

국내 농업용 유전자변형 작물 위해성심사 시험포장의 안전관리에 관한 연구

김현준¹ · 안주희² · 한태호^{1,2*}

¹전남대학교 농업생명과학대학 식물생명공학부

²전남대학교 농업과학기술연구소

Study on the Safety Management of Environmental Risk Assessment Field Trial of Genetically Modified Crops in Korea

Hyun Jun Kim¹, Joo-Hee An², Tae-Ho Han^{1,2*}

¹*Division of Plant Biotechnology, Chonnam National University*

²*Institution of Agricultural Science and Technology, Chonnam National University*

**Corresponding author: wageningen@hanmail.net*

ABSTRACT

The cultivation area of genetically modified (GM) crops is increasing worldwide reaching 175.3 million hectares by 2013. Currently in Korea cultivation of GM crops is not allowed and they are being imported for food and forage use only. According to the Cartagena Protocol of Biosafety and The Act on Transboundary Movements of Living Modified Organisms, etc in Korea, the risk assessment for the newly developed or imported GM crops and confined field trials are being conducted throughout the nation. This study was carried out to monitor the safety management of 8 different confined field trials in Jeolla, Chungcheong, Gyeongsang, and Jeju provinces in 2014 and 2015. For each field, separation of district, management of field facility and cultivation, and management records are monitored. Safety management to prevent the unintentional gene flow by seeds and pollen disperse were well performed. However, as some drainage was blocked or running towards the outside of the confined field, precaution to prevent the unintentional gene flow by the soil runoff needs to be reinforced. In the future, based on the biological characteristics of GM crops, more studies on the confined field trial plan, the monitoring period and frequency are required.

Key words: Confined Field Trial, Gene Flow, Living Modified Organism, Monitoring

서 론

전 세계적으로 유전자변형(Genetically Modified, GM) 작물의 재배면적은 지속적으로 증가하고 있으며 2013년 기준으로 1억 7530만 ha에 다다르고 있다(James, 2014). 현재 국내에서는 GM 작물의 재배가 허용되지 않았으나 식용 및 사료용으로 수입이 되고 있다(Park et al. 2007). 또한 한국바이오안전성정보센터(Korea Biosafety Clearing House, KBCH)의 현황자료에 따르면 옥수수, 면화, 콩, 감자, 카놀라, 알팔파, 사탕무 등을 포함한 133건의 GM 작물과 2건의 미생물에 대한 위해성 심사가 승인을 받았고, ‘작물유전체기능연구사업단’과 ‘바이오그린 21’의 사업을 중심으로 2014년 기준 벼, 콩, 고추, 잔디 등을 대상으로 국내 330건의 연구 개발이 승인을 받아 국내에서의 GM 개발 및 연구도 활발하게 진행되고 있다. 세계적으로 GM 작물의 개발이 증가함에 따라 GM 작물의 잠재적 위험성에 대한 우려도 제기되어 2000년 1월 유전자변형생물체(Living Modified Organism, LMO)의 이동, 취급 및 사용함에 안전성을 확보하고자 바이오안전성의정서(Cartagena Protocol on Biosafety)가 채택되었다. 국내 역시 『유전자변형생물체의 국가간 이동 등에 관한 법률』(이하 LMO 법)이 2008

년부터 시행되어 위해성심사 승인을 통해 GM 작물의 개발, 생산, 수입, 수출, 유통 등을 규제하고 있다. 위해성심사의 목적은 인체위해성뿐만 아니라 존재 가능한 잠재적인 수용환경에서 유전자변형생물체가 미칠 수 있는 잠재적인 부정적인 영향을 식별하고 예측하는데 있다(Kim et al. 2008). 현재 국내에서는 『유전자변형생물체의 국가간 이동 등에 관한 통합고시』 제3-31조에 따라 GM 작물의 환경방출 위해 정도를 평가하기 위해 포장시험을 진행하고 격리포장시설 관리요건 등의 준수 여부를 매년 점검하고 있다.

