

## 환경위해성 평가를 고려한 GM작물의 개발 전략 (I)

이신우

# Strategies for the development of GM crops in accordance with the environmental risk assessment (I)

Shin-Woo Lee

Received: 16 May 2011 / Accepted: 30 May 2011  
© Korean Society for Plant Biotechnology

**Abstract** Environmental risk assessment (RA) is essential prior to the environmental release of GM crops. RA, however, costs at least 7 to 15 million US dollars and requires several years to complete field tests. Therefore, it is strongly suggested that developers of GM crops must consider all criteria for RA at the beginning stage of the development if it aims for commercialization. Previous review papers have pointed out that the “death valley” for the commercialization of GM crops is the screening stage of early GM events since many candidates are given up due to insufficient data on the molecular characterization of a GM event such as inserted gene’s copy number, position of inserted site of a chromosome, flanking sequence of recombinant T-DNA, rearrangement of chromosome, and knock out of endogenous gene of host plant. Recently, Rural Development Administration (RDA) in South Korea has launched a Grand National Project named as 「Next Generation of BioGreen 21 Project」 from 2011 to 2020 and research funding for the development of global GM crops has been allocated to accelerate the commercialization of GM crops. In this regard, I strongly suggest that researchers involved in the development of GM crops for commercialization must conduct RA by themselves at the screening stage of pre-GM event based on the data for molecular characterization.

## 서론

2010년도의 GM작물의 재배면적은 전 세계적으로 약 148, 000,000 ha로서 주로 GM 콩, 옥수수, 유채, 면화가 재배되었으며 이외에도 사탕수수, 알팔파, 파파야, 토마토, 포플라 등이 소면적으로 재배된 것으로 보고되었다 (James 2010). 하지만 국내의 경우에는 아직 재배가 허가된 GM작물은 한건도 없으며 현재 일부 GM작물의 환경방출 승인을 위하여 심사가 진행 중에 있거나 준비 중에 있는 것으로 파악되고 있다 (Lee 2010a, 2010b). 반면에 식품, 사료 또는 가공용 GM농산물은 수입을 위한 심사가 수행되고 있으며 2011년 3월 현재 식품용 LMO에 대한 식품의약품안전청의 심사현황은 콩 (5개 이벤트), 옥수수 (39개 이벤트), 면화 (14개 이벤트), 감자 (8개 이벤트), 캐놀라 (6개 이벤트), 알팔파 (3개 이벤트), 사탕무 (1개 이벤트)이며, 사료용 LMO에 대한 농촌진흥청의 심사현황은 콩 (5개 이벤트), 옥수수 (35개 이벤트), 면화 (13개 이벤트), 캐놀라 (6개 이벤트), 알팔파 (3개 이벤트)등으로 파악되었다 (바이오안전성정보센터, [www.biosafety.or.kr](http://www.biosafety.or.kr)).

뿐만 아니라, 선진국의 다국적 회사를 중심으로 해마다 새로운 농업적 특성이 도입된 다양한 종류의 GM작물이 개발 보급됨에 따라 국내에서도 농업생명공학분야의 국제경쟁력을 강화시키기 위하여 농촌진흥청은 2010년까지 10년간 추진하여 온 바이오그린 21사업을 종결하고 다음 10년을 위한 『차세대바이오그린 21사업』을 추진하면서 GM작물의 조기실용화를 위하여 「GM작물실용화사업단」을 신설하고 「식물분자유종사업단」, 「작물유전체사업단」, 「시스템합성농생명공학사업단」 등에서 개발한 초기단계의 GM작물을 조기에 실용화하기 위한 전략을 세워 추진하고 있다. 특히 「GM작물실용화사업단」은 중국의 사막 등 외국의 불량환경지역에 재배가 가능한 GM작

S.-W. Lee (✉)  
진주시 칠암동 150번지, 경남과학기술대학교, 생명자원과학대학,  
농학·한약자원학부, 660-758  
(150, Chiram-dong, Jinju, Department of Agronomy &  
Medicinal Plant Resources, College of Life Science and Natural  
Resources, Kyungnam National University of Science &  
Technology, 660-758, Korea)  
e-mail: shinwlee@gntech.ac.kr

물 또는 수출용 GM작물인 글로벌 GM작물의 개발을 목표로 하고 있다.

