

방사선 식물 검역기술 국외 현황 및 국내동향

박해준·이광렬·이주운
한국원자력연구원

I. 서 언

무역자유화에 따른 선진 검역관리, 식품안보 기반기술로서 이온화 에너지(이하 방사선) 기술의 이용이 확대되고 있으며 식품 및 공중보건산업에 사용하는 방사선 종류가 다양화되고 있으며 WTO의 기술에 관한 무역장벽 (Technical Barrier on Trade, TBT) 해소, 유엔환경보호위원회 (UNEP), 국제식물보호위원회 (IPPC) 등의 화학 훈증제 사용 금지협약의 이행으로 방사선 기술을 검역관리 기술로 채택하여 활발히 진행될 것으로 예상된다.

이에 최근 Methyl Bromide (MeBr)와 같은 화학 훈증제 사용이 점차 금지됨에 따라 수출입 식품류 및 농수축산물의 검역 관리를 위해 방사선 기술 등 새로운 기술의 적용을 적극 추진 중이며, 각 국은 규정마련에 박차를 가하고 있다.

<참고> MeBr Phase Out 계획 : 선진국 2005년부터, 개도국 2015년 발효

(출처) WTO. Technical barriers to trade, www.wto.org

(출처) FAO. Guidelines for the use of irradiation as a phytosanitary measures. International Plant Protection Convention, ISPM No. 18, Rome, Italy (2003)

2002년 EU 위생안전성위원회는 “조사된 식품과

농산물의 안전성에는 문제가 없다”고 발표하여 안전성을 재검증하였고 미국 및 중남미, 동남아 등 주요 농산물 교역국에서는 방사선 기술을 이용하여 식물검역 분야에서 다양한 현장 연구와 실증으로 이미 상용화하였다.

<참고> 미국, 태국, 호주, 멕시코 등에서 방사선 조사 검역처리 현황보고

(출처) Guy Hallman. Phytosanitary Applications of Irradiation. (2011)

따라서 우리 농수산물의 수출증대와 국제경쟁력 제고를 위한 에너지 절약형 검역처리 기술개발이 필요시 되는 시점에서 방사선 기술을 기반으로 한 우리 농수산물의 고품질 상품화와 시장 확대를 위한 품질인증시스템 연구수행으로 산업생산성 극대화가 기대된다. 4,000 억원/년으로 추정되고 있는 수출 농산물 검역 폐기 및 저장 중 부패로 인한 손실 비용을 획기적으로 줄이고 농산물 수출 시장의 확대와 우리나라 농산물에 대한 국제적 신용도 제고에 기여하리라 생각한다.

현재 MeBr 대체 친환경 훈증제 등이 개발되고 있는 시점에서 융·복합 기술 적용을 통한 신기술 개발 및 적용 품목의 확대로 식물검역 현장적용 시험연구가 긴급히 요구되고 있는 실정이고 정부정책, 산업계의 기술 수요 및 학계의 연구의지 등을 결집하

여 추진할 경우 우수한 성과와 더불어 성공적으로 사업을 완수 할 수 있을 것으로 예상된다.

II. 방사선 검역기술의 필요성

(가) 기술적 측면

WTO/FTA 체제하에 국제기준에 부합하는 농산물의 검역관리 신기술 및 공정 개발과 제도마련이 시급한 실정이다. 또한 선진 위생화 방법 (HACCP)을 보완하고 식품/농산물의 위생안전을 확보할 수 있는 경제성과 편의성이 고려된 기술개발이 필요하다.

FAO, WHO 등은 국제 식량교역과 공중보건제품의 위생적 생산에서 방사선 기술이 첨단 검역관리 프로그램으로 이용할 것을 권고하고 있는 상황에서 방사선 조사식품의 수출입 증대가 예상되고 있으며 오늘날 식품의 선진 위생화 방법인 HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point) system의 공정이 간편하고 처리효과가 확실하며 안전하고 산업적으로도 환경오염이 없는 무공해 위생화 기술을 요구함에 따라 무잔류, 냉온살균법으로 평가받고 있는 방사선 기술을 이용한 타 위생화 방법과의 융합기술 개발이 필요하다. 따라서 방사선 기술은 농수산물 교역 시 검역대상 해충의 주 박멸기술인 환경공해성 MeBr 훈증법의 사용규제에 대응하는 대체기술로서 검역대상 해충 및 미생물의 효과적 관리기술로서 평가되고 있으며 산업적 규모의 실증 연구를 수행하여 국가 검역프로세스에서 중요한 부분을 차지할 것으로 생각한다.

