

## 육종과 생명공학

박 효 근  
(서울대학교 농과대학 원예학과)

## Plant Breeding and Biotechnology

Hyo Guen Park  
(Dept. of Horticulture, College of Agriculture, Seoul National University)

### Abstract

The plant breeding, a discipline of agricultural sciences, has greatly contributed to human welfare in relieving food crisis by development of higher yielding, stronger resistant and better quality varieties. However, many conventional plant breeders, especially ones working for major crops, are facing exhaustion of useful genetic variability, which greatly limit the potential of developing better cultivars. Therefore, the conventional plant breeders have been eagerly looking for new renovational methods in creating genetic variability. It has been expected that biotechnology would provide the techniques to create totally new genetic variability through gene transfer, chromosome manipulation and/or cell fusion. It is strongly suggested that very close interdisciplinary approaches between conventional plant breeders and biotechnologists is essential for opening new era in developing better varieties.

### 서 론

생물학사상 인간은 생물의 제반 현상을 개체 → 기관 → 조직 → 세포수준의 순으로 연구.이해하여 오다가 종국적으로 분자수준에 이르기 까지 도달하게 되었고 20세기 중반 이후 분자생물학, 생화학, 분자유전학, 생리학등의 총체적 접근으로 생명공학이 탄생하게 되었다. 생명공학은 농학, 의학, 식료품 가공, 기초 화학품제조,

환경보존 및 에너지 분야등에서 인류를 질병, 기아, 공해 및 에너지와 자원부족 현상에서 해방시켜 줄 수 있는 비법의 기술과 학문 으로 기대되고 있다.

"생명공학"이란 용어는 광의로 "유전공학"과 혼용되고 있으며 본고에서 도 거의 동의어로 취급하겠으며 한국유전공학 육성법 제2조에서는 이를 "유전자 재조합, 세포융합, 핵치환등의 기술과 발효기술, 세포배양기술등을 사용하여 생명과학분야 산업발전을 도모하기 위한 학문과 기술"이라고 하였다. 이렇게 본래의 생명공학은 대단히 광범위한 분야에 관한것 이나 본고에서는 식물 육종과 관련된 분야에만 국한한다.

생명공학적 기법이 인류의 식량난 해소에 기여할 가능성에 관하여 가까 운 장래에 혁신적으로 공헌할 것으로 확신하고 있는 학자들<sup>4,5,13,14)</sup> 이 있는가하면, 반면 에 21세기 초반에 재배될 농작물 품종의 대부분이 지금 우리가 알고 있는 재래식 육종방법에 의하여 개발될 것이지 결코 생명공학적 방법에 의한 것이 아닐것 이라고 보는 또 다른 견해이다<sup>1,3,8,9)</sup> 전자의 견해는 주로 생명공학자들에 의해 제기 되었으며 대중 통신매체를 통해 지난 7 - 8 년간 일반 시민에게는 확고부동한 사실로 인식되어 있다. 반면에 후자의 견해는 주로 현 식물육종가들이 실제 작물의 품종개량에 오랫동안 종사한 체험에 근거하여 제시된 것이다. 놀라운 사실은 이 두 분야의 과학자들 즉 육종가와 생명공학자간에 학문적 교류가 거의 없어 서로 상대방의 분야의 현황, 문제점, 제한요소들을 충분히 이해하고 있지 못하다라는 것이다. 이런 관점에서 볼때 본 심포지움의 의의는 대단히 크다고 생각되며 이 기회를 통해 불가분의 관계에 있어야 할 육종가와 기초 식물학자간의 학문적 교류와 이해가 한층 강화되기를 바라는 바이다.

본고에서는 우선 재래식 식물 육종방법의 핵심적 과정, 성과 및 제한점을 설명하고, 다음에는 현재 식물육종에 원용되고 있는 생명공학적 기법들을 개략 적으로 설명한 후 끝으로 인류의 식량난 해소라는 궁극적 공통 목표달성을 위해 재래식 식물육종학과 새로 부상하는 생명공학과의 바람직한 위상을 설정하여 보고자한다.