본 연구는 환경방출 실험을 진행하는 국내 농업용 LMO 격리포장의 모니터링 결과를 바탕으로 유전자변형생물체의 비의도적 방출의 위험성을 줄이기 위한 LMO 격리포장의 시설에 대한 안전관리 및 보완점을 논하고자 한다.

재료 및 방법

전라, 충청, 경상, 제주 지방의 LMO 환경방출 실험 격리포장 시설의 안전관리 상태를 점검하고자 2014년 7월, 11월 그리고 2015년 6월 총 3 차례 총 8 기관의 격리포장을 방문하여 모니터링을

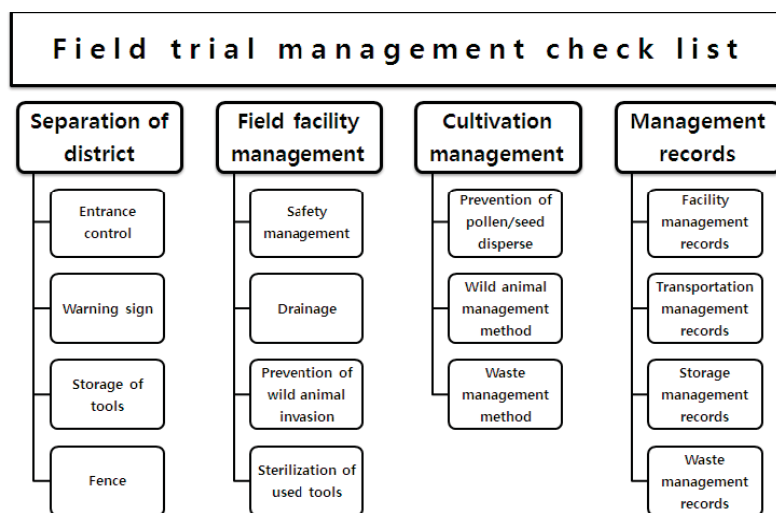


Fig. 1. Check list of Environmental Risk Assessment field trial management of Genetically Modified Crops

실시하였다. 이 중 1개 기관은 환경방출 실험 종료 후 모든 시설이 철거되어 이를 제외한 나머지 7개 기관 격리포장 시설의 (1)격리포장 위치 및 접근 관리 상태, (2)격리포장 상태, (3)재배관리 상태 및 (4)보관 상태를 조사하였다(Fig. 1).

1. 격리포장 위치 및 접근 관리

격리포장과 일반구역의 분리 상태를 점검하기 위해 격리포장 출입관리, 격리포장 알림 표시, 개인의를 및 실험복 보관 장소, 그리고 격리포장과 일반구역을 분리하는 울타리의 관리 상태 및 높이와 출입구의 잠금 장치를 조사하였다.

2. 격리포장

격리포장 내 안전관리와 시설 설치 상태를 점검하기 위해 집수정 작업자 추락 방지 장치, 토양 유출 방지 장치, 야생동물 및 설치류를 통한 외부유출 방지 장치, 그리고 사용 농기구 및 작업복 소독/세척 장치 여부를 조사하였다.

3. 재배관리

유전자변형생물체 재배 시 도입 유전자의 비의도적 방출 관리 상태를 점검하고자 환경방출 실험 대상 작물의 화분 및 종자 확산 방지 대책, 야생동물의 대상 작물로의 접근 방지 대책 및 폐기물 처리 대책을 조사하였다.

4. 서류 보관 및 기록 상태 점검

시설 및 유전자변형 생물체의 관리 및 처리 상태를 기록한 격리포장 시설 관리 대장, 유전자변형 생물체 운반 대장, 유전자변형생물체 보관 대장 및 유전자변형생물체 폐기물 관련 대장의 비치 여부 및 기록 상태를 점검하였다.

