濟州大亞農生誌(J. Subtropical Agri. & Biotech., Cheju Nat'l Univ.), 18(2): 7-14(2002)

한국 원예 생명공학기술의 최근 연구동향

송 관 정
제주대학교 원예생명과학부

Overview of Horticultural Biotechnogy Research in Korea

Kwan Jeong Song
Faculty of Horticulture & Life Science, Cheju National University

ABSTRACT

At the time requiring the combination of biotechnology into cross breeding for sustaining the horticulture industry with great competitiveness, the recent advance of horticultural biotechnology research in Korea was reviewed. The genome projects in only two crops of chinese cabbage and hot pepper got installed for large scale identification of useful genes under collaboration of a few Universities and governmental research organizations and screening approaches for expressed genes got attempted in other crops including lily and apple. Genetic transformation research had mainly focused on the development of transformation protocols with high efficiency on selection system using antibiotics. DNA marker system got applied mainly to phylogenic analysis and to be extend to the beginning of marker assisted selection identifying markers linked to specific traits. Strategy including investment policy with precise priority and close collaboration for speeding up the advance of horticultural biotechnology was suggested.

서 론

정보화기술(IT), 나노기술(NT) 등과 21C를 주도할 3대 기술중의 하나인 생명공학기술(Biotechnogy)은 생물체의 유전정보 및 생체기능을 유전자 및 단백질 수준에서 해독하고, 분석된 생체정보를 이용하여 생물학적 시스템을 새롭게 디자인하고 조절하여 부가가치를 극대화하는 생명산업기술이라고 할 수 있다. 즉 생명공학은 생명체의 특성을 이용하여 제품을 만들거나 서비스를 제공하는 다양한 제반기술을 의미하는 포괄적인 용어라고 할 수 있다. 이러한 생명공학기술은 고부가가치, 두뇌기술집약, 탈공해, 자원·에너지절약 기술로 보건의료, 식량, 환경, 에너지 등 21세기 인류난제 해결의 핵심기술로 평가받고 있어서, 생명공학 산업은 비약적인 성장을 계속하고 있다. 1995년부터 2005년까지 생명공학산업의 성장율은 연평균 22%의 고도성장으로 반도체, 신소재 등 다른 첨단산업을 2-3배나 능가하는 수준을 기록할 것으로 전망되고 있고, 그 시장규모도 1997년 313억불에서 2000년 540억불, 2013년 2,100억불로 예측되고 있다. 이 중 농업, 해양, 식품 등의 비중은 2008년 기준 12.3%

Corresponding Auther : Kwan Jeong Song, Faculty of Horticulture & Life Science, Cheju National University
Tel : 064-754-3328, E-mail : kwansong@cheju.ac.kr.

내외로 예측되고 있는데, 그 비중은 보다 더 증가할 전망이다(이, 2002).

세계 인구는 1999년10월에 이미 60억을 넘어섰고 2050년에는 90억 수준으로 예상되고 있으나, 기후변동, 사막화, 도시화 등에 기인하여 식량을 생산할 수 있는 경지면적은 점차 감소하고 있고, 토지수량도 정체 및 감소경향을 나타내고 있어 식량부족이 점차 심각해지고 있다(Chung, 2001). 날로 증가하는 인구를 부양할 식량을 생산하기 위해서는 단위면적당 수량을 높이는 것 이외에는 달리 방안이 없다. 그런데 신품종의 육종 및 보급과 화학비료 및 농약살포 등 다양한 재배기술의 개발과 적용에도 불구하고 한국은 물론 미국, 일본, 태국, 인도네시아 등 주요 쌀 생산국의 최근 10년간 수량은 거의 변화가 없다(Suh, 1999). 그러므로 기존 교배육종에 의한 수량증가의 한계를 극복하고 지구환경보호라는 대명제를 해결하기 위해서 농업생명공학기술은 유일한 대안으로 제안되고 있다(Suh, 1999; Chung, 2001). 농업 생명공학기술은 제조체저항성, 해충저항성 등 환경내성 작물의 개발로 화학물질의 사용을 줄이고 노동력의 투입을 줄여 생산비를 절감하면서도 고수량을 확보함은 물론 자연생태계의 파괴를 최소화하는 친환경 농업의 실현을 가능케 할 수 있다. 이외에도 각종 다양한 기능성 물질을 포함하고 있는 농작물의 개발, 작물을 이용한 의약품소재의 생산 등 부가가치가 극대화된 새로운 개념의 농업을 창출하게 된다. 따라서 선진국은 미래의 새로운 고부가가치 바이오농업을 육성하기 위하여 모든 노력을 집중하고 있다.