# 본 론

## 1. 재래식 식물육종의 현황

식물은 태양에너지를 화학에너지로 전환시키는 공장이며, 식물육종은 이 공장의 세반 효율을 인간의 경제적 목적에 맞게 극대화시키는 작업의 일환으로 식물의 유전적 특성을 개량시킴으로써 그 목적을 달성한다. 식물육종은 신석기인 들에 의해 야생식물을 순화시켜 작물화함으로써 시작되었고, 농작물재배는 인간의 일정한 지역에서의 정착을 가능케 하였고 이는 인류문명 시작의 주요계기가 되었다. 그 이후 식물육종은 인간이 정착한 어느 곳에서나 농민에 의해 수행되어 왔었고, 식물육종이 과학적 체계를 갖추게 된 것은 1900년 Mendel의 유전법칙이 재발견된 이후로서 현재는 전문적인 훈련과 교육을 받은 육종가에 의해 수행되고 있다.

재래식 식물육종은 작물의 생산성, 안정성, 내재해성, 품질, 시장성, 가 공성,

표 1. 주요 농작물의 전 세계 평균 생산성 증가 (1930 - 1975)

작 물	평균생산량 / acre		단 위	증 가 (%)
	1930	1975		
밀	14.2	30.6	bushels	115
벼	46.5	101.0	"	117
옥 수 수	20.5	86.2	"	320
보 리	23.8	44.0	"	85
수 수	10.7	49.0	"	358
대 두	13.4	28.4	"	112

문헌자료 : 정태영<sup>15)</sup>에서 재인용

영농편리성, 재배한계지역 및 계절의 확대 등에서 엄청난 성과를 견움으로서 말서스가 인구론에서 예상했던 인류의 종말론적인 식량위기는 아직까지는 (국부적인 예외는 있겠으나) 실현되지 않았다.

1930년에서 1975년 사이에 주요 곡류의 생산성은 보통 2배-4배 증가하였고(표1), 이 증가분의 약 50%가 품종개량에 기인된 것으로 추정하고 있다<sup>1,11,12,15</sup> 나머지는 재배법의 개선에 의한 것이다.

식물의 육종과정은 작물이 다양하고, 번식방법이 각양이므로 일률적으로 설명하기에는 곤란하나 그 주된 과정을 요약하면 표2와 같다.

## 표 2 식물의 주요 육종과정

- (1) 문제점 인식
- (2) 육종목표 설정
- (3) 육종방법 선정
- (4) 유전자원 수집, 보관, 평가 및 이용
- (5) 유전적 변이창성
- (6) 우수개체 혹은 집단 선발
- (7) 생산성 및 지역적응성 검정
- (8) 종묘의 증식 혹은 채종
- (9) 보급 및 이용

현재의 식물육종의 특성은 막대한 시간, 노력 및 자원이 소요되므로 일반 개인에 의해 수행되기는 어려우며 사기업이나 공공기관에 의해 수행된다. 보통 1개의 육종사업은 5 - 10년이 소요되며 과수와 같은 영년생 작물의 개량에는 30여년 이상 소요된 경우도 흔히 있다<sup>16</sup>.

육종가들이 개선하고자 하는 대상은 오직 작물의 재배과정에서의 문제점(예. 다수성, 내병성, 조숙성 등)만이 아니라 생산→유통→가공→소비의 모든 과정에서

예상되는 문제점이 육종목표가 될 수 있다. 지금까지 식물육종가에 의해 개발·이용된 육종방법은 부지기수이며 육종 방법 결정에 관여되는 주요 요인은 육종 대상 작물의 번식방법(자가수정, 타가수정, 영양번식 등), 품종의 종류(고정종이나 1대잡종이나), 육종목표, 대상 형질발현에 관여하는 유전자의 수 및 환경과의 상호작용 등이다. 그러나 재래식 육종과정에서 가장 주요한 단계를 지적하라면 유전적 변이의 창성과 선발이라 할 수 있다.