공중보건제품의 위생화를 위해 사용되고 있는 Ethylene oxide (EO)는 위해성 때문에 선진국에서는 1990년 이후로 사용을 금지하고 있으므로 방사선 기술은 식품 및 공중보건제품의 위생화에 효율적으로 활용할 수 있는 대체기술이나 현재International

Standard of Phytosanitary Measure (ISPM)에서 규정된 방사선 기술 사용지침에 부합하고 국내 실정에 맞는 다양한 병해충 예방 및 방제 기술 획득이 필요하다. 그러나 국내·외에 특정 과일 또는 목재에 대해서만 기초적인 수준의 일부 연구가 수행되어지고 있는 것을 제외하고 아직 국내 식물검역 분야에서 방사선 기술의 이용은 전무한 실정이다. 그러므로 향후 기술 적용 및 실용화 실증 연구를 위한 집중적인 노력이 필요하다.

현재 소독용 훈증제인 MeBr는 오존층 파괴물질로 2015년 전 세계 농업용 사용의 전면 감축이 추진중이고 검역용 사용의 경우, FTA 농산물 수출입 자유화로 인한 MeBr 사용량 증가로 최근 International Plant Protection Commission (IPPC)에서는 검역용 사용감축 권고안을 채택되었다. 따라서 각 국에서는 MeBr 감축계획안을 수립 중에 있으며, 대체 방법 개발에도 적극적으로 사업을 수행 중이다.

현재 생식물 (절화, 채소, 과일 등)에 대한 MeBr 대체 소독처리 기법으로는 Ethylene formate (EF), Phosphine (PH₃), 저온처리, CO₂ 혼합처리 등의 연구가 초보적 수준으로 진행되고 있으나 해충 및 태벌 방제수준, 대상 품목별 약해, 현장처리 시 작업자의 안전성 등을 감안한 실용화 기술개발의 필요성이 대두되고 있다

국내에서 개발된 MeBr 대체 몇몇 친환경 훈증제의 실용화를 위해 주요 수출 과채류의 품질 경쟁력을 향상시키고 약해 경감기술과 접목한 신기술 개발이 필요하다

우리 농산물의 수출증대와 국제경쟁력 제고를 위한 에너지 절약형 검역처리 기술 개발이 필요시 되는 시점에서 방사선 기술 및 친환경 훈증제를 이용한 검역관리 및 품질인증 시스템 연구개발로 산업생산성 향상을 도모할 수 있을 것으로 생각한다.

(나) 경제·산업적 측면

우리 농산물의 수출증대와 국제경쟁력 제고를 위한 에너지 절약형, 환경 친화적인 검역처리 기술개발이 요구되는 실정이며 고품질 상품화와 시장 확대를 위한 품질관리 시스템 확립을 위한 연구수행으로 산업생산성의 극대화가 요구된다.

검역과 품질 관리에서 발생하는 손실·폐기 물량의 감소와 제품 신용도 상승으로 인한 국내산 화훼류의 수출 증대 예상되며 우리나라의 화훼류 수출 시장은 2000년 이후로 꾸준히 성장하여 연간 US 1억달러 (약 1,000억원) 규모로 그 시장이 계속 확대되어 가고 있다.

또한 상호 신뢰할 수 있는 검역 통관 기술 적용으로 보다 원활하고 많은 양의 농산물 수출이 요구된다. 신선 과실류에서 병충해 발생, 잔류농약과 저장성 문제가 수출에 가장 큰 영향을 끼침으로 이를 해결할 근본적인 해결책이 필요하다. 신선 과실류 수출 규모는 US 4억달러/년 (4,000억원/년) 규모로, 새로운 검역관리 기술 도입시 수출 증대로 시장이 계속 증가할 것으로 기대한다.

오존층 파괴 MeBr 대체 물질의 경우, 대부분의 수출농산물의 품질유지를 위한 저온에서 처리가 불가하여 훈증이 가능한 온도로 상승 후 처리하고 있으나, 처리 시 과채류 (바나나, 오렌지 등) 및 절화나 묘목류 (절화, 장미 등)에 심한 약해가 발생되며 수출 전 사전 훈증처리 방식보다는 수입국에서의 능동적 검역에 의존해야 한다. 방사선 조사 식품 및 농산물 국제시장의 지속적으로 상승하고 있고 향신료, 곡물 등 건조농산물 위주에서 가공편의식품, 특수 목적식품, 신선과실류, 화훼류, 목재 등으로 확대되고 있다.

<참고> 단순처리비용 기준 '09년 1조8,384억원 (US\$16억 해당) → '10년 2조3,591억원 (US\$18억 해당) → '15년 3조1,755억원 (US\$28억 해당) 예상 ['07년-'15년 동안 10.94% 성장률 예상]

(출처) BizAcumen, Food Irradiation Trends, Global

Market Opportunities, BMR-3009, USA, BizAcumen, Inc. p.3-4. (2009)

세계 56개 국가에서 250여 식품품목에 한해 방사선 조사를 허가하고 있으며, WHO, FDA, WTO, UNEP, HHS 등의 국제기구와 미국 USDA, FDA, ADA 등 보건당국에서는 방사선 조사를 강력히 권고하고 있으며 검역체계 선진화로 수출·입 시 검역 및 통관절차의 간소화에 따른 비용절감 도모하고 있다.

