

논문 및 특허의 분석을 통한 국내 GM식물의 개발 현황

이신우

Current status on the development of GM plants based on the published articles and patents in Korea

Shin-Woo Lee

Received: 18 October 2010 / Accepted: 6 November 2010
© Korean Society for Plant Biotechnology

Abstract During the last three years (2007 to 2009), 1,212 articles of SCI journals, 451 articles of non-SCI journals, and 348 items of registered patents were reported by the research scientists involved in the BioGreen 21 Project, Rural Development Administration and Crop Functional Genomics Center (CFGC), The 21st century Frontier Program, in Korea. Out of these, the percentages of articles or patents directly related to the development of GM plants were 6.0% (SCI), 10.2% (non-SCI) and 12.6% (patents) from BioGreen 21 Project while 15.7% (SCI), 21.1% (non-SCI) and 81.6% (patents) from CFGC, respectively. It was observed that rice and pepper were major host crops for genetic modification mainly to provide the resistance or tolerance activities against to biotic as well as abiotic stresses. Very low cases were reported for the field test of GM plants regarding to the commercialization (less than 15 articles). These observations indicates that more research grants needs to be invested for the risk assessment of GM plants under early developmental stage to commercialize in Korea.

서론

미국을 비롯한 주요 선진국에서는 이미 제1세대 GM 식물인 제초제저항성 또는 해충 저항성 GM 식물의 재배

및 상업화는 일반화 되어서 그 재배면적 또한 해마다 증가하고 있는 추세에 있다. 최근에는 지방산조성을 변경시켜 보다 영양학적가치가 높은 지방산의 함량을 증가시키거나, 라이신 등의 필수 아미노산의 함량을 증가시킨 작물의 상업화가 승인되면서 국내에서도 재배용은 아니지만 식용, 가공용 및 사료용 (FFP용)으로 상업화를 승인하였다 (<http://www.biosafety.or.kr>). 뿐만 아니라 무생물적 스트레스에 저항성을 갖는 GM 식물로서 사막, 등의 불량 환경에도 잘 자라는 MON87640이 이미 국내의 FFP용으로 수입을 위한 심사를 신청하여 환경위해성평가를 진행 중에 있는 것으로 알려져 있다 (Lee 2010).

한편 차세대 GM식물로서 각종병해충에 복합적으로 저항성을 갖게 하도록 다중 유전자를 도입하였거나, biomass를 증대시킬 수 있도록 한 것, 영양학적 가치를 증대시키기 위하여 특정 화합물의 축적을 위한 2차대사산물의 생합성과정을 변경시킨 대사공학기술이 접목된 GM 식물의 개발에 박차를 가하고 있는 실정이다 (Naqvi et al. 2009). 특히 분자농업용으로 특정 의약품 (Daniell 2001), 또는 환경정화용 (Lee and Kim 2010) 그리고 산업적으로 유용한 화합물을 생산하기 위한 식물분자농업 (Plant Molecular Farming)용 GM식물의 포장시험 및 임상시험이 다양하게 진행 중인 것으로 파악되었다 (강 2004; 이 2006, 2009).

국내에서도 지난 20여 년간 중앙 정부의 연구개발 관리기관을 통하여 GM식물의 개발을 위한 R&D투자를 지속적으로 진행하여 왔으며 그 결과 일부는 벼, 감자, 고추, 잔디 등에 다양한 유용유전자를 도입하여 농업적 특성을 개량시킨 GM 식물들이 포장시험단계까지 진행되었으며 이들 중에서 특히 제초제저항성 잔디는 현재 국내의 심사기관에 환경위해성 평가를 위한 자료를 제출한

S.-W. Lee (✉)
진주산업대학교, 생명자원과학대학, 농학·한약자원학부
(150, Chiram-dong, JinJu, Department of Agronomy & Medicinal Plant Resources, College of Life Science and Natural Resources, JinJu National University, 660-758, Korea)
e-mail: shinlee@jinju.ac.kr