유전적 변이의 창성은 재래식 육종에서는 동종내의 품종 및 계통간의 교배와 배수체 및 돌연변이 유기이며 지금까지 개발·육성된 수 많은 품종의 70 - 80% 이상은 동종내 교잡에 의한 것으로 추정된다. 재래식 육종과정에서 가장 장시일과 막대한 노력이 소요되는 과정은 선발과정이다. 이 과정에서의 주된 작업은 육종방법에 따라 크게 차이가 나는데 한 예로 벼와 같은 자식성 작물의 경우에 있어서 이 선발과정에서의 목적은 거의 모든 유전자에서 육종가가 원하는 allele가 homozygous한 상태에 있는 개체 하나를 찾아내는 것이다. 벼 육종에 주로 쓰이는 계통육종법의 경우에 한 교배조합당  $F_2$  이후  $F_5 - F_6$  까지의 분리 세대의 보통 매 세대당 수 천에서 수 만그루의 개체를 선발의 대상으로 하고 있다. 또 다른 예로서 배추와 같은 타식성 작물의 경우 현재 우리나라에서는 거의  $F_1$  품종을 육성하는데 이 경우 선발과정에서는 여러 inbreds간에 짜여진 조합의 능력검증을 하게 된다.

위와 같이 선발과정을 거친 우수한 계통이나  $F_1$ 조합은 다시 엄격한 생산성 및 지역적응검증 과정을 거쳐야 한다. 이는 새로운 계통의 우수성을 확실히 하는 한편 실제로 보급하려는 지역이나 계절이라는 특수환경에 어떻게 적응하고 반응하는가를 알기위한 것이다. 한 예로서 수원에서 새로 육성된 벼계통이 제주도나 강원도에서는 어떻게 그 능력을 발휘하는가를 검정하는 과정이다. 보통의 경우 이 과정까지 7 - 8년 이상 이 소요된다. 이 과정까지 그 우수성이 증명된 새 육종계통이나  $F_1$ 조합은 종자 혹은 종묘심의회를 거쳐서<sup>19,20)</sup> 정식으로 새 품종으로 등록이 되면 최종단계로서 농가에

보급할 종자를 증식하게 된다. 자가수정 작물인 경우 단순히 격리된 장소에서 재배하면 되나  $F_1$  품종의 경우에는 시판  $F_1$  종자의 재종에 고도의 기술이 필요하며 우리 나라에서는 보통 인공 교배(수박, 참외, 토마토), 응성불임성(고추, 당근, 파, 양파, 무우) 및 자가 불화합성(배추, 무우, 양배추)을 이용하여 경제적으로 재종하고 있다<sup>16,20)</sup>

육종에 실제 착수한 이후 마지막 과정까지 체계적이며 일관된 과학적 육종 조작과 기술이 필요하게 되며, 실제로 위와 같은 장시일이 요구되는 전육 종과정에서 육종가는 부단히 크고 작은 판단을 내려야 하며 막대한 투자가 소요되는 육종사업의 성패에 대해 전적으로 책임을 져야 한다. 식물육종은 결코 연구실이나 교과서를 통해 완전한 것을 배울 수 없고 실제 육종포장의 오랜 경험이 요구되는 것이다. 이러한 연유로 식물육종가들은 대부분의 생명공학자들이 전육종과정의 복잡성을 이해할 수 있으리라 생각치 않고 있으며 결과적으로 생명공학자들이 제안한 생명공학자 육종기법의 결과에 대해 소극적인 반응을 보이게 된 것으로 판단한다. 실제로 조사한 바는 없으나 식물육종에 적용되는 생명공학적 기법의 연구에 종사하는 학자들중에서 몇사람이나 대학 및 대학원 교육과정에서 식물육종학 강의를 수강하였는지 궁금하다. 자기가 개발하고자 하는 기술이 전체 과정중에서 어떤 부분에 관련되며 새 기술의 전체과정에 미치는 파급 효과는 알고 있어야 한다고 생각된다.

## 2. 재래식 식물육종의 한계

1900년 이래 식물육종과 직·간접으로 관련되는 학문들(유전학, 세 포학, 재배학, 통계학, 생화학, 식물병리학, 해충학, 생리학)의 눈부신 발전으로 앞에서 언급한 바와 같이 식물육종학이 급속히 늘어난 인류의 식량공급에 크게 공헌하여 왔다. 그러나 지난 10여년간 일부 식물육종학자들은 재래식 육종방법의 한계에 대하여 표명하여 왔고<sup>3,4,5)</sup> 그 주요 내용은 다음과 같다.