한편 1995년 WTO 및 2001년 뉴라운드의 출범과 농산물 시장개방의 원칙에 따라 국내 원예산업은 외국의 수입 농산물과 자유경쟁을 해야 하는 시대를 맞이하게 되었고, 경영규모가 영세한 집약농 위주의 국내 원예산업은 큰 어려움에 봉착하게 되었다(Yoon, 1999). 그러므로 외국 농산물과의 경쟁에서 이기기 위해서는 우선적으로 고품질 및 생력화 신품종의 조기육종 및 재배기술의 개발 등 국제경쟁력을 높일 수 있는 대책 마련이 매우 시급한 실정이다. 그러나 생명공학 기술의 급속한 발전은 가까운 미래에 고부가가치 바이오농업 시대의 도래를 예견하고 있기 때문에 지금의 어려운 시점에서도 단순생산 원예산업에서 바이오 원예산업으로의 조기전환을 추구하는 미래지향적 연구투자가 보다 확대되어야 할 것이다. 이러한 시점에서 국내 원예생명공학 기술의 연구동향 및 기술수준을 살펴보는 것은 앞으로의 연구방향을 정립하고 이를 효율적으로 실행하기 위한 방안모색에 도움이 될 것이다.

본 론

1. 원예 유전체 연구 및 유용유전자의 개발동향

유전체(genome)란 영어의 유전자(gene)와 염색체(chromosome)의 합성어로 유전정보를 가지게 되는 DNA의 염기서열을 말한다. 그러므로 유전체 연구란 하나의 생물체를 결정짓는 전체 유전정보 및 그 기능을 밝히는 연구로서, 유전정보를 지니게 되는 염기서열의 결정 및 유전자 배열순서, 유전자의 기능 등을 포함하고 있다. 염기서열의 결정은 BAC library 작성 및 유전자 물리지도의 작성, 염기서열의 분석 및 종합으로 이루어지고 기능연구는 tagging, DNA chip, 단백질체 연구(proteomics) 등에 의하여 이루어진다. 주요 식물의 게놈크기를 보면 애기장대의 경우 1.2×10^{8}bps, 벼 4.5×10^{8}bps, 배추 5.5×10^{8}bps, 사과·배 $5.0\text{-}5.4\times10^{8}$bps, 감귤 $3.7\text{-}4.0\times10^{8}$bps 등이다. 최근의 국제연구 현황을 보면 주요 원예 대상작물로서 양배추, 고추, 토마토, 사과 등이 수행되고 있다.

국내에서의 원예작물 게놈연구는 아직 시작단계로서 작물도 배추와 고추 2개 작물에 한정되어 있다(Lim, 1999; Chung, 2001; Moon 과 Lim, 2001; 농촌진흥청, 1999). 이중 배추 게놈연구는 농업생명공학연구원, 충남대, 경상대 등이 참여하여 공동으로 1993년부터 수행중에 있으며, 고추 게놈연구는 서울대를 중심으로 한국생명공학연구원 등이 참여하고 있다. 배추 게놈연구를 위해 남방형 배추와 북방형 배추를 교배해 133계통을 육성하고 이중 89계통을 사용하여 RAPD 및 AFLP 등을 이용한 유전적 분석 및 분자표지(389개)를 이용한 유전자지도를 완성하