(다) 사회·문화적 측면

국민들의 식품안전에 대한 관심 고조에 따른 안전·위생적 제품 생산과 공급을 위한 핵심기술 획득이 절실하고 국내산 농산물의 안전하고 경쟁력 있는 검역처리 기술의 요구증대에 따른 국내기술력 확보 및 산업적 실용화 기술이 필요하다

국민들은 생활수준의 향상으로 식품 및 보건관련 산물의 위생적 측면을 더욱 중시하고 있다 따라서 방사선 기술을 이용한 식품 및 공중보건 제품의 위생화 기술개발은 식품가공 원료 및 제품에서 기인되는 질병예방과 위생적 제품생산 기반을 확립하므로 국민보건 향상과 경제적 생산성 증대가 기대된다.

식품 및 보건관련 산물의 살균·살충에 사용되어 온 화학 훈증제 (EO, MeBr 등), 화학첨가물 (방부제) 등은 환경공해, 건강장해, 유해물질 생성 및 잔류 등 많은 문제점을 포함하고 있어서, 세계적으로 일부는 사용이 이미 금지되었거나 점차 금지될 전망이다. 국가 간 교역에서도 품질규격이 더욱 엄격해질 것이기 때문에 방사선 기술과 친환경 훈증제 등의 실용화 요구가 증대되고 있어 이에 대응할 기술력 확보와 Database (DB) 구축이 필요하다.

검역 훈증 처리는 외래 해충의 침입을 차단할 수 있는 현존하는 가장 경제적이고 효율적인 기술이나, 친 대기환경 요구도로 인해 Non-ozone depletion 훈

증제로 대체 추진 중이며, 특히 다양한 수출입 품목에 거의 일괄 적용해 온 약제에 대한 수출 경쟁력 강화와 맞물려 품목별 처리기술개발이 필요하며 MeBr 대체 약해 경감을 위한 신규 훈증제 이용기술을 통해 수출 경쟁력 강화를 위한 실용화 기술개발이 필요하다.

현재 식품산업의 고도화와 국제 식량교역의 확대는 우리나라 또한 현재 추세에서 예외일 수 없음을 보여주고 있으며, 이런 측면에서 방사선 기술은 식품의 위생화와 식품 저장 안정성 측면에서 효과적인 방법으로 평가받고 있으므로 최근 주요 농산물 수출국에서는 세계적 시장개방화에 대비하여 방사선 기술을 이용한 검역관리 기술 확보에 적극 노력하고 있으며 식품/의료·제약 산업에서 방사선 기술의 이용 확대는 그 중요성과 개발 잠재력을 충분히 뒷받침 해주고 있다.

