

과수육종에 있어 생명공학의 이용 전망

The Prospects and Utilization of Biotechnology for the Improvement of Fruit Breeding

이돈균, 김휘천, 신용익, 강상조, 예병우

Lee, D. K., W. C. Kim, Y. U. Shin, S. J. Kang, and B. W. Yae

원예연구소 과수육종과

Nat. Hort. Res. Inst.

Abstract

The major objectives of fruit breeding lie in improvement of cultivar, easy to be cultivated and of high quality, in order to produce unexpensive, delicious fruit both for fresh fruit market and processing.

Recently, fruit breeding in Korea has contributed to breeding of several superior cultivars in major fruit crops, resulting in appreciable improvement in qualities such as skin color, taste and fruit-bearing habit concerned with productivity.

In spite of accomplishments mentioned above, the need for both highly disease-resistant cultivars and long-keeping, physiological disorder-resistant cultivars to meet long distance transportation in the temperate fruit crops of apples, oriental pears, stone fruits such as peaches, and grapes grown in Korea is rapidly pressing more than ever, as cultivars of today susceptible to pests and diseases and vulnerable to physiological disorders are very expensive and time-consuming in post-harvest handling and management. Thus, improvements made in the

above problems through breeding level will lead to the really enhanced productivity in fruit industry.

The major impediments of tree size, the long length of juvenile period and the highly heterogeneous genetic composition to the improvement of fruit crops are responsible for the lower amount and rate of improvements of fruit crops as compared to annuals.

Considering the expected limitations of the above problems to be solved through conventional breeding methods and strategy, a turning point of breeding a near perfect cultivar would be laid down if innovative breakthroughs in biological technology will be realized in applying some of the techniques of genetic manipulation at the molecular level to the cultivar improvement of fruit crops, such as the selective insertion of DNA carrying genes that govern desirable characteristics.

More than anything else, those traits such as fruiting habit deciding productivity, elements of fruit qualities conditioned by *monogene*, and disease-and pest-resistance of vital importance for successful fruit growing are urgently desired to be improved by advancement of biotechnology for they are more than difficult and need long period to be attained through conventional breeding method.

1. 서론

과거 우리나라에서 과수 품종개량은 주로 외국품종의 도입선발이나 지방재래종의 수집선발에 의존하였고 교배를 통하여 새로운 품종 육성의 기반이 잡힌 것은 극히 최근의 일이다.

외국으로부터 과수품종이 많이 도입된 것은 1906년에 원예모범장과 1908년 권업모범장이 설치되면서부터였으며, 이 시기에 도입된 품종은 사과 21, 배 40, 복숭아 21, 포도 60, 양앵두 19, 감 13, 자두 13 등 7과종 187품종에 이르렀고(농진청, 1976) 이 가운데서 금춘추, 만삼길, 장십랑 등 배 품종과 부유, 갑주백 등 감 품종은 아직도 주요 품종으로서 널리 재배되고 있다. 이 시기 이후 일제시대를 거치면서 다소나마 이루어진 과수 품종 개량 사업은 해방과 더불어 육종기반이 거의 무너져 단절상태였으며, 1960년대 이후 과수연구가 활성화되면서 육종연구가 다시 시작되어 최근에 이르러서는 교배육종에 의한 새로운 품종이 속속 육성되어 우리의 과수 육종성과가 나타나고 있다.

그러나 농산물 수입개방화와 더불어 육종을 통한 과실의 품질향상이나 재배과정에서의 생력화가 어느때 보다도 절실히 요구되는 현 상황에 적절히 대응하기 위해서는 급후, 보다 효율적인 과수 육종연구가 요구되고 있는 실정이다.

