 화훼류의 안정적 확보 및 농가정보 수집	<ul style="list-style-type: none"> • 수출 화훼류의 안정적인 공급 • 생산농가, 유통업자, 소비자에 대한 정보 수집 	100

3. 제3차년도 연구개발의 목표달성도

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용	달성도(%)
3 차 년 도	2011	수출 화훼류의 전자빔 살균시스템 구축	<ul style="list-style-type: none"> • 수출 화훼류의 주요 균주의 살충력 비교 <ul style="list-style-type: none"> - 검역대상 균주의 살균력 비교 - 살균의 기준설정 및 살균효과의 비교 • 전자빔 멸균에 대한 가이드라인 제시 <ul style="list-style-type: none"> - 대상 균주 및 작목에 따른 시험기구 기준 및 시험 방법 - 전자빔 조사 후 보관 및 처리조건 - 전자빔 조사의 계획 	100
		수출 화훼류의 전자빔 살충시스템 구축	<ul style="list-style-type: none"> • 수출 화훼류의 주요해충 살충력 비교 <ul style="list-style-type: none"> - 검역대상 해충의 살충력 비교 - 해충사멸의 기준설정 및 살충효과의 비교 • 전자빔의 해충에 대한 가이드라인 제시 <ul style="list-style-type: none"> - 대상 해충 및 작목에 따른 시험기구 기준 및 시험 방법 - 전자빔 조사의 계획 	100
		수출 화훼류에 대한 전자빔 조사시스템 구축	<ul style="list-style-type: none"> • 전자빔 조사 공정 매뉴얼 제작 <ul style="list-style-type: none"> - 시설 및 기기 기준 - 조사기록 및 표준 문서화 - 조사인증서 발급 - 최종 조사조건 확립 - 잔류 조사를 위한 기구 및 장비 설정 	100
		수출입식물 소독기술에 대한 소비자 인식조사 및 개발효과조사	<ul style="list-style-type: none"> • 비화학적 소독기술에 대한 소비자 인식조사 <ul style="list-style-type: none"> - 구조화된 설문지를 통한 1:1 면접조사 • 전자빔 소독기술에 대한 경제성분석 <ul style="list-style-type: none"> - 개발의 효과 및 비용의 개념정립 - 효과분석 관련 현지조사 및 효과 계측 • 전자빔 소독기술에 대한 실용화 가능성 진단 	100
		수출 화훼류의 안정적 확보 및 농가정보 수집	<ul style="list-style-type: none"> • 수출 화훼류의 안정적인 공급 • 생산농가, 유통업자, 소비자에 대한 정보 수집 	100

제2절 관련분야에의 기여도

1. 경제적 측면

이 연구의 경제적 측면의 기여도는 다음과 같은 점을 들 수 있다.

첫째, 전자빔 가속기는 다양한 산업에 이용할 수 있으며, 특히 농업에서는 멸균, 살충, 생장제어 측면에서 활용할 수 있다. 따라서 전자빔을 이용한 멸균 및 살충기술을 시스템화하는데 기초자료로 활용할 수 있을 것이다. 수출 화훼류에 1차적으로 적용하여 산업화한 후, 식품안전성이 확인되면 수출 농산물에 확대 적용할 수 있을 것으로 기대된다.

둘째, 전자빔 가속기는 고가의 장치로 개별 농가에 설치하는 적합하지 않으며, 화훼단지 혹은 집산지에 설치하는 것이 경제성이 있는 것으로 기대된다.

셋째, 산업화를 통한 기대효과는 <표 4-4-1>과 같다. 즉 앞으로 3개년 동안 산업화를 통한 기대효과는 직접 경제효과 약 250억원, 경제적 파급효과 약 800억원, 부가가치 창출액 약 3,000억원으로 총 4,050억원에 이를 것으로 추산된다.

표 4-4-1. 산업화를 통한 전자빔 가속기의 기대효과

단위 : 백만원

항 목	산업화 기준	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계
직접 경제효과 ¹⁾		5,000	10,000	10,000	-	-	25,000
경제적 파급효과 ²⁾		20,000	30,000	30,000	-	-	80,000
부가가치 창출액 ³⁾		50,000	100,000	150,000	-	-	300,000
합 계		75,000	140,000	190,000	-	-	405,000

- 주 : 1. 직접 경제효과 : 본 연구과제 개발기술의 산업화를 통해 기대되는 제품의 매출액 추정치
 2. 경제적 파급효과 : 본 연구과제 개발기술의 산업화를 통한 농가소득효과, 비용절감효과 등 추정치
 3. 부가가치 창출액 : 본 연구과제 개발기술의 산업화를 통해 기대되는 수출효과, 브랜드가치 등 추정치

2. 학술적 측면

이 연구의 학술적 측면의 기여도는 다음과 같은 점을 들 수 있다.

첫째, 전자빔에 의한 해충의 비정상적인 발육에 대한 원인이작을 일부 규명하였다.

둘째, 전자빔에 의한 주요 수출 화훼류의 해충에 대한 살충력을 평가하여 사멸 기준을 설정함으로써 수출입식물검역 통합관리 시스템 구축에 기초자료로 활용될 수 있다(IPET 농림수산 식품 연구개발사업 2012년 지정공모과제 “수출입 농산물 검역의 MeBr 대체 친환경 기술개발 및 적용”의 경제성 분석 기초자료, 한국원자력연구원).

셋째, 해충박멸에 있어 화학적 기법과 비교하면 시간적인 차이는 있지만 비화학적 소독기술에 대한 대안으로 제공될 수 있다.

제5장 연구개발 성과 및 성과활용계획

제1절 연구개발결과의 활용방안 및 기대성과

이 연구개발 결과의 활용방안 및 기대성과는 다음과 같다.

- ① 비화학적/물리적 소독기술에 대한 대안 제공
- ② 농가의 처리비용감소로 농가경쟁력 향상 및 소득 증대
- ③ 환경오염 방지로 인한 국가신인도 제고
- ④ 비화학적/물리적 처리시스템에 대한 영농활용의 기초자료 제공
- ⑤ 기술이전을 통한 산업화와 기업창업을 통한 일자리 창출
- ⑥ 수출입식품검역 통합관리 시스템 구축에 기초자료 제공

제2절 연구개발결과의 성과 및 활용목표

1. 연구성과 목표

단위 : 건수

구분	특허		신품종				유전 자원 등록	논문		기타
	출원	등록	품종 명칭 등록	품종 생산 수입 판매 신고	품종보호			SCI	비SCI	
					출원	등록				
1차년도	목표								3	
	달성		2						4	3
2차년도	목표	1						1	4	
	달성		1						1	2
3차년도	목표	1						2	3	
	달성		1					5	0	5
계	목표	2						3	10	0
	달성		4					5	5	10

2. 연구성과 활용 목표

단위 : 건수

구분		기술실시(이전)	상품화	정책자료	교육지도	언론홍보	기타
활용건수	목표	1		2		2	2
	달성						

3. 특허 성과

출원된 특허의 경우				
출원연도	특허명	출원인	출원국	출원번호
2009	이동형 전자선 가속장치	이비테크 (주)	한국	10-2009-0079591
2009	이동형 전자선 가속장치용 고전압발생기 및 컨테이너 개폐 구조	이비테크 (주)	한국	20-2009-0011189
2010	전자빔을 이용한 밸러스트수 처리장치	이비테크 (주)	한국	10-2010-0031508
2011	APPARATUS AND METHOD FOR TREATING SHIP BALLAST WATER USING ELECTRON BEAMS	이비테크 (주)	미국	13033682(2011.02.24)

등록된 특허의 경우				
등록연도	특허명	등록인	등록국	등록번호
2010	이동형 전자선 가속장치	이비테크 (주)	한국	제10-0955241호
2010	이동형 전자선 가속장치용 고전압발생기 및 컨테이너 개폐 구조	이비테크 (주)	한국	20-0455147-0000
2010	전자빔을 이용한 밸러스트수 처리장치	이비테크 (주)	한국	제10-998185호
2011	APPARATUS AND METHOD FOR TREATING SHIP BALLAST WATER USING ELECTRON BEAMS	이비테크 (주)	미국	20110240565(2011.10.06)

4. 논문 게재성과

게재연도	논문명	저자			학술지명	Vol.(No.)	국내외구분	SCI구분
		주저자	교신저자	공동저자				
2009	식물검역을 위한 방사선 소독기술의 국제동향	우종석	우종석		친환경농업연구	11(2)	국내	비SCI
2009	전자빔 처리기술의 국내외 동향	우종석	우종석		친환경농업연구	11(1)	국내	비SCI
2009	전자빔의 농업적이용	한범수	한범수	김유리 김진규	친환경농업연구	11(2)	국내	비SCI
2009	전자빔 처리를 통한 수출 화훼류의 검역가능성	권 송	권혜진		친환경농업연구	11(2)	국내	비SCI
2010	전자빔 조사가 담배가루이, 복숭아혹진딧물, 배추좀나방과 점박이응애의 발육과 생식에 미치는 영향	문상래		손봉기 양정오 우종석 윤창만 김길하	한국응용곤충학회지	49(2)	국내	비SCI
2011	Electron beam flue gas treatment plant for thermal power station	김진규	한범수	김유리	Journal of the Korean Physical Society	59(6)	국내	SCI
2011	Application of an electron accelerator for the treatment of wastewater from textile dyeing industries	김유리	한범수	김진규	Journal of the Korean Physical Society	59(6)	국내	SCI
2011	Effect of electron beam irradiation on developmental stages of <i>Plutella xylostella</i>	구현나	김길하	윤승환 신연호 윤창만 우종석	Journal of Asia-Pacific Entomology	14(2011)	국외	SCI
2011	수출 화훼류의 전자빔 거역기술 및 처리시스템 개발의 경제성 분석	김정부	김정부	강정일 우종석	친환경농업연구	13(1·2 통합)	국내	비SCI
2011	Electron beam irradiation induces abnormal development and the stabilization of p53 protein of American serpentine leafminer, <i>Liriomyza trifolii</i> (Burgess)	구현나	김길하	윤승환 윤창만	Radiation Physics and Chemistry	81(2012)	국외	SCI
2012	Effect of electron-beam irradiation on spore germination and mycelial growth of <i>Botrytis cinerea</i>	Song Kwon	Hye Jin Kwon	Hye Jin Kwon, Gyung Ja Choi	The plant pathology journal	투고 중	국내	SCIE

5. 국내 및 국제학술회의 발표

계재 연도	논문명	저자			학술지명	Vol.(No.)	국내외 구분	구분
		주저자	교신저자	공동저자				
2009	전자빔을 이용한 식물검역의 국제적 동향	우종석	우종석		식물검역 소독연구	2009.11	국내	구두발표
2009	전자빔의 농업적 이용	한범수	한범수		식물검역 소독연구	2009.11	국내	구두발표
2009	수출 화훼류의 전자빔 처리에 의한 수확 후 품질 변화	권혜진	한범수		식물검역 소독연구	2009.11	국내	구두발표
2010	Effect of Electron-beam Irradiation on the Development and Reproduction of Agricultural Insect Pests	조선란	김길하	문상래 양정오	한국응용 곤충학회	2010.10	국내	포스터
2010	Electron beam induces sterility in <i>Plutella xylostella</i> and its mechanisms are involved in the DNA damage	윤승환	김길하	문상래 외 3명	한국응용 곤충학회	2010.5	국내	포스터
2011	Effects of preservative solution on the post-harvest quality of 'Siberia' lily after electron beam irradiation	권송	권혜진		한국원예 과학지	2011.5	국내	포스터
2011	Quality of 'Montezuma' carnation after electron beam irradiation	권송	권혜진		한국원예 과학지	2011.5	국내	포스터
2011	Effect of electron beam irradiation on the development and reproduction and DNA damage of American serpentine leafminer, <i>Liriomyza trifolii</i> Burgess	윤승환	김길하	구현나 외 3명	일본응용 곤충동물 학회	2011.3	국외	구두발표
2011	Effect of electron beam irradiation on the development and reproduction of <i>Spodoptera litura</i>	윤승환	김길하	구현나 윤창만	한국응용 곤충학회	2011.10	국내	포스터
2012	Electron beam irradiation induces abnormal development and the stabilization of p53 protein of American serpentine leafminer, <i>Liriomyza trifolii</i> (Burgess)	박영욱	김길하	윤승환 조선란 정진원 신연오 윤창만 구현나	한국응용 곤충학회	2011.5	국내	포스터

제6장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술 정보

제1절 머리말

우리나라의 식물검역용 약제는 1900년도 초반에 외국에서 개발된 MB, PH3를 1970년대에 도입하여 사용하였으며, 1999년부터 MB대체 약제로 수출입 신선농산물에 대하여 HCN를 등록하여 실용화하였다. HCN은 2000년 최초 바나나 소독용으로 등록 후 2008년 현재 장미질화 등 총 16개 품목에 대하여 품목을 등록하였고, 2008년 현재 바나나 전체 소독물량 중 50% 이상에 사용되고 있다. 그러나 HCN은 수용성으로 물기가 많은 식물에서 살충력이 떨어지며, 약해를 발생시킬 수 있다.