한편, 국내의 경우 수많은 종류의 GM작물이 현재 개발 중에 있으나 실용화를 위한 환경위해성평가를 완료한 건수가 아직 한건도 없는 현실에서 Jeong (2008)은 그 주된 이유로 GM작물의 상업화를 위한 환경위해성 평가단계에서 죽음의 계곡 (death valley) 또는 병목 (bottle neck) 이라고 할 수 있는 사상 (event)의 선발단계에 직면한 문제점을 해결하지 못하기 때문이라고 결론지은 바 있다. 특히 2002년부터 국내의 연구진에서 개발 중에 있는 벼, 고추, 감자, 포플러, 수박 등 15품목에 대한 환경 위해성 평가 연구를 수행하는 과정에서 확인된 것으로 개발자가 형질전환체로 사용한 숙주의 정보를 정확하게 제공하지 못하는 지극히 기본적인 문제점을 포함하여 사용한 운반체에 대한 정보, 도입유전자의 정보, 형질전환체내 도입된 발현 cassette의 일부 결실, 식물체내로 도입되어야 할 필요가 없는 vector의 backbone단편이 식물체내로 삽입된 경우, 도입된 유전자의 정확한 copy 수, 숙주의 계놈내 도입위치, 도입 주변 염기서열의 정보, 도입 유전자의 삽입 과정에서 숙주의 유전자를 knockout시키거나 gene rearrangement를 일으키는 경우 등 대부분이 GM작물의 개발 초기단계인 유전자변형생물체의 분자생물학적특성을 확인하는 단계에서 실격처리가 된 경우로 조사 되었다고 보고하였다. 또한 Kim 등 (2009)은 환경위해성 평가를 위한 형질전환계통이 동형접합체 (homozygote)로 고정되어서 세대를 거듭하여도 이형접합체 (heterozygote)가 나타나면서 유전형이 분리되는 현상이 나타나는 것이 가장 큰 문제라고 지적하면서 이는 GM작물의 개발을 위한 식물의 품종 또는 계통의 선정단계에서부터 T<sub>0</sub> 형질전환계통의 선발, 이를 이용한 동형접합체의 선발, 육성종과의 교배, 수세대의 여교잡 (Back Cross)을 통한 고정종의 선발을 통한 event 화 과정을 거쳐야 함에도 불구하고 전문적인 육종체계를 거치지 않았기 때문이라고 하였다. 뿐만 아니라, 형질전환 계통을 증식시키고 재배하는 과정에서 격리거리 등에 관한 전문적인 지식이 부족하여 숙주 (비형질전환체) 또는 다른 계통 및 품종과 혼입되어서 나타나는 것이라고 지적하였다.

따라서 본 연구에서는 GM작물의 상업화를 위한 환경위해성평가 기준을 검토하고 그 중에서 분자생물학적특성에 관한 자료의 작성에 필요한 실험내용들을 상세하게 검토하여 봄으로서, 글로벌 또는 국내에서의 상업화를 위한 GM작물의 개발을 목표로 하는 경우에는 개발자가 초기단계부터 환경위해성 평가에 필요한 분자생물학적특성에 관한 자료를 고려하여 연구를 추진하도록 함으로서 최소의 비용과 노력으로 죽음의 계곡을 보다 효율적으로 해결 할 수 있도록 도움을 주고자 하였다.