과수 품종개량의 진전은 중요한 형질 발현에 좋은 영향을 주는 유전자 획득 빈도를 모집단에서 높여나감으로서 가능하다(Moore and Janick, 1983). 그런데 과수는 유전자 조성이 매우 heterozygous하고 긴 life cycle을 가진다는 식물학적 특성때문에 육종과정에 있어서 우수한 유전자를 집적시켜 나가는 과정이 매우 길고, 우수개체 획득 가능 빈도가 매우 낮다. 그러나, 과수는 모집단에서 우수한 유전자형이 생기면 영양번식을 통해서 쉽게 증식시켜 나갈 수 있다는 육종과정상의 장점도 있다.

육종 모집단의 개량을 위해 표현형으로 선발된 교배친을 임의적으로 교배시키고 그 실생으로부터 다시 우수한 개체를 선발하여 새로운 품종으로 육성하거나 다시 교배친으로 이용하는 과정을 반복하는 순환집단선발법이 기존 육종체계이며 앞으로도 같은 체계가 유지될 것으로 전망된다(Moore and Jenick, 1983).

따라서 앞으로 이러한 전통적인 육종방법으로 도달할 수 있는 우수한 유전자 조합의 획득 가능성이 어느정도인가에 따라 기존 육종방법의 한계가 설정될 것이다.

본 난에서는 1960년대 이후 원예연구소에서 이룩한 과수 육종성과를 중심으로 우리나라 과수 육종 현황을 고찰하고 금후 과수 육종 연구 발전 방향을 모색하면서 생명공학 기술의 이용 가능성을 전망해 보고자 한다.

2. 과수 육종 연구 현황

가. 유전자원 수집 보존

우리나라에서 과수의 유전자원은 원예연구소에 유지, 보존되고 있으며, 현재 능금(*Malus asiatica* Nakai), 들배(*Pyrus serotina* Rehd), 머루(*Vitis amurensis* Rupr) 등과 같은 우리나라 자생의 과수류와 국내 육성품종 및 해외로부터 도입된 품종들을 망라하여 총 14개 과종 1,599품종과 269수집종을 보유하고 있으며(원예연구소, 1994), '95년도에 434품종을 해외에서 새로 도입하였다.

유전자원의 수집은 주로 1960년대 이후에 이루어졌으며, 자생종보다도 개량된 품종을 중심으로 도입하였다. 도입처는 주로 미국, 일본, 이태리, 프랑스, 영국 등의 과수연구소나 대학이었으며(한국원에발달사 편집위, 1980), 유전자원의 보고로 알려져 있는 중국으로부터의 도입은 금후 적극 추진되어야 할 것이다.

현재까지는 재배품종을 중심으로 해외 유전자원 수집에 치중하여 왔으나 육종 목표에 따라 육종재료로서의 체계적인 수집이 미비하였다. 또한 수집된 자원의 평가, 분류 보존 등 질적인 면에서의 정리는 금후의 과제로 계획되어 추진되고 있는 실정이다.