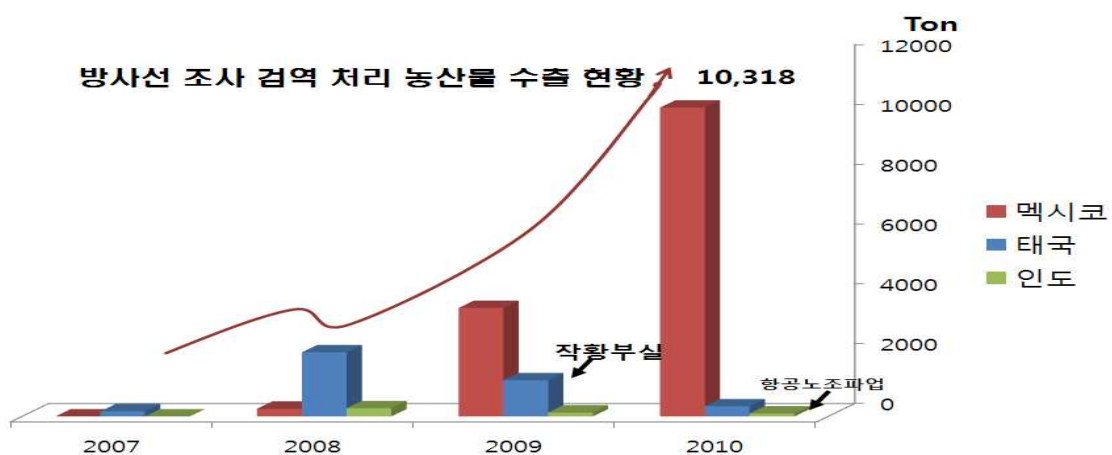
Ⅲ. 방사선 검역 기술의 국내·외 현황

(가) 국내 기술개발 현황

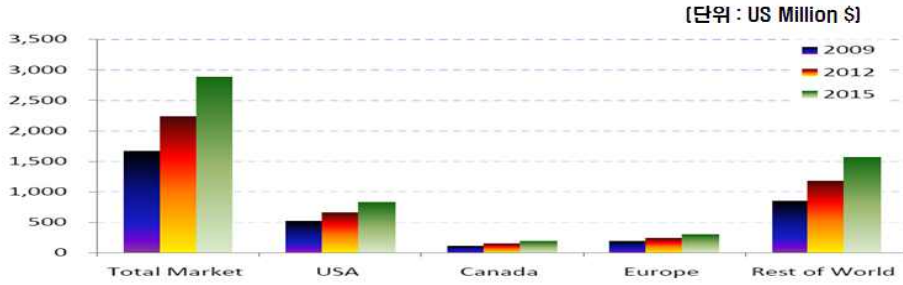
현재 농림축산기술개발사업에서 한국원자력연구원을 중심으로 주요 수출대상 농산물 9종(사과, 배, 단감, 감귤, 고구마, 파프리카 등 과채류 6종 및 장미, 국화, 백합 등 화훼류 3종)에 대해 검역·부패대상으로 검역관련 해충 12종 (복숭아 심식나방, 벗나무 응애, 복숭아 명나방, 왕담배 나방, 담배나방, 기타 응애류 1종, 블루베리 흑파리, 감나무 애응애, 감꼭지나방, 꽃노랑총채벌레, 온실가루깍지벌레, 목화진딧물), 검역관련 병원균 2종 (*Xanthomonas* sp., *Monilinia fructigena*)저장성/부패 관련 병원균 4종 (*Botrytis cinerea*, *Penicillium expansum*, *Penicillium italicum*, *Rhizopus* sp.)병해충 18종에 대해 방사선검역기술 개발 및 검역관리 SOP 개발 진행 중에 있다.

(나) 세계적 수준

국외	개념정립 단계	실용화 단계	보급·확산 단계 ●
국내	개념정립 단계	실용화 단계 ●	보급·확산 단계



(출처) Guy Hallman, 2011



<미국수출용 방사선 조사된 망고(인도)와 방사선 조사된 닭발(중국)>



<열대과일 전자선 조사(미국 하와이)>

<국제 방사선 조사 서비스 시장의 성장 추이(上) 및 식물검역 활용사례(下)>

Federal Register / Vol. 76, No. 119 / Thursday, June 11, 2011 / Notice and Requestion 34183

Guidance for importing mangoes into the United States from Pakistan

April 12, 2011

This document provides guidance to entities or individuals interested in importing mangoes from Pakistan into the United States. Importers must adhere to specific phytosanitary and safeguarding procedures designed to prevent the introduction of harmful pests into the United States. Only commercial consignments of mangoes are enterable. Mangoes are not allowed for personal consumption must be sourced or purchased from U.S. establishments, entities, or individuals that have legally imported mangoes from Pakistan in accordance with all USDA and other pertinent import regulations.

Fresh mangoes from Pakistan are prohibited entry into the United States unless they are imported commercially under a program that involves the application of irradiation treatment in the United States.

In order to meet USDA APHIS PPO phytosanitary import requirements, the process for importing mangoes from Pakistan requires that commercial consignments of untreated mangoes enter the United States via air cargo carrier into Chicago, Illinois, and be transported overland under safeguarded conditions to an APHIS PPO Certified Irradiation Treatment Facility in Sioux City, Iowa, for application of quarantine irradiation treatment before they are allowed to be sold or marketed.

It is the sole responsibility of the importer to:

- Read, understand, and adhere to all conditions listed in the Importer's Compliance Agreement and Import Permit particularly those related to safeguarded transit;
- Communicate instructions to anyone who handles or manipulates the commercial shipment of untreated mangoes on the importer's behalf, including but not limited to: Overseas exporters, air cargo carriers, brokers, non-government entities who handle consignments upon arrival in Chicago, including companies responsible for transport of consignments, and the irradiation treatment facility.

Guidance for importing mangoes into the United States from Pakistan

April 12, 2011

This document provides guidance to entities or individuals interested in importing mangoes from Pakistan into the United States. Importers must adhere to specific phytosanitary and safeguarding procedures designed to prevent the introduction of harmful pests into the United States. Only commercial consignments of mangoes are enterable. Mangoes are not allowed for personal consumption must be sourced or purchased from U.S. establishments, entities, or individuals that have legally imported mangoes from Pakistan in accordance with all USDA and other pertinent import regulations.

Fresh mangoes from Pakistan are prohibited entry into the United States unless they are imported commercially under a program that involves the application of irradiation treatment in the United States.

In order to meet USDA APHIS PPO phytosanitary import requirements, the process for importing mangoes from Pakistan requires that commercial consignments of untreated mangoes enter the United States via air cargo carrier into Chicago, Illinois, and be transported overland under safeguarded conditions to an APHIS PPO Certified Irradiation Treatment Facility in Sioux City, Iowa, for application of quarantine irradiation treatment before they are allowed to be sold or marketed.

It is the sole responsibility of the importer to:

- Read, understand, and adhere to all conditions listed in the Importer's Compliance Agreement and Import Permit particularly those related to safeguarded transit;
- Communicate instructions to anyone who handles or manipulates the commercial shipment of untreated mangoes on the importer's behalf, including but not limited to: Overseas exporters, air cargo carriers, brokers, non-government entities who handle consignments upon arrival in Chicago, including companies responsible for transport of consignments, and the irradiation treatment facility.

