

REVIEW ARTICLE

A study on the establishment of isolation distances for environmental release of biotech crops

Bumkyu Lee*

Department of Environment Science & Biotechnology, Jeonju University, Jeonju 55069, Korea

*Corresponding author: leebk@jj.ac.kr

Abstract

Biotech crops can only be commercialized after they receive safety approvals, which require thorough risk assessments of their release to the environment. Environmental release experiments are indispensable for environmental risk assessments, and each country has been preparing its own regulations for the safety management of experiments on the environmental release of biotech crops in confined fields. In this study, we compared and analyzed the safety management regulations of the environmental release of biotech crops in Korea, USA, Japan, European Union, and China. Each country had safety management regulations for the environmental release of biotech crops, and these regulations were generally not much different from the Korean regulations. However, there was a difference amongst the USA, Japan, and China in regulations for isolation distances to prevent gene diffusion through pollen-flow during environmental release experiments of biotech crops. In order to establish the isolation distance regulation suitable for the Korean environment, relevant data were collected and presented. For setting the isolation distance for environment release of biotech crops, it is suggested to refer to the isolation distance information provided in the Guidance of Seed Management in Korea. The results of this study are expected to help establish the safety management of biotech crops in Korea.

Keywords: biotech crop, environmental release, isolation distance, risk management



OPEN ACCESS

Citation: Lee B. 2017. A study on the establishment of isolation distances for environmental release of biotech crops. Korean Journal of Agricultural Science 44:188-195.

DOI: <https://doi.org/10.7744/kjoas.20170018>

Editor: Kee Woong Park, Chungnam National University, Korea

Received: March 24, 2017

Revised: April 25, 2017

Accepted: May 2, 2017

Copyright: © 2017 Korean Journal of Agricultural Science.



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Introduction

유전자변형작물(Genetically modified crops) 및 유전자재조합작물(Gene recombination crops) 등으로 불리는 생명공학작물(Biotech crops)은 1994년 세계 최초로 상업적 재배가 시작된 이후 관련 시장이 급속하게 성장하고 있다. 생명공학작물은 2016년 현재 세계 전체 종자시장의 약 35%를 차지하고 있으며, 특히 콩(83%), 면화(75%), 옥수수(29%), 카놀라(24%)와 같은 작물은 전체 작물 생산량의 절반 가까이를 생명공학작물이 차지하는 등 그 재배면적과 이용, 시장규모가 점점 더 빠르게 성장하고 있다(James, 2016). 생명공학작물은 2015년 11월을 기준으로 총 40개국(39개 국가와 EU 28개국)에서 식품 및 사료, 환경방출에 대한 승인이 이루어졌으며, 26개 작물 363개의 이벤트에 대해 총 3,418건의 규제 승인이 이루어졌다(James, 2016).

미래 고부가 기반산업으로 성장 중인 생명공학기술에 대해 국내에서도 그 중요성을 인식하여 1990년대 후반부터 차세대 성장엔진으로 선정하고 많은 지원을 통해 괄목할 만한 기술수준 성장을 이뤘다. 현재 국내에서는 국립연구소와 대학, 생명공학 기업 등에서 다양한 생명공학작물에 대한 연구개발이 진행 중에 있으며, 특히 농촌진흥청은 2016년 현재 13개 작물에서 111종의 생명공학작물들이 단계별로 개발 중에 있다(NIAS, 2016). 하지만 이러한 노력에도 불구하고 국내에서 개발된 생명공학작물의 품종화·산업화는 아직 이뤄지지 못한 실정이다.

생명공학작물을 포함한 유전자변형생물체의 안전한 이용과 인체와 환경에 대한 위해 가능성을 사전에 예방하고자 세계 각 나라들은 자국 실정에 적합한 안전 관리 체계를 구축하고 있으며, 특히 국제협약인 바이오 안전성의 정서(Cartagena Protocol on Biosafety)를 통해 유전자변형생물체에 대한 국가 간 협력과 안전관리를 도모하고 있다. 우리나라도 바이오안전성 의정서의 국내 이행을 위해 2000년 9월에 바이오안전성 의정서에 서명을 하고, 2001년 3월 생명공학작물로 인한 국민들의 건강과 생물다양성의 보전 등을 위해 생물공학작물의 수입, 수출, 연구개발 등을 관리 조정하는 법률인 ‘유전자변형생물체의 국가간 이동 등에 관한 법률(이하 LMO법)’을 제정·공포하였으며, 2008년 1월 1일부터 의정서와 LMO법이 발효되었다(Lee and Suh, 2011). 현재 우리나라는 LMO법에 따라 생명공학작물의 개발과 운송, 보관, 취급, 유통 등 모든 사항들에 대해 안전관리를 수행하고 있다.