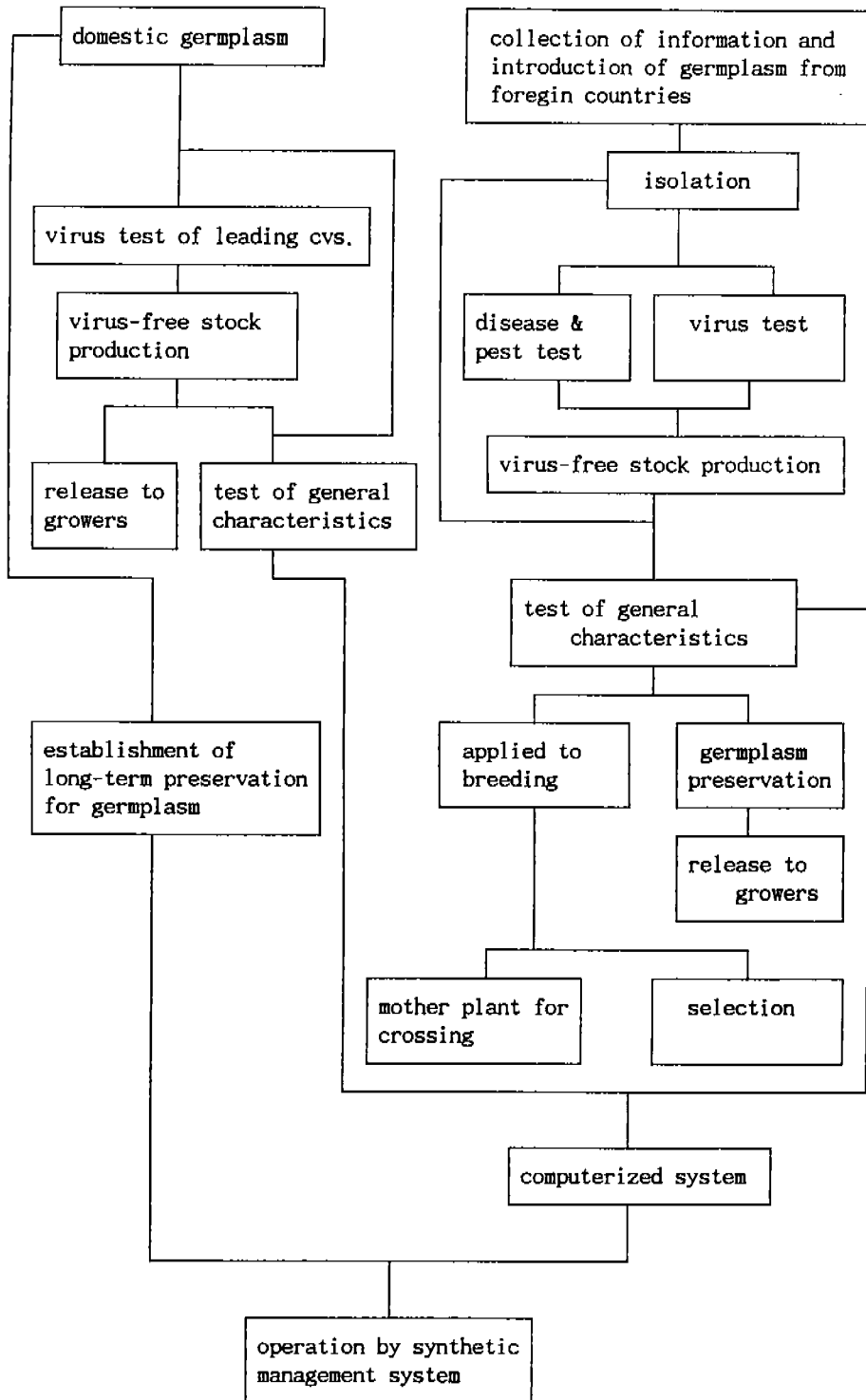


Fig. 1. Schematic representation of collection and preservation for fruit germplasm in Korea.

나. 육종기술 개발

1) 유전양식 구명

사과 등 각종 과수에는 자가불화합성이 있어 유전자 조성이 애초부터 매우 heterozygous하며 개화결실까지 많은 세월과 계통 양성에 엄청난 토지가 소요되기 때문에 많은 개체를 대상으로 해야 하는 유전양식 구명 연구는 매우 어렵다. 그러나 목적하는 형질을 가장 높은 확률로서 후대에 이전시키는 계획 육종의 실현을 위해서는 수체, 과실 품질 및 내병충성 등에 관여하는 형질의 유전양식 파악이 지극히 중요하다.

가) 과실크기의 유전

Polygene으로 유전되는 대표적인 형질로서 사과가 대과에 대해 우성적인 경향이 있다. 즉, progeny mean이 mid-parent value 보다 적어지는 양적 유전을 한다.

나) 과형의 유전

사과의 경우 편원형(원형)이 장원형(원추형)에 대해 우성적인 경향이 있으며, 유전력은 비교적 높은 편이다.