였다. 물리지도작성을 위해 작성된 배추의 BAC 은행은 평균 115천bps의 길이를 갖는 56,592개 BAC 조각으로 구성돼 있다. 이는 배추 유전체크기의 11배 정도의 DNA를 함유하고 있다. 2001년 현재 배추 잎에서 확보된 2,466개 유전자의 염기서열 분석을 완료하였고 이를 이용한 DNA chip를 세계에서 처음으로 제작하였다. 고추의 게놈연구는 서울대 SRC분자유전육종센터를 중심으로 지난 1995년에 시작돼 활발하게 진행중이다. 현재 400여개의 RFLP, AFLP 등의 표지를 가지는 유전자지도가 제작되었으며, 이를 바탕으로 고추의 우량형질을 조절하는 유전자를 분리하는 작업이 진행되고 있다.

원예작물의 유용유전자 개발에서 선진국은 고당도, 물질전류, 착색조절, 저장성 증진, 기능성 성분, 내병성 등과 관련한 매우 다양한 유전자를 개발하고 있는데 반하여, 우리나라는 대부분의 연구자들이 식량작물의 유용유전자 개발에만 관심이 집중되어 있어 원예작물의 유용 유전자 개발은 매우 미미한 수준이다. 원예작물의 게놈연구가 배추와 고추 2개 작물에 한정되어 있고, 이들마저도 시작단계로서 연구투자와 참여연구 인력의 부족한 실정이며, 원예작물에서의 유용 유전자 개발은 극히 산발적으로 수행되어 왔다.

배추에 있어서는 내냉성 및 산화스트레스 저항성 관련 유전자 개발에 초점을 두고 있는데, cystein proteinase inhibitor, plant defexsin (r-thionin), gluththione reductase(BcGR1), protein kinase, S locus glycoprotein 등이 보고되었다. 고추에 있어서는 고추의 매운맛 조절, 착색증진, 내병성 증진 등의 관련유전자 개발에 역점을 두고 있다. MAP kinase, sesquiterpene cyclase, acid invertase, diphenol-metyl transferase 등이 보고되었다. 기타 원예작물에 대한 개발 유전자로는 수박, 딸기, 토마토, 감귤의 ADP-glucose pyrophosphorylase가, 딸기의 triosephosphate isomerase(TPI-CP), APX gene, cytosolic ascobate peroxidase 등, 페튜니아의 osmotin-like-protein (phOSM), actin-depolymerizing factor(phADF) 등, 감의 PPO 등, 포도의 thaumatin-like protein(TL1), stilbene synthase 등, 감귤의 phytoene synthase, metallothionein-like gene 등, 사과의 MdSDH, MsMADS, MdCOLS, MdPPO, ACC synthase, ACC oxidase 등이 보고되었다. 그러나 앞으로는 배추 및 고추의 유전체 연구가 본격적으로 수행될 예정이므로 원예작물의 유용 유전자의 개발이 활발히 수행될 전망이다.