상태에 있으며 해충저항성 벼는 조만간에 심사 자료를 제출할 예정에 있는 것으로 보고된 바 있다 (Lee 2010). 뿐만 아니라 GM식물의 개발과 관련된 연구결과가 국내·외의 학술지에 발표되는 논문 건수 또는 특허등록 건수가 지속적으로 증가하고 있는 추세에 있다. 지난 1990년부터 2002년 9월까지 외국의 SCI학회지에 발표된 GM 식물의 개발과 관련된 논문 건수는 불과 6편 이하로 발표된 것으로 조사되었으나 (Lee 2003), 그 이후 정부의 R&D의 대폭적인 지원으로 지난 10년간에는 SCI 논문뿐만 아니라 Impact factor가 우수한 Plant Physiology, Plant Cell, Plant Journal, Science, Nature 등에 발간된 논문의 건수가 크게 증가하였다. 따라서 곡류, 화훼류, 채소작물, 과실수, 임목 등 거의 모든 종을 망라하여 식물형질 전환 기술이 확립되고, 또한 다양한 농업적 특성을 갖는 GM식물의 개발이 진행 중에 있는 것으로 보고된 바 있다 (Harn 2006).

이러한 연구 성과는 지난 10년간 농촌진흥청의 바이오그린 21사업과 과학기술부 (현 교육과학기술부)에서 추진한 다양한 사업을 통한 R&D 투자의 결과를 반영한 것이다. 그러나 지난 2001년도에 출범한 바이오그린 21사업단은 2010년 말로서 제1단계 사업이 종료되면서 2011년도부터는 제2단계의 새로운 10년간의 사업을 추진하게 된다. 또한 과학기술부 (현 교육과학기술부)에서 프론티어사업의 하나로 추진하여 온 GM작물의 개발과 직접적으로 관련된 사업단인 작물유전체기능연구사업단도 2011년도에는 종료된다. 이러한 시점에서 그간의 성과 중 특히 GM식물의 개발현황에 관하여 분석하여 보고 향후 보완하여야 할 문제점을 고찰하여 보고자 하였다. 특히 국내에서는 아직 자체적으로 개발한 GM식물의 상용화가 허가된 건수가 한건도 없는 실정을 고려하여 볼 때 그 원인을 분석하여 향후 새롭게 출범하는 각종 정부의 R&D의 기획, 추진계획, 투자 방향을 수립함에 있어 국내에서 개발한 GM식물이 국내는 물론 외국으로의 기술이전 및 수출을 할 수 있는 성과가 반드시 달성되어야 되어야 할 것이므로 이에 대한 철저한 준비가 필요할 것으로 사료되어 바이오그린 21사업단과 작물유전체기능연구사업단에 참여한 연구자들이 발표하였다고 보고한 논문 및 특허자료를 각 사업단의 소식지를 통하여 분석하여 국내의 GM식물의 개발 현황 및 현주소를 분석하여 보고자 하였다

논문 및 특허 발표 현황

지난 3년간 즉, 2007년도부터 2009년까지 바이오그린 21사업단에서는 SCI등재논문 927, 비 SCI논문은 356편을 발표하였으며, 특허는 국내가 249건, 국제가 12건이 등록된 것으로 집계되었다 (Fig. 1a). 또한 작물유전체기능연구