하지만 이러한 법률적 안전장치에도 불구하고 생명공학작물에 대한 국민들의 안전성 논란은 현재까지도 지속적으로 이어지고 있는 실정이다. 생명공학작물에 대한 우려는 크게 식품으로서의 안전성과 환경에 대한 위해성으로 구분되며, 이중 환경위해성에 대한 우려 중 하나는 화분을 통한 생명공학작물 도입유전자의 근연종으로의 이동이다. 자연환경에서 생명공학작물 도입유전자의 이동과 확산은 생태계에 교란을 일으키거나 방제가 어려워지는 등의 문제점을 발생시킬 가능성이 제기되기도 하였으며(Snow and Morán-plama, 1997), 최근 국내에서도 생명공학작물의 환경방출 실험에 대해 주변 경작지 및 주변 교잡 가능 잡초로의 유전자이동에 대한 우려의 목소리가 높아지고 있는 실정이다.

생명공학작물은 개발 완료 후 위해성평가를 수행하여 안전성 승인을 받아야만 상업화 될 수 있다. 환경위해성 평가를 위해서는 환경방출 실험이 반드시 요구되며, 이에 대해 LMO법 통합고시 제4-19조(포장시험 등 환경방출 실험승인 등) 및 통합고시 제9-13조(유전자변형생물체 개발 실험 승인 신청서), 통합고시 별표 9-8(유전자변형생물체의 환경방출실험 심사자료) 등에서 연구시설과 안전관리 방법 등을 규정하고 있다. 본 연구에서는 생명공학작물의 환경방출 연구에 있어 안전관리 개선 방안을 도출하고자 관련된 국내 규정과 미국, 일본, 유럽, 중국 등 주요 국가들의 규정을 비교·분석하였으며, 특히 생명공학 작물의 환경방출 실험 시 주변 교잡 가능 식물로의 교잡 방지를 위한 격리거리 설정에 관해 고찰하였다.

Domestic safety management regulations for environmental release of biotech crops

생명공학기술로 개발된 작물은 기존 전통적인 육종방식으로 개발된 작물과 달리 새로운 유전적 특성을 나타낸다. 이러한 새롭게 도입된 특성에 대해 상용화되기 전에 인체 및 환경에 부적절한 영향의 가능성을 미리 예측하여 제거하고자 위해성평가를 수행한다. 환경위해성 평가의 항목은 농업적 형질 평가, 비표적 생물체에 대한 영향평가, 잡초화 가능성 평가, 유전자이동성 평가 등으로 구성된다. 이러한 환경에 미치는 영향을 평가하기 위해서는 일반 환경과 유사한 조건의 연구 시설인 야외 격리포장에서의 연구가 반드시 필요하다.

국내에서는 격리포장에 대한 안전관리를 위해 LMO법 통합고시의 별표 3-4 「농림축산업용 유전자변형생물체 격리포장시설 구비 요건(제3-31조 제6항 관련)」과 별표 3-5 「농림축산업용 유전자변형생물체의 관리방법과 조치 사항(제3-31조 제6항 관련)」에서 세부적인 사항을 규정하고 있다. 별표 3-4에서는 격리포장시설 구비 요건 중 생

명공학작물의 화분 비산 방지를 위해 ‘필요한 경우, 개화기에 생식기관을 제거하거나 봉지 씌우기, 망사피복 설치 등으로 화분의 비산을 방지한다’, ‘포장근처에 교잡 가능한 동종 또는 근연 야생종에 분포를 조사하고 교잡거리 내에 있는 경우에는 이들을 제거하여야 한다.’ 등의 내용을 포함하고 있다. 또한 별표 3-5에서는 ‘유전자변형식물을 재배하는 구역 및 그 근방에는 해당 식물과 교배가 가능한 식물의 식생을 최소한으로 제한할 수 있는 조치를 한다.’, ‘화분, 종자 등이 확산되기 쉬운 식물인 경우에는 제웅 및 봉투 씌우기 등을 하여 화분 및 종자의 확산을 최소화할 수 있도록 조치한다.’ 등의 내용을 통해 생명공학작물의 환경방출 실험에서 화분 비산을 방지하도록 규정하고 있다. 이외에도 LMO법 통합고시 제3-25조 1항 ‘농림축산업용 유전자변형생물체의 취급·관리 등에 대한 기준’의 1호에서는 ‘생명공학작물 생산포장시설에 대해 ‘종자용 유전자변형생물체의 광범위한 화분 비산이 상정되는 경우에는 방풍림, 방풍망 등 환경적 격리를 통하여 화분 비산을 감소시키기 위한 설비’를 하도록 안전관리 규정이 마련되어 있다.