1989년 제정된 몬트리올 의정서에 의거 메틸브로마이드(MethylBromide : MB)는 선진국의 경우 2005년, 개발도상국의 경우 2015년에 식물검역용 이외의 생산 또는 수입이 불가능하다. 이에 따라 미국, 일본, 호주 등 선진국에서는 MB를 대체할 약제와 소독기술 개발을 적극적으로 추진 중이다. 중국은 호주 연구기관(CSIRO)와 MOU를 체결하여 에칠포메이트 등 약제개발과 소독방법에 대한 공동연구를 추진하고 있으며, 중국, 말레이시아 등 아세안 5개국은 호주와 공동으로 곡류 훈증에 대한 연구를 실시하고 있다. 또한, 검역용 MB를 대체하기 위한 비화학적이며 물리적인 소독기술의 개발이 요구되고 있다.

이 글은 전자빔 소독처리의 식물검역 적용에 앞서 현재까지의 국내외 방사선 소독처리의 동향자료를 재정리한 것이다.

방사선에는 x-선, γ-선, 전자선 등이 있으며, 전자빔 소독처리는 방사선 기술의 한 분야이다.

제2절 방사선 소독기술 동향

1. 과거 동향

1930년 Koidsumi가 수입시 해충의 유입을 방지하기 위하여 수입농산물에 x-선 소독을 최초로 제안하였으나 연구결과의 부재, 농산물의 부족 등의 이유로 검역에 실현되지는 못하였다. 그러나 70년이 지난 2003년 국제식물보호기구 (IPPC ; International Plant Protection Convention)에서 "식물위생조치로서 방사선조사를 이용하기 위한 지침¹¹⁾"을 권고하였으며, 2009년 1월에 국제식물보호기구의 제5차 소독처리기술위원회(TPPT ; Technical Panel Phytosanitary Treatment, TPPT)에서 "모든 식물체의 나비목 번데기 및 성충(곤충강 : 나비목)을 제외한 모든 해충(절지동물문 : 곤충강)에 대한 방사선 처리¹²⁾"를 미국이 제안하였다. 2009년 3월에는 IPPC의 식물위생조치위원회(CPM; Commission on Phytosanitary Measures)에서 8개 해충에 대한 방사선 소독처리를 권

11) ISPM No. 18 : Guidelines for the use of irradiation for phytosanitary measures

12) 2006-TPPT-134 : Generic irradiation treatment for all insects except lepidopteran pupae and adults in any host commodity

고하고 그 내용을 식물위생처리국제기준(ISPM, International Standard for Phytosanitary Measures) No. 28의 부속서로 첨부하였다.

위와 같은 국제합의는 1956년에 미국의 Balock에 의하여 하와이 과일에서의 해충구제연구를 시발점으로 본격화되었다. Balock은 하와이 과일에서의 과실파리 3종을 대상으로 우화를 방지하는 목적으로 방사선을 이용한 식물위생처리연구를 하였으며, 1965년 과실파리의 우화방지를 위한 방사선 소독처리량으로 150Gray를 연구결과로 제안했다.

소독처리량으로써의 150Gray는 미국농식품검역소(APHIS ; Animal and Plant Health Inspection Service)가 하와이 파파야의 해충 비행불능의 검역기준으로 1989년까지 규정했다.

1984년에 IAEA, WHO, FAO는 방사선조사식품에 관한 국제자문기구(ICGFI ; International Consultative Group on Food Irradiation)를 설립하였으며, 이후 방사선 소독처리에 대한 관심이 증가하여 과실파리 뿐 아니라 진딧물, 선충 등과 같은 다른 해충에 대한 방사선 소독처리량에 대한 연구가 본격적으로 시작되었다.

1994년에 아르헨티나 등 7개국이 참가한 ICGFI 제3차 working group 회의에서 절과일과 채소류에 발생할 수 있는 절지동물의 검역보증기준으로 소독처리량 300Gray를 권고하였다¹³⁾. 이 기준은 향후 지역 또는 국제 기준을 제정하는데 기반이 되었다.

식물위생조치를 위한 방사선소독 과거동향을 정리하면 <표 6-2-1>과 같다.

표 6-2-1. 식물위생조치를 위한 방사선 소독 과거동향

연 도	내 용
1930	koidsumi, x-선을 이용한 해충 유입방지 제시, 실현 안됨,
1956	balock, x-선을 이용한 과실파리의 우화방지 연구 시작
1965	balock, 과실파리의 우화방지로 방사선소독처리량 150Gray 제안
1984	FAO/WHO/IAEA 공동지원으로 ICGFI 설립
1989	APHIS, 검역허가(해충의 비행불능)의 방사선소독처리량 150Gray 승인
1994	ICGFI, 검역보증(절지동물의 성충처리)의 방사선소독처리량 300Gray 채택
2003	IPPC, 식물위생조치로서 방사선조사를 이용하기 위한 지침, ISPM No. 18
2009	IPPC, 8개 해충에 대한 방사선 소독처리기준 채택

2. 지역 및 국제기준

방사선소독처리에 대한 지역적 또는 국제적 기준을 마련하기 위하여 각국과 국제기관들은 많은 연구와 회의를 하였다. FAO와 IAEA는 1992년에서 1997년 동안 국제공동연구프로그램(CRP, International Coordinated Research Programs)을 통하여 “진드기, 바구미, 선충등에 대한 검역처리으로써의 방사선 조사의 이용¹⁴⁾” 지침을 만들었다. 또한 멕시코를 중심으로 한 라틴아메리카 지역의 7개국은 1999년과 2000년에 Arcal Project를 통하여 “조사처리된 식품의 검역규제의 통합¹⁵⁾”을 주제로 1개의 지침¹⁶⁾과 1개의 인증 프로토콜¹⁷⁾을 제안하였고, 라틴아메리카 7개국에

13) ICGFI, 1994, Irradiation as a quarantine treatment for commercial fruits and vegetable

14) Use of Irradiation as a Quarantine Treatment Against Pests such as Mites, Thrips, Weevils and Nematodes

서 하나의 통합된 수출입검역기준을 마련하고자 하였다.

미국의 APHIS는 1989년 하와이에서 콰, 푸에르토 리코, 버진 아일랜드로 수출하는 파파야에 x-선 소독처리(150Gray)를 하여 과실파리를 방제하였고, 1997년에는 소독처리량을 250Gray로 증가하고 대상과일을 파파야, 리치, 카람볼로아 등으로 넓혔다. 또한 5년 후인 2002년에는 <표 6-2-2>와 같이 모든 국가에서 수입되는 신선과일과 채소를 위한 식물위생처리로서의 방사선 소독처리량을 규정하였다.

표 6-2-2. APHIS에서 규정한 방사선 소독처리기준(2002)

Scientific name	Proposed Dose	Dose Suggested
Bactrocera dorsalis	250	150
Ceratitidis capitata	225	150
Bactrocera curcubitae	210	150
Anastrepha fraterculus, suspensa ludens, obliqua, serpentina	150	100
Bactrocera tryoni, jarvisi, lattifrons.	150	100
Sternochetus mangiferae	100	300

북미식물보호기구(NAPPO, North American Plant Protection Organization)은 1997년 지역기준으로 “식물위생처리로서의 방사선조사의 이용에 관한 지침¹⁸⁾”을 제정하는데 이는 현재 국제적으로 널리 인정된 IPPC의 ISPM No. 18의 기반이 되었다. 그러나 미국과 라틴아메리카 지역, 호주 등을 제외하고는 방사선을 이용한 식물위생처리에 대한 규제 시스템을 가진 국가는 거의 없다. 단지 40여개국에서 방사선소독처리 가능 식품을 위한 일반적인 등록 및 규정사항을 마련해 놓고 있다. 이에 따라 IPPC, Codex Alimentarius, NAPPO 등의 국제기구들이 전세계적으로 통용될 수 있는 국제기준을 제정하여 권고하고 있다.

국제식품규격위원회(Codex Alimentarius)는 식품에 조사(照射)할 수 있는 방사선원에 대하여 1983년 제시하였다. Co-60 또는 Ce-137로 부터의 γ -선, 최대에너지 10MeV의 기계장치로부터 발생된 전자, 그리고 최대에너지 5MeV의 x-선이다.

γ -선, x-선, 전자빔을 이용한 최초의 식물위생처리 유효성은 기존의 훈증처리등에 기반한 Probit 9를 적용하지만 매우 높은 보증수준과 항상 매우 많은 해충을 가지고 작업할 수 없다는 단점이 있었다.

2001년 NAPPO는 지금까지 단점으로 지적되어온 부분에 대한 새로운 개념을 제시하였고, 이 개념 또한 IPPC의 ISPM No. 18의 기반이 된다. NAPPO는 2001년까지 연구되어온 해충에 대한 γ -선, x-선, 전자빔 소독처리는 해충의 우화 및 비행불능, 불임, 무능화의 영향을 준다는 것에 주목하고 각 경우에 따라 서로 다른 식물위생처리기준을 마련할 것은 제시하였다.

2003년 IPPC에서 ISPM No. 18 “식물위생조치로서 방사선조사의 사용에 관한 지침”을 제정하여 권고하였다. ISPM No. 18을 살펴보면 <표 6-2-3>과 같으며, 기술요건 중 방사선소독처리효과는 해충 사멸, 우화방지, 불임, 무능화로 나누었다.

15) Harmonized Quarantine Regulations for Irradiated Food

16) Guidelines : Use of ionizing radiation as a quarantine treatment for fresh food

17) Certification Protocol : Irradiation as a quarantine treatment for fresh horticultural products

18) Guidelines for the Use of Irradiation as a Phytosanitary Treatment

표 6-2-3. ISPM No. 18 요약

항 목	세 부 내 용
도입부	적용범위, 참고문헌, 용어정의 및 약어, 요건의개요
기술요건	권한, 소독처리효과, 소독처리 적용, 선량측정시스템 시설의 승인, 식물위생시스템의 완전성, 소독처리시설에 대한 문서화 국가식물보호기관에 의한 검사 및 식물위생증명
부속서 및 부록	승인된 특정 소독처리, 처리시설 승인을 위한 확인사항 등록, 특정 병해충 그룹의 반응에 따른 예산 최소흡수선량, 연구약정

식물위생조치를 위한 방사선소독의 지역 및 국제기준 동향을 정리하면 <표 6-2-4>와 같다.

표 6-2-4. 식물위생조치를 위한 방사선 소독의 지역 및 국제기준 동향

연 도	내 용
1983	Codex Alimentarius, 식품 조사를 위한 일반 기준, 방사선원 규정
1989	APHIS, 검역허가(해충의 비행불능)의 방사선소독처리량 150Gray 승인
1992~1997	FAO/IAEA, “진드기, 바구미, 선충 등에 대한 검역처리로써의 방사선 조사의 이용”
1997	APHIS, 방사선소독처리량 250Gray, 품목 증가(파파야, 리치, 카람볼로아)
1997	NAPPO, 식물위생처리로서 방사선조사의 이용에 관한 지침
2001	NAPPO, 해충에 대한 방사선조사효과 적용의 신개념 제시
2002	APHIS, 모든 국가에서 수입되는 신선과일과 채소를 위한 식물위생처리로써의 방사선소독처리량을 규정
2003	IPPC, 식물위생조치로서 방사선조사를 이용하기 위한 지침, ISPM No. 18
2009	IPPC, 8개 해충에 대한 방사선 소독처리기준 채택

3. 최근 연구 동향

3.1 일반적 동향

2000년 이후 γ-선, x-선, 전자빔 소독처리에 관한 연구, 시스템, 시설, 제도 등에 대한 많은 성과가 있었으나 여기에서는 2007년에서 2009년에 이루어진 성과를 위주로 다루고자한다.

2007년 이후 아르헨티나는 신선과일에의 식물위생처리를 위한 이온화 조사의 이용에 관한 연구를 하였다. 콜롬비아는 방사선발생장치의 현대화를 위한 편익을 분석하였고, 나이지리아는 산업형 감마선 조사시설의 선택적 이용에 관한 경제성분석을 하였다. 모로코는 γ-선, x-선, 전자빔 조사를 통한 방향성식물과 약용식물의 품질향상과 보존에 대한 연구를 하였고, 아태평양 지역은 사회적 경제성장의 개선을 위하여 식품조사기술을 새롭게 적용하는 노력을 하였다. 이외에도 스리랑카는 단일 목적이 아닌 다중목적의 감마선 처리시설을 설치 및 운영에 관한 논의도 하였다.

한편 IAEA는 원자력에 대한 인터넷교육과 식품의 환경적 보호를 위한 공동연구센터를 2007년 6월 코스타리카에 설립을 하고 정읍방사선과학연구소(ARTI : Korean Advanced Radiation Technology Institute)와 동반자 관계를 맺는다. 정읍방사선과학연구소는 식품공학, 바이오기술,

농업에서의 조사(照射)의 상업적 적용에 관한 연구를 수행하고, 조사시설의 운영과 식품조사에 관한 기준의 적용을 하기 위한 FAO/IAEA 워크샵을 개최하는 역할을 하고 있다.