## GM작물의 개발 단계 및 소요예산

GM작물의 개발과정을 크게 3단계 즉 기초연구, 개발, 상업화로 구분할 수 있다고 하였으며 기초연구는 다시 특정형질의 발견, 특정형질의 최적화, 모델식물을 이용한 개념 확립으로 구분하고 개발단계는 초기개발단계로서 실험실 또는 온실에서 조사단계와 포장에서 육종체계의 도입 등 두 단계로 구분할 수 있다 (McElroy 2003). 특히 주목하여야 할 사실은 기초연구 또는 초기개발단계는 각각 1-2년으로 비교적 짧은 기간이 소요되나 포장시험은 5-8년, 그리고 상업화단계는 2-3년으로 오랜 기간이 소요된다는 것이다. 뿐만 아니라 포장시험은 외부와 격리된 포장을 구비하여야 하며 각 작목별 전문 육종가, 생리학자, 곤충학자, 생태학자, 기초의학자 등 다양한 분야의 전문가와 공동으로 수행하여야 한다. 특히 형질전환작물을 기내에서 수행 할 경우에 발생하는 다양한 somatic variation을 최소화하고 자식열세현상을 피하면서 육종기간을 최소화할 수 있는 역교배를 이용한 육종체계를 도입하여야 하며 이는 각 작목별로 육종전문가의 도움을 받지 않으면 불가능하다고 지적된 바 있다 (Harn 2006). 우리나라의 경우 기초연구단계로 논문 및 특허의 확보에서 중단된다는 것이 가장 큰 문제점으로 지적된바 있으며, 이는 기초연구 단계를 거쳐 어느 정도 가능성이 보이는 GM작물을 event화 하기위한 포장시험이 5-8년 그리고 상업화를 위한 환경위해성평가가 적어도 2-3년으로 7년에서 11년 이상의 추가연구기간이 소요되나 국내의 경우에는 대부분 3년 단위의 소규모연구를 지원하기 때문이다 (Lee 2010a, 2010b).

한편, Kalaitzandonakes 등 (2007)의 보고에 의하면 해충저항성 옥수수 (Bt maize)와 제초제저항성 옥수수의 환경위해성평가를 위한 심사 자료의 작성 및 심사를 청구하기 위하여 소요된 경비가 전자는 미화로 약 700만-1,550만불, 후자는 600만-1,450만불이 소요되었다고 하였다. 이는 세계적인 농업생명공학회사인 Bayer Cropscience, Dupont, Monsanto, Syngenta 등 4개 회사로부터 입수한 자료들을 분석하여 얻은 결과이다. 따라서 국내의 실정과 여건에 맞는 GM작물의 개발 및 상업화를 위한 로드맵이 먼저 체계적으로 작성된 다음 지원을 하여야 국내에서도 자체적으로 개발한 GM 작물이 상업화가 될 것이며 국제경쟁력을 향상시킬 수 있을 것이다 (Harn 2006). 특히 국내의 경우에는 현재 시판 중에 있는 GM 작물 즉 해충저항성 또는 제초제저항성 콩과 옥수수는 대부분이 수입에 의존하고 있으며 국내에서는 대량으로 생산할 경작지 또는 능력이 없다. 따라서 GM작물의 종자를 수출하거나 중국의 사막화지역에 잘 자랄 수 있는 건조내성 감자, 고구마, 사료작물 등을 개발하여 현지에서 재배하는 전략 즉 global GM작물의 개발 전략을 추진하여야 할 것으로 사료된다.

## GM작물의 환경 위해성 평가 기준 및 평가자료

환경위해성평가를 위하여 개발자가 제출하여야 할 자료에는 일반자료, 숙주에 관한 자료, 공여생물체에 관한 자료, 운반체 (vector) 및 도입유전자에 관한 자료, 유전자변형생물체의 개발에 관한 자료, 유전자변형생물체의 분자생물학적 특성에 관한 자료, 유전자변형생물체와 비변형생물체의 비교자료, 세부 위해 영향에 관한 자료 (detailed data on adverse effects), 유전자변형생물체의 환경방출에 관한 자료, 모니터링, 폐기물 관리, 긴급 상황 등 계획에 대한 자료 등이다.

## GM작물의 개발에 관한 자료

일반적으로 유전자변형생물체의 개발에 관한 자료는 어떠한 방법으로 목표유전자를 도입하였는지에 관한 기술 내용을 검토한다. 그러나 숙주의 계통 또는 품종명, 재배, 배양, 육종법 등에 관하여 상세하게 기술이 되지 않거나 모호한 경우에는 추가로 보완 자료를 요구하게 되거나 거절을 당할 수 있다. 특히 최종적으로 event를 개발하기까지의 육종과정에 관한 기술과 함께 도입유전자의 후대 안정성 (stability of phenotypes of an inserted gene through multiple generations)에 관한 자료를 제출해야 한다. 보통 자가식물인 경우에는 T<sub>0</sub>계통을 자가수분시켜 적어도 4세대까지 진전시켜 도입유전자에 대하여 동형접합체 (homozygote)를 확보해야 하고, 특히 T1 세대에서 동형접합체 : 이형접합체 : null 분리체가 1 : 2 : 1로 분리되는 현상을 통계학적으로 분석하여 카이제곱 (X<sup>2</sup>)검증을 하여 그 자료를 제시해야 한다. 뿐만 아니라 T4세대의 동형접합체 계통을 도입유전자를 포함하지 않는 다른 육종 계통과 교배하여 얻은 F1을 다시 F4세대까지 자가 수분시켜 도입유전자가 독립적으로 분리되는 유전현상을 분석하여 카이제곱검증 자료를 제시해야 한다.