결과 및 고찰

1. 모니터링 결과

각 격리포장은 2m 높이의 울타리로 일반구역과

격리포장을 분리하였고 1개 기관의 격리포장은 3m 높이의 울타리를 설치하였다. 격리포장 알림 표시는 모두 출입구 근처에 위치시켜 두고 있었다. 7개 기관 중 5개 기관은 개인의를 및 실험복 보관 장소가 격리포장 내에 나머지 2개 기관은 격리포장 밖에 설치되어 있었다. 격리포장 출입권리는 출입부 기록을 통해 관리하고 있었고 출입구 및 창고는 각각 잠금 장치가 설치되어 승인되지 않은 출입을 제한하고 있었다.

모든 격리포장의 집수정은 추락방지 장치로 덮개가 설치되어 있었다. 배수로는 격리포장 울타리를 따라 안쪽에 설치되어 있었다. 7개 격리포장 중 4개 격리포장의 배수로에만 덮개가 설치되어 있었고 설치되지 않은 격리포장 중 1곳은 토사에 의해 일부 구간이 막혀있었으나 1차 지적 이후 수정되었다. 야생동물 및 설치류의 출입 억제에는 모든 격리포장에서 울타리에 의존하고 있었고 유일하게 1개 기관만이 울타리 하단부에 추가적인 철망을 설치하여 관리하고 있었다(Fig. 2). 모든 격리포장에서 농기구 및 작업복의 세척 설비를 갖추고 있었고 2곳의 격리포장은 샤워 설비를 추가적으로 구비하고 있었다.

격리포장 외부로의 화분 비산을 억제하기 위해 울타리로부터 일정 간격 떨어진 격리포장 중심부에 실험포장을 형성하였다. 또한 화분 비산 시기에는 바람에 의한 비산과 곤충 및 야생동물의 접근을 억제하기 위해 식재된 유전자변형생물체 주위로 방충망을 설치하였다. 수확 후에는 소실된 종자의 발아 및 외부유출을 막기 위해 트랙터를 이용하여 포장갈이가 실시되었다. 환경방출 실험 과정에서 발생하는 유전자변형생물체 폐기물은 격리포장 내에 설치된 소각설비에서 소각하거나 포장 내에서 밀봉 포장하여 LMO 폐기물 표시를 한 후 전문 폐기물 업체에 인계하여 처리하였다.

각 기관은 격리포장의 시설 운영 및 점검 상태를 운영 대장에 기록하여 관리하고 있었다. 유전자변형생물체의 운반은 날짜, 명칭, 수량, 이동 정보, 주문자 정보, 신고번호, 운반자 정보 등의 내용을 기입하여 관리하고 있었다. 보관 중인 유전자변형생물체는 명칭, 수량 등의 기본정보와 함께 제작 시 사용되었던 숙주 및 벡터와 도입유전자 정보,



Fig. 2. Additional management against the wild animal invasion using wire mesh.

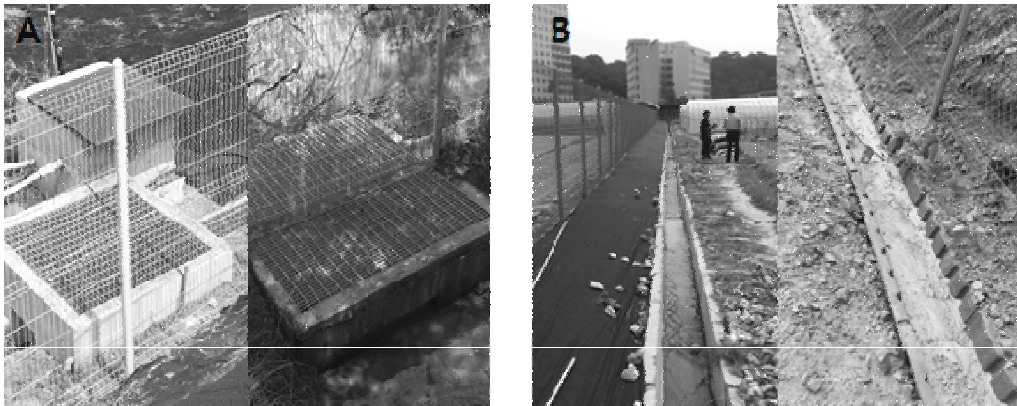


Fig. 3. Comparison of isolated drainage and non-isolated drainage (A), and well-managed drainage and blocked drainage (B)