Analysis of safety management regulations for environmental release of biotech crops overseas

미국

미국 농업생명공학 지원 프로젝트로 개발된 ‘농업생명공학에서의 생물안전 및 위험평가(Biosafety and Risk Assessment in Agricultural Biotechnology, BRAAB) 워크북’에서는 격리포장에 대한 전략을 제시하고 있다 (Traynor et al., 2002). 본 워크북에서는 생명공학작물의 화분 비산을 통한 물리적·생물학적 격리 전략으로 (1) 생명공학작물로부터 화분 포집을 위해 실험구역 주변에 교잡이 쉬운 비 생명공학 품종의 식물(방호열, guard rows) 재배, (2) 개화시기에 차이를 두어 근처에 교잡 가능한 식물로의 수정을 방지, (3) 연구목적이 종자 생산을 요구하지 않는 경우 꽃가루 및 종자가 생기기 전 꽃 머리를 제거, (4) 식물의 생식생장 전에 실험 식물체를 수확, (5) 화분 매개충을 막거나 또는 꽃이 피는 구조를 봉지로 씌, (6) 도로 또는 건물로 둘러싸인 곳에 실험구역을 위치시킴 등의 방법을 제시하고 있다.

생명공학작물의 화분 비산 방지 전략은 U.S. Agency for International Development (USAID)의 재정지원 사업인 Program for Biosafety Systems으로 개발된 ‘생명공학작물에 대한 통합적인 격리포장 시스템(Integrated Confinement System for Genetically Engineered Plants, ICSGEP)’에서도 유사하게 제시되어 있다(Halsey, 2006). BRAAB 워크북 및 ICSGEP의 화분 비산 방지 전략과 LMO법 통합고시에서 제시하는 국내 규정을 비교하면 제웅 및 봉투씌우기, 교잡 가능 식물 제거 등의 유사한 방지 전략이 제시되고 있는 것으로 판단된다. 하지만 국내에서 제시하는 ‘화분 비산 방지 대책 강구’ 등의 포괄적 문구에 비해 방호열 재배, 개화시기 조절 등의 구체적인 방법을 제시하는 차이가 있었다. 특히 미국의 방지시스템에서의 특징적인 사항은 생명공학작물의 교잡 방지를 위한 격리거리에 대해 미국 종자공인기관협회(Association of Seed Certifying Agencies, AOSCA)의 연간 출판물인 Genetic and Crop Standards의 자료를 참고로 제시하여 활용할 수 있도록 한 것이다(Table 1). Genetic and Crop Standards는 인증된 종자의 생산 시 꽃가루의 산포에 의한 유전적 오염을 피하기 위해 작물별로 필요한 격리 거리를 제시한 자료이다.

미국에서는 연방규정 7 CFR part 340에 따라 생명공학작물의 환경방출에 관한 사항을 규제하고 있다. 생명공학작물의 신고에 대한 지침서인 USDA-APHIS 생명공학규제국(Biotechnology Regulatory Services, BRS) 사용자 지침서/신고(USDA-APHIS Biotechnology Regulatory Services User Guide, 2011)에서는 일반 생명공학작물에 대한 격리포장 운영 규정을 제시하고 있으며, 이는 국내 규정과 유사하였다. 하지만 미지의 유전물질이 삽입되어 기능이 알려지지 않았거나, 산업용, 의약품제조용, 환경정화용 LM 식물, 다년생 식물을 대상으로 1년 이상 환경방출실험을 하는 경우, 도입된 DNA가 동물 또는 인간 바이러스로부터 유래한 경우 등의 위해가능성이 높을 것으로 추정

Table 1. Isolation distances from contaminating sources for selected major crops suggested by AOSCA and USDA-APHIS BRS.