타가수정 작물인 경우에는 최초로 어떠한 계통을 형질 전환 숙주로 선정할 것인가 하는 문제를 관행 육종전문가와 충분한 검토를 거쳐서 결정하여야 한다. 특히 원종을 대상으로 먼저 T<sub>0</sub>세대를 확보한 후에 상업용 계통과 교배시켜 얻은 F1을 수 세대에 걸친 여교잡 과정을 거치면서 도입된 유전자가 멘델유전을 한다는 사실을 증명할 수 있는 카이제곱 검증 분석 자료를 제시하여야 한다. 현재까지 상용화된 유전자변형 옥수수, 유채 등은 7세대까지 도입된 유전자가 멘델유전을 한다는 사실을 southern blot분석을 수행하여 증명하였다. 이와함께 도입유전자의 염기서열 분석 등을 통하여 후대에 걸쳐 안정적으로 유전된다는 사실을 증명한 event들이었다. 한편 도입유전자의 후대안정성을 검토하기 위하여 대개는 southern blot 분석을 이용하는데 이 경우에도 도입유전자를 절단하는

다양한 제한효소를 사용하여 얻은 결과와 함께 반복실험 결과를 제시하여야 한다.

## GM작물의 분자생물학적특성에 관한 자료

유전자변형생물체의 분자생물학적 특성에 관한 자료는 세분하면 유전자변형생물체의 도입유전자의 확인결과, 유전자의 도입위치 (염색체 또는 미소기관), 도입유전자의 주변 염기서열, 도입유전자의 복제수, 도입유전자의 검출 및 발현의 확인에 사용된 방법 등으로 구분 할 수 있다. 이 외에도 도입유전자의 공여생물체에 관한 정보를 포함하여 도입유전자의 기능, 식물에 도입하기 위하여 도입유전자의 변형 내용, 염기서열, 위해염기서열의 존재여부 완성된 벡터 내의 유전자염기서열 위치 및 방향성, 외래전사해독 프레임의 유무와 그 전사 및 발현 가능성 등의 도입유전자에 관한 정보를 상세하게 제출하여야 한다.

## 유전자변형생물체의 도입유전자의 확인결과

도입유전자가 숙주의 계놈에 안정적으로 삽입이 되었다는 사실을 PCR 또는 genomic southern blot hybridization 기술로 증명하여 제출하여야 한다. 이 경우에 선발마커 유전자를 포함한 발현카세트 전체가 안정적으로 삽입되었다는 사실을 각각의 단편을 사용하여 수행한 개별적인 southern blot 분석 자료를 제시하여야 할 뿐만 아니라 T-DNA 영역 이외의 vector backbone에 해당하는 어떠한 DNA단편도 동시에 삽입되지 않았다는 사실을 개별적인 단편을 probe로 사용하여 증명하여야 한다. 특히 도입과정에서 T-DNA border 영역에서 이중가닥 손상회복 기작 (double-strand break repair mechanism)에 의하여 흔히 일어나는 결실 등을 포함한 rearrangement현상 (Salomon and Puchta 1998)을 상세하게 제시하고 이로 인한 새로운 open reading frame (ORF)의 존재여부와 함께 새로운 ORF를 통하여 만들어질 것으로 유추되는 peptide의 인체위해성 (allergy 독성 등)유무를 검토한 자료를 함께 제출하여야 한다.