2008년 이후 방사선 조사처리는 두 가지의 큰 주제로 나눌 수 있다. 첫째는 식품 안전성 및 환경 안전성 개선으로, 이는 방사선조사처리의 적용을 어떻게 할 것이며, 국제기구들 간의 공조관계는 어떻게 강화할 것이고, 식품에 대한 품질관리와 식품 오염에 대한 감시체계를 어떻게 할 것인지에 대한 논의를 통하여 접근하고 있다. 둘째는 식품 안전과 무역을 위한 조사처리와 농업적 대응책 마련이다. 이는 식품과 농산품의 수확 후 조사처리를 했을 경우 발생 가능성이 있는 원자력관련 문제를 사전에 방지하고 대응책을 마련하는 것이다.

2009년은 2007년에 이후 수행한 연구에 관한 워크샵이 개최되었다. 필리핀에서 “식물위생에 관한 국제기준의 적용¹⁹⁾”을 주제로, 중국에서는 아태평양지역에서 연구되었던 “식품조사의 새로운 적용²⁰⁾”를 주제로, 라틴아메리카는 “식물위생처리를 위한 방사선조사시설의 운영²¹⁾”에 관한 워크샵에 각각 개최되었다. 이 외에도 앞서 언급한 IPPC의 8개 해충에 대한 방사선처리기준 채택도 2009년에 이루어진 성과 중 하나이다.

식물위생조치를 위한 방사선 소독의 최근 동향을 정리하면 <표 6-2-5>와 같다.

표 6-2-5. 식물위생조치를 위한 방사선 소독의 최근 동향

연 도	내 용
2007	아르헨티나, 신선과일의 위생처리로서 이온화조사 이용
	콜롬비아, 조사기의 현대화를 위한 편익분석
	모로코, 방항성과 약용식물의 보전 및 품질향상
	나이지리아, 산업용 감마선조사시설의 이용을 위한 경제성분석
	스리랑카, 다목적 감마선조사시설의 설치 및 운영
	아태평양, 사회발전을 위한 식품조사기술의 새로운 적용
	IAEA, 원자력에 대한 인터넷교육과 식품의 환경적 보호를 위한 공동연구센터 설립
2008	식품 및 환경안전성 개선의 쟁점화
	식품안전 및 무역을 위한 원자력 및 농업 대응책의 쟁점화
2008.12	필리핀, “식물위생 목적을 위한 조사기와 관련된 국제기준의 적용” 워크샵
209.2	중국, “사회발전을 위한 식품조사기술의 새로운 적용” 워크샵
2009.4	IPPC, 8개 해충에 대한 방사선 소독처리기준 채택
2009.6	라틴 아메리카, “식물위생처리를 위한 방사선조사시설의 운영” 워크샵

3.2 전자빔을 이용한 비화학적 살충기술 개발의 동향

전자빔을 이용한 비화학적 살충기술의 연구과정에서 수집된 살충기술관련 연구 동향은 다음과 같다.

첫째, 전자빔 1 kGy와 4 kGy가 조사된 밤바구미(*Curculio sikkimensis*)에서 전형적인 DNA

19) 2008.12, Application of international Standards related to Irradiation for Sanitary and phytosanitary Purposes

20) 2009.2, Novel Applications of Food Irradiation Technology for improving Social Economic Development

21) 2009.6 Operation of facilities Used for Sanitary and Phytosanitary Applications of Irradiation

fragmentation이 일어났음을 comet assay를 이용하여 관찰하였으며 DNA 손상정도는 조사농도가 높을수록 증가하였다(Todoriki et al., 2006).

둘째, Phosphine에 저항성을 지닌 가루개나무좀(*Rhyzopertha dominica*)은 감수성 개체보다 soft-electron과 gamma radiation에 의해 영향을 덜 받았다. 즉 phosphine-저항성 개체가 irradiation에 더 내성을 지녔다(Hasan et al., 2006).

셋째, 유리각지벌레(*Aspidiotus destructor*)의 검역에는 150 Gy의 irradiation이 적정하다(Follett 2006).

넷째, 바나나좀나방(*Opogona sacchari*)의 sterilization에는 150 Gy의 ionizing radiation이 적정하다(Hollingsworth and Follett, 2007).

다섯째, 곡식얼룩명나방(*Plodia interpunctella*)은 gamma irradiation에 의해 비정상적인 발육을 보였다(Aye et al., 2008).

여섯째, 참깨와 들깨에 gamma irradiation 후 hydrocarbon 분석을 한 결과, 조사되지 않은 대조군에서는 tetradecane, pentadecane, hexadecane, heptadecane와 같은 saturated hydrocarbon이 발견된 반면, gamma irradiation 처리 후에는 1,7,10-hexadecatriene(C(16:3)), 1,7-hexadecadiene(C(16:2)), 6,9-heptadecadiene(C(17:2)), 8-heptadecene(C(17:1)) 등의 unsaturated hydrocarbon이 발견되었다(Kim et al., 2010).

일곱째, 유럽조명나방(*Ostrinia nubilalis*)의 F₁ pupation 억제에는 233 Gy, F₁ egg hatch 억제에는 343 Gy를 조사하여야 한다(Hallman and Hellmich, 2009).

여덟째, 퀸슬랜드과실파리(*Bactrocera tryoni*)의 불입에는 70-75 Gy의 irradiation이 필요하다(Collins et al., 2009).

4. 향후 동향

2009년 이전에는 방사선기술 자체에 대한 기술개발, 장비설치, 안전성, 대응책에 관한 논의가 이루어졌으나, 2009년 이후 식물검역, 주곡작물에 대한 처리, 신도입, 수출 등에 관한 연구가 수행될 예정이다.

2011년까지 향후 3년간 이스라엘은 식물검역처리에 방사선조사장치를 이용할 경우의 경제성 분석을 실시하고, 자마이카는 경제적으로 중요한 작물에 대한 식품조사기술에 대한 연구를 하며, 우루과이는 이러한 방사선소독처리를 새롭게 도입하기 위하여 국내환경을 조성한다는 계획이다. 또한 아태평양 지역은 지역특산품의 수출을 위하여 방사선소독처리를 이용하여 식물위생을 더욱 강화하겠다는 입장이다.

그리고 2013년까지 향후 5년간 국제공동연구를 통하여 식물검역처리를 위한 일반적인 방사선소독처리량을 정립하고, 면역결핍증 환자 등 특정 목적의 집단을 위한 장기적으로 안정한 식품을 제공하는데 방사선소독처리를 이용하고자 하는 연구가 수행된다.

제3절 맺음말

선진국에서는 전자빔을 이용하여 화훼류과 과일, 채소의 살균과 살충, 저장곡물의 살충, 식품과 의료품의 살균, 종자발아 억제 등에서 널리 쓰이고 있지만 국내에서는 식품과 의료분야와

종자발아억제 등의 분야에서 연구개발단계이거나 실용화 초기단계에 있다. 하지만 수출 화훼와 같이 중요한 농산물에 있어서 방사선을 응용한 연구 개발은 연구가 아직 미진한 실정이다. 특히 수출입농산물에 대한 검역으로서의 방사선소독처리는 그 효용성에 비하여 전무하다.

지금까지의 국제동향을 살펴보았을 때, 방사선소독처리기술의 개발은 시급한 것은 분명하다. 그러나 그 도입에 따른 소비자와 환경에 대한 안전성, 해충구제의 효율성, 경제적 타당성이 우선적으로 확보되어야 하며, 이에 따른 장치개발, 관련 법규 제정 등의 분야도 같이 발전시켜야 할 것이다. 또한 방사선소독처리기술에 대한 홍보를 통하여 방사선에 대한 이해를 증진시키고 및 방사선조사에 대한 우려감을 감소시키는 노력도 필요하다.

제7장 참고문헌

1. 제3장 제1절 : 수출 농산물에 대한 비화학적 소독기술 적용에 따른 수출 경쟁력 확보

- 강정일 · 김정부 · 강경탁 · 고진희, 2008, “축사용 습식 공기정화시스템의 경제성분석”, 『친환경 농업연구』, 제10권 제1호, 친환경농업연구원, pp. 21-54.
- 강정일 · 김정부 · 우종석, 2010a, “폐식용유를 이용한 연료공급장치 및 온풍난방기 개발의 경제성 분석”, 『친환경농업연구』, 제12권 제1·2호 통합본, 환경농업연구원, pp. 63-95.
- 강정일 · 김정부 · 박영기 · 우종석, 2010b, “농가보급형 우분 연료화 설비 기술개발의 경제성 분석”, 『친환경농업연구』, 제12권 제1·2호 통합본, 환경농업연구원, pp. 97-121.
- 고려대학교 산학협력단, 2007, 『전자빔을 이용한 한발 및 고온 장해 저항성 한지형 잔디 신품종 육성』
- 과학기술부, 1999, 『방사선 식품, 생명공학기술 개발』
- 과학기술부, 2006, 『방사선식품생명공학 기술개발』
- 김연성 · 유석천 · 정승환 · 주상호 공역, 2010, 『생산관리』, 서울: 한경사, p.481; 원저자 B. Chase, Robert Jacobs, Nicholas J. Aquilano 공역, 2010, 『Operation & Supply Management』
- 김완희, 한국과학기술정보연구원, 2008, 『식품방사선조사의 현황』
- 김정부 · 권혜진 · 우종석 · 고진희, 2009, 『전자빔조사를 이용한 수확 후 농산물 처리의 경제성 분석』, 연구보고 R9, 친환경농업연구원
- 김희선, 2001, “방사선 식품조사에 대하여”, 『대한수의학회지』, 2001, 제37권 제5호 447-456
- 久米民和, 2001, 『美國及び日本における 食品照射の比較 - 放射線と産業』 No. 92, 2001
- 단국대학교, 2007, 『전자빔을 이용한 감귤 껍질의 농약 및 미생물 제거 가공 시스템 개발』
- 等等力節子, 2003, “照射食品中における2アルキルシクロブノンの生成とその毒性評価について”, 『食品照射』, 38, 57-71(2003)
- 방사선과 산업 Topics, 2001, 미국 및 일본에 있어서 식품조사의 비교』, P61, N0.92, 2001
- 변명우 · 육홍선, 2003, “식품 및 공중보건산업에서 방사선 조사기술 이용 국내외 현황”, 『한국 식품저장유통학회지』, 2003, 10권 1호, 106-123
- 변명우, 2004, “농업식품생명공학 및 공중보건분야에서 대단위 방사선 조사시설의 이용현황 및 전망”, 『동위원소회보』, 2004, 제19권 제1호.
- 송경빈, 2007, 『한약재의 유통저장 중 안정성 확보를 위한 전자빔을 이용한 미생물학적 위해 인자 제거 및 저장성 향상 기술개발』, 충남대학교, 한국과학재단
- 육홍선, 2007, 『전자선 조사된 국산 참다래의 위생적, 이화학적 특성 및 기능성 성분 변화』, 과학기술부, 충남대학교
- 世界保健機關, 1989, 『國連食糧農業機關(林徹譯) : 食品照射』, 光琳
- 世界保健機關, 1996, 『照射食品의 安全性과 榮養適性』, 코프出版
- 식품의약품안전청, 『소비자와 함께하는 방사선을 쬐인 식품』