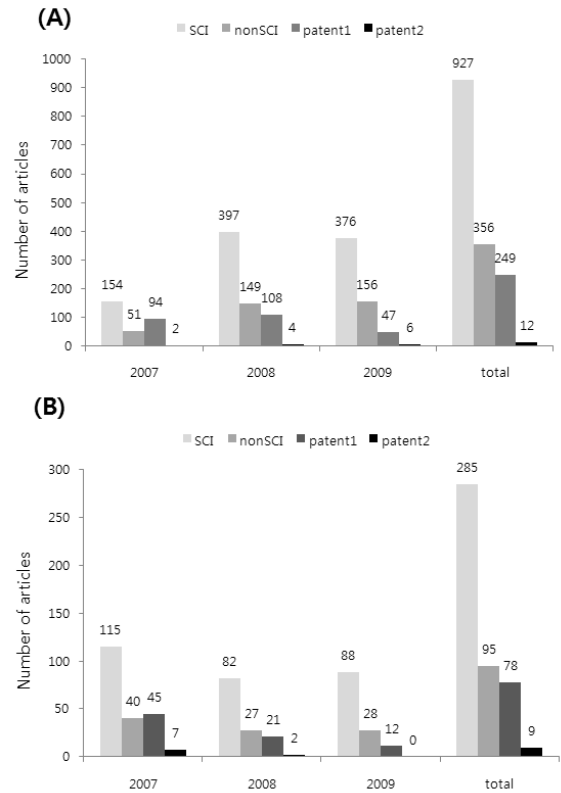


Fig. 1 Number of published articles in research journals and registered patents during last three years (2007 to 2009) through Biogreen 21 Project, Rural Development Administration (A) and Crop Functional Genomics Center, The 21st century Frontier Program (B)

사업단에서는 285건의 SCI등재논문, 95건의 비 SCI논문, 그리고 국내특허는 78건, 국제특허는 9건을 등록한 것으로 집계되었다 (Fig. 1b). 이러한 결과는 우리나라의 농업생명공학관련 논문편수 (SCI Extended 포함)가 2008년도에 총 5,755건으로 세계 11위에 진입하는데 크게 기여한 것으로 조사되었다 (현 2009). 특히 바이오그린 21사업의 경우, SCI논문이 2007년도에 154건에서 2008년도에는 397건 2009년도에는 376건으로 2.6배까지 증가하였으며 비 SCI논문도 2007년도에는 54건에서 2008년도에 149건, 2009년도에는 156건으로 역시 약 3배까지 해가 거듭될수록 증가하여 그동안 농촌진흥청에서 추진하여 온 바이오그린 21사업의 성과가 누적적으로 증가되고 있음을 알 수 있었다. 반면에 특허는 국내의 경우에는 2007년도에는 94건에서 2008년도에는 108건이 등록되어 비슷한 수준이었으나 2009년도에는 47건이 등록되어 50%이하로 감소하였다. 하지만 국제특허의 경우에는 2007년도에는 2건이었으나 2008년도가 4건, 2009년도에는 6건으로 서서히 증가하는 것으로 조사되었다 (Fig 1a).

특허의 경우에는 출원에서 등록까지 보통 2 - 3년이 소요 된다는 점을 감안하면 향후 계속 등록건수가 증가할 것으로 전망되지만 국제특허의 등록건수가 국내특허의

등록건수 보다 극히 낮은 결과를 보면 차세대 바이오그린 사업의 기획 및 추진과정에서의 평가기준 등을 보완하여 보다 국제특허의 건수가 증가될 수 있도록 하여야 할 것이며 국내의 연구진들이 개발한 결과가 외국으로 기술이전이 많이 될 수 있도록 해야 할 것으로 조사되었다.

연구결과의 질적 수준

한편 논문의 질적 수준을 조사하기 위하여 SCI에 발표된 논문들을 저널별로 집계하여 본 결과 바이오그린 21사업의 경우에는 국내의 식물학회에서 발간하는 SCIE 저널인 *Journal of Plant Biology*가 25건으로 가장 많았으며 그 다음으로 *Journal of Microbiology & Biotechnology* (21), *Molecules & Cell* (20), *Plant Physiology* (19), *Plant Cell Report* (18)등의 순으로 높게 조사되어 식물과 관련된 저널이 우세하게 나타났다. 뿐만 아니라 논문의 Impact factor가 높은 *Plant Journal* (IF, 6.565) 이 10편, *Plant Cell* (IF, 9.563)이 9편으로 높게 조사되었으며, IF가 10이 넘는 PNAS, *Nature Cell Biology*, *Nature Genetics*, *Molecular Cell*이 각각 1건씩 발표되었다. 이 외에도 IF가 3.0이상인 다양한 분야의 저널에서 3편이하의 논문이 발표되어 논문의 질적 수준 또한 크게 높아진 것으로 나타났다 (Fig. 2a).