Crop	AOSCA (7 CFR part 201.76)			USDA-APHIS BRS
	Foundation	Registered	Certified	
Corn	200 m (inbred)		200 m (hybrid)	200 m (660 ft) for regulated plants that are allowed to open pollinate 3 m (10 ft) for bagged or detassled corn
Rapeseed (self-pollinating type)	400 m		100 m	200 m (660 ft)
Rice	3 m	3 m	3 m	100 m (360 ft)
Soybean	0 m	0 m	0 m	3 m (10 ft), to prevent mechanical mixing during agricultural operations
Tomato	200 m	100 m	10 m	60 m (200 ft)
Wheat (hybrid)	200 m	200 m	100 m	200 m (660 ft)

되는 생명공학작물에 대해서는 규제 당국으로부터 허가를 받아야 하며 더 높은 안전관리가 요구된다. 이러한 식물들은 연구 허가는 USDA-APHIS BRS 사용자 지침서/ 허가-전자허가에 대한 특별 지침 수록(USDA-APHIS Biotechnology Regulatory Services / Permit User's Guide - With Special Guidance for ePermits/ 2012) Performance Standards 2에 자세한 내용을 담고 있다. 이 허가 지침에서도 생명공학작물의 환경방출 시 비의도적인 혼합 방지(연방규정 part 340.3(c)(2))를 위한 방법으로 BRAAB 워크북에서 제시한 것과 같이 미국 종자공인기관협회(AOSCA)가 간행한 원원종(foundation seed) 생산 시 격리 거리를 최소 용인 거리로 간주할 수 있다고 제시하고 있다.

미국 USDA-APHIS BRS에서는 2013년 8월에 몇몇 생명공학작물의 환경방출에 대한 최소 격리거리에 대한 기준을 제시하였다(Table 1). BRS에서 제시된 격리거리는 알팔파, 옥수수, 목화, 벼, 캐놀라, 잇꽃, 콩, 토마토, 밀 등 총 9종의 작물을 대상으로 하고 있다. BRS의 격리거리와 AOSCA의 원원종에 대한 격리거리를 비교하면 옥수수, 잇꽃, 밀 등은 격리거리가 동일하였고, 유채와 토마토는 AOSCA에서 제시한 격리거리보다 거리가 감소되었다. 하지만 벼와 콩, 목화는 AOSCA의 격리거리보다 증가한 것을 알 수 있다. 이러한 격리거리의 변동은 그 나라의 바람의 세기, 매개충의 종류 등의 농업환경과 대상 작물 종의 특성이 반영되어 설정되었을 것으로 사료된다.

일본

일본에서는 생명공학작물의 환경방출과 관련하여 농림수산성은 2008년 제1종 사용 규정 승인 재조합 작물 재배 실험 지침(第1種使用規程承認組換え作物栽培実験指針)을 발표하였다. 이 지침은 환경방출을 목적으로 승인된 생명공학작물의 재배 실험 지침으로, 재배 실험 계획 수립, 교잡 방지 대책, 수확물의 혼입 방지 조치, 재배 실험에 대한 정보 공유, 관리 체제의 정비 등 전반적인 안전관리에 대한 내용을 담고 있다. 국내 규정과 비교했을 때 일본의 실험 지침에서는 교잡 방지 조치 사항으로 벼, 콩, 옥수수, 유채 등 4개 작물에 대해 격리거리를 제시하고 있었다(Table 2). 이중 옥수수와 카놀라에 대해서는 600 m를 최소 격리거리로 제시하고 있지만, 옥수수의 경우 방풍림이 있는 경우 격리거리를 300 m로, 카놀라의 경우 1.5 m 길이의 비생명공학 유채가 주변에 분포하는 경우 격리거리를 400 m로 감소하여 제시하고 있었다. 이러한 이유는 방풍림과 주변의 교잡 가능종의 분포가 화분 비산을 억제하기 때문이다. 이 지침에서는 격리 거리가 정해진 작물 재배 실험이지만 ‘격리 거리의 교차 방지 조치를 취하지 않을 경우’ 또는 ‘격리 거리가 규정되지 않은 작물의 재배 실험인 경우’에는 ‘개화 전의 꽃 숙기, 제웅 또는 봉투 씌우기’, ‘개화 중 바람, 화분 매개 곤충에 의한 꽃가루 이동을 방지할 수 있는 네트에 의한 피복 또는 온실 내에서 재배’, ‘전문가의 의견을 들어 농림 수산 기술 회의 사무국장이 정하는 조치’ 등을 취할 것을 제시하고 있다.