- 식품의약품안전청, 2004, 『방사선조사에 대한 국내외 관리동향』
- 식품의약품안전청, 1998, 『방사선조사식품 알아보기』 .
- 楊家寬, 1990, “36種照射食品の人体食用安全性評價研究,” 『食品照射』, 25, 39-52(1990)
- 伊藤均, 1993, 『放射線殺菌と食品の安全性, 食品と容器』, 30(12), 別冊 p134-142, (일본) 缶詰技術
研究會
- 伊藤均, 1990, “電子線の殺菌・滅菌效果”, 『醫科機械學』, 60, pp.469, 財團法人 日本原子力産業
會議
- 伊藤均, 2001, 『原子力利用の經濟規模』 p.27, 2001年 6月, 財團法人 日本原子力産業會議
- 이주운, 2006, “식자재 안전공급을 위한 식품방사선 조사 이용현황 및 전망”, 『식품산업과 영
양』, 2006, 11(3), 12-20,
- 인제대학교, 2005, 『방사선조사식품의 표시제도에 대한 국내외 관리현황』
- 日本아이소토프協會, 1998, 『放射線滅菌의 現狀과 展望』, 日本 아이소토프協會, pp.60-70
- 日本아이소토프協會, 1992, 『食品照射研究委員會研究成果最終報告書』 (1992年)
- 田中憲穂, 2004, “日本における照射食品の遺傳的安全性試験”, 『食品照射』, 39, 13-27(2004)
- Dohino, T. & S. Masaki, 1995, Effects of electron beam irradiation on comstock mealybug,
Pseudococcus comstocki (Kuwana) (Homoptera: Pseudococcidae). *Research Bulletin of Plant
Protection Japan 31*: 31 - 36.
- Dohiino, T., S. Masaki, T. Takano, and T Hayashi, 1996, Effects of electron beam irradiation on
Thrips palmi Karny and *Thrips tabaci* Lindeman (Thysanoptera: Thripidae). *Res. Bull.
Plant Protection Jpn. 32*: 23D29.
- Dohino, T., Matsuoka, I., Takano, T., Hayashi, T., 1998, Effects of electron beam irradiation on
Myzus persicae (Sulzer) (Homoptera: Aphididae). *Res. Bull. Pl. Prot. Japan 34*, 15±22.
- European Commission Scientific Committee on Food, 2002, *Statement of the Scientific Committee on
Food on a Report on 2-alkylcyclobutanones*, European Commission (2002)
- FAO, 2009, *Report : Fourth session of the commission on phytosanitary measures*
- FAO/IAEA, 2009, *Proceedings of 32nd NAPPO Annual Meeting, Symposium on irradiation as a
post-harvest phytosanitary treatment.*
- FSAI, 2006, *Irradiated Food Leaflet*
- Gene Rowe & George Wright, (1999), “The Delphi technique as a forecasting tool: Issues and
Analysis”, *International Journal of Forecasting*, No. 15, 353-375.
- H. Ito and M. S. Islam, 1994, "Effect of Dose Rate on Inactivation of Microorganisms in Spices by
Electron-Beams and Gamma-Rays Irradiation", *Radiat. Phys. Chem.*, 43(6), p. 545-550.
- J.S.Smith, S.Pillai, 2004, *Irradiation and Food Safety, Food Technology*, 58(110), 48-55 (2004)
- IAEA, 1999, *Facts about food irradiation*
- IAEA, 2007, *Food Irradiation : A powerful Nuclear Tool for Food Safety*
- IAEA, 2002, *Dosimetry for Food Irradiation*
- IAEA, 2002, *Irradiation as a phytosanitary treatment of food and agricultural commodities.*
- ICGFI, 1998, *Irradiation and Trade in Food and Agricultural Products*
- ICGFI, 1999, *Facts about food irradiation.*

ISPM No. 18, *Guideline for the use of irradiation as a phyto sanitary measure*
 ISPM No. 5, *Glossary for phytosanitary terms*
 Mark R. McLellan, 2002, *Trends in Acceptance and application of food irradiation by the food science community in north america.*
 Mintier, A.M. and D.M. Foley, 2006, Electron beam and gamma irradiation effectively reduce *Listeria monocytogenes* populations on chopped romaine lettuce. *J. Food Prot.*, 69(3): 570-4.
 NAPPO, 2001, *Proceedings of the NAPPO workshop on phytosanitary alternatives to Methyl Bromide*
 NAPPO, 1997, RSPM No.4, *Guidelines for the use of irradiation as a phytosanitary Treatment*
 Schmidt, G. A., et al., 2006, Present day atmospheric simulations using GISS Model-E: Comparison to in-situ, satellite and reanalysis data, *J. Clim.*, 19, 153-192,
 WHO, 2003, *Proceedings of the first congress on food irradiation.*
 International Council of Food Irradiation(ICFI) 홈페이지
http://en.wikipedia.org/wiki/Food_irradiation
www.codexalimentarius.net
www.epa.gov
www.iaea.org
www.npqs.go.kr(국립식물검역원 홈페이지)

2. 제3장 제2절 : 전자빔을 이용한 비화학적 살충기술과 검역기술의 개발

Aye, T.T., Shim, J.K., Ha, D.M., Kwon, Y.J., Kwon, J.H., Lee, K.Y., 2008. Effects of gamma irradiation on the development and reproduction of *Plodiainter punctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae). *J. Stored Prod. Res.* 44: 77-81.
 Buda, V., Z. Luksiene, S. Radziute, N. Kurilcik and S. Jursenas. 2006. Search for photoinsecticides: effect of hematoporphyrin dimethyl ether on leafmining pest *Liriomyza bryoniae* (Diptera: Agromyzidae). *Agron. Res.* 4: 141-146.
 Choi, J.S. and Y.D. Park. 2000. Effects of some temperatures on larval development, adult longevity and oviposition of the beet armyworm, *Spodoptera exigua* Hubner. *Korean J. Life Sci.* 10: 1-6.
 Collins SR, Weldon CW, Banos C, Taylor PW. 2009. Optimizing irradiation dose for sterility induction and quality of *Bactrocera tryoni*. *J. Econ. Entomol.* 102: 1791-800.
 FAO. 2006. *International standards for phytosanitary measures : Guidelines for the use of irradiation as a phytosanitary measure.* ISPM No. 18.
 Follett, P.A., 2006. Irradiation as a phytosanitary treatment for *Aspidotus destructor* (Homoptera: Diaspididae). *J. Econ. Entomol.* 99: 1138-1142.
 Han, D.H. and B.N. Kim. 2003. Industrial application of electron beam accelerator. *News Inform. Chemical Engineers* 21: 484-490.

- Hallman, G.J., Hellmich, R.L., 2009. Ionizing radiation as a phytosanitary treatment against European corn borer (Lepidoptera: Crambidae) in ambient, low oxygen, and cold conditions. *J. Econ. Entomol.* 102: 64-68.
- Hasan, M.M., Todoriki, S., Miyanoshita, A., Imamura, T., Hayashi, T., 2006. Soft-electron beam and gamma-radiation sensitivity and DNA damage in phosphine-resistant and -susceptible strains of *Rhyzopertha dominica*. *J. Econ. Entomol.* 99: 1912-1219.
- Hollingsworth RG, Follett PA. 2007. Ionizing radiation for quarantine control of *Opogona sacchari* (Lepidoptera: Tineidae). *J. Econ. Entomol.* 100: 1519-1524.
- Hollingsworth, R.G. and J.W. Armstrong. 2005. Potential of temperature, controlled atmospheres and ozone fumigation to control thrips and mealybugs on ornamental plants for export. *J. Econ. Entomol.* 98: 289-298.
- Kim MO, Kwon JH, Bhatti IA. 2010. Comparison of radiation-induced hydrocarbons for the identification of irradiated perilla and sesame seeds of different origins. *J. Sci. Food Agric.* 90: 30-35.
- Kuhlmann, F. and C. Muller. 2009. Development-dependent effect of UV radiation exposure on broccoli plants interactions with herbivorous insects. *Environ. Exp. Botany* 66: 61-68.
- Miller, W.R. and R.E. McDonald. 1995. Low-dose electron beam irradiation: a methyl bromide alternative for quarantine treatment of florida blueberries. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 108: 291-293.
- Paull, R.E. and J. Armstrong. 1994. Insect pests and fresh horticultural products: treatments and responses. In: Paull, R.E., J.W. Armstrong (Eds.), Insect pest and fresh horticultural products: treatment and responses. *CAB International*, Wallingford, England, pp. 1-36.
- Sangwanangkul, P., P. Saradhuldhath and R.E. Paull. 2008. Survey of tropical cut flower and foliage responses to irradiation. *Postharvest Biol. Technol.* 48: 264-271.
- Todoriki, S., Hasan, M., Miyanoshita, A., Imamura, T., Hayashi, T., 2006. Assessment of electron beam-induced DNA damage in larvae of chestnut weevil, *Curculio sikkimensis* (Heller) (Coleoptera: Curculionidae) using comet assay. *Radiat. Phy. Chem.* 75: 292-296.

3. 제3장 제3절 : 비화학적 소독기술 관련 원천기술 확보 및 처리시스템의 개발

- ASTM 51649:2005(E) "Standard Practice for Dosimetry in an Electron Beam Facility for Radiation Processing at Energies Between 300keV and 25MeV"
- ASTM 51650:2002(E) "Standard Practice for Use of Cellulose Acetate Dosimetry Systems"
- Kerluke, D.R., Herer, A.S., 1998. Facility to disinfect medical wastes by 10 MeV electron beam. In: Proceedings of the 23rd Japan Conference on Radiation and Radioisotopes, A303.
- Jongen, Y., Abs, M., Capdevila, J.M., Defrise, D., Genin, F., Nguyen, A., 1994. The Rhodotron, a new high-energy, high-power, CW electron accelerator. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B89*, 60±64.

E170 Terminology Relating to Radiation Measurements and Dosimetry
 E1026 Practice for Using the Fricke Reference Standard Dosimetry System
 E2232 Guide for Selection and Use of Mathematical Methods for Calculating Absorbed Dose in Radiation Processing Applications
 E 2303 Guide to Dose Mapping in Radiation Processing Facilities
 51261 Guierous Sulfate Dosimetry Systemde for Selection and Calibration of Dosimetry Systems for Radiation Processing
 51275 Practice for Use of a Radiochromic Film Dosimetry System
 51276 Practice for Use of a Polymethylmethacrylate Dosimetry System
 51400 Practice for Characterization and Performance of a High-Dose Radiation Dosimetry Calibration Laboratory
 51431 Practice for Dosimetry in Electron and X-ray Irradiation Facilities for Food Processing
 51538 Practice for Use of an Ethanol-Chlorobenzene Dosimetry System
 51539 Guide for the Use of Radiation-Sensitive Indicators
 51607 Practice for Use of the Alanine - EPR Dosimetry System
 51631 Practice for Use of Calorimetric Dosimetry Systems for Electron Beam Measurements and Dosimeter Calibrations
 51650 Practice for Use of a Cellulose Triacetate Dosimetry System
 51707 Guide for Estimating Uncertainties in Dosimetry for Radiation Processing

4. 제3장 제4절 : 전자빔을 이용한 수출 화훼류의 살균기술 및 검역기술의 개발

농수산물유통공사 무역정보(www.kati.net)

일본경제산업성 상업통계(www.meti.go.jp)

일본농림수산성 식물방역소(www.maff.go.jp/pps)

일본 도쿄도 중앙도매시장 연보(www.shijou.metro.tokyo.jp)

일본재무성 무역통계(www.customs.go.jp)

Botelho, M.L., S.C. Verde, L. Alves, A. Belchior, J. Reymao, S. Trabel, M.M. Gaspar, M.E.M. Gruz, and S. Simoes. 2007. *Radiation sterilization of antibiotic liposome formulations: A case study*. Radiat. Phys. Chem. 76:1542-1546.

International Standard Organisation (ISO). 2006. *Sterilization of health care products-Radiation-Part 2: Establishing the sterilization dose*. ISO 11137-2:2006, Geneva.

International Standard Organisation (ISO). 2006. *Sterilization of medical devices-Microbiological methods-Part 1: Estimation of the population of microorganisms on product*. ISO 11737-1:2006, Geneva.

International Standard Organisation (ISO). 2007. *Sterilization of medical devices-Microbiological methods-Part 2: Tests of sterility performed in the validation of a sterilization process*. ISO 11737-2:2007, Geneva.

Oh, S.O., J.A. Kim, H.S. Jeon, J.C. Park, Y.J. Koh, H. Hur, and J.S. Hur. 2008. *Antifungal activity*

of eucalyptus-derived phenolics against postharvest pathogens of kiwifruits. Plant Pathol. J. 24:322-327.

Yusof, N., A. Hassan, M.N. Firdaus Abd Rahman, and S.A. Hamid. 2007. *Challenges in validating the sterilisation dose for processed human amniotic membranes.* Radiat. Phys. Chem. 76:1756-1759.

<부 표>

1. 제3장 제1절 : 수출 농산물에 대한 비화학적 소득기술 적용에 따른 수출 경쟁력 확보

<부표 1> 농가호수, 농지면적 및 농산물 생산량

	농가 호수 (천호)	경지 면적 (천ha)	농산물생산량(천MT)				계
			식량 작물	경제작물			
				채소	과수	유지 작물	
1999	1,382	1,899	6,000	10,219	2,385	38	18,642
2000	1,383	1,889	5,911	11,282	2,429	43	19,665
2001	1,354	1,876	6,200	11,310	2,488	43	20,041
2002	1,280	1,863	5,596	9,796	2,500	36	17,928
2003	1,264	1,846	5,004	10,068	2,275	20	17,367
2004	1,240	1,836	5,669	10,468	2,411	31	18,579
2005	1,273	1,824	5,520	9,584	2,593	32	17,729
2006	1,245	1,800	5,300	9,994	2,504	23	17,821
2007	1,231	1,782	5,034	9,394	2,750	25	17,203
2008	1,212	1,759	5,458	9,935	2,698	28	18,119

주 : 농산물생산량은 각 년도의 식량작물과 경제작물 생산량의 합계임.
 자료 : 농림수산식품부, 『농림수산식품 주요통계』, 2009

<부표 2> 장미, 국화 관행농법 평균 수익성(전국, 2008)

기준 : 년1기작, 단위 : 원/10a

비 목 별		장 미	국 화
조수입	주산물가액	30,892,424	13,882,136
	부산물가액	61,920	0
	계(A)	30,954,344	13,882,136
경 영 비	중 간 재 비	종묘비종자	1,666,651
		종묘비종묘	0
		무기질비료비	236,782
		유기질비료비	163,615
		농약비	401,168
		광열동력비	2,620,009
		수리(水利)비	516
		제재료비	806,132
		소농구비	8,836
		대농구상각비	401,520
		영농시설상각비	1,534,140
		수리(修理)비	187,961
		조성비	27,000
		기타요금	183
		계(B)	8,054,513
임차료(농기계, 시설)		7,672	
임차료(토지)		170,786	
위탁영농비		2,241	
고용노력비		933,431	
계(C)		9,168,643	
자가노력비		2,302,906	
생산비 계(D)		11,471,549	
순 이 익(A-D)		2,409,587	
소 득(A-C=E)		4,713,493	
부가가치(A-B)		5,827,623	
소득률(%) (E/A)		34.0	

주 : 농촌진흥청의 '2008년도 농축산물 표준소득' 계산에 이용된 자료임.