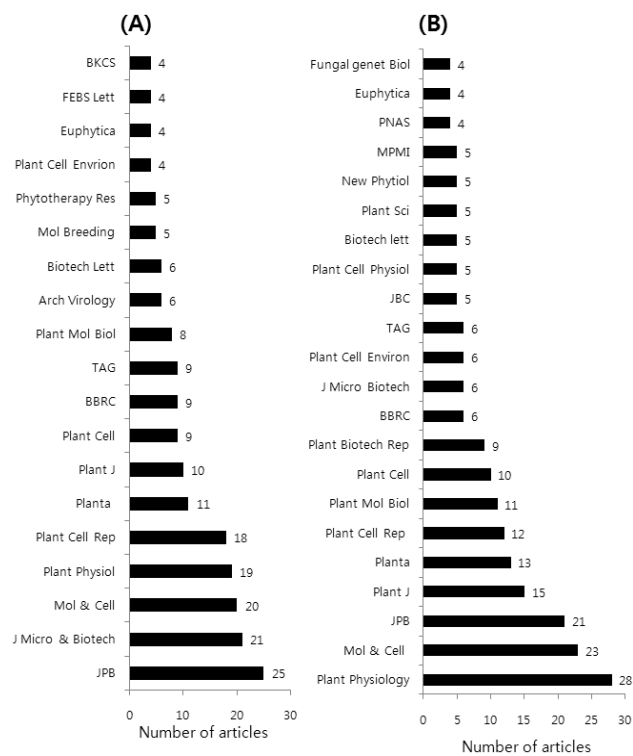


Fig. 2 Published article numbers by the title of academic journals during last three years (2007 to 2009) through Biogreen 21 Project, Rural Development Administration (A) and Crop Functional Genomics Center, The 21st century Frontier Program (B)

또한 작물유전체기능연구사업단의 경우에는 *Plant Physiology*가 28편, *Molecules & Cells* (28), *Journal of Plant Biology* (21), *Plant Journal* (15), *Planta* (13), *Plant Cell Report* (12), *Plant Molecular Biology* (11), *Plant Cell* (10), *Plant Biotechnology Report* (9)순으로 발표하였으며, 이 외에도 IF가 10에 가깝거나 그 이상인 학회지로서 PNAS 4편과 함께, *Nature Cell Biology*, *Nature Genetics*, *Molecular Cell*, *EMBO Journal*, *Nature Rev. Genetics*, *Developmental Cell*, *Nature*, *Science* 등에 각각 1편씩이 발표되어 논문의 질적 수준 또한 세계적인 것으로 조사되었다 (Fig. 2b). 특히 작물유전체기능연구사업단에서는 거의 모든 논문이 식물과 관련된 연구결과에 한정된 것으로 지난 수 년 동안에 국내의 식물분자생물학의 연구수준을 향상 시키는데 절대적인 공헌을 한 것으로 볼 수 있었다.

GM식물의 개발 현황

이들 사업별로 발표된 논문 또는 특허 중 GM식물과 개발된 연구결과의 수준을 알아보기 위하여 지난 3년간에 발표된 논문과 등록하였다고 보고한 특허의 제목을 조사하여 GM식물의 개발과 관련된 건수만 발췌한 후 GM식물내로 도입된 유전자의 특성에 따라 분류를 하여 Figure 3에 요약하였다. 그 결과 바이오그린 21사업단의 경우에는 SCI건수가 총 55건, 비SCI건수가 37, 특허등록건수가 33건이 GM식물의 개발에 해당하는 것으로 파악되었다. 이들을 GM 식물에 도입하고자 한 유전자의 특성별로 분석한 결과 무생물적 스트레스에 저항성을 갖도록 한 연구건수가 총 42건으로 가장 높았으며, 다음으로 생물학적스트레스 (Biotic stress, BS)에 저항성을 갖도록 하는 연구 (18), 포장시험 (Field test, FT)까지 진행한 연구 (12), 품질개선 (Quality improvement, QI)을 위한 연구 (10), 식물분자농업 (Plant molecular farming, PMF) (7)건 녹색성장 (Green growth, GG)과 관련된 식물의 개발에 관한 연구 (4)건의 순으로 조사되었다. 기타로 분류한 32건은 새로운 형질전환 기술을 개발하거나 벡터의 개발 등 상기한 분류의 범주에 해당하지 않는 것들이었다 (Fig. 3a).