GUIDELINES FOR EXPORT OF INDIAN MANGOES TO USA

Agricultural & Processed Food Products Export Development Authority
(Ministry of Commerce, Govt. of India)
2nd Floor, SOCI Building
3, Sanjivani Road, August Krushinagar, New Delhi - 110 016
Phone : 91-11-26132204, 26141772, 26154198
Fax : 91-11-26156187
Email : india@apeda.com

<태국의 방사선 식물검역 SOP>

<파키스탄의 방사선식물검역 SOP>

<인도의 방사선 식물검역 SOP>

<동남아 국가의 방사선 식물검역 표준처리절차 (SOP) 사례>

(다) 국내수준

최근까지 우리나라에서 수출·입 농산물의 식물검역을 위한 방사선 기술의 이용은 전무한 실정이다. 우리나라에서 검역관련 방사선 기술 연구결과를 살펴보면 농림기술개발사업 및 농림수산물검역 검사 본부 용역사업으로 수행되고 있었으나 최근 현재 농림축산기술개발사업에서 한국원자력연구원을 중심

으로 방사선검역기술 개발 및 검역관리 SOP 개발 진행 등 실용화 보급준비 사업이 진행 중에 있다. 한국원자력연구원 (첨단방사선연구소)은 원자력진흥종합계획에 의거하여 국가방사선 검역관리 체계 구축을 위한 방사선기술 개발사업과 국제협력 사업을 수행 중이며 전북 정읍에 소재한 첨단방사선연구소에 검역관리 기술 개발을 위한 연구기반을

조성하였다. FAO/IAEA 식물검역 분야 한국 책임연구기관으로 활동 중이다.

현재까지 보고된 기술 현황을 살펴보면 과실, 화훼류의 위생화 방법에 관련된 연구를 수행 중에 있다. 국내특허출원 『에탄올 및 방사선 조사의 병용처리를 이용한 절화 화훼류의 위생화 방법(출원번호 : IP11062801K1, 2011) 국내특허등록 『치환기체와 방사선 조사의 병용처리를 이용한 문화재 유해물의 제거방법(등록번호 : 1041442, 2011) 등이 보고되어 있다.

동부팜한농(주)에서는 MeBr 대체 훈증제의 선두 연구개발기관인 호주 연방과학기술원 (CSIRO)이 보유한 원천 기술 아웃소싱을 통해 각 수출입 품목에 적용할 수 있는 기술을 주요 수입품목(오렌지, 바나나 등)에 대해 농림축산식품부 국립검역검사본부(식물검역부)와 공동개발 중에 있거나 일부 상용화 추진 중에 있다. 최근 수출 품목에 대한 친환경 훈증제(Provisional Patent Application No. 2004907399)가 개발되어 일부 작물에 대하여 시험단계에 있다.

(라) 지금까지의 국내·외 주요 연구개발 현황

농산물의 식물검역에 대하여 감마선과 같은 방사선 처리에 대한 연구는 지난 약 80여년 전부터 여러 지역에서 시도하였다. (Koidsumi, 1930) 최근 MeBr의 사용에 대한 우려와 함께 금지조약이 체결되면서 이에 대체할 기술개발이 촉진되는 가운데 방사선의 사용이 여러 국가에서 적극적으로 추진 중이다. (Burditt, 1989; Hallman, 1999, 2003, 2008; Ozyardimci *et al.*, 2006) 과수의 심식해충으로서 가장 많이 연구된 것은 미주지역에 서식하는 codling moth인데 용화 및 성충의 우화를 억제하는 조사량은 노숙유충에 조사했을 때에 200 Gy였으며, 이 조사량에서 성충의 출현은 100% 억제시켰다. (Hough, 1963; Toba and Burditt, 1992; Mansour and Mohamad, 2004; Bloem *et al.*, 2004) 복숭아 심식나방에 대한 연구는 일본 및 국내에서 생태적 특성에 대한 보고된 바 있

으나 (Ishiguri and Shirai, 2004; Ishiguri and Toyoshima, 2006; Kim *et al.*, 2000; Kim & Lee, 2003) 식물검역관련 소독에 대한 연구에 있어서 MeBr 사용을 대체하기 위해 감마선 활용에 대한 연구는 보고된 바 없다.

코드링 나방의 경우 5령 유충 (N=4230) 피해 사과를 139-177 Gy 범위에서 조사했을 때에 성충 우화율이 0%였다. (Burditt and Hungate, 1989) 복숭아 심식나방의 경우 피해 과실을 150 Gy에서 처리 시, 효과적으로 성충의 출현을 방제할 수 있었다.

과실류 수출에 관한 검역 현장에서 심식나방류의 방제를 위한 MeBr 대체 검역처리기술로 활용함으로써 수출입 농산물 및 저장식품에 대한 방사선 처리기술 및 방사선 이용 검역방법의 실용화를 통하여 국제 경쟁력 강화할 수 있다.