<부표 3> 수출 장미 수익분석

비 목 별		101	102	103	104		
조수입 (A)	주산물가액	21,450,000	40,661,299	38,730,799	24,750,000		
	부산물가액						
	계	21,450,000	40,661,299	38,730,799	24,750,000		
생 산 비 (D)	경 영 비 (C)	중 간 재 비 (B)	종묘비	132,000	240,000	228,120	99,000
			무기질비료비	1,800,000	1,636,364	1,474,364	2,250,000
			유기질비료비				
			병충해방제비	1,680,000	607,792	456,592	1,530,000
			영농광열수리비	9,360,000	5,259,740	4,417,340	9,855,000
			농구 및 영농시설비	4,180,714	8,038,108	7,662,843	3,117,857
			기타재료비	8,000	119,854	119,134	8,000
			소계	17,160,714	15,901,858	14,358,393	16,859,857
	고용노력비	16,800	97,403	95,891	15,750		
	임차료(토지 등)	0	146,104	136,104	540,000		
	위탁영농비						
	소계	17,177,514	16,145,364	14,590,388	17,415,607		
	자가노력비	1,508,756	8,893,690	8,757,902	1,259,124		
	계	18,686,270	25,039,054	23,348,290	18,674,731		
	순 이 익(A-D)		2,763,730	15,622,245	15,382,509	6,075,269	
소 득(A-C)		4,272,486	24,515,935	24,140,411	7,334,393		
부가가치(A-B)		4,289,286	24,759,441	24,372,405	7,890,143		

기준 : 년1기작, 단위 : 원/10a

105	106	107	108	109	110
35,200,000	26,977,500	36,000,000	22,800,000	39,240,000	19,560,000
35,200,000	26,977,500	36,000,000	22,800,000	39,240,000	19,560,000
105,000	107,910	87,500	63,750	95,375	55,875
3,000,000	2,452,500	2,000,000	1,050,000	2,180,000	870,000
2,304,000	1,667,700	2,100,000	2,160,000	2,289,000	1,971,000
10,800,000	10,741,950	12,650,000	6,075,000	13,788,500	4,936,500
4,157,143	3,398,464	3,795,000	996,429	4,136,550	655,879
199,500	8,720	166,250	84,375	181,213	69,413
20,565,643	18,377,244	20,798,750	10,429,554	22,670,638	8,558,666
31,200	17,168	7,000	787,500	7,630	786,870
720,000		700,000	300,000		990,000
21,316,843	18,394,412	21,505,750	11,517,054	22,678,268	10,335,536
2,181,637	1,372,445	2,127,391	2,887,456	2,318,856	2,695,991
23,498,480	19,766,857	23,633,141	14,404,509	24,997,124	13,031,527
11,701,520	7,210,643	12,366,859	8,395,491	14,242,876	6,528,473
13,883,157	8,583,088	14,494,250	11,282,946	16,561,733	9,224,464
14,634,357	8,600,256	15,201,250	12,370,446	16,569,363	11,001,334

자료 : 수출 화훼생산농가 조사 자료

<부표 3> (계속)

비 목 별		111	112	113	114		
조수입 (A)	주산물가액	22,500,000	24,525,000	33,480,000	36,000,000		
	부산물가액						
	계	22,500,000	24,525,000	33,480,000	36,000,000		
생 산 비 (D)	경 영 비 (C)	중 간 재 비 (B)	종묘비	88,670	96,650	139,500	150,000
			무기질비료비	0	-	1,953,000	2,100,000
			유기질비료비	70,197			
			병충해방제비	3,103,448	3,382,759	215,388	231,600
			영농광열수리비	4,293,103	4,679,483	13,573,350	14,595,000
			농구 및 영농시설비	660,591	720,044	6,955,071	7,478,571
			기타재료비	169,951	185,246	6,975	7,500
			소계	8,385,961	9,064,182	22,843,284	24,562,671
	고용노력비	1,100,690	1,199,752	146,475	157,500		
	임차료(토지 등)	0		232,500	250,000		
	위탁영농비						
	소계	9,486,650	10,263,934	23,222,259	24,970,171		
	자가노력비	1,636,646	1,783,944	3,180,715	3,420,123		
	계	11,123,297	12,047,878	26,402,974	28,390,295		
	순 이 익(A-D)		11,376,703	12,477,122	7,077,026	7,609,705	
소 득(A-C)		13,013,350	14,261,066	10,257,741	11,029,829		
부가가치(A-B)		14,114,039	15,460,818	10,636,716	11,437,329		

기준 : 년1기작, 단위 : 원/10a

115	116	117	118	119	120
27,045,000	29,565,000	26,500,000	28,885,000	26,040,000	23,655,000
27,045,000	29,565,000	26,500,000	28,885,000	26,040,000	23,655,000
107,150	117,650	64,000	69,760	30,000	24,240
147,000	294,000	1,080,000	1,177,200	3,000,000	2,902,800
3,398,971	3,415,183	2,880,000	3,139,200	840,000	580,800
5,701,133	6,722,783	8,120,000	8,850,800	9,400,000	8,669,200
1,244,544	1,768,044	4,054,286	4,419,171	4,388,571	4,024,686
195,771	196,296	13,333	14,533	35,000	33,800
10,794,569	12,513,956	16,211,619	17,670,665	17,693,571	16,235,526
1,210,777	1,221,802	1,092,000	1,190,280	126,000	27,720
	17,500	640,000		260,000	890,000
12,005,346	13,753,258	17,943,619	18,860,945	18,079,571	17,153,246
2,023,353		2,769,451	3,018,702	3,084,080	2,834,829
14,028,699	13,753,258	20,713,070	21,879,647	21,163,651	19,988,075
13,016,301	15,811,742	5,786,930	7,005,353	4,876,349	3,666,925
15,039,654	15,811,742	8,556,381	10,024,055	7,960,429	6,501,754
16,250,431	17,051,044	10,288,381	11,214,335	8,346,429	7,419,474

자료 : 수출 화훼생산농가 조사 자료

<부표 3> (계속)

비 목 별		121	122	123		
조수입 (A)	주산물가액	30,375,000	33,108,750	23,380,500		
	부산물가액					
	계	30,375,000	33,108,750	23,380,500		
생산비 (D)	경영비 (C)	중 간 재 비 (B)	종묘비	107,143	116,786	143,880
			무기질비료비	3,000,000	3,270,000	1,962,000
			유기질비료비			
			병충해방제비	1,170,000	1,275,300	1,831,200
			영농광열수리비	8,025,000	8,747,250	10,202,400
			농구 및 영농시설비	6,578,571	7,170,643	4,556,979
			기타재료비	8,571	9,343	8,720
			소계	18,889,286	20,589,321	18,705,179
	고용노력비	304,500	331,905	18,312		
	임차료(토지 등)	900,000				
	위탁영농비					
	소계	20,093,786	20,921,226	18,723,491		
	자가노력비	1,916,999	2,089,529	1,644,544		
	계	22,010,785	23,010,755	20,368,034		
순 이 익(A-D)		8,364,215	10,097,995	3,012,466		
소 득(A-C)		10,281,214	12,187,524	4,657,009		
부가가치(A-B)		11,485,714	12,519,429	4,675,321		

기준 : 년1기작, 단위 : 원/10a

124	125	126	127	128
33,600,000	30,866,250	45,000,000	32,972,500	45,000,000
33,600,000	30,866,250	45,000,000	32,972,500	45,000,000
268,421	258,778	45,000	96,090	48,000
1,894,737	1,624,737	6,000,000	2,797,500	3,000,000
1,065,789	960,489	630,000	2,166,300	1,200,000
5,526,316	4,804,066	15,900,000	9,913,050	15,650,000
6,078,947	5,487,876	5,100,000	3,877,536	6,656,429
7,895	7,123	4,500	198,780	3,600
14,842,105	13,143,070	27,679,500	19,049,256	26,558,029
244,737	217,332	2,047,500	29,783	1,358,000
0	890,000	0	1,250,000	0
15,086,842	14,250,401	29,727,000	20,329,038	27,916,029
3,001,786	2,829,256	1,450,510	2,068,316	1,425,270
18,088,628	17,079,657	31,177,510	22,397,354	29,341,299
15,511,372	13,786,593	13,822,490	10,575,146	15,658,701
18,513,158	16,615,849	15,273,000	12,643,462	17,083,971
18,757,895	17,723,180	17,320,500	13,923,244	18,441,971

자료 : 수출 화훼생산농가 조사 자료

<부표 4> 수출 국화 수익분석

비 목 별		201	202	203	204		
조수입 (A)	주산물가액	4,440,000	22,500,000	25,380,000	12,600,000		
	부산물가액						
	계	4,440,000	22,500,000	25,380,000	12,600,000		
생 산 비 (D)	경 영 비 (C)	중 간 재 비 (B)	종묘비	1,350,000	900,000	2,300,000	2,250,000
			무기질비료비	225,000	0	540,000	297,000
			유기질비료비	18,000	124,000		120,000
			병충해방제비	120,000	324,000	378,000	120,000
			영농광열수리비	30,000	4,402,500	2,870,000	27,000
			농구 및 영농시설비	234,375	1,682,143	1,890,000	2,442,857
			기타재료비	24,000	435,000	440,500	858,000
			소계	2,001,375	7,867,643	8,418,500	6,114,857
	고용노력비	0	330,000	450,000	90,000		
	임차료(토지 등)	140,000	1,254,750	1,215,000	2,070,000		
	위탁영농비						
	소계	2,141,375	9,452,393	10,083,500	8,274,857		
	자가노력비	836,872	1,862,677	1,527,240	1,240,999		
	계	2,978,247	11,315,070	11,610,740	9,515,856		
	순 이 익(A-D)		1,461,754	11,184,930	13,769,260	3,084,144	
소 득(A-C)		2,298,625	13,047,607	15,296,500	4,325,143		
부가가치(A-B)		2,438,625	14,632,357	16,961,500	6,485,143		

기준 : 년1기작, 단위 : 원/10a

205	206	207	208	209	210	211	212
13,482,000	21,618,000	4,750,800	24,075,000	17,818,182	25,069,200	16,243,182	8,437,500
13,482,000	21,618,000	4,750,800	24,075,000	17,818,182	25,069,200	16,243,182	8,437,500
2,407,500	742,500	1,444,500	963,000	1,159,091	2,205,500	1,096,091	64,453
317,790		240,750	0	454,545	524,250	454,545	0
128,400	115,600	19,260	132,680	795			161,719
128,400	315,600	128,400	346,680	818,182	369,600	795,502	375,000
28,890	4,379,820	32,100	4,710,675	4,315,909	2,867,900	4,007,734	93,750
2,613,857	1,511,143	250,781	1,799,893	1,553,896	1,873,594	1,436,146	1,171,875
918,060	374,940	25,680	465,450	511,364	438,820	480,914	540,000
6,542,897	7,439,603	2,141,471	8,418,378	8,813,782	8,279,664	8,270,932	2,406,797
32,000	388,000	32,000	32,000	477,273	416,740	774,013	196,875
2,214,900	1,109,850	149,800	1,342,583	5,072,727	1,205,200	4,384,895	937,500
0	-	0	0				
8,789,797	8,937,453	2,323,271	9,792,960	14,363,782	9,901,604	13,429,840	3,541,172
1,327,869	1,775,807	895,453	1,993,064	0	1,468,659	469,613	1,432,455
10,117,666	10,713,260	3,218,724	11,786,025	14,363,782	11,370,263	13,899,452	4,973,627
3,364,334	10,904,740	1,532,076	12,288,975	3,454,399	13,698,937	2,343,730	3,463,873
4,692,203	12,680,547	2,427,529	14,282,040	3,454,399	15,167,596	2,813,342	4,896,328
6,939,103	14,178,397	2,609,329	15,656,622	9,004,399	16,789,536	7,972,250	6,030,703

자료 : 수출 화훼생산농가 조사 자료

<부 록>

1. 제3장 제1절 : 수출 농산물에 대한 비화학적 소독기술 적용에 따른 수출 경쟁력 확보

<부록 1> 수출 화훼류 생산농가 생산비 조사표

일련번호	조사지역	조사작목	인증종류
		장미 ()	노지재배 ()
		국화 ()	시설재배 ()

수출화훼류 농가 생산비 조사표 (2009년산 기준)

2010. 1

친환경농업연구원에서는 농림수산물기술평가원에서 발주한 “수출 화훼류의 검역기술 및 처리시스템 개발” 연구의 정책과제 수행을 위해 수출 화훼생산 농가를 대상으로 생산비 관련 조사와 전자빔에 대한 인식 조사를 실시코자 합니다. 향후 친환경농업정책의 기초 자료로 활용될 중요한 조사이므로 적극 협조해 주시기 바랍니다. 조사표에 관한 문의사항은 (사)친환경농업연구원으로 연락 주시기 바랍니다.