작물유전체기능사업단의 경우, SCI가 45건, 비SCI가 20건, 그리고 특허등록건수가 71건의 연구결과가 GM식물의 개발과 직접적으로 관련된 것으로 파악되었다 (Fig. 3b). 이들의 GM식물 내에 도입된 유전자의 특성별로 분석한 결과 생물학적스트레스와 관련된 건수가 34건으로 가장 많았으며 그 다음으로 무생물적 스트레스와 관련된 건수가 28, 분자농업용이 8건, 품질개선과 관련된 건수가 20건, 녹색성장과 관련된 것이 3건, 포장시험이 16건, 기타가 27건으로 조사되어 바이오그린 21사업단의 결과와 비교하여 볼 때 생물적 스트레스 저항성 식물이 무생물적 스

트레스 저항성 식물 보다 높게 나타났으며 이와 함께 품질 개선 및 포장시험건수가 보다 많았다는 것이 큰 차이점이었다 (Fig. 3b). 이러한 결과는 세계적인 추세와 유사한 경향으로 제초제저항성 작물과 해충 저항성 작물 등의 제 1세대 GM식물을 개발하기 위한 연구에서 보다 다양한 유형의 제 2또는 3세대 GM 식물의 개발에 많은 연구가 진행 중인 것으로 조사되었다 (Lee 2010).

그러나 바이오그린 21사업단의 경우, 지난 3년간에 발표된 총 927건의 SCI논문 중 55건, 총 356건의 비 SCI논문 중 37건, 그리고 총 261건의 특허등록건수 중 33건이 GM 식물의 개발과 관련된 것으로 조사되어 각각 6.0%, 10.2%, 12.6%에 해당 하여 실제로 GM식물의 개발에 관한 연구 결과의 발표건수는 상당히 낮은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 GM식물의 개발과 산업화에 관한 연구는 기초 연구가 아니라 응용분야로서 온실, 포장 등을 갖추어야 하며 종묘회사 등의 전문 기업이 참여하여야 하고 전통 육종가를 포함한 많은 연구 인력이 투입되어야 하나 그 연구결과를 기초학문연구결과를 중시하는 논문 특히 SCI

논문에 발표하기는 그만큼 어렵기 때문이라고 분석된다. 특히 본 조사결과에서 알 수 있듯이 포장시험에 관한 연구결과는 SCI는 2편으로 극히 저조하였고 국내에서 주로 발표되는 비 SCI논문은 10편이 발표되었다. 따라서 향후 차세대 바이오그린 21사업의 기획 및 추진계획을 수립하는 과정에서 GM 식물의 개발에 관한 연구단의 과제 선정, 평가기준 등을 기존의 평가방식 즉 일률적으로 연구 논문의 발표 등에 의존하는 체제와는 다른 시스템이 필요하다고 사료되었다.

한편 작물유전체기능연구사업단의 경우에는 지난 3년간에 발표된 총 285건의 SCI논문 중 45건 (15.7%), 비 SCI 논문은 95건 중 20건 (21.1%), 등록된 특허의 경우 총 87건에서 71건 (81.6%)이 GM식물의 개발과 관련된 것으로 파악되어 바이오그린21사업단의 결과와 비교할 때 보다 높게 나타났다 (Fig. 3b). 이는 역시 연구과제의 선정에서부터 평가까지 가능하면 특정 작물과 형질전환체의 개발, 품종 등록 등에 한정하여 선택과 집중을 한 결과라 사료된다.