## 유전자의 도입위치 (염색체 또는 미소기관) 및 도입유전자의 주변 염기서열

도입유전자가 염색체 또는 미소기관 등 어디에 삽입되었는지에 관한 자료를 제출하여야 한다. 또한 TAIL PCR (Yang et al. 2006; Guo et al. 2009), inverse PCR 기술 등 (Fan et al. 2009)을 이용하여 도입된 유전자의 주변 염기

서열을 분석하여 제공하여야 한다. 이 경우에 도입유전자가 숙주 계놈의 단백질을 암호하는 코딩유전자내에 삽입되어서 knock out 시키지 않았는지의 여부를 판단하기 위하여 NCBI데이터베이스의 blast 검색결과를 제출하여야 한다. 이는 GM을 개발하기 위하여 사용하는 아그로박테리아의 T-DNA 단편이 식물형질전환과정에서 숙주의 계놈 내 기존 유전자의 구조유전자에 삽입되거나 유전자의 재배열을 야기 시키는 가능성이 크기 때문이다. 실제로 T-DNA 삽입 돌연변이체 집단을 이용하여 특정 유전자의 기능을 구명하는데 아주 유용하게 이용되고 있는 만큼 (Chern et al. 2007) 향후 실용화를 목표로 하는 GM작물은 개발의 초기단계부터 이러한 삽입돌연변이가 일어난 개체들은 사전에 철저하게 제거하여야 할 것이다. 따라서 이를 증명하기 위하여 숙주식물체의 계놈 내로 삽입된 전체단편을 다시 클론하여 염기서열을 결정하여 본래 운반체 내의 염기서열과 비교하여 변화가 일어나지는 않았는지를 조사하여야 한다. 일반적으로 이 경우에 T-DNA border 영역에서 결실 또는 삽입이 흔히 일어나며 (Salomon and Puchta, 1998) 이로 인하여 새로운 ORF가 발생하는지 그리고 ORF가 생산하는 peptide의 인체위해성 유무 등을 검토한 자료들을 동시에 제공하여야 한다. 또한 도입유전자의 주변염기서열을 결정하기 위하여 수행한 TAIL PCR 또는 inverse PCR 등에 사용한 primer 정보, PCR 결과, 염기서열 등 일체의 자료들을 제시하여야 한다. 그러나 대부분의 경우에는 상세한 실험 자료들은 제출하지 않고 단순히 “검토결과 위해성이 없었다”는 기술만을 하여 보완자료를 요구하게 되거나 거절의 사유가 될 수도 있다.

### 도입유전자의 복제수

일반적으로 한 copy의 유전자가 하나의 유전자좌에 도입된 경우가 가장 적합한 것으로 판단된다. 그러나 반드시 한 copy만 삽입되어야 한다는 규정은 없으며 다만 단백질을 암호하지 않은 비 암호영역에 삽입되어서 맨델의 유전양식을 분명하게 증명할 수 있는 계통이 가장 적합하며 따라서 단 한 copy가 삽입된 것이 환경위해성 평가 자료를 작성함에 있어 보다 간단하다고 할 수 있다. 삽입체 수 또는 복제수를 결정하는 방법으로는 하나의 절단 위치를 포함하는 제한효소 또는 양쪽 T-DNA말단이 식물체의 계놈에 인접하도록 절단하는 제한 효소를 사용하여 절단한 후에 그 영역의 DNA단편을 probe로 하여 southern blot 분석을 수행하여 얻어지는 banding 패턴으로 삽입체의 수를 판단하는 기술이 일반적으로 사용하는 방법이다. 한편 현재까지 국내에서 식용 (Food), 사료용 (Feed) 또는 가공용 (Processing)용으로 허가된 GM 작물들의 event에 관한 환경위해성평가를 위하여 제출한 자료들을 검토

하여 본 결과 일부 event의 경우에는 양쪽 T-DNA border와 인접한 영역의 염기서열을 결정한 후에 그 영역에만 한 개의 절단 위치를 갖고 있으나 T-DNA내부의 전체 expression cassette는 절단하지 않는 제한효소를 찾아서 절단한 다음 probe는 T-DNA border내에 포함된 expression cassette 전체를 사용하여 genomic southern blot을 수행하여 얻어지는 단편의 수로 copy수를 결정하는 경우가 많았다. 그리고 그 결과를 보다 확실하게 증명하기 위하여 expression cassette 내에 포함된 모든 유전자단편 즉 promoter, 선발마커유전자, 목적유전자, terminator단편들을 각각 probe로 사용하고 내부의 제한효소지도를 비교하여 probe와 hybridization되는 것으로 예상하는 모든 단편의 수와 일치하는지의 여부에 관한 실험결과도 함께 제시하였다. 또한 negative control로 형질전환에 사용된 모본 계통 (비형질전환식물체)를 사용하여 얻은 genomic southern blot hybridization 결과도 반드시 제공하여야 한다. 그리고 이미 언급한 바와 같이 T-DNA 내부의 expression cassette 이외의 plasmid backbone은 전혀 식물체의 genome에 삽입되지 않았다는 사실을 plasmid backbone에 포함된 각각의 DNA 단편을 probe로 사용하여 증명하여야 한다. 특히 plasmid backbone에 포함된 항생제저항성 유전자와 같은 DNA 단편이 식물체의 genome내에 삽입된 계통들은 향후 GM event화에 반드시 제외시키도록 하여야 한다.