Table 2. Required buffer zones to GE crops in open fields according to guidelines of Ministry of Agriculture, Forestry, and Fisheries in Japan.

Plant	Minimum isolation distance
Rice	30 m
Soybean	10 m
Corn	600 m, or 300 m with the presence of a windbreak
Rapeseed	600 m, or 400 m if non-recombinant rapeseed is planted to flower at the same time of the field tested rapeseed. A width of 1.5 m surrounding field tested plants as a trap for pollens and pollination insects.

유럽연합

유럽연합은 생명공학작물에 대해 유럽의회, 각료이사회, 집행위원회, 회원국들이 지침과 규정에 따라 범 유럽 차원에서 통합적으로 관리를 실시하고 있다. ‘유전자변형생물체의 의도적 환경방출에 대한 유럽 의회와 이사회의 지시 문서(Directive 2001/18/EC of the European Parliament and of the Council of 12 March 2001 on the deliberate release into the environment of genetically modified organisms and repealing Council Directive 90/220/EEC)’는 각 회원국 정부에 실험목적으로 유전자변형생물체를 방출하는 행위(시험재배 등)와 유전자변형생물체를 포함하고 있는 제품의 시장출시 행위(재배, 수입, 변환)와 관련한 규정을 지시하고 있다. 생명공학작물의 환경방출과 관련된 주요 안전관리 규정은 이 지시문서의 Annex III B의 ‘유전자변형 고등식물(나자식물, 피자식물)의 방출 신청에 필요한 정보’에 명시되어 있다.

이러한 지시문서 2001/18/EC는 유럽연합의 모든 국가를 대상으로 한 규정으로 국내 규정과 비교했을 때 큰 차이가 없었으며, 생명공학작물의 환경방출에 대한 구체적 격리거리도 제시되지 않고 있다.

유럽연합에서 생명공학작물의 교잡방지를 위한 격리거리 설정과 관련하여 프랑스, 독일, 오스트리아 등 15개국에서는 각 국가별로 유기농 작물과의 공존(co-existence) 거리를 규정으로 사용하고 있으며 이러한 공존 거리가 생명공학작물의 환경방출을 위한 격리거리 설정에 지표로 활용 될 수 있는 가능성이 있다. Preventing GMO Contamination (IFOAM, 2015)에 따른 주요 작물의 공존 거리를 살펴보면 유채의 경우 슬로바키아에서 40 m를 규정하고 있으며, 콩은 체코에서 10 - 20 m, 밀은 리투아니아에서 50 m 등으로 규정하고 있다. 옥수수의 경우 일반적으로 200m를 두고 있으나 각 국가별로 5 - 600 m로 다양한 공존거리를 규정하고 있다. 이러한 유럽연합의 다양한 공존거리 규정은 각 나라의 환경과 작물종, 농업현황 등이 반영되어 졌을 것으로 판단된다.

중국

중국에서는 유전자변형생물체에 대한 전반적인 안전관리를 농업부에서 담당하고 있다. 생명공학작물의 안전 관리에 대한 규정은 중화 인민공화국 농무부 법령 8호에 의해 공포된 ‘농업 유전자변형생물체의 안전성 평가 시행 규칙(Implementation Regulations on Safety Assessment of Agricultural Genetically Modified Organisms)’에 마련되어 있다. 시행규칙의 일반적인 사항은 국내와 유사하며, 생명공학작물의 환경방출에 대한 안전관리는 부록 I의 ‘유전자변형 식물의 안전성 평가’와 부록 IV의 ‘농업 GMO 및 그 제품들에 대한 안전성 통제 조치’에 제시되어 있다. 특히 부록 IV에서는 생명공학작물의 환경방출 시 일부 작물에 대해 격리거리를 제시하고 있으며, 중국의 격리 거리는 옥수수 300 m, 카놀라 1,000 m, 콩 100 m, 목화 150 m, 벼 100 m 등 다른 나라 규정과 비교하여 가장 먼 거리를 제시하고 있는 것이 특징이다(Table 3). 또한 특이적으로 개화시기 격리를 제시하고 있는데, 옥수수의 경우 25 일, 목화, 밀, 보리의 경우 20일 이상 개화시기를 불일치시키면 격리거리를 예외로 할 수 있도록 제시하고 있다 (Table 3).