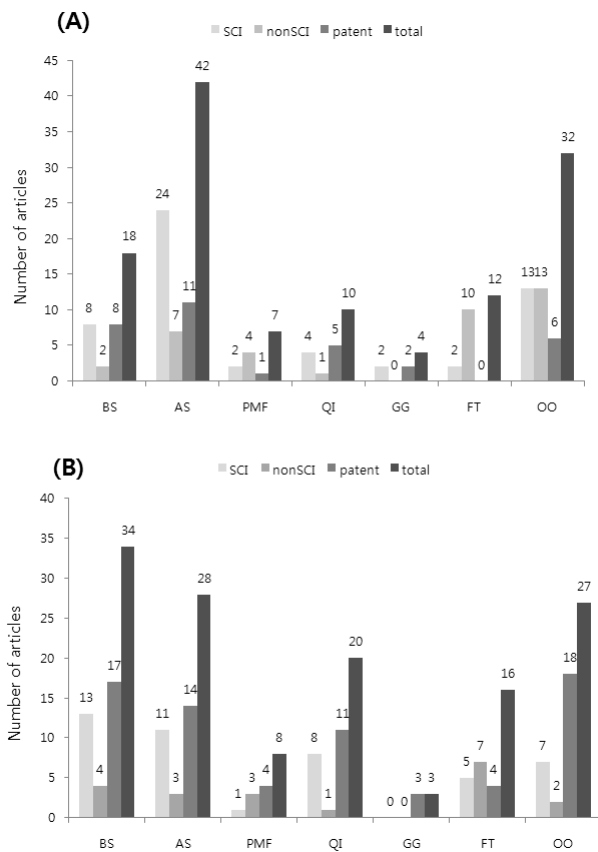


Fig. 3 Article numbers related to the development of GM plants by their agricultural characteristics published during last three years (2007 to 2009). (A) Biogreen 21 Project, Rural Development Administration, Crop Functional Genomics Center, The 21st century Frontier Program (B). BS, biotic stress; AS, abiotic stress; PMF, plant molecular farming; QI, quality improvement; GG, green growth; OO, others

형질전환 식물의 현황

한편 지난 3년간 바이오그린 21사업을 통하여 지원된 연구과제에 종사된 연구자들이 발표한 GM식물의 개발과 관련된 논문 및 특허를 대상으로 형질전환식물별로 조사하여 보았다 (Fig. 4a). 그 결과 벼가 22건으로 가장 높게 나타났으며 애기장대 (9), 감자, 담배가 각각 8건, 고구마 (6) 그리고 수박, 고추, 톨페스큐, 배추가 각각 3건, 잔디, 콩 등이 각각 2건으로 조사되었다. 이외에 보리, 감귤, 인삼, 유채, 옥수수가 각각 1건이었으며 복합적으로 다양한 식물을 대상으로 연구한 결과를 발표한 건수가 기타로 14건에 해당하였다.

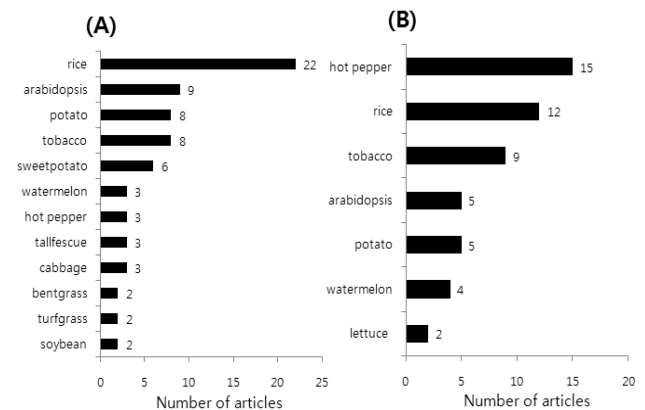


Fig. 4 Article numbers by the host plants under genetic modification published during last three years (2007 to 2009). (A) Biogreen 21 Project, Rural Development Administration, Crop Functional Genomics Center, The 21st century Frontier Program (B)

작물유전체기능연구사업단의 경우에는 고추가 15건으로 가장 높았으며, 이어서 벼 (12), 담배 (9), 애기장대 (5), 감자 (5), 수박 (4), 상추 (2)의 순으로 조사되었으며 이외에도 국화, 감귤, 고구마가 각각 1건이었으며 식물의 종을 정확하게 파악하기 어렵고 복합적으로 기술한 건수 즉 기타로 처리된 것이 7건이었다 (Fig. 4b).