주 소: 137-850, 서울시 서초구 방배3동 1001-34 제중빌딩 501호
(사)친환경농업연구원

연락처: 김정부 : 02-3472-8830, 8831

※ 이 조사 자료는 연구 목적 이외에는 사용하지 않을 것임을 약속드립니다.

조 사 자 :

조사일자 : 2010. . .

(사)친환경농업연구원

수출 화훼류 생산농가 생산비 조사표

(※ 조사표는 2009년 생산을 기준으로 작성하십시오)

1. 일반 현황

경영주성명	세	전화번호	집/사무실 : H.P :		
주 소	도	시/군	읍/면	리	
E-mail					
홈페이지주소					
학력	① 초졸이하 ② 중졸 ③ 고졸 ④ 대졸 ⑤ 대학원졸				
경작 규모	전체 경작면적		친환경농업 경작면적		쌀 친환경농업 경작면적(주작기 기준)
	(평)		(평)		쌀(평)
환경 농업 실천 경력	(년)	자가노동력	(명)	(주작기 평균) 고용노동력	(명)
경영 유형	① 개별 ② 영농조합법인 ③ 회사법인 ④기타()				
인증 유형	① 유기재배 ② 전환기유기재배 ③ 무농약재배			인증연도	년 (년차)
재배 농법	① 오리농법		(평)		
	② 우렁이 농법		(평)		
	③ 쌀겨농법		(평)		
	④ 기타		(평)		

2. 주작목의 작부체계

작형	작목(품종)	종묘비 (원/년)	경작규모 (평)	개화시기	수확기간(일)
1					회/ 일
2					회/ 일
3					회/ 일

3. 환경관리작업(용토준비, 배드 준비 등)

작업 구분	작업면적 (평)	작업 농기계 종류	농기계 사용 시간	자가/위탁	작업 일수	노동시간			
						자가노동		고용노동	
1	용토조성		시간		일	남: 명	시간	남: 명	시간
						여: 명	시간	여: 명	시간
2	토양소독		시간		일	남: 명	시간	남: 명	시간
						여: 명	시간	여: 명	시간
3	온실관리		시간		일	남: 명	시간	남: 명	시간
						여: 명	시간	여: 명	시간
4			시간		일	남: 명	시간	남: 명	시간
						여: 명	시간	여: 명	시간

※ 농기계를 임대 또는 위탁한 경우 임대료나 위탁비용

- 평당단가: 원, 또는 일당: 원

4. 수확이전단계작업(모주관리, 삼수포장 등) :

작업 종류	작업 면적 (3.3m ²)	작업 농기계 종류	농기계 사용 시간	자가/위탁	작업 일수	노동시간			
						자가노동		고용노동	
모주 관리			시간		일	남: 명 여: 명	시간 시간	남: 명 여: 명	시간 시간
삼수 포장, 저장			시간		일	남: 명 여: 명	시간 시간	남: 명 여: 명	시간 시간
삼목			시간		일	남: 명 여: 명	시간 시간	남: 명 여: 명	시간 시간
육묘 관리			시간		일	남: 명 여: 명	시간 시간	남: 명 여: 명	시간 시간
정식 관리			시간		일	남: 명 여: 명	시간 시간	남: 명 여: 명	시간 시간
장일/단일 처리			시간		일	남: 명 여: 명	시간 시간	남: 명 여: 명	시간 시간
			시간		일	남: 명 여: 명	시간 시간	남: 명 여: 명	시간 시간
			시간		일	남: 명 여: 명	시간 시간	남: 명 여: 명	시간 시간
			시간		일	남: 명 여: 명	시간 시간	남: 명 여: 명	시간 시간

※ 평균 고용노동 단가(남 : 원/일, 여 : 원/일)

5. 시비관리(화학비료) : 주작목의 주작기 기준

작업 구분	상품 (비료)명	자재비 (원)	작업 면적 (평)	사용량 (kg)	작업 일수	노동시간			
						자가노동		고용노동	
1					일	남: 명 여: 명	시간 시간	남: 명 여: 명	시간 시간
2					일	남: 명 여: 명	시간 시간	남: 명 여: 명	시간 시간
3					일	남: 명 여: 명	시간 시간	남: 명 여: 명	시간 시간
4					일	남: 명 여: 명	시간 시간	남: 명 여: 명	시간 시간

6. 시비관리(퇴비, 부산물비료, 영양제 등) : 주작목의 주작기 기준

작업 구분	퇴비 종류	작업 면적 (평)	사용량 (kg)	자재비 (원)	작업 일수	노동시간				자가/구입
						자가노동		고용노동		
1					일	남: 명 여: 명	시간 시간	남: 명 여: 명	시간 시간	
2					일	남: 명 여: 명	시간 시간	남: 명 여: 명	시간 시간	
3					일	남: 명 여: 명	시간 시간	남: 명 여: 명	시간 시간	

7. 온실시스템

구 분	규모(평)	시설비(만원)
모본장		
육묘장		
본포장 1		
본포장 2		
선별장		
작업장		
저온 저장고		
일반 창고		

8. 잡초관리(잡초제거 등): 주작목의 주작기 기준

재료 및 작업방법 (인력, 친환경 자재, 멀칭)	작업 면적 (평)	자재비 (원)	작업일수	노동시간			
				자가노동		고용노동	
			일	남: 명	시간	남: 명	시간
			일	여: 명	시간	여: 명	시간
			일	남: 명	시간	남: 명	시간
			일	여: 명	시간	여: 명	시간
			일	남: 명	시간	남: 명	시간
			일	여: 명	시간	여: 명	시간
			일	남: 명	시간	남: 명	시간
			일	여: 명	시간	여: 명	시간

9. 병해충관리 : 주작목의 주작기 기준

작업 구분	재료 및 방제 방법	작업 면적 (평)	사용량 (kg)	자재비 (원)	작업 일수	노동시간			
						자가노동		고용노동	
1					일	남: 명	시간	남: 명	시간
						여: 명	시간	여: 명	시간
2					일	남: 명	시간	남: 명	시간
						여: 명	시간	여: 명	시간
3					일	남: 명	시간	남: 명	시간
						여: 명	시간	여: 명	시간

10. 기타 농자재 관리(농자재 제조 등)

작업구분	작업종류	작업면적	자재비 및 관리비용	작업일수	노동시간			
					자가노동		고용노동	
1				일	남: 명 여: 명	시간 시간	남: 명 여: 명	시간 시간
2				일	남: 명 여: 명	시간 시간	남: 명 여: 명	시간 시간
3				일	남: 명 여: 명	시간 시간	남: 명 여: 명	시간 시간

11. 수확작업

작업구분	작업면적(평)	작업농기계종류	농기계사용시간	자가취탁	작업일수	노동시간			
						자가노동		고용노동	
수확			시간		일	남: 명 여: 명	시간 시간	남: 명 여: 명	시간 시간
운반 및 저장			시간		일	남: 명 여: 명	시간 시간	남: 명 여: 명	시간 시간
선별 및 포장			시간		일	남: 명 여: 명	시간 시간	남: 명 여: 명	시간 시간
			시간		일	남: 명 여: 명	시간 시간	남: 명 여: 명	시간 시간

※ 농기계를 임대 또는 위탁한 경우 임대료나 위탁비용
 - 평당단가: 원, 또는 일당: 원

12. 수수료 및 임대료

종류	금액(원)	종류	금액(원)
농기계 수리비		수 도 비	
토지 임차료		차입금 이자	
광열동력비	원		
	전기: ___ kw 유류: ___ l 기타: _____		

13. 제재료비 및 소농구비

종류	금액(원)	종류	금액(원)
제재료비		소농구비	

14. 경영성과(2009년산 기준)

가. 수확 및 판매 : 주작목의 주작기 기준

총 생산량(kg)	판매방법 (자율/계약판매)	판매가격	(관행 대비) 수확량(%)

나. 수확농산물의 판매율(%)

수출 판매율	내수 판매율	자가소비	기타

다. 판매처 및 판매단가

구 분	수출	도매시장	대형 마트 (백화점, 농협 등)	환경농산물 생산·소비단체		소비자직 거래	현지 중개상	기타()
				생산자 단체	소비자 단체			
출하량								
평균단가 (원/kg)								
포장단위 (kg/박스, 봉지)								

- ※ 1. 출하형태: (개별, 공동)
- 2. 운송방법:
- 3. 운송비(또는 택배비):
- 4. 포장비:

15. 문제점 및 개선방안

구 분	문 제 점	개 선 방 안
생산단계		
유통단계		
정책 및 제도		

<부록 2> 수출 화훼류 생산농가의 수출 검역실태 조사표

【 수출 화훼류 생산농가의 수출 검역실태 설문조사표 】

수출 화훼류를 생산하는 농가의 식물검역에 관한 이미지 분석과 새로운 소독기술을 개발하는 자하는 목적으로 설문조사를 하고 있습니다. 답변하신 내용은 학술적 연구로만 사용되며 응답자의 개인적인 비밀은 완전히 보장됩니다. 다소 시간이 걸리시더라도 한 문항도 빠짐없이 질문에 응해주시길 간곡히 부탁드립니다.

1. 귀하의 친환경농업 도입 시 의사결정에 가장 크게 영향을 미친 요인은 무엇이라고 생각하시는지 우선순위에 따라 2가지를 선택해 주십시오.

(1순위[], 2순위[])

- ① 환경문제 해결을 위한 사명감 ② 미래 소득이 증가할 것 같아
- ③ 소비자의 안전농산물 요구에 대응하기 위해
- ④ 개방화 시대의 미래 농업의 대안 ⑤ 친환경직접지불금 지원
- ⑥ 농약 사용으로부터 건강 지키기 위해 ⑦ 기타()

2. 귀하는 친환경농업 교육에 연간 몇 회 참여하고 있습니까?

년 회, 교육기관()

3. 귀하는 수출 화훼류를 재배하면서 해충방제를 하고 있습니까? ()

- ① 있다 ② 없다

4. 귀하는 해충방제를 어떤 방법으로 하고 있습니까? ()

- ① 화학적 방제(농약 등) ② 물리적 방제(온도, 광 등)
- ③ 친환경적 방제(천적 등) ④ 기타()

5. 귀하가 실시하고 있는 해충방제의 애로사항은 무엇입니까? 중요한 것 2개를 순서대로 기입해 주십시오.

(1순위[], 2순위[])

- ① 신해충 등장
- ② 농약 사용에 따른 건강문제
- ③ 해충방제 비용
- ④ 해충방제 작업
- ⑤ 수출시 통관 클래임
- ⑥ 해충방제 작업에 따른 품질저하
- ⑦ 기타()

6. 귀하는 해충방제 교육에 연간 몇 회 참여하고 있습니까? ()
년 회, 교육기관()

7. 방사선은 암치료, 엑스레이 촬영 등 많은 분야에 이용되고 있습니다.
귀하는 “방사선 처리(짬)”를 한 곡물이나 식품이 있다는 사실을 알고 계십니까? ()
① 알고 있다 ② 모른다 ③ 관심 없다

8. 귀하는 “방사선 처리(짬)”를 하여 살충, 멸균 처리한 곡물이나 식품을 구입할 의사가 있습니까? ()
① 매우 있다
② 있다
③ 보통이다
④ 없다
⑤ 매우 없다.