다) 과피색 유전

사과 과피색은 antocyanin과 flavonol(적색), carotenoid(황색), chlorophyll(녹색)의 함량에 따라 다양하게 변화하는데, A, B, C, 3개 대립유전자에 의해 지배되며 적색이 황색에 대해 우성이다. 즉, A 또는 B는 적색이며 A와 B가 같이 있으면 황색이 되고 abC 유전형은 과피 전면에 동녹이 발생된다. 또한 착색 색조가 줄무늬인 것은 전면착색에 대해 우성이다.

라) 품질 유전

과실의 식미는 당도, 산도, 향기, 육질, 과즙량 등 많은 요인에 의해 결정되는 것으로 감미와 산미는 독립적으로 유전된다. 당도는 양적 유전하는 것으로 알려져 있으며, 산미는 Ma 단일 유전자에 의해 지배된다. 향기는 24종류 이상의 복합적인 휘발성분이 관여하는 것으로 유전현상은 현재 불명확하다. 최근에는 GC에 의해 측정된 총 향기 함량과 산도간에 정의상관이 있음이 밝혀져 실제 고향기성 품종육종에 이용 가능성이 있을 것으로 생각된다.

마) 숙기

과실의 숙기는 전형적인 polygene에 의해 양적 유전되는 형질이다. 그러나 예외적으로 7월 숙기인 극조생종은 조숙성을 우성으로 전달하는 경향이 있어 극조생종과 만생종간 교배조합에서 조생종 후대의 출현율이 높아 만생종의 우량

형질을 조생종에 이전할 수 있는 확률은 높다.

바) 절간장의 유전

사과의 경우 무촉지성을 유발하는 인자는 Co로서 단일 우성 유전되는데 실제 무촉지성 McIntosh Wijick과 Golden Delicious를 교배한 결과, 무촉지성과 정상 형이 1:1로 분리되어 무촉지성을 일반 재배품종에 이전 가능성이 알려졌다. 사과의 무촉지성 유전자를 cloning 하는데 성공한다면 이러한 무촉지성을 타 과종에 쉽게 이전할 수 있을 것이다.

한편, 스퍼타입에는 3개 유전자가 관여하고 있는데 1개 유전자에 열성 mutation이 일어나면 스퍼타입 mutant가 획득된다(예, 스타킹, AaBbCc → 스타크림슨 AaBbcc). 완전 왜성형인 dwarfism은 3개 열성 복대립 유전자(d_1, d_2, d_3)가 관여하고 있다.

Table 1. The mode of inheritance of horticulturally important character in apple.

Character	gene symbol	Source	Reference
Burr knots	bu ₁ bu ₂	Northern Spy	Decourtye, 1967
Malic acid	Ma	Lord Lambo urn	Nybohm, 1959
Self incompatibility (multiple allele)	S ¹ S ² S ³	Northern Spy	Knight et al, 1963
Red fruit skin	aaBbcc or Aabbcc AaBbCc	Red Del. Reinette de Landsberg	Lespinasse, 1984 A, B, C 3 independent gene A+B→yellow, phenotype: AB A or B→Red, phenotype: Ab or aB abC→russet, phenotype: abC
Compact type habit	Co	McIntosh Wijcik	Lapins & Watkins, 1976 M. Wijcik: hetero type
Spur type	single recessive mutant	cultivated apple	Decourtye & Lantin, 1969 Golden Del→Spur Golden (AaBbCc) D. (aaBbCc) Starking (AaBbCc) → Redspur (AabbCc) ↘ Starkrimson (AaBbcc)
Dwarfism	d ₁ d ₂ d ₃	Northern Spy	Decourtye, 1967

사) 내병성의 유전

과수는 영년생 작물이므로 1, 2년생 작물보다 병해충이 침입하는 기간이 길고, 일단 이병성으로 밝혀진 뒤에도 다른 품종으로 쉽게 갱신할 수 없기 때문에 내병충성이 강한 품종 육성은 다른 일반작물에 비해 더 중요하다. 다행히 사과 의 경우 치명적인 주요병해인 흑성병, 반점낙엽병, 적성병, 흰가루병 등은 단일 또는 수개 주동 유전자에 의해 지배되고 있어 유묘기에 조기선발이 가능하다.