결론

본 논문에서 바이오그린 21사업단과 작물유전체기능연구사업단의 성과를 분석하여 본 결과 논문과 특허의 업적은 선진국과 동등하게 경쟁 할 수 있는 수준에 도달하였으며 향후 더욱더 발전할 것으로 기대되었다. 그러나 GM식물의 개발 및 실용화에 관한 업적은 아직까지도 크게 미흡하여 그 원인을 분석하여 보완이 필요하다고 사료되었다. 첫째, 가장 큰 문제점은 GM 식물이 시장에 출시되기 위하여 실험실 및 온실단계에서의 디자인에서 포장시험 그리고 수많은 단계별 환경위해성 평가결과를 제시하여야 하는데 이에 소요되는 비용이 최소한 한 건당 600억에서 800억이 소요된다는 사실이다. 특히 분자약용 GM식물 즉 의약품을 생산하는 GM식물의 경우 동물 및 인체를 대상으로 하는 제2 또는 제3단계의 임상시험 결과까지 제출하여야 하므로 보다 많은 예산이 소요된다 (McElory 2003; Kalaitzandonakes et al. 2007). 따라서 최근에는 지난 10년 이상의 경험을 통하여 이러한 복잡한 심사과정을 보다 간소화 할 필요가 있다는 주장이 제기되고 있다 (Bradford et al. 2005). 물론 그간의 많은 경험을 통하여 다소 비용이 적게 소요될 것으로 전망 되지만 아직도 국내의 연구비 수준에 비하면 턱없이 부족한 실정이다.

둘째, 안전성 평가기관의 확보 및 신뢰성과 인적 자원의 부족이다. 하나의 GM식물 event가 개발되어 실용화가 되기까지에는 전통 육종가, 분자생물학자는 물론 환경생태학자, 생리학자, 병리학자, 곤충학자, 심지어 임상을 포함한 다양한 기초의학자들 등이 대거 참여하여야 하는 거대프로젝트를 운영하여야 한다. 특히 전통육종기술에 기초하여 event를 개발하여야 하나 최근 들어 국내의 젊은 전통 육종가들이 급감하고 있는 실정이다.

셋째, 실용화단계에 필요한 안전성 평가요령, 요구조건 등에 대하여 GM식물개발에 관여하고 있는 전문가들은 아직 완전히 숙지하고 있지 않다는 점이다. 예를 들면 GM식물의 실용화단계에서 “병목 (bottle neck) 또는 죽음의 계곡 (death valley)은 사실상 우량사상 (event)의 선발 단계로서, 국내의 경우 한국생명공학연구원 바이오평가센터에서 2008년 현재 15종의 유전자변형식물의 평가를 수행하면서 도입유전자의 일부 염기서열 정보가 없는 경우,

vector의 backbone이 함께 삽입된 경우, 도입유전자의 copy 수가 많은 경우, 도입유전자가 숙주의 특정 유전자를 knockout 시킨 경우, 아직 완전한 검정이 끝나기도 전에 다른 형질 전환체는 이미 모두 폐기시켜 버려 연구가 중단된 경우, 유전자의 도입위치나 안정성에 관한 자료가 부족한 경우 등 너무나도 실용화하기에는 거리가 먼 연구가 진행된 사례가 많았다고 지적된바 있다 (Jeong 2008).

넷째, 기업주도형 GM식물의 실용화가 이루어지지 못한다는 것이 문제점이다. 우리나라의 중요회사는 아직도 몬산토 등 다국적기업과 같이 대규모의 예산을 투입하여 GM식물의 개발 및 실용화에 주력할 만한 사정이 못된다. 따라서 국가의 정부 주도형 GM식물의 실용화에 의존 할 수밖에 없는 현실 때문에 한정된 국가 예산 등 많은 제한적인 요소들로 인하여 선진국에 비하여 늦어지고 있는 것으로 사료된다.

다섯째, 국내 소비자 단체 등 많은 소비자들이 아직도 GM식물에 대한 부정적인 시각이 너무 강하다는 것이다. 특히 EU 국가 등 농산물을 수입하지 않고도 자급 능력이 충분한 국가들이 지속적으로 주장하는 정보들로 인하여 국내의 일반 소비자들의 마음속에 이미 각인된 부정적인 시각을 개선하기에는 많은 노력이 필요할 것으로 사료된다 (Einsiedel and Medlock 2005). 최근, EU국가의 GM식물에 대한 너무 강한 반대 입장은 비과학적인면이 강하며 향후의 유럽경제에도 악영향을 미칠 것이라 경고하는 사례가 발표된 바 있다 (Wager and McHughen 2010). 따라서 일방적인 한쪽의 부정적인 주장만 부각시키지 않고 일반 소비자들이 균형된 시각으로 평가를 할 수 있도록 GM식물의 개발 관련 전문가와 과학자, 언론가 등이 함께 노력하여야 할 것으로 사료된다.