취득 경로 등의 정보를 기입하여 관리하고 있었다. 폐기물은 발생 일자, 발생량 등과 처리 일자, 처리량, 처리 방법을 기록하여 관리하고 있었다.

2. 시설 및 관리에 관한 고찰

모니터링을 진행한 격리포장 중 보관 장소가 격리포장 밖에 위치한 경우 포장 내에서 착용한 실험복 또는 개인의류에 의해 비의도적 방출이 일어날 가능성이 존재한다. 또한 포장내부에 존재할지라도 외부에서 착용하는 개인의류와 내부에서 착용하는 실험복을 같은 공간에 보관할 경우 낮은 가능성이긴 하나 비의도적 방출의 가능성이 존재한다. 따라서 보관 장소는 포장 내에 설치하고 외부 또는 내부에서 착용하는 의류의 보관 공간을

분리하여야 할 것으로 생각한다.

격리포장의 집수정과 배수로는 덮개를 설치하여 작업자를 위한 안전장치 효과와 더불어 토양이 유입되어 막히거나 배수로에 의해 토양이 유출되는 것을 방지해야 한다. 더 나아가 집수정과 배수구가 포장 밖으로 연결되어 격리포장 안에서 사용한 물이 포장 밖으로 유출되는 것도 방지해야 한다(Fig. 3). 유전자변형생물체로부터의 유전자 이동은 화분이나 종자의 산포에 의한 수직유전자 전달(Vertical Gene Flow)과 영양번식 혹은 식물에서 미생물로 전달되는 수평유전자 전달(Horizontal Gene Flow)로 나누어 볼 수 있다(Craig *et al.* 2008). 화분 비산 및 종자 확산과 같은 수직유전자 전달에 대한 위험성은 인식하고 제웅, 봉지 씌우기, 방충망 등

의 대책을 마련하고 있으나 토양 유출에 의한 수평유전자 전달에 대한 대책은 미비하다. 높은 분자량의 재조합 DNA가 GM 작물 잔재가 유입된 소독하지 않은 토양에 수개월간 존재할 수 있다는 것이 밝혀졌고(Widmer *et al.* 1997) GM 작물에서 배출된 rDNA가 유전자 pool을 형성하여 박테리아의 유전체로 삽입될 수 있다는 것이 제기되었다(de Vries *et al.* 2003). 비록 Craig *et al.*(2008)과 Kim 등(2008)의 논문에서 다른 여러 연구를 인용하여 수평유전자 전달의 가능성이 희박하고 특정 유전자에 대해서는 일어나지 않았다는 것을 보여주고 있으나 환경방출 시험의 목적과 절대적 확실성이 아닌 허용 가능한 불확실성을 인정하는 위해성평가 특성상 이 부분에 대해서는 오히려 간과해서는 안될 것이다.

야생동물 및 설치류의 접근을 방지하기 위한 장치들도 보완이 필요하다. 위에서 언급했듯이 대부분의 포장은 격리포장 둘레의 울타리에 의존하고 있다. 하지만 울타리가 지면 아래까지 설치되어 있지 않아 울타리와 지면 사이에 작은 틈이 존재하여 설치류의 유입 가능성이 존재할 것으로 보인다. 따라서 울타리를 지면 아래까지 연장하고 울타리 하단부에는 간격이 더욱 조밀한 철망을 설치하는 등 추가적인 방지 대책이 필요해 보인다.