2. 유전자변형 원예작물의 개발동향

형질전환 기술은 식물세포에 외래 유전자를 삽입하고 이로부터 식물체를 분화시켜 새로운 기능이 추가된 작물의 육종, 식물체내 의약품 원료생산, 변종작물의 육성을 통한 유전자 기능 연구 등에 활용되는 기술로서, 이러한 형질전환 기술로 만들어진 작물을 유전자변형작물이라고 한다. 그러므로 유전자변형 작물의 개발은 유용 유전자를 식물세포로의 전이 단계, 전이세포를 선발하는 단계, 이들로부터의 식물체를 재분화하는 단계로 구분될 수 있다. 이러한 형질전환 분야는 1983년 아그로박테리움의 벡터를 이용한 식물 형질전환 기술이 개발된 후 눈부신 발전을 이룩하였고, 드디어 1994년에 과실 연화관련 polygalactronase의 발현 및 후숙이 억제된 형질전환 토마토(FLAVR SAVR, 칼진)가, 1996년에 제조제저항성 콩(몬산토)과 해충저항성인 BT 옥수수(노바티스)가 상업화에 성공하였다(농촌진흥청, 1999). 이들 유전자변형 작물의 재배는 1995년 120만ha에서 2000년 4,420만ha로 급격히 증가하였으며, 이는 총작물재배면적의 16%에 해당한다. 주요 재배국가로는 미국 68%, 아르헨티나 23%, 캐나다 7% 등이며, 주요 형질로는 제조제저항성 74%, BT 저항성 19%, 제조체 및 BT 저항성 7% 등이고, 작물별로는 콩 58%, 옥수수 23%, 면화 12%, 캐놀라 6% 등이다(James, 2001).

유용 유전자를 식물세포로 도입하는 방법으로는 아그로박테리움 이용법, particle bombardment, microinjection, electroporation 등이 있다(Hood, 1999). 아그로박테리움 이용법은 몬산토 및 노바티스사 등이 국제특허를 가지고 있는데, 그 방법이 간단하고, 비용이 저렴하며, 유전자의 염색체 DNA로의 삽입방식이 간단할 뿐 만 아니라 전이 유전자 발현 안정성이 높다는 장점을 가지고 있으나, host range가 좁은

단점이 있다. bombardment 이용법은 식물 종에 따른 이용제한이 거의 없는 장점이 있으나 비용이 많이 들고 아그로박테리움에 비해 이용이 다소 어려우며, 식물조직 전체를 균일하게 형질전환시킬 수 없을 뿐만 아니라 전이유전자의 염색체 DNA와의 통합도 복잡한 편이다. 이 외의 기술인 microinjection 및 electropration 등은 아직 널리 이용되고 있지는 못하고 있다.

국내에서도 원예작물에서 연구되고 있는 형질전환 방법은 감귤 등의 극히 일부에서 보고된 bombardment를 제외하고서는 거의 대부분 아그로박테리움 이용법에 의존하고 있다. 선진국은 이미 다양한 형질전환 원예작물의 포장검정 및 상업화의 실현수준에 이르고 있으나 국내 원예작물의 형질전환은 기술개발 단계에 있다. 표 1에서와 같이 국내에서 보고된 형질전환 작목수는 10종 내외이며 이용되고 있는 목적 유전자의 범위가 매우 좁은 편이고 형질전환 효율도 극히 낮은 수준에 머물러 있다(농촌진흥청, 1999).

3. 원예작물 분자표지 개발 및 MAS의 연구동향

원예작물의 주요 육종목표로는 채소에서 복합내병성 증진, 일시수확형, 고당도 등 맛 조절, 과실착색도, 저장성, 저온신장성, 가공적성 및 SI 안정성 증진 등이고, 과수에서 내병성 육종, 고당도, 고향기성, 기능성 증진, 자가적과성, 무측지성 등이며, 화훼에서는 내병성 육성, 무측지성, 신화색, 신화형, 절화수명 연장, 고향기성 등이다(Kim 등, 1999; Oh 와 Woo, 1999; Shin 등, 1999). 그런데 이들 대부분의 형질들은 양적형질에 해당되거나 또는 주동 소수 유전자의 경우에도 야생종에 gene source가 있어서 기존 교배와 표현형에 의존한 교배육종에 의한 개량에는 기술적인 한계를 가지고 있다. 특히 과수에 있어서의 육종목표들은 대부분 과실의 형질에 해당되는데, 과수는 유년성이 길어 종자에서 결실기까지의 기간이 오래 걸려 육종기간이 길 뿐만 아니라, 나무가 차지하는 용적이 커서 육종을 위한 포장면적이 광대해야 하며 비용이 많이 든다. 결국 DNA 표지인자를 활용

표 1. 국내 원예작물의 형질전환 연구동향.