1) 품종개량의 근거가 되는 유전변이의 협소화 및 유전자원의 소실, 2) 생산성이 한계점에 도달하였지 않느냐는 우려, 3) F<sub>1</sub>품종 선호에 대한 대안의 부재, 4) genetic vulnerability에 대한 우려, 5) 자식성 작물의 종내 교배에 있어서 genetic recombination을 확대할 수 있는 방안, 6) 선발과정의 효율성 제고, 7) 육종작업의 경제성 제고, 8) 식물의 genotype과 환경과의 상호작용의 과학적 측정방법 및 9) 육종사업의 최우선 수혜자를 종묘회사, 농민, 유통·가공업자 및 소비자중에서 누구로 하느냐 하는 윤리적 문제 등인데, 그 중에서도 유전변이의 확대방법 선발의 효율성 제고와 생산성의 상한계 인상방안이 가장 중요하다고 생각된다.

### 3. 식물육종에 원용되는 생명공학기법

재래식 식물육종에서 한계로 생각되어지는 문제들을 해결하기 위해 쓰여진 광의의 생명공학기법은 다음과 같고 자세한 설명은 관계 참고문헌을 참조하기 바란다.

첫째 유전적 변이를 확대하기 위해 쓰여진 기법은 이중속간의 교잡불합을 극복하기 위해 기내수정, 배 및 배주배양, 세포융합, 염색체 및 유전자 조작 등이 개발되었고 그중에서도 세포융합과 유전자 조작이 크게 각광을 받고 있으나 아직 이들 방법을 이용해서 상업화된 품종이 육성되지는 않았다. 둘째로 선발 효과를 제고하기 위한 것으로는 세포단위의 배양에서 여러 stress (환경적 및 생물적)를 가한 후 생존한 세포를 재분화시켜서 내성 품종을 육성하려는 방법이다. 세째는 약배양으로 자식성 작물의 경우 육종년한단축이 주목적이며 타식성 작물의 경우에는 단일세대에 100% homozygous한 inbreds을 육성하여 F<sub>1</sub>종의 양친으로 이용하고자 하는 것이다. 넷째로 작물의 생산성과 경제성을 획기적으로 높이기 위한 기초 연구로서 식물의 태양 에너지 이용효율을 혁신적으로 높이기 위한 광합성반응(명반응과 암반응)에 관여하는 enzyme의 효율제고에 관한 연구와 두과작물에서 일어나는 공중

질소고정 반응을 타작물(특히 화본과 작물)에서도 활용 가능 방법연구, 다섯째로 성장점의 조직배양을 통한 무병주 생산 그리고 마지막으로 새로 육성된 우수 품종을 급속히 보급할 수 있는 방안으로 인공종자와 기내 대량 급속 증식방법 등이 있다. 이상에서 열거한 생명공학 적 기법 중에는 완전히 실용화된 것도 있고 아직 기초 연구단계에 있는 것도 있다.

## 결 론

전세계는 지금 급속한 인구증가와 공업화로 인하여 머지 않아 식량부족 과 회복할 수 없는 환경오염으로 증대한 위기에 봉착하게 될 것이다. 현46억의 전세계 인구는 2000년에 62억, 2030년에 100억으로 증가될 것이라고 FAO는 추정하고 있다. 경지면적의 제한적 증가와 생활수준향상으로 인한 육류소비의 급증은 이 지구의 식량사정을 대단히 악화시킬 것이다. 특히 국제시장에서 식량을 구입할 수 있는 외화를 갖고 있지 못한 후진국의 기아현상은 목불인견의 참상이 될 것이다. 이를 극복하거나 최소화하기 위해서는 품종개량과 재배방법 에 혁신이 있어야 할 것이다.

식물 육종의 혁신적 발전을 위해서는 재래식 육종가는 생명현상을 분자 수준에서 이해하고 이용하려는 생명공학적 접근방법을 소화할 수 있는 능력을 함양하여야 할 것이고 생명공학적기법을 식물육종에 도입하려는 생명공학자는 성급하고 비현실적 기대는 뒤로 제쳐 놓고 재래식전 육종과정에 대한 보다 깊이 있는 이해를 갖도록 하여야 할 것이다. 그렇게 하기 위해서는 상기 양 분야의 연구자들이 이번 심포지움과 같은 기회를 자주 가져서 기탄없는 의견 및 정보 교환을 해야 할 것이다. 저자의 소견으로는 재래식 식물육종학과 새로운 생명공학이 진정으로 접합되어 학문간의 잡종강세현상이 일어 나야만 인류의 식량위기는 극복될 수 있다고 생각한다.