9. 귀하는 “방사선 처리(짬)”를 한 전선, 타이어 등과 같은 플라스틱 제품이나 공산품에 대한 안전성을 어떻게 생각하십니까? ()
① 안전하다고 생각한다 ② 거부감은 없다 ③ 잘 모르겠다
④ 약간 꺼림직하다 ⑤ 위험하다

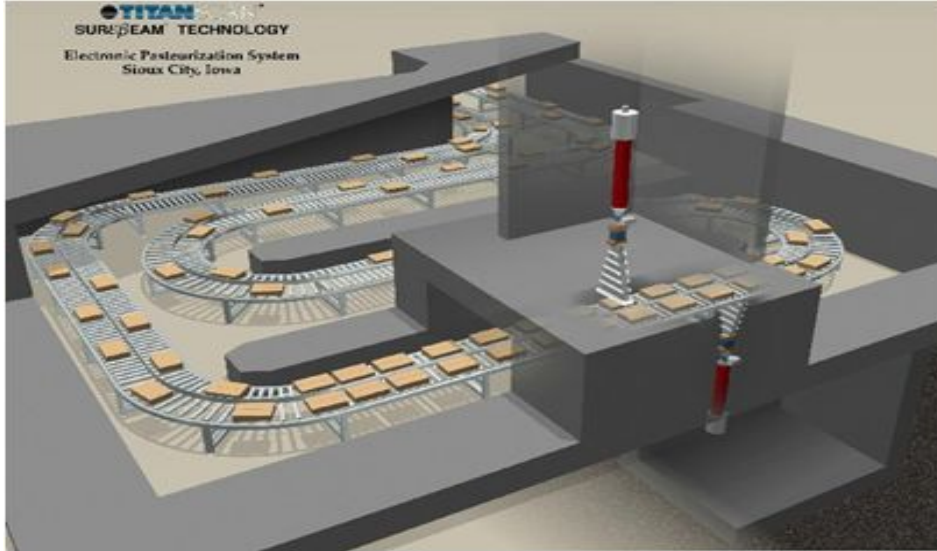
9-1. 이러한 생각을 갖게 된 이유는 무엇입니까? ()
① 병원에서 엑스레이, CT촬영에 많이 사용하고 있기 때문에
② 방사선 치료를 받아본 경험이 있기 때문에
③ 원자력 발전소 사고 등이 연상되어서
④ 핵폭발의 위험이 연상되어서
⑤ 잘 모르는데서 오는 막연한 불안감 때문에
⑥ 관심이 없기 때문에
⑦ 기타 (구체적 기입:)

10. 귀하는 “방사선 처리(짬)”로 해충구제가 된다면 화훼류(수출용 절화)에 처리해 볼 의향이 있습니까? ()
① 꼭 해보겠다 ② 해보겠다 ③ 그저 그렇다
④ 하지 않겠다 ⑤ 전혀 하지 않겠다

10-1. 처리해 볼 의향이 없다는 그 이유는 무엇입니까? ()
① 위험할거 같다 ② 믿을 수 없다 ③ 뭔지 모르겠다
④ 귀찮다 ⑤ 비용이 많이 들 것 같다

11. 아래 그림은 수출 화훼류에 적용가능한 방사선 처리 중 “전자빔 처리시설”입니다. 귀하는 “전자빔 처리시설”을 본인의 농장에 설치한다면 어떻게 하시겠습니까? ()

- ① 매우 찬성한다 ② 찬성한다 ③ 보통이다
- ④ 반대한다 ⑤ 매우 반대한다.



11-1. 반대한다면 그 이유는 무엇입니까? ()

- ① 위험할거 같다 ② 공간이 부족하다
- ③ 효과검증이 안되었다 ④ 귀찮다
- ⑤ 비용이 많이 들 것 같다

12. 귀하는 “전자빔 처리시설”을 화훼 집하장에 설치한다면 이에 대해 어떻게 생각하십니까? ()

- ① 매우 찬성한다 ② 찬성한다 ③ 보통이다
- ④ 반대한다 ⑤ 매우 반대한다

12-1. 찬성한다면 그 이유는 무엇입니까? ()

- ① 농가에서의 농약 처리보다 안전할 것 같다
- ② 수출경쟁력이 증가할 것 같다
- ③ 해충의 완전구제로 바이어가 선호할 것 같다
- ④ 생산과 관련된 작업이 간단해 질 것 같다.
- ⑤ 기타()

12-2. 반대한다면 그 이유는 무엇입니까? ()

- ① 위험할거 같다 ② 공간이 부족하다
- ③ 효과검증이 안되었다 ④ 귀찮다
- ⑤ 비용이 많이 들 것 같다

13. 화훼 농업에서 수출에 어려움이 있다면 구체적인 사항 및 개선점을 기입하여 주십시오.

14. 화훼 농업에서 적용하는데 어려움이 있다면 구체적인 사항 및 개선점을 기입하여 주십시오.

※ 끝까지 성의를 다해 조사자료를 작성해 주셔서 감사합니다.

<부록 3> 수출입 식물 소독기술에 대한 Delphi 조사표

수출입식물 소독기술에 대한 델파이설문지 I

안녕하세요?

친환경농업연구원에서는 농림수산물부 농림기술관리센터의 과제인 '수출화훼류의 전자빔 검역기술 및 처리시스템 개발'의 연구를 수행하고 있습니다. 본 연구의 목적은 수출입식물 검역시 사용되는 화학적 처리를 대체할 물리적 처리 중 전자빔 처리시스템을 개발하는 것입니다. 이에 사계(斯界)의 전문가 여러분을 모시고 그 의견을 수렴하고자 델파이(Delphi)조사를 실시하고 있습니다.

조사는 2회에 걸쳐 이루어질 예정이며, 조사의 결과는 우리의 실정에 맞는 수출화훼류의 소독기술 모델을 구축하는데 귀중한 연구자료로 활용될 것입니다.

다소 시간이 걸리고 번잡스러우시더라도 진지하게 답변해주시면 고맙겠습니다. 또한, 설문조사는 개인의 신상정보를 보호하기 위하여 무기명으로 처리할 뿐만 아니라 설문자료는 연구자료로만 사용됨을 약속드립니다.

더욱 건승하시길 기원합니다.
감사합니다.

2009. 10.

친환경농업연구원 농림기술개발사업
연구 책임자 김 정 부

이 설문조사에 대하여 의문사항이 있으시면 아래 연구진으로 연락하시기 바랍니다. 선생님의 많은 조언을 바랍니다.

<연락처>

담당자 : 우종석

전 화 : 02-3472-8830~1

이메일 : jongsukwoo@hotmail.com

주 소 : (137-850) 서울시 서초구 방배3동 1001-34 제중빌딩 501호

(사)친환경농업연구원

델파이 설문 작성시 참조사항

- 귀하께서 본 “수출 화훼류의 전자빔 검역기술 및 처리시스템 개발” 연구를 위한 델파이조사에 참여하여 주신데 대해 진심으로 감사하오며, 끝까지 참여하시어 좋은 결과를 얻을 수 있도록 지도·편달하여 주시기 바랍니다.
- 본 델파이조사의 응답자집단은 소수의 사계 전문가들로만 구성된 소집단(50명 이내)으로서 무작위로 표본추출된 것이 아니고, 또 모집단의 대표성을 엄격하게 반영한 것도 아닌 비대표성 집단입니다.
- 델파이조사는 전체 2회(round)에 걸쳐 온라인(e-Mail) 또는 우편으로 진행될 예정입니다. 1라운드에서는 개방형질문으로 귀하께서 평소 생각하고 있었거나, 아니면 생각해보시고 자유롭게 의견이나 태도의 논거를 제시·표명해주시면 됩니다. 그리고 2라운드에서는 1라운드 결과를 알려드리고 여기에 대한 귀하의 의견을 개진해주시면 됩니다.
- 본 델파이조사가 진행되는 동안 귀하께서는 통상적인 실태조사나 설문지조사의 이론이나 방법에서 벗어나 특정의 문항에 대하여 친구나 동료들과 상의할 수도 있으며 평소 이용하시던 정보원을 활용하실 수도 있습니다. 다만, 특정집단의 대변자로서의 행동은 아니 됩니다.
- 앞에서 말씀드린 바와 같이, 설문조사는 개인의 신상정보를 완전히 보호하기 위하여 무기명으로 처리할 뿐만 아니라 설문자료는 연구자료로만 사용됩니다.
- 본 1라운드 설문지는 11월 10일까지 다음의 e-Mail, 팩스, 혹은 우편으로 회송하여 주시면 감사하겠습니다.

- 팩 스: 02-3474-8840

- 이메일: jongsukwoo@hotmail.com

- 주 소: (137-850) 서울시 서초구 방배3동 1001-34 제중빌딩 501호

(사)친환경농업연구원

I. 일반사항

<문 1> 전문지식 자기평가 (해당란에 ○표 하여 주십시오)

1-1. 당신의 직업(직무)를 가장 잘 설명하는 것은?

검역직_____ 연구직_____ 교직_____
업계관계자_____ 행정직_____ 기타_____

1-2. 당신의 직무가 연구관련이라면 그 분야는?

물리학_____ 유전학_____ 환경학_____ 경제학_____
화학_____ 심리학_____ 농학_____ 기타_____

1-3. 현재 분야에 종사한 기간은? _____년

1-4. 당신은 스스로를 어떻게 평가하십니까?

종합관리인 _____ 전문지식인 _____

1-5. 당신의 관심분야는?

화학적 방제_____ 물리적 방제_____ 천연물 방제_____
환경문제_____ 소독처리사업_____ 기타_____

1-6. 당신의 성별 및 나이는?

성별 : 남 _____ 여 _____
연령 : _____ 세 _____

※ 2차 설문을 위한 이메일 주소를 적어주시기 바랍니다.

_____@_____

II. 현행 수출화훼류 소독기술에 대한 평가 및 국제비교

<문 2> 현행 수출화훼류에 대한 소독기술의 적용범위 또는 소독수요 측면에서 기술적 중요도를 점수로 평가해 주시기 바랍니다.

※ 중요도 점수는 100점 만점을 기준으로 평가하여 기입

구 분		중요도 점수	평가 근거
화학적 소독	CH ₃ Br		
	PH ₃		
	HCN		
물리적 소독	증열		
	저온		
	전자빔		
	γ-ray		
복합적 소독	화학+화학		
	화학+물리		
	물리+물리		

2-1. 위 기술이외에 기술적 중요도가 높다고 평가할 수 있는 소독처리방법과 이유를 적어주십시오.

소독 기술	중요도 점수	평가 근거

<문 3> 현행 수출화훼류에 대한 소독기술의 기술적 성숙도를 평가해 주시기 바랍니다. (해당란에 ○표하여 주시기 바랍니다)

구 분		미도입	도입기	성장기	성숙기	쇠퇴기
화학적 소독	CH ₃ Br					
	PH ₃					
	HCN					
물리적 소독	증열					
	저온					
	전자빔					
	γ-ray					
복합적 소독	화학+화학					
	화학+물리					
	물리+화학					

2-1. 기술적 성숙도를 최퇴기로 평가한 기술과 이유를 적어주십시오

소독 기술	평가 근거

2-2. 위 기술이외에 기술적 성숙도가 최퇴기로 평가할 수 있는 소독기술이 있다면 무엇입니까?

소독 기술	평가 근거

<문 4> 현행 수출화훼류에 대한 소독기술의 친환경성 및 안전성을 평가해 주시기 바랍니다.

※ 환경친화성 및 안전성 점수는 100점 만점을 기준으로 평가하여 기입

구 분		친환경성	안전성	평가 근거
화학적 소독	CH3Br			
	PH3			
	HCN			
물리적 소독	증열			
	저온			
	전자빔			
	γ-ray			
복합적 소독	화학+화학			
	화학+물리			
	물리+화학			

4-1. 위 기술이외에 환경친화성 및 안전성을 낮다고 평가할 수 있는 소독처리방법이 있다면 무엇입니까?

소독 기술	친환경성	안전성	평가 근거

<문 5> 현행과 5년 후 수출화웨이류에 대한 소독기술의 최선진국 대비 기술수준 및 기술격차를 평가하여 비율과 년차로 기입해 주시기 바랍니다.

구 분		현 행		5년 후	
		기술수준(%)	기술격차(년)	기술수준(%)	기술격차(년)
화학적 소독	CH3Br				
	PH3				
	HCN				
물리적 소독	증열				
	저온				
	전자빔				
	γ-ray				
복합적 소독	화학+화학				
	화학+물리				
	물리+화학				

5-1. 현행 수준에서 선진국 대비 기술수준에 차이가 있다면 그 이유를 2가지만 적어주십시오

이유 1 :

이유 2 :

(기타 :)

5-2. 5년 후 선진국 대비 기술수준에 차이가 및 기술격차가 있을 것이라면 그 이유를 2가지만 적어주십시오.

이유 1 :

이유 2 :

(기타 :)

Ⅲ. 금후의 수출입식품 소독기술 수요와 발전 전망

<문 6> 국내외 동향에 비추어 보았을 때 연구·개발 또는 도입·보급이 시급한 소독기술은 무엇입니까?

소독기술	연구개발/도입·보급 사유

6-1. 위 소독기술에 필요한 연구·개발 내용을 간략하게 3가지만 적어주십시오

연구내용 1 :

연구내용 2 :

연구내용 3 :

6-1. 위 소독기술과 연관되어 함께 개선·발전해야할 분야를 3가지만 적어주십시오

분야 1 :

분야 2 :

분야 3 :

<문 7> 국제 동향에 비추어 보았을 때 향후 중점적으로 투자가 필요한 소독기술은 무엇입니까?

소독기술	중점 투자 사유

7-1. 위 소독기술이 선진국 수준에 도달하기 위하여 소요되는 투자기간은 얼마입니까?