분야	작물명	유전자 전이 및 식물체 재분화	이용 유전자	형질전환 효율
채소	고추	아그로박테리움/기관분화	nptII, gus	-
	마늘	bombardment/기관분화	애기장대의 ALS gene 애기장대의 JMT gene 보리의 RIP gene	-
	배추	아그로박테리움/기관분화	bar	-
	상추	아그로박테리움/기관분화	콩의 ferrintin gene 애기장대의 γ-TMT 배추의 GR gene	8.2%
	서양고추냉이	아그로박테리움/기관분화	옥수수의 iAc/Ds	-
	양배추	아그로박테리움/기관분화	bar	-
	오이	아그로박테리움/체세포배발생	bar 완두의 SOD gene	-
	토마토	아그로박테리움/기관분화	S_{11}RNAse	-
과수	감귤	bombardment/체세포배발생	fatty acid desaturase CP	-
	사과	아그로박테리움/기관분화	사과의 AGPase, MADSs	3%
화훼	잔디	아그로박테리움/기관분화	HPT, gus	-
	페튜니아	아그로박테리움/기관분화	옥수수의 iAc/Ds	-

한 marker assisted selection (MAS)의 기술만이 육종효율을 높이고 조기에 우량 신품종 육성을 실현케 할 것이다(송, 2000).

DNA 표지인자를 개발하는 기법으로는 Restriction Fragment Length Polymorphism (RFLP), Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD), Simple Sequence Repeat Polymorphism (SSR) 등이 있다. 이들 기술은 bulked segregation analysis (BSA)에 의한 내병성, 과피색 등 우열의 단일유전자에 지배되는 유전자형을 유묘 상태에서 분석할 수 있음은 물론 과실의 당도, 산도, 크기 및 수량 등의 양적형질(QTLs)에 대한 유전분석을 가능케 하여, 특정 형질에 관여하는 QTL수, 각 유전자의 상대적 기여도 및 염색체 상의 위치, 다면효과, 상위작용 및 상이한 환경조건에서의 각 유전자의 영향력 정도 등에 관한 정보를 해석할 수 있게 되었다(Tanksley, 1993; Ahn, 2001). 이러한 DNA 표지인자를 이용한 MAS는 육종효율을 크게 개선하여 육종기간과 비용을 획기적으로 줄이는 분자육종 기술이다.

선진국의 경우 토마토, 양배추, 사과, 복숭아, 오렌지, 포도 등에서 MAS를 위한 질적 및 양적형질 등 다양한 형질에 대한 각종 DNA 표지인자 개발 및 유전자 연관지도 작성을 연구하고 있으며, 수박, 멜론, 참다래, 백합, 카네이션 등에서는 내병성 등의 단일유전자에 의해 지배되는 질적형질의 DNA 표지개발과 이를 이용한 분자육종 연구를 활발히 수행하고 있다. 이에 반하여 국내 원예작물에서의 연구(표 2)는 거의 대부분 DNA 표지인자의 개발기법의 확립과 이를 이용한 종 및 품종간 유연관계 분석에 집중되어 있으며, 일부 채소작물에서 BSA에 의한 내병성 DNA 표지인자 개발이 수행되고 있는 실정이다(Kim, 2000; Mok 등, 2001; 농촌진흥청, 1999).

4. 원예생명공학 연구방향과 과제

국내 원예생명공학 연구는 선진국과 비교해 볼 때 초보적인 단계에 머물러 있다. 그러나 생명공학은 독자적인 기술에 의존한 가치보다는 기존 교배육종과 재배기술과의 접목을 통한 기술이 상승적 관계로 보다 더 부가가치를 높일 수 있다. 그러므로 교배에 의한 품종육성 기술이 선진국 수준에 올라서 있는 우리는 한정된 연구비와 연구인력을 이용하고서도 선택과 집중을 통한 틈새전략으로 충분히 국제경쟁력을 갖출 수 있다. 따라서 경쟁력 측면에서 선점의 효과를 갖도록 우선순위를 정하여 연구를 수행하여야 한다.