3. 향후 연구 방향

현재 환경방출 실험 포장의 점검은 실험 중인 대상 유전자변형생물체와 무관하게 일정이 진행되고 있다. 이로 인해 유전자변형생물체의 재배관리와 주변 식생의 정확한 조사가 이루어지지 않을 수 있다. 유전자변형생물체의 생활주기, 지속성에 따른 잡초화 가능성, 개화기 등을 고려하여 점검 시기와 빈도 및 기간을 결정해야 할 것이다.

환경방출 실험 포장의 설계도 대상 유전자변형 생물체에 따라 그 규모나 시설 경향을 달리해야 할 것이다. 타가수정을 하는 작물의 환경방출 실험을 진행할 경우 자가수정 작물의 경우에 비해 포장의 규모가 더욱 커지고 식재 위치와 울타리 사이의 간격 역시 더욱 넓어져야 할 것이다. 또한 영양변식을 통해 포장 밖으로 유출될 가능성이 존재하는

작물의 환경방출 실험 포장의 규격 및 영양변식체 유출 방지 대책 등이 연구되어야 할 것이다.

요 약

전 세계적으로 유전자변형 작물의 재배면적은 증가하여 2013년 기준으로 1억 7530만 ha에 다다르고 있다. 현재 한국에서는 유전자변형 작물의 재배는 허용되지 않고 식용 및 사료용으로 수입되고 있다. 바이오안전성의정서와 국내의 유전자변형 생물체의 국가간 이동 등에 관한 법률에 따라 새로 개발되거나 수입되는 유전자변형 작물의 위해성심사와 포장시험이 진행되고 있다. 본 연구는 전라도, 충청도, 경상도 및 제주도의 8개 환경방출 실험 포장 모니터링을 2014년과 2015년에 진행하였다. 각 포장 별로 일반구역과의 분리 상태, 포장 시설관리, 재배관리, 그리고 기록일지 등을 점검하였다. 종자 및 화분에 의한 도입유전자의 비의도적 방출 방지 대책은 양호하였다. 반면 일부 배수로의 점검 불량 및 격리 부족으로 토양을 통한 비의도적 방출 방지 대책이 미비하였다. 차후 대상 유전자변형생물체의 생물학적 특성에 적합한 환경방출 실험 격리포장의 계획과 모니터링 일정 및 빈도에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 지정 LMO환경위해성평가 운영비 지원에 의해 이루어진 것임

참고문헌

1. Craig W, Tepfer M, Degraasi G, Ripandelli D. 2008. An overview of general features of risk assessments of genetically modified crops. *Euphytica* 164: 853-880.
2. de Vries J, Heine M, Harms K, Wackernagel W. 2003. Spread of recombinant DNA by roots

- and pollen of transgenic potato plants, identified by highly specific biomonitoring using natural transformation of an *Acinetobacter* sp. *Appl Environ Microbiol* 69(8): 4455-4462.
3. James C. 2014. Global status of commercialized biotech / GM crops: 2013, BRIEF 46. <http://www.isaaa.org> (Accessed on July 15' 2015).
 4. Kim CG, Lee BK, Park KW, Choi KH, Kim HM. 2008. Current Status of Research on Environmental Risk Assessment of Genetically Modified Crops in Korea. *Kor J Weed Sci* 28(4): 321-333.
 5. Park KW, Kim CG, Lee BK, Kim DY, Park JY, Kim DI, Kwon MC, Yi HB, Kim HM. 2007. Monitoring of Imported Genetically Modified Crops in the Cultivated Fields in Korea. *Kor J Weed Sci* 27(4): 318-324.
 6. Widmer F, Seidler RJ, Donegan KK, Reed GL. 1997. Quantification of transgenic plant marker gene persistence in the field. *Mol Ecol* 6: 1-7.