적요

국내의 GM식물개발과 관련된 R&D사업 중 대표적이라고 할 수 있는 “바이오그린21사업”과 작물유전체기능연구사업단에서 지난 2007년부터 2009년 말 현재까지의 사업성과 중 논문과 등록 된 특허를 분석하여 본 결과 두 개의 사업단을 통하여 총 1,212건의 SCI논문과 451건의 비 SCI논문, 그리고 348건의 특허를 등록한 것으로 조사되었다. 이중에서 바이오그린21사업단에서는 6.0%의 SCI 논문, 10.2%의 비SCI논문, 12.6%의 등록된 특허가 그리고 작물유전체기능연구사업단의 경우에는 15.7%의 SCI논문, 21.1%의 비SCI 논문, 81.6%의 등록된 특허가 GM식물의 개발과 직접적으로 관련된 것으로 조사되었다. 개발하고자 하는 GM식물의 농업적 특성은 생물학적 스트레스 또는 무생물적 스트레스에 저항성을 갖는 작물 특히 벼와 고추가 가장 많았으나 포장시험까지 진행된 연구 성과는

아직 극히 저조한 것으로 밝혀졌다. 이러한 조사 결과는 국내에서 현재 실험실 또는 온실 단계에서 검정된 초기 단계의 GM식물의 조기상용화를 위하여 보다 많은 연구비가 투자되어야 할 것을 시사하였다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 어젠다사업 (code 2009010106003000 10400)에 의하여 지원된 연구비로 수행되었다.

인용문헌

- 강태진 (2004) 식물분자농업시스템과 생산품, <http://bric.postech.ac.kr/webzine/>
- 이신우 (2006) 식물분자농업 (Plant Molecular Farming)산물의 환경위해성 평가, *Biosafety* 7:60-80
- 이신우 (2009) 식물을 이용한 신약공장 시대의 도래, *Biosafety* 10:22-33
- 현병환 (2009) 통계 2009-1, 2009 생명공학연구통계, 생명공학정책연구센터
- Bradford KJ, Deynze AV, Gutterson N, Parrott W, Strauss SH (2005) Regulating transgenic crops sensibly: lessons from plant breeding, biotechnology and genomics. *Nat. Biotech.* 23:439-444
- Daniell et al. (2001) Medical molecular farming: production of antibodies, biopharmaceuticals and edible vaccins in plants? *Trends in Plant Science* 6:219-226
- Einsiedel EF, Medlock J (2005) A public consultation on plant molecular farming. *AgBioForum* 8:26-32
- Harn (2006) Current status and perspective and future task in Korea of crop genetic transformation. *Kor. J. Plant Biotech.* 33:171-184
- Jeong (2008) Current status of development and event-dependent genetic analysis of genetically modified crops in Korea. *Kor. J. of Biotech.* 35:23-29
- Kalaitzandonakes N, Alston JM, Bradford K (2007) Compliance costs for regulatory approval of new biotech crops. *Nat. Biotech.* 25:509-511
- Lee SW (2003) Current research status on the development of genetically modified plants in Korea. *Kor. J. Plant Biotech.* 30:1-6
- Lee SW (2010) Current status on the development and commercialization of GM plants. *Kor. J. Plant Biotech.* 37:305-312
- Lee YS, Kim SW (2010) Transgenic poplar plants for phytoremediation. The commemorative international symposium for the 50th anniversary of KSABC. pp 201
- McElory D (2003) Sustaining agbiotechnology through lean times. *Nature Biotech.* 21:996-1002
- Naqvi S, Zhu C, Farre G, Ramessar K, Bassie L, Breitenbach J, Perez Conesa D, Ros G, Sandmann G, Capell T, Christou P (2009) Transgenic multivitamin corn through biofortification of endosperm with three vitamins representing three distinct metabolic pathways. *Proc Natl Acad Sci USA.* 106:7762-7767
- Wager R, McHughen A (2010) Outlook, Zero sense in european approach to GM. *EMBO Reports* 11:258-262