최근, 국내 연구결과에서 화훼수출용 박스 안에 장미와 국화를 각각 채운 후, 점박이응애 알을 높이 별로 넣어 200 Gy의 전자빔을 처리한 결과, 모든 높이에서 부화율이 완전히 억제되었다. (Kim *et al.*, 2010, 2011, 2012)

선진국에서 MeBr 대체 훈증물질 개발 및 소독기법 개발 연구를 활발히 추진 중 미국, 일본, 호주 등 선진국의 화학적 소독기법 연구로는 CO₂, Sulfuryl Fluoride(SF), EDN, Ethyl formate, Methyl Iodide(MI), Methyl Isothiocyanate (MITC) 등 대체 훈증물질들의 단독 혹은 혼합한 훈증효과를 활발히 연구 중이다. 검역용 MeBr 대체 물질에 대한 연구 동향은 주로 소독 품목 (곡물, 목재, 생식물 등)의 특징을 감안하여 물리적, 화학적 방법 또는 이화학적 방법을 병행한 대체기법을 개발 중이다.

생식물 (과실, 절화 등)의 경우, 친환경 훈증제 약해를 저감시키고 약효를 증대시키기 위해 PH₃ (Phosphine), EF (Ethyl formate)를 이용한 연구가 진행 중이며 국내에서 개발된 MeBr 대체 친환경 훈증제로 EF를 이용해 오렌지, 바나나에 적용한 기술이 '11년에 최초로 상용화 되었으며, PH₃을 이용한

수출 절취류 및 묘목류에 대해 ‘12년 상용화 예정이다.

성 연구로 진행되어 다양한 환경 (저장 및 선적/운송 조건 등)에 대한 실증 실험 부재 병해충 방제로 적용범위를 확대하여 집중 연구수행이 요구된다.

IV. 현 기술 상태의 취약성

(가) 현황 및 문제점

수출 농산물의 클레임 사례 중 58%가 병해충 발생으로 기인하여 표본 조사와 보고되지 않은 건수를 종합하면, 그 양은 더욱 클 것으로 예상된다.

과실, 채소 등 원예생산물은 공산품과 달리 생산물의 크기가 다양하고, 조직이 연하며, 수분함량이 높고, 수확 후에도 호흡이 왕성하기 때문에 부주의하게 관리할 경우 손실 발생이 크다. 2006년 농촌진흥청에서 발표한 농산물 수출 클레임 실태 보고서에 따르면, 우리나라 농산물의 클레임 중 70%정도가 상품 자체에 대한 클레임으로 파프리카의 경우, 총채벌레의 발견으로 훈증비용과 품질악화, 폐기비용 손실액이 발생하였다. 또한 잔류 농약 검출로 인한 검역 클레임도 수출 농산물의 많은 부분을 차지한다고 한다.

방사선 기술을 이용한 농산물 위생검역 관리기술은 도입 단계이며 아직 검역관리에 대한 체계적인 연구가 미흡하다. 지금까지의 연구는 소규모, 단발

(나) 국내외 기술수준 비교

당 분야의 국내 방사선 기술 수준은 우수 연구인력 포진, IAEA 등과의 국제 네트워크 및 연구기반 핵심시설의 확보 등 개발기술의 빠른 실용화 적용이 가능하다. (표1)

V. 향후 전망

(가) 기술발전 예측

국제교역 중심국으로서 위상제고와 국가 식량안보 수준 향상을 위한 전주기적 대응에 부응하는 기술획득하고 있고 정부의 과학기술 진흥 및 NAP 관련 계획에 부합 하고 FTA/DDA 등 국제협약 이행과 교역 활성화, 식중독 예방 및 식량자원의 안정적 확보를 위한 에너지 절약형 기술수요 증가하고 있다.

<참고> 가공방법별 처리비용 비교 (US\$/Ton) : Hot water : 250, 증기살균 : 200-250, 냉장 : 46-600, 공기치환 : 50-600, 방사선 조사 : 25-55 (표3)

<표1> 선진국 대비 국내 기술경쟁력 수준 비교

분야 및 기술항목	선진국 대비 기술 수준				
	부족	다소 부족	동등	우월	보다 우월
방사선 및 친환경 훈증제 이용 수출용 농산물 위생검역 관리기술	- 농산물 안전 유통을 위한 방사선 기술		○		
	- 친환경 훈증제 개발		○		
	- 방사선종별 검역 병해충 제어 최적 공정기술		○		
	- 수출용 대상 농산물별/품목별 방사선 검역관리 기술	○			
	- 수입국 Market Trial 시험 및 실용화 기술	○			

(출처) Griffin, R.L., Role of irradiation as a phytosanitary measure. FAO/IAEA Regional training workshop on the application of international standards related to irradiation for sanitary and phytosanitary purposes, PNRI, 8 - 12 Dec. (2008)

<표2> 가공(살균) 방법별 비용비교

가공방법	US\$/Ton
Hot Water	250
Steam Treatment	200-250
Refrigeration	46-600
Controlled Atmosphere	50-600
Irradiation	25-55

(출처 : Griffin, 2008)

'09년 국내 식품류 수입 의존도 72% 이상, 식량 무기화 대비 정책 부재, 식중독 발생률의 점진적 증가 및 대형화 추세이다.