Table 3. Isolation distance for some crops according to implementation regulations on safety assessment of agricultural genetically modified organisms of China.

Crop Species	Isolation distance	Note
Corn	300 m	or isolation of florescent stage for over 25 days
Rapeseed	1,000 m	
Cotton	150 m	or isolation of florescent stage for over 20 days
Rice	100 m	
Soybean	100 m	
Tomato	100 m	

Conclusion

생명공학작물의 환경방출에 대한 안전관리 규정과 관련하여 우리나라와 미국, 일본, 유럽연합, 중국 등 각 국가들을 비교한 결과 생명공학작물의 환경방출 실험에 있어 일반적인 안전관리 규정은 국내 규정과 큰 차이가 없었다. 하지만 본 연구에서 중점적으로 고찰한 생명공학작물의 화분을 통한 확산 방지 규정을 살펴보면 미국의 경우 일반적 규정 외에 ‘농업생명공학에서의 생물안전 및 위험평가 워크북’, ‘생명공학작물에 대한 통합적인 격리포장 시스템’ 등의 안내서를 통해 생명공학작물로부터 화분 포집을 위해 실험구역 주변에 교잡이 쉬운 비 생명공학 방호열 식물 재배, 개화시기에 따른 격리 설정 등 구체적인 방법들이 제시되어 국내의 현황과 차이를 보였다. 일본의 경우에도 제1종 사용 규정 승인 재조합 작물 재배 실험 지침에서 ‘데이터에 기초하여 개화기의 평균 풍속이 매초 3 m를 넘지 않는 장소를 선정한다. 이 경우에도 태풍 등의 특별한 강풍이 상정될 경우에는 방풍 네트를 통한 바람을 억제하거나 또는 제옹한다’, ‘벼 및 콩에 대해서 개화 전의 지온으로 교잡 가능성이 있는 경우에는 지침에서 정한 교잡 방지 조치를 강구하거나 개화 전에 재배 실험을 중단한다’ 등 재배 환경을 고려한 구체적인 안전관리 방안을 제시하고 있었다.

특히 미국, 일본, 중국에서는 생명공학작물의 환경방출 실험 시 격리포장 주변의 교잡 가능한 일반 작물 및 잡초로의 유전자이동을 방지하기 위해 격리거리를 규정으로 제시하고 있다. 이러한 격리거리는 생명공학작물의 안전한 관리를 위해 국내에서도 조속한 도입이 필요할 것으로 사료된다. 격리거리 설정은 국내 환경에 적합하게 설정되어야 한다. 각 국가별로 제시되는 작물별 격리거리를 살펴보면 옥수수의 경우 미국 200 m, 일본 600 m, 중국 300 m이었으며, 콩은 미국 3 m, 일본 30 m, 중국 100 m, 카놀라는 미국 200 m, 일본 600 m, 중국 1,000 m로 각 나라별로 다양하게 설정되어 있는 것으로 조사되었다(Table 1, 2, 3). 이러한 격리거리의 차이점은 각 국가별로 풍향, 풍속, 재배 환경, 포장 크기, 매개충 환경, 작물 종 등 다양한 환경적 차이에 따른 것으로 판단되며, 이는 식물의 화분 비산과 교잡율은 다양한 환경적 요인에 따라 크게 변하기 때문이다.

국내 실정에 맞는 생명공학작물의 격리거리 설정을 위해 종자관리요강의 격리거리 자료가 활용될 수 있다. 미국의 ‘농업생명공학에서의 생물안전 및 위험평가 워크북’과 USDA-APHIS BRS의 사용자 지침서에서도 미국 종자공인기관협회에서 제시하는 연방종자법규정을 생명공학작물의 격리거리로 활용할 것으로 제시하고 있다. 우리나라에서는 ‘종자산업법’ 및 ‘식물신품종 보호법’ 각각의 시행령 및 시행규칙에서 위임된 사항으로 농림축산식품부고시 제2016-138호로 종자관리요강을 2016년 10월 개정 시행하고 있다. 종자관리요강 별표6의 ‘포장검사 및 종자검사의 검사기준’에는 포장격리에 대해 ‘자연교잡이 일어나지 않도록 충분히 격리된 것을 말한다’고 기술하고 있으며, 각 작물별로 격리거리를 제시하고 있다. 종자관리요강에 제시된 일부 작물에 대한 격리거리는 Table 4에 정리하였다. 종자관리요강에 따르면 원원종(foundation)의 경우 옥수수 300 m, 콩 3 m, 벼 3 m, 토마토 300 m의 격리거리를 제시하고 있으며 유채의 경우에는 격리거리 없이 망실재배만을 원칙으로 하고 있다. 종자관리요강에

Table 4. Isolation distance for some crops according to guidance of seed management in Korea.