## 참 고 문 헌

1. Duvick, D.N. 1984. Progress in conventional plant breeding. In J. P. Gustafson (Eds.) Gene manipulation in plant improvement. p. 17-32. Plenum Press.
2. Beachy, R.N. 1984. Toward an understanding of gene expression in plants. In. J. P. Gustafson (Eds.) Gene manipulation in plant improvement. p. 605- 626.
3. Simmonds, N.W. 1984. Gene manipulation and breeding. In J.P. Gustafson (Eds.) Gene manipulation in plant improvement. p. 637-654.
4. Goodman, R.M., H. Hauptli, A. Crossway and V.C. Knauf. 1987. Gene transfer in crop improvement. Science. 236:48-54. Jones, A.G.K. 1985. Applications of genetic engineering to agriculture. In J.H. Dodds (Eds.) Plant Genetic Engineering. p. 269-295, Cambridge Univ. Press.
5. Jones, A.G.K 1985. Applications of genetic engineering to agriculture. In J.H. Dodds (Eds) Plant Genetic engineering. p. 269-295, Cambridge Univ. Press
6. Sen, S.K. and K.L. Giles. (Eds.) 1983. Plant cell culture in crop improvement. pp.502. Plenum Press, New York.
7. Withers, L.A. and P.G. Alderson. 1986. Plant tissue culture and its agricultural application. pp.526. Butterworths, London.
8. Kosuge, T.,C.P. Meredith and A. Hollaender. (Eds.) 1983. Genetic engineering of plants. An Agricultural Perspective. pp.499. Plenum Press, New York.
9. Van der Have, D.J.1979. Plant Breeding perspectives. pp.435. Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen.
10. Vasil, I.K., W.R. Scowcroft. and K.J. Frey. (eds.) 1982. Plant improvement and somatic cell genetics. pp.300. Academic Press, New York.
11. Vose, P.B. and S.G. Blixt (Eds.) 1984. Crop Breeding. A contemporary Basis. pp.443. Pergamon Press, Oxford.
12. Poehlman, J.M. 1970. Breeding Field Crops. pp.483. Avi Pub. Co., Inc.
13. 농촌진흥청. 1982. 유전공학연구 심포지움. pp.431.
14. 경북대학교 출판부. 1986. 식물조직배양의 농업적이용 및 산업화. pp.216.
15. 정태영. 1986. 작물육종에 활용되는 조직배양 및 유전자 전환기술. 한국 농업 과학협회 주관 심포지움 보고서. p.49-68.

16. 강성모, 엄성균, 박중춘, 조정래, 김주현. 1986. 원예작물의 품종개량 및 종묘생산 목표와 첨단기술의 이용. '86 농업과학 심포지움. p.69-78.
17. 박용구. 1986. 입엽과 Biotechnology. '86 농업과학 심포지움 p.79-102.
18. 이수성. 1985. 원예작물 육종에 있어서 식물조직 배양기술이용. 한원지. 26:393-409.
19. 허분희, 박래경, 조수연. 1985. 수도의 종자갱신 현황과 문제점. 한육지. 17:207-218.
20. 박효근. 1984. 원예종묘산업의 현황과 발전 방향. '84 농업과학 심포지움. p.145-153.

## 저 자 약 력

### 박 효 근 ( 朴 孝 根 ) 박사

- 1940. 7. 22. 생
- 1963. 2 서울대학교 농학과 (농학사)
- 1965. 2 서울대학교 행정대학원 (행정학석사)
- 1971. 미국 Minnesota대학교 원예학과 (석사)
- 1974. 미국 Minnesota대학교 원예학과 (Ph. D.)
- 1974 - 81 대만 아시아 채소연구발전센터 책임연구원
- 1981 - 현재 서울대학교 원예학과 교수