<참고> 국민 1인당 축산물 열량섭취량 (kcal/일)은 '80년 140 → '90년 243 → '00년 330 → '05년 333으로 가축사료로 소비하는 곡물은 총 소비량의 48%, 이 중 90%는 수입에 의존하고 있음

(출처) 통계청, 농림수산물주요통계 (2008), (출처) 한국과학기술한림원, 우리나라 식량안보의 문제점과 개선 방안, 연구보고서 55, p. 32-33. (2009)

국제 농산물 교역 증가에 따른 선진 검역체계 요구가 증가되고 있다. IPPC에서는 식물위생조치를 위한 국제기준 18, 28 (ISPM18, 28) 에서 검역대상 병해충을 제어하기 위한 방사선 조사 처리 지침을 발표하였다. 아태지역 식물보호협약 (APPPC)에서의 방사선 조사 처리에 대한 초안 작성하였고 아태 지역의 식물검역의 조치로서 방사선 조사를 허용하기 위한 수정 지침안을 작성(2012. 8)하였다. 향후 IPPC에서 제정한 기준안 (ISPM 18, 28)을 근거로 한 방사선 조사 검역처리 기준안이 아태 지역에서 제정될 경우 동 지역에서의 방사선 조사 검역처리에 대한 수요는 크게 증가할 것으로 예상된다.

(나) 미래 전망

방사선 조사 국제시장의 지속적인 상승하고 있다. 향신료, 곡물 등 건조농산물 위주에서 가공편의 식품, 특수 목적식품, 신선과실류, 목재, 문화재 및 국가 기록 보존물, 생체 이식조직 (Tissue banking) 소재, 기능성 소재개발로 확대되고 있다.

<참고> 단순처리비용 기준 '09년 1조8,384억원 (US\$16억 해당) → '10년 2조3,591억원 (US\$18억 해당) → '15년 3조1,755억원 (US\$28억 해당) 예상 ['07년-'15년 동안 10.94% 성장률 예상]

(출처) BizAcumen, Food Irradiation Trends, Global Market Opportunities, BMR-3009, USA, BizAcumen, Inc. p.3-4. (2009)

기존 검역관리 및 저곡 해충 방제에 혼증제로 사용하고 있는 MeBr 등이 오존층 감소 등 환경 파괴 물질로 규정되어 몬트리올 환경협약에 의해 개발도상국은 2005년까지 20%감축하고 2015년 전면 금지키로 하였으며, 선진국의 경우 1999년 25%, 2001년 50%, 2003년 70%, 2005년 전면 금지키로 하여 그 대체방법으로 방사선 조사 기술의 이용이 급속하게 이루어지고 있어 그 수요는 크게 늘어날 전망이다.

현 농산물 수출에서의 문제 해결을 위한 핵심기술로서 WTO/FTA 대비를 위한 친환경 혼증제 및 물리적 병해 혼증처리기술과 방사선 조사 기술의 이용확대 전망은 국내·외의 추세로 볼 때 크게 기대된다. 식품의 살균, 살충 등에 사용되는 MeBr 혼증제의 사용이 세계적으로 점차 금지예정이며, Non-ozone depletion 혼증제 (EF, EDN, PH3) 및 물리적 병해 혼증 처리기술은 검역과 수출 상품의 고부가가치 유지를 모두 만족시키는 기술로 상용화 될 것으로 내다본다.

2011년 한·미 식물검역 정례회의(Seoul, 2011)에서 우리나라 농산물의 수출확대 협의가 이루어져 냉이, 토마토의 수출이 허용되었고, 호접란, 한라봉, 천혜향 등 우리나라 농산물의 수출확대 방안이 협의되었다. 우리나라 신선 과실류의 수출 시장은 약 4 억

달려 규모이며, 앞으로의 물량 증대와 수출 농산물의 다양화가 예상되고 이에 대비한 방사선 검역기술 적용이 절실히 요구될 것으로 예상된다.