이러한 측면에서 배추 및 고추의 유전체 연구는 충분한 경쟁력을 가지고 있는 것으로 평가되고 있다. 또한 선진국은 여러 가지의 작물적인 이점과 이용가능성이 높음에도 불구하고 목본성인 과수의 유전체 연구에는 아직도 투자를 본격적으로 하지 않고 있다. 그러므로 과수에 있어서도 충분한 경쟁력을 가지고 있다고 보아진다. 유전체 연구를 제외한 작물에서의 유용 유전자의 개발은 거점 유전체 연구와의

표 2. 원예작물의 DNA 표지인자 개발 및 MAS 연구동향.

분 야	작물, 형질 및 이용기술	
	국 내	선진국
유연관계분석	구근초, 나리, 무궁화, 미나리, 바위솔속, 새우란, 양파, 자란, 토마토, 포도 등의 RAPD 및 동양배, 마늘 등의 AFLP	다양한 작물에서 SSR, RAPD, AFLP, RFLP를 이용
질적형질의 MAS	고추(CMS/RFLP, Bs3/AFLP), 글라디올러스(AFLP), 마늘(추대/ RAPD), 수박(Stem blight, AFLP), 양파(MS/SCAR), 사과(무측지, SCAR)	다양한 작물에서 SSR, RAPD, AFLP, RFLP를 이용한 MAS
양적형질의 MAS	고추, 마늘 및 배추의 유전자 기초 연관지도	토마토, 양배추, 사과 등의 고밀도 연관지도 작성 및 복합내병성, 과실형질의 QTL 분석

긴밀한 연계 속에 작물의 육종목표 달성에 초점을 두고 수행되어야 할 것이다. 또한 유전체 연구를 통한 유전자 기능분석을 위해서는 고효율 형질전환 시스템 확립이 필수적이다. 그런데 아직도 국내에서는 배추 및 고추에서 고효율 형질전환 기술이 확립되어 있지 못하여 이에 대한 기술개발이 매우 시급하다.

원예작물의 형질전환에 있어서는 10여종의 작물에서 기술이 개발되었다고는 하나, 그 효율이 극히 낮아 아직도 형질전환 효율증진을 위한 연구가 필요하다. 생명공학기술의 3대 분야 중에서 선진국과 비교하여 가장 경쟁력이 높은 잠재력을 가지고 있는 분야가 형질전환 분야이다. 이는 조직배양 및 재분화 기술이 형질전환의 핵심기술을 구성하기 때문이다. 그럼에도 불구하고 국내 연구진들은 형질전환 기술개발 연구에 소홀히 하여 왔고, 그 결과 선진국과 기술수준에 상당한 격차를 가지게 되었으나 3대 기술분야 중에서는 격차가 가장 적은 편이다.

현재 가장 많이 이용되는 아그로박테리움의 형질전환에도 아그로박테리움의 종류, 접종밀도, acetosyringon 농도, 접종조건, 에칠렌발생 정도 등 여러 가지 요인에 따라 품종에 따른 반응이 달라진다. 그러므로 워낙 다양한 작목과 다양한 품종을 가지는 있는 원예작물에서는 재배 주품종을 중심으로 형질전환 기술을 확립하여야 한다. 또한 F1잡종을 이용하는 채소에서는 고정종을 이용해서 기술을 개발해야 하며, F1종자의 자엽을 이용하여 형질전환을 하는 경우에는 이들을 증식하고 보급할 수 있는 대책이 미리 강구되어야 할 것이다.