Crop	Foundation	Registered	Certified
Corn (inbred)	300 m or 200 m with the presence of a windbreak	300 m or 200 m with the presence of a windbreak	200 m
Soybean	3 m	3 m	1 m
Rice	3 m	3 m	1 m
Rapeseed	only in mesh greenhouse	1,000 m or 500 m with the presence of a windbreak	1,000 m or 500 m with the presence of a windbreak
Tomato	300 m	300 m	300 m

는 작물별로 특성에 따라 격리거리를 달리 할 수 있도록 규정하고 있는데, 예를 들면 옥수수의 경우 ‘건물 또는 산림 등의 보호물이 있을 때는 200 m로 단축 할 수 있다’, ‘포장주위에 화분이 풍부한 습옥수수를 심은 경우에 면적과 식재 줄수에 따라 격리거리를 달리한다’, ‘타화수정 방지를 위해 별도의 조치를 취하거나 품종간의 개화기가 다를 경우 격리기준을 적용하지 않는다’ 등 재배 환경에 따른 다양한 격리거리를 제시하고 있다.

생명공학작물은 유전자가 도입된 특수성과 이에 따른 안전성 논란으로 인해 종자관리요강에 따라서만 격리거리를 설정하기에는 어려움이 있는 현실이다. 국내 실정에 맞는 생명공학작물의 격리거리 설정을 위해서는 각 작물별로 다양한 국내 환경에서 장기적인 연구를 수행하여 데이터를 축적하고 이를 기반으로 격리거리를 설정해야 한다. 국내에서 생명공학작물과 관련한 연구는 잡초화가능성 평가(Ko et al., 2016), 환경방출 모니터링(Lee et al., 2014a; Lee et al., 2014b; Han et al., 2016), 비표적생물체에 대한 영향 평가(Oh et al., 2016 a, b) 등 다양한 분야에서 수행되어 졌다. 화분비산을 통한 유전자이동 관련 연구는 작물별로 콩(Kim, 2014; Lee et al., 2015), 벼(An and Cho, 2009; Chun et al., 2011; Bae et al., 2014; Han et al., 2015), 고추(Kim et al., 2009 a, b) 등에서 수행되어 졌으나 격리거리 설정을 위한 반복적이고 통일된 연구 데이터는 매우 부족한 실정이다. 따라서 생명공학작물의 격리거리 설정을 위한 지속적이고 규모 있는 연구 프로젝트 추진이 필요하다.

또한 격리거리 설정에 대한 연구 시 생명공학작물의 화분공여체에 대한 수와 면적에 대한 고려가 요구된다. 화분공여체의 크기는 화분수용체 식물로의 교잡거리 및 교잡율에 영향을 미칠 수 있기 때문에 생명공학작물 재배 면적에 대한 화분 교잡 연구도 수행될 필요가 있다. 격리거리 설정 시 생명공학작물을 이용한 연구 외에도 비 생명공학작물들을 대상으로 한 육종학자들의 기존 연구 결과도 취합·반영하여 데이터의 신뢰도를 높일 수 있다. 방풍림, 방진망, 방호열 등의 시설을 설치에 따른 화분 비산 억제 효과를 검증하여 규정마련 시 반영할 필요가 있으며, 지속적인 격리거리 설정 연구 데이터를 축적 시켜 국내 실정에 맞는 격리거리를 지속적으로 재 설정해야 함은 생명공학작물의 격리거리 설정을 위한 연구 시 반드시 고려되어야 할 것이다.