### 도입유전자의 안정적인 발현을 확인하기 위하여 사용된 방법 등

일반적으로 도입유전자의 발현은 northern blot hybridization 또는 RT-PCR에 의한 전사체의 확인과 western blot hybridization 또는 ELISA 기법 등을 이용한 목적하는 단백질의 축적 정도를 확인한다. 그러나 GM event의 환경위해성 평가를 위하여서는 목적하는 유전자의 발현에 대하여 식물체의 조직 또는 기관별, 발달 단계별 발현패턴을 반드시 제시하여야함에도 불구하고 누락되는 경우가 많았다. 특히 전술한 GM event의 개발을 위하여 수행한 육종단계별 즉 여교잡 또는 자식교배에 있어 적어도 T4 세대까지 homozygote, hemizygote 또는 null homozygote 개체에 대하여 발현패턴을 제공하여야 세대별로 안정적인 발현을 한다는 결론을 내릴 수가 있다. 뿐만 아니라 지역별 포장에서의 세대별 안정적인 발현 패턴도 정확하게 조사하여 제공을 하여야 올바른 심사가 진행될 수 있다.

특히 최근에는 siRNA기술 등을 이용하여 특정 유전자의 전사과정을 억제하여 목적하는 새로운 농업적 형질이 부가된 GM event (예, 지방산조성 변경 콩 등) (Graef et al, 2009)와 특정 전사인자 또는 chaperon 단백질 등의 발현을 조절하도록 하여 건조내성 또는 다수확 등의 농업적

특성을 변경시킨 GM event (Harrigan et al. 2009)의 심사건 수가 점차 증가할 것으로 예상되며 이 경우에는 세대별 안정적인 발현패턴의 변화 여부를 보다 철저히 검토하여야 할 필요가 있으며 또한 다른 유전자의 발현에 영향을 미치는 다면발현효과 (pleiotypic effect) 등 (Abdeen et al. 2010)을 철저히 조사한 자료를 제시하여야 할 것이다.

## 적 요

GM작물의 상용화를 위하여서는 반드시 환경위해성평가를 거쳐야 한다. 불행하게도 초기 event가 개발되고 기본적인 검토가 완료된 GM작물에 대하여 환경위해성평가를 수행하기 위하여서는 약 7백만에서 1,500만불의 경비가 소요되며 기간 또한 수년이 필요하다. 따라서 저자는 상용화를 위한 GM작물의 개발을 위한 프로젝트에 관여하는 개발자는 실험실 또는 온실단계의 아주 초기단계에서부터 환경위해성평가기준을 충분히 숙지하여야 한다고 제안한다. 기존의 많은 리뷰논문에서 이미 지적된 것 과 같이 GM작물의 상용화과제에서 가장 큰 걸림돌 (죽음의 계곡)은 초기 사상 (event)의 선발과정이며, 대부분이 이 단계에서 충분한 자료를 제시할 수 없어서 포기한다는 사실을 간과하여서는 안 될 것이다. 특히 지극히 기본적인 분자생물학 특성에 관한 자료들로서 예를 들어 도입유전자의 copy 수, 숙주의 게놈내 도입위치, 도입유전자의 주변 염기서열, 유전자 재배열과 도입유전자로 인한 숙주 내 기존유전자의 knock out 현상의 여부 등에 관한 충분한 자료를 제시하지 못하는 경우가 많으며 이는 GM 작물의 개발 초기단계에서부터 철저히 검증이 이루어져야 하는 항목들이다. 국내의 경우, 농촌진흥청은 2011년부터 2020년까지 10년간 「차세대바이오그린 21사업」을 발족하여 추진 중에 있으며 특히 국내용뿐만 아니라 중국의 사막화 지역 등 불량환경에 재배가 가능한 GM작물 등 해외로 수출을 위한 global GM작물의 개발을 위한 전략을 수립하여 추진 중에 있다. 따라서 저자는 환경위해성평가기준에 부합되는 초기 event의 선발 과정에 역점을 두어 사전에 분자생물학적 특성에 관한 RA기준을 고려하여 자체평가시스템을 도입하도록 제안 한다.