한편 형질전환 기술은 공장의 완제품을 생산하는 공정라인과 같아서 먼저 우수한 부품이 확보되어야 하고, 이를 잘 조립하여 우수한 품종을 육성하여야 한다. 그러므로 국내 고유의 유용 유전자와 이의 발현을 조절할 프로모터의 개발이 필요하다. 특히 원예작물에 있어서 대부분의 이용부위는 과일에 해당되므로 형질전환체에서 목적 유전자의 발현조절은 부위별, 시기별로 조절되는 강력한 프로모터와의 결합이 요구된다.

현재 형질전환 세포를 선발하기 위하여 항생제 또는 제초제 저항성 유전자를 이용하고 있으나, 2005년부터는 유럽 등에서 이러한 선발유전자를 사용한 유전자변형 작물의 포장시험이 규제될 전망이므로, 이에 대한 대책이 필요하다. 이미 선진국에서는 site-specific recombination system (Cre/*lox*) 또는 phage- attachment region (*attP*), 전이요소 시스템 (*Ac*)를 이용하여 분리세대에서 또는 MAT 벡터를 이용하여 선발단계 후 분리세대를 거치지 않고 곧바로 선발유전자를 제거하는 기술을 이용하거나, 항생제 또는 제초제 선발유전자를 사용하지 않고 대신에 탄수화물 급원 또는 특정 유기성분을 이용하는 기술을 사용하고 있다(Ebinuma, 2001). 그런데 국내에서는 이러한 기술개발 및 연구가 거의 전무한 실정이다.

식물의 형질전환 분야에 있어서 선진국은 기존의 제초제 또는 충해 저항성 품종의 개발하는 시대를 훨씬 지나 항산화물질, 비타민 등 이차대사산물 및 기능성 강화 품종을 개발하는 단계에 와 있으며, 이미 의약품을 생산하는 바이오농업으로의 진입을 시작하고 있다. 그러므로 국내에서도 단순한 생산성 향상보다는 기능성 등 부가가치가 높은 형질전환 원예작물 신품종 개발에 목표를 두고 접근을 해야하며, 이러한 면에서 앞으로는 단일 유전자보다는 수십개의 유전자를 포함하는 거대 유전자 전환기술 개발이 요구되고 있다.

생명공학 기술이 발전하는 미래에도 교배육종은 지속될 것이나, 현재와는 육종효율과 육종속도가 비교가 되지 않을 정도로 달라지게 될 것이다. 그것은 MAS의 적용으로 가능케 될 전망이다. 그러므로 MAS의 기술을 개발하지 않고서는 현재 우리가 유일하게 기술적 우위를 점하고 있는 교배육종에 의한 품종육성이 경쟁력을 상실하게 될 것이다. 따라서 주요 작물을 중심으로 MAS을 위한 DNA 표지인자의 개발에도 상당부분의 투자가 필요하다.

결 론

21세기에도 원예산업의 비중은 상대적으로 높아질 전망이다. 그러나 뉴라운드 등 WTO체제를 확대하기 위한 선진국들의 압력과 이에 따른 시장개방이 더욱

가속화될 전망이이서 국내 원예산업의 어려움은 더욱 가중될 것이다. 따라서 생물다양성과 지적재산권 등의 보호와 환경의 보전에 대한 국제적 규제도 더욱 강화될 것으로 예측된다. 이러한 시점에서의 친환경 농업의 실천, 비용절감, 품질향상 등 국제경쟁력을 높여 고부가가치 원예산업으로의 발전을 지속하기 위해서는 단순한 기존의 전통육종 기술에의 의존에서 탈피하고 새로운 생명공학 기술을 접목하여야 한다.