References

- An JH, Cho KH. 2009. Temporal and spatial characteristics in the pollen flow of living modified rice. *Journal of Crop Science and Biotechnology* 54:210-217. [in Korean]
- Bae HK, Oo MM, Jeon JE, Tien DN, Oh SA, Oh SD, Kweon SJ, Eun MY, Park SK. 2014. Evaluation of gene flow from GM to non-GM rice. *Plant Breeding and Biotechnology* 1:162-170.
- Chun YJ, Kim DI, Park KW, Kim HJ, Jeong SC, An JH, Cho KH, Back K, Kim HM, Kim CG. 2011. Gene flow from herbicide-tolerant GM rice and the heterosis of GM rice-weed F2 progeny. *Planta* 233:807-815.
- Halsey ME. 2006. Integrated confinement system for genetically engineered plants. Donald Danforth Plant Science Center.
- Han SM, Kim YT, Won OJ, Choi KH, Rho YH, Park KW. 2016. The importation of genetically modified crops and its

- environmental impacts in Korea. Korean Journal of Agricultural Science 43:215-220.
- Han SM, Lee B, Won OJ, Hwang KS, Suh SJ, Kim CG, Park KW. 2015. Gene flow from herbicide resistant genetically modified rice to conventional rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. Journal of Ecology and Environment 38:397-403.
- IFOAM. 2015. Preventing GMO contamination. I foam EU group.
- James C. 2016. Global status of commercialized biotech/GM crops:2015. ISAAA.
- Kim CG, Kim DI, Kim HJ, Park JY, Lee B, Park KW, Jeong SC, Cho KH, An JH, Cho KH, Kim YS, Kim HM. 2009a. Assessment of gene flow from genetically modified anthracnose-resistant chili pepper (*Capsicum annuum* L.) to a conventional crop. Journal of Plant Biology 52:251-258. [in Korean]
- Kim CG, Park KW, Lee B, Kim DI, Park JY, Kim HJ, Park JE, An JH, Cho KH, Jeong SC, Choi KH, Harn JH, Kim HM. 2009b. Gene flow from genetically modified to conventional chili pepper (*Capsicum annuum* L.). Plant Science 176:406-412.
- Kim D. 2014. Development of techniques and protocols for risk assessments of gene flow from LM crops to its relatives in Korea. NIE. [in Korean]
- Ko EM, Kim DY, Kim HJ, Chung YS, Kim CG. 2016. Assessing weediness of herbicide tolerant genetically modified soybean. Korean Journal of Agricultural Science 43:560-566. [in Korean]
- Lee B, Kang HG, Ra NR, Sun HJ, Kown YI, Song IJ, Kim CG, Ryu TH, Park KW, Lee HY. 2014a. Development of distinction methods for male-sterile and dwarfism herbicide tolerant *Zoysia japonica* Steud. Korean Journal of Agricultural Science 41:187-191. [in Korean]
- Lee B, Kim JH, Sohn SI, Kweon SJ, Chung YS, Lee SM. 2015. Influence of insect pollinators on gene transfer from GM to non-GM soybeans. Korean Journal of Agricultural Science 42:159-165. [in Korean]
- Lee B, Park KW, Kim CG, Kang HG, Sun HJ, Kown YI, Song IJ, Ryu TH, Lee HY. 2014b. Environmental monitoring of herbicide tolerant genetically modified zoysiagrass (*Zoysia japonica*) around confined field trials. Weed and Turfgrass Science 3:305-311. [in Korean]
- Lee B., Suh S. 2011. A study on the trends and biosafety assessment of genetically modified crops. Research of Environmental Law 33:1-25. [in Korean]
- NIAS. 2016. GMO Q&A. National Institute of Agricultural Science. [in Korean]
- Oh SD, Lee BK, Park SY, Yun DW, Sohn SI, Chang A, Suh SJ. 2016a. Acute toxicity evaluation of drought-tolerant transgenic rice Agb0103 to *Daphnia magna*. Korean Journal of Agricultural Science 43:205-214. [in Korean]
- Oh SD, Yun DW, Sohn SI, Lee BK, Lee KJ, Chang A. 2016b. Environmental risk assessment and evaluation of vitamin E enhanced transgenic soybean : Responses of *Daphnia magna* fed on vitamin E enhanced transgenic soybean. Journal of Korean Society of International Agriculture 28:197-204. [in Korean]
- Snow AA, Morán-Palma P. 1997. Commercialization of transgenic plants: Potential ecological risks. BioScience 47:86-96.
- Traynor PL, Frederick R, Koch M. 2002. Biosafety and risk assessment in agricultural biotechnology. Michigan State University.