## 사 사

본 연구는 농촌진흥청 어젠다 (PJ006681) 및 차세대바이오그린 21사업 (PJ008097)에 의하여 수행되었다.

## 인용문헌

Abdeen A, Schnell J, Miki B (2010) Transcriptome analysis

- reveals absence of unintended effects in drought-tolerant transgenic plants overexpressing the transcription factor ABF3. *BMC Genomics* 28:11-69
- Chern CG, Fan MJ, Yu SM, Hour AL, Lu PC, Lin YC, Wei FJ, Huang SC, Chen S, Lai MH, Tseng CS, Yen HM, Jwo WS, Wu CC, Yang TL, Li LS, Kuo YC, Li SM, Li CP, Wey CK, Trisiriroj A, Lee HF, Hsing YI (2007) A rice phenomics study--phenotype scoring and seed propagation of a T-DNA insertion-induced rice mutant population. *Plant Mol Biol* 65:427-438
- Fan MJ, Chen S, Kung YJ, Cheng YH, Bau HJ, Su TT, Yeh SD (2009) Transgene-specific and event-specific molecular markers for characterization of transgenic papaya lines resistant to Papaya ringspot virus. *Transgenic Res* 18:971-986
- Graef G, LaVallee BJ, Tenopir P, Tat M, Schweiger B, Kinney AJ, Gerpen JHV, Clemente TE (2009) A high-oleic-acid and low-palmitic-acid soybean: Agronomic performance and evaluation as a feedstock for biodiesel. *Plant Biotechnol J* 7:411-421
- Guo J, Yang L, Liu X, Guan X, Jiang L, Zhang D (2009) Characterization of the exogenous insert and development of event-specific PCR detection methods for genetically modified Huanong No. 1 papaya *J Agric Food Chem* 57:7205-7212
- Harn CH (2006) Current status and perspective and future task in Korea of crop genetic transformation. *J Plant Biotechnol* 33: 171-184
- Harrigan GG, Ridley WP, Miller KD, Sorbet R, Riordan SG, Nemeth MA, Reeves W, Pester TA (2009) The forage and grain of MON 87460, a drought-tolerant corn hybrid, are compositionally equivalent to that of conventional corn. *J Agric Food Chem* 57:9754-9763
- James C (2010) Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops. ISAAA reports No. 40
- Jeong SC (2008) Current status of development and event-dependent genetic analysis of genetically modified crops in Korea. *J Plant Biotech* 35:23-29
- Kalaizandonakes N, Alston JM, Bradford KJ (2007) Compliance costs for regulatory approval of new biotech crops. *Nat Biotech* 25:509-511
- Kim CG, Jeong SC, Yoon WK, Park KW, Choi KH, Kim HM (2009) Development of genetically modified crops based on considerations of risk assessment and management. *J Plant Biotech* 36:360-365
- Lee SW (2010a) Current status on the development and commercialization of GM plants. *Kor J Plant Biotechnol* 37:305-312
- Lee SW (2010b) Current status on the development of GM plants based on the published articles and patents in Korea. *Kor J Plant Biotechnol* 37:394-399
- McElroy D (2003) Sustaining agrbiotechnology through lean times. *Nat. Biotechnol.* 21:996-1002
- Salomon S, Puchta H (1998) Capture of genomic and T-DNA sequences during double-strand break repair in somatic plant cells. *EMBO J* 17:6086-6095
- Yang L, Pan A, Zhang H, Guo J, Yin C, Zhang D (2006) Event-specific qualitative and quantitative polymerase chain reaction analysis for genetically modified canola T45. *J Agric Food Chem* 54:9735-9740