이러한 생명공학기술은 유전체 연구 및 유용 유전자 개발, 형질전환, MAS에 의한 분자육종의 3대 기술로 구분되고 있다. 이들의 모든 분야에서 원예작물의 국내기술 수준은 선진국에 비하여 열위에 있는 실정이다. 그러나 원예작물은 품목과 품종이 매우 다양하여 선진국이 모든 품목과 품종을 점유하기는 불가능하다. 그러므로 선진국의 연구분야와 비교하여 강점을 가질 수 있는 작물과 분야를 선정하여 틈새전략으로 접근한다면 우리도 특정 분야에서 충분한 경쟁력을 확보할 수가 있을 것이다. 따라서 경쟁력 차원에서 작물과 품종 및 분야에서 우선순위를 정하고 기존 육종분야와의 긴밀한 연계하에 연구자간 철저한 역할분담과 협력으로 연구투자를 수행하게 된다면 세계 5대 생명공학 선진국으로의 자리매김을 실현할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. Ahn, S.N. 2001. Marker-assisted selection in plant breeding program. Proceeding of the symposium of plant breeding strategy in the era of genomics. Korean Breeding Society. p22-27.
2. Chung, T.Y. 2001. Development of transgenic crops and research projects for biotechnology application. Korean J. Plant Tissue Culture 28: 289-296.
3. Ebinuma, H. et al. 2001. Systems for the removal of a selection marker and their combination with a positive marker. Plant Cell Rep. 20:383-392.
4. Hood, E.E. 1999. Analysis of plant transformation systems. Proceeding of symposium of application of transformation technology in plant breeding. Korean Breeding Society. p33-38.
5. James, Clive. 2001. Global review of commercialized transgenic crops:2000. ISAAA. http: //www.isaaa.org/publications_download/Brief%2023.pdf.
6. Kim, B.D. 2000. Linkage map construction and molecular genetic approach in Capsicum spp. Korean J. Plant Tissue Culture. 27:367-373.
7. Kim, Y.J., J.Y. Ko, and B.H. Kim. 1999. Breeding strategy of floricultural crops in Korea. Kor. J. Hort. Sci. & Tech. 17:68-70.
8. Lim, Y.P. 1999. Future of plant biotechnology (from gene to life). Kor. J. Hort. Sci. & Tech. 17:179-282.
9. Mok, I.G., J.S. Hahn, D.S. Kim, K.T. Kim, S.Y. Lee, K.J. Song, H.J. Yu, J.H. Kim, B.H. Han, and K.H. Cho. 2001. The biotechnology research activity at NHRI. Proceedings of international symposium of garlic, plant molecular genetics and breeding. p63-69.
10. Moon, H.P. and Y.P. Lim. 2001. Plant Breeding in post-genome era. Proceeding of the symposium of plant breeding strategy in the era of genomics. Korean Breeding Society. p3-11.
11. Oh, D.G. and J.G. Woo. 1999. Breeding direction of vegetable varieties in Korea. Kor. J. Hort. Sci. & Tech. 17:61-67.
12. Shin, Y.U., D.K. Lee, J.H. Hwang, K.H. Chung, K.S. Park, and H.S. Hwang. 1999. Research strategy for the fruit tree breeding programmes. Kor. J. Hort. Sci. & Tech. 17:55-60.
13. Suh, H.S. 1999. Development of plant breeding technique and it's perspective. Proceeding of symposium of application of transformation technology in plant breeding. Korean Breeding Society. p3-32.
14. Tanksley, S.D. 1993. Mapping polygenes. Annu. Rev. Genet. 27:205-233.

15. Yoon. J.Y. 1999. Constructions for policy making in breeding research of horticultural crop in the 21st century. Kor. J. Hort. Sci. & Tech. 17: 41-44.
16. 농촌진흥청. 1999. 농업유전공학(식물편) 연구동향분석과 금후연구방향. 상록사. p. 380.
17. 송관정. 2000. 과수 생명공학 연구동향. 과수육종연구회지 4:122-136.
18. 이영태. 2002. 국내외 농업생명공학 연구개발 동향 및 필요성. 21세기 제주 생물농업 발전방향 심포지엄. 제주도농업기술원. p3-18.