예) 2010년-2014년까지 5년간

7-2. 위 소독기술과 연관되어 동일하게 개선·발전해야할 분야를 3가지만 적어주십시오

분야 1 :

분야 2 :

분야 3 :

<문 8> 마지막으로 수출입식품 소독기술과 관련하여 제언이 있으시면 해 주시기 바랍니다.
정책관련 제언, 연구관련 제언 등 어떤 의견도 환영합니다.

제	언

※ 끝까지 성의를 다해 조사자료를 작성해 주셔서 감사합니다.

<부록 4> 수출 화훼류 비화학적 소독기술에 대한 수출입회사 및 소비자 인식 조사표

一連番號	調査地域

輸出花卉類非化學的消毒技術に對する輸出入會社と消費者認識調査票

2012. 1

(社) 親環境農業研究院では、韓国 農林水産食品部の農林水産食品技術企劃評價院で発注した '輸出花卉類の検疫技術と処理システムの開発' を研究しています。 (社) 親環境農業研究院では、この研究のために輸出花卉類の取引または消費する輸出入企業と消費者を対象に、植物検疫に関する画像解析と新たな消毒技術の開発のためのデータ収集を目的としてアンケート調査を行っています。回答いただいた内容は、学術的研究のみに使用され、回答者の個人的な秘密は完全に保証されます。多少時間がかかってもでも一問ももれなく質問に答えてくださるよう丁寧をお願いします。

調査内容についてのお問い合わせは、(社) 親環境農業研究院の研究者にご連絡ください。

<連絡處>

住 所: 137-850, 韓國 ソウル市 瑞草區 方背3洞 1001-34 濟衆B/D 501號

(社團法人)親環境農業研究院

擔當者: 金正夫 博士; TEL +82-2-3472-8830, 8831

調査者 : _____

調査日字 : 2012. . .

(社)親環境農業研究院

農産物や食品の消毒方法は、1989年のモントリオール議定書（Montreal Protocol）、2002年 国際食品照射諮問會議（ICGFI：International Consultative Group on Food Irradiation）などの国際機関からの化学的消毒技術を中断し、今後は非化学的消毒方法を勧告している。したがって世界各国は、農産物や食品の消毒方法を、従来の化学的消毒方法から非化学的消毒方法に変更するために研究している。

一般的に農産物や食品の保存や消毒のための消毒技術は、化学的消毒技術、物理的な消毒技術、複合的消毒技術に区分される。化学的消毒技術は、CH₃Br（Methyl Bromide）、PH₃（Hydrogen Phosphide）、HCN（Hydrogen Cyanide）などを利用する方法である。そして、物理的な消毒技術は、蒸熱、低温、電子線（電子ビーム）、γ-rayなどを利用する方法である。また、複合的な消毒技術は、化学+化学、化学+物理、物理+物理などに組み合わせて利用する方法である。この研究の調査対象の非化学的消毒技術は、電子線（電子ビーム）を利用した消毒技術である。電子線は電子銃から出る電子の連続的な流れをいい、電子ビームともいう。電子線は、多くの分野で利用されている。電子線の農業的利用は、電氣場を農産物や食品に照射し、消毒や殺虫に利用している。国際食品照射諮問會議では電子線の有害性が明らかになっていないと表明しており、世界各国からの農産物や食品を乾燥して保存するのに利用されている。

□ 一般現況

経営主 姓名	歳	電話番号	オフィスや自宅： 携帯電話：
住 所	都/道	府/縣	市 区 町 村
學 歴	① 小學校 以下 ② 中卒 ③ 高卒 ④ 大卒以上		
經營 類型	① 輸入業 ② 卸業 ③ 小賣業 ④ 一般消費者 ⑤ その他()		
經營 従事年數			
經營と所得規模	年間賣出額	円	
	年間所得水準	円	
取扱やお気に入りの花卉品目	取扱の花卉品目		
	お気に入りの花卉品目		

1. 花卉類の購入時に購入基準

1-1. お客様は、花卉類の購入時の意思決定に最も大きな影響を与える要因は次のうちどれですか？重要な要因の優先順位に応じて2つを選択し、[]内に記入してください。

- 1度の要因 []
 2度の要因 []

- ① 品質（色、香り、鮮度など）
- ② 品種、形状など
- ③ 安全性
- ④ 価格
- ⑤ その他（例：輸入国、防除方法、栽培方法など）

2. 農産物や食品の消毒方法と防除技術の認知度

2-1. 様々な消毒や防除技術が農業分野に利用されています。

お客様は、消毒や防除処理をした穀物や食品があるという事実を知っていますか？その項目の（ ）内に○印して下さい。

- ① 知っている （ ）
- ② 知らない （ ）
- ③ 関心がない （ ）

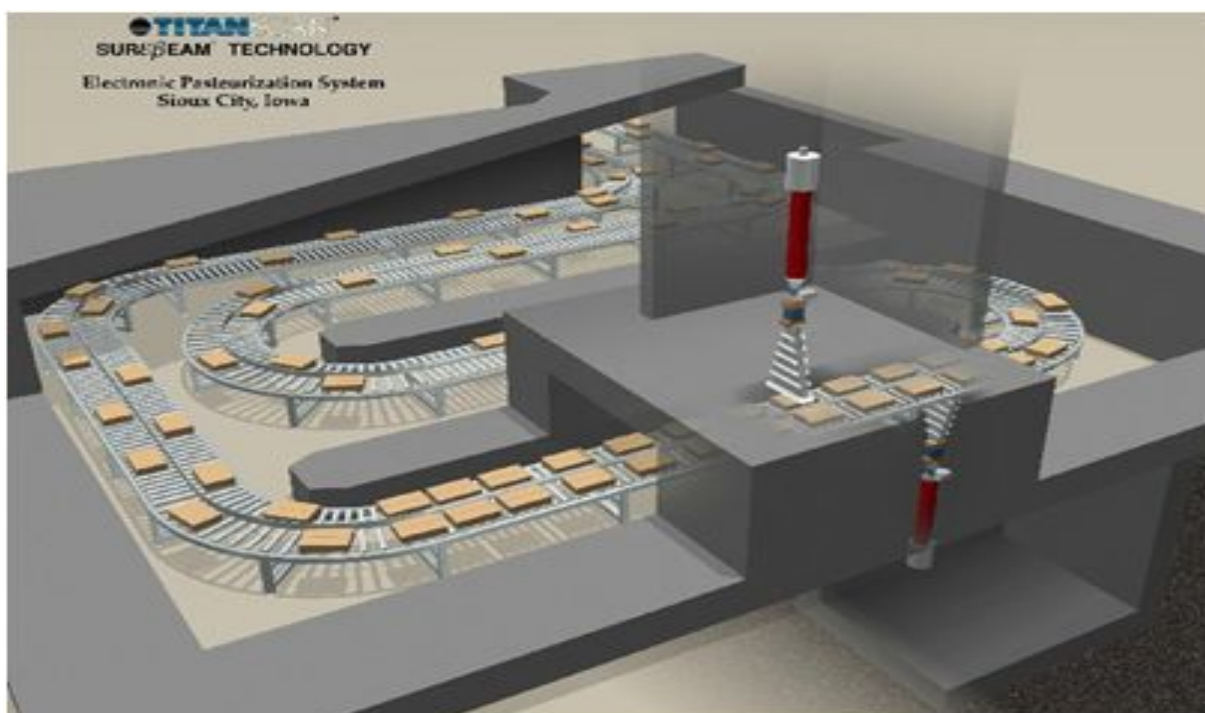
2-2. お客様が知っていれば、次のいくつかの方法をどのように知っていましたか？該当欄に○印つけてください。

技術 区分	消毒技術別 消毒方法	認知 有無		認知 経緯			
		知っている	知らない	マスコミ	共同経営者と知人に聞いて	本を通じて	その他
化学的 消毒技術	CH3Br (Methyl Bromide)						
	PH3 (Hydrogen Phosphide)						
	HCN (Hydrogen Cyanide)						
	その他						
物理的 消毒技術	蒸熱						
	低温						
	電子線						
	γ-ray						
	その他						
複合的 消毒技術	化学 + 化学						
	化学 + 物理						
	物理 + 物理						

3. "電子線照射"の認知度

3-1. お客様は、"電子線照射"を電線、タイヤなど、以下のような方法で、プラスチック製品にしているという事実を知っていますか？ その項目の（ ）内に○印して下さい。

- ① 知っている ()
- ② 知らない ()



3-2. お客様は、"電子線照射"を実施した電線、タイヤなどのプラスチック製品や工業製品の安全性をどう思いますか？ その項目の（ ）内に○印して下さい。

- ① 安全だと思う ()
- ② 抵抗感はない ()
- ③ よくわからない ()
- ④ ややコリムジクする ()
- ⑤ 危険である ()

3-3. このような考えを持つようになった理由は何ですか？ その項目の（ ）内に○印して下さい。

- ① 病院でX線、CT撮影に多く使用しているため ()
- ② 放射線治療を受けた経験があるから ()
- ③ 原子力発電所事故等が連想になって ()
- ④ 核爆発の危険性が連想になって ()
- ⑤ よく知らないことからくる漠然とした不安感のために ()
- ⑥ 関心がないので ()
- ⑦ その他（具体的に記入：_____）

4. 電子線で消毒処理された農産物や食品の購入意思

4-1. お客様は、電子線で滅菌処理された食用の農産物や食品を購入しますか？ その項目の（ ）内に○印して下さい。

- ① 購入したい ()
- ② 購入しない ()

4-2. あなたが電子線で滅菌処理された食用の農産物や食品を購入しようとしたらその購入意思はどのくらいですか？ その項目の（ ）内に○印して下さい。（"①購入したい"と答えた人のみ記入して下さい）。

- ① 非常にある ()
- ② ある ()
- ③ 普通である ()

4-3. あなたが電子線で滅菌処理された食用の農産物や食品を購入しようとしたらその理由は何ですか？ その項目の（ ）内に○印つけてください（"①購入したい"と答えた人のみ記入して下さい）。

- ① 無菌と無虫なので ()
- ② 化学的消毒をしなかったのでは ()
- ③ 人体に害がないので ()
- ④ 製品の価格が低いので ()
- ⑤ その他（具体的に記入：_____）

4-4. あなたが電子線で滅菌処理された食用の農産物や食品を購入しない場合、その理由は何ですか？その項目の（ ）内に○印つけてください（"②を購入しない"と回答した人のみ記入して下さい）。

- ① 人体によくないため ()
- ② 新鮮度が低いので ()
- ③ 製品の価格が高いので ()
- ④ 電子線照射について知らないの ()
- ⑤ その他（具体的に記入：_____）

5. 電子線で滅菌処理された非食用の花弁の購入意思

5-1. お客様は、電子線で消毒処理された食用ではない花弁を購入しますか？ その項目の（ ）内に○印して下さい。

- ① 購入したい ()
- ② 購入しない ()

5-2. あなたが電子線で滅菌処理された食用以外の花弁を購入しようとしたらその購入意思はどのくらいですか？その項目の（ ）内に○印つけてください（"①購入したい"と答えた人のみ記入して下さい）。

- ① 非常にある ()
- ② ある ()
- ③ 普通である ()

5-3. あなたが電子線で滅菌処理された食用以外の花弁を購入しようとしたらその理由は何ですか？その項目の（ ）内に○印つけてください（"①購入したい"と答えた人のみ記入して下さい）。

- ① 菌や虫がないので ()
- ② 化学的消毒をしなかったの ()
- ③ 人体に害がないため、 ()
- ④ 製品の価格が低いので ()
- ⑤ その他（具体的に記入：_____）

5-4. あなたが電子線で滅菌処理された食用ではない花卉を購入しない場合、その理由は何ですか？その項目の（ ）内に○印つけてください（"②を購入しない"と回答した人のみ記入して下さい）。

- ① 人体に安全ではないため ()
- ② 新鮮度が低いので ()
- ③ 製品の価格が高いので ()
- ④ 花卉の場合は色が悪くなるので ()
- ⑤ その他（具体的に記入：_____）

6. 電子線を用いた消毒技術についての意見

6-1. 電子線を用いた消毒技術をどう思いますか？重要な要因の優先順位に応じて2つを選択し、[]内に記入してください。

- 1度の要因 []
- 2度の要因 []

- ① 殺虫、殺菌がよくなったのだろう
- ② 人体に安全である
- ③ 人体に安全ではないのだ
- ④ 処理された農産物や食品の新鮮度が低いようだ
- ⑤ 消毒費用のために価格が高くなるようだ
- ⑥ 消毒費用のために価格が低くなるようだ
- ⑦ 花卉の場合は色が悪くなるようだ
- ⑧ その他（具体的に記入：_____）

7. 韓国産花卉の輸入時の通関過程で発生する問題は、どのようなものがあり、その改善策は何だと思いますか？

① 問題点

② 改善策

8. 韓国産花卉の日本国内の流通過程で発生する問題は、どのようなものがあり、その改善策は何だと思えますか？

① 問題点

② 改善策

※ 最後まで誠意を盡くして調査資料を作成していただきありがとうございます。