VI. 참고문헌

1. Bloem, S., Carpenter, J.E., Bloem, K.A., Tomlin, L. and, Taggart, S. 2004. Effect of rearing strategy and gamma radiation on field competitiveness of mass-reared codling moths (Lepidoptera: Tortricidae). *J. Econ. Entomol.* 97(6), 1891-1898.
2. Burditt, A.K. and Hungate, F.P., 1989. Gamma irradiation as a quarantine treatment for apples infested by codling moth (Lepidoptera: Tortricidae). *J. Econ. Entomol.* 81, 859-862.
3. Hallman, G.J., 1999. Ionizing radiation quarantine treatments against tephritid fruit flies. *Postharvest Biol. Technol.* 16, 93-106.
4. Hallman, G.J. 2003. Ionizing irradiation quarantine treatment against plum curculio (Coleoptera: Curculionidae). *J. Econ. Entomol.* 96(5), 1399-1404.
5. Hallman, G.J. 2008. Potential increase in fruit fly (Diptera: Tephritidae) interceptions using ionizing irradiation phytosanitary treatments. *J. Econ. Entomol.* 101, 716-719.
6. Hough, W.S., 1963. Effects of gamma radiation on codling moth eggs. 56(5), 660-663.
7. Ishiguri, Y., and Shirai, Y. 2004. Flight activity of the peach fruit moth, *Carposina sasakii* (Lepidoptera: Carposinidae), measured by a flight mill. *Appl. Entomol. Zool.* 39(1), 127-131.
8. Ishiguri, Y., and Toyoshima, S. 2006. Larval survival and development of the peach fruit moth, *Carposina sasakii* (Lepidoptera: Carposinidae), in picked and unpicked apple fruits. *Appl. Entomol. Zool.* 41(4), 685-690.
9. Kim, D.S., Lee, J.H., and Yiem, M.S. 2000. Spring emergence pattern of *Carposina sasakii* (Lepidoptera: Carposinidae) in apple orchards in Korea and its forecasting models based on degree-days. *Population Ecology.* 29(6), 1188-1198.
10. Kim, D.S., and Lee, J.H. 2003. Oviposition model of *Carposina sasakii* (Lepidoptera: Carposinidae). *Ecol. Modelling.* 162, 145-153.
11. Mansour, M., and Mohamad, F. 2004. Effects of gamma radiation on codling moth, *Cydia pomonella* (L.), eggs. *Radia. Phys. Chem.* 2004, 1125-1128.
12. Ozyardimci, B., Cetinkaya, N., Denli, E., Ic, E. and Alabay, M. 2006. Inhibition of egg and larval development of the Indian meal moth *Plodia interpunctella* (Huebner) and almond moth *Ephestia cautella* (Walker) by gamma radiation in decorticated hazelnuts. *J. Stored Prod. Res.* 42(2), 183-196.
13. Toba, H.H., and Burditt, A.K. 1992. Gamma irradiation of codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) eggs as a Quarantine Treatment. *J. Econ. Entomol.* 85(4), 464-467.
14. BizAcumen, 2009, Food Irradiation Trends, Global Market Opportunities, BMR-3009, USA, BizAcumen, Inc. p.3-4., p 22~50.
15. FAO,2008, Guidelines for the use of irradiation as a phytosanitary measures. International Plant Protection Convention, ISPM No. 18, Rome, Italy.
16. Griffin, R.L., 2008, Role of irradiation as a phytosanitary measure. FAO/IAEA Regional training workshop on the application of international standards related to irradiation for sanitary and phytosanitary purposes, PNRI, 8-12 Dec.
17. Guy Hallman, 2011, IFT Comprehensive Review in Food Science and Technology Vol. 10,

18. IAEA, 2008, Directory of Electron Beam Irradiation Facilities in Member States.
19. IFT, 2006 Food Irradiation Research and Technology. Iowa, USA, Blackwell Publishing, p. 11-35.
20. Robert V. Tauxe, 2001, Protecting the Public from Foodborne Infections Food Safety and Irradiation.
21. BizAcumen, 2009, Food Irradiation Trends, Global Market Opportunities, BMR-3009, USA, BizAcumen, Inc. p.3-4., p 22~50.
22. FAO,2008, Guidelines for the use of irradiation as a phytosanitary measures. International Plant Protection Convention, ISPM No. 18, Rome, Italy.
23. Griffin, R.L., 2008, Role of irradiation as a phytosanitary measure. FAO/IAEA Regional training workshop on the application of international standards related to irradiation for sanitary and phytosanitary purposes, PNRI, 8-12 Dec.
24. Guy Hallman, 2011, IFT Comprehensive Review in Food Science and Technology Vol. 10,
25. IAEA, 2008, Directory of Electron Beam Irradiation Facilities in Member States.
26. IFT, 2006 Food Irradiation Research and Technology. Iowa, USA, Blackwell Publishing, p. 11-35.
27. Robert V. Tauxe, 2001, Protecting the Public from Foodborne Infections Food Safety and Irradiation.
28. WTO. Technical barriers to trade, www.wto.org
29. 농수산물 유통공사(KATI),2000. 12, 수출농산물 클레임 사례집.
30. 농림수산식품부, 2008, 수출농산물 안전성 증가 현황.
31. 농림수산식품부, 농협중앙회, 2005, 채소류 생산 실적
32. 농림수산식품부, 2009, 기후변화에 따른 식품안전 분야의 경제적 손실비용 평가.
33. 농림수산식품부, 2011, 유통기한 경과 식품 폐기물의 발생 현황과 감축방안 연구.
34. 이승구, 2006, 마늘 수확 후 관리 매뉴얼.
35. 임학태, 2005, 감자 수확 후 관리 매뉴얼.