미국에서는 Vf라는 흑성병 우성 단일 유전자를 보유한 M. floribunda 821과 재배품종간 여교잡을 통해 이 유전자를 이전시키는 노력을 100년에 걸쳐 한 결과, 지금까지 Liberty 등 10개 품종을 발표한 바 있다. 일반적으로 우성인자 지배병저항성은 세대 진전이 빠르고 문제점이 적다. 한편, 야생종내 저항성이 열성이거나 polygenic control에 있고 야생종이 유일한 source인 경우에는 test 또는 sib cross를 때 여교잡 세대에 삽입함으로써 recessive gene을 homozygous형으로 만들어 나간다. Polygene이 지배하는 저항성 육종을 실시할 경우에는 적절한 저항성 검정 방법을 통해 우수한 저항성 개체를 선발하여 저항성 gene pool을 만들어 나가는 방법을 사용한다.

아) 내충성의 유전

사과의 경우 진딧물 저항성은 Sd 단일 유전자에 의해 지배되고 있으며, source는 Cox Orange, James Grieve, Northern Spy를 사용하고 있다. 면충 저항성 유전에 관여하는 Northern Spy내에 Er이라는 단일 유전자가 지배하는 것으로 알려져 있으며, 실제 영국 Long Ashton 연구소에서는 면충에 약한 M계 대목에 Northern Spy를 교배하여 면충 저항성 MM계 대목을 육성한 바 있다.

Table 2. Mode of inheritance of resistance to major disease and insects in apple.

Character	Gene symbol	Source	Reference
Resistance to <i>Erisoma lanigerum</i>	Er	Northern Spy	Knight et al, 1962
Resistance to American cedar rust	Gy	McIntosh	Shay & Hough, 1952
Resistance to <i>Phytophthora cactorum</i>	Pc	Northern Spy	Alston, 1970
Resistance to <i>Podosphaera leucotricha</i>	Pl ₁	M.robusta MAL 59/9	Knight & Alston, 1968
	Pl ₂	M. zumi MAL 68/5	
Resistance to <i>Phyllostica solitaria</i>	Ps ₁	Jonathan, Idared	Mowry & Dayton 1964
	Ps ₂		
Resistance to <i>Dysaphis devecta</i>	Sd ₁	Cox Orange	Alston & Briggs, 1968
	Sd ₂	Northern Spy	
	Sd ₃	M.robusta MAL 59/9	
Resistance to apple scab	Va	Antonovka PI 172612	Dayton & Williams, 1968
	Vb	M.baccata Dolgo	"
	Vbf	M.baccata jackii DgR	"
	Vf	M.floribunda 821	Williams & Kuc 1969
	Vm	M.micromalus 245-38	"
	Vr	Russian seedling R12740-7A	"
Resistance to <i>Alternaria mali</i>	alt	Jonathan, Gala	Saito, 1984
	R ^{alt} , r ^{alt}	M.asiatica M.baccata	Satio, 1988
	R ^{alt} , R ^{alt}	M.robusta	

2) 각종 육종기술 개발

가) 내병충성 검정 방법

○ 접종기술

사과 반점낙엽병 접종기술로 포자현탁액 무상접적접종, 유상접종, 분무접종 기술이 개발되어 있고, 역병은 유주자균을 토양에 관주하는 방법이 연구중에 있다. 이와같이 배지상에서 포자형성이 잘 되는 균들은 점적접종 또는 분무접종으로 저항성 구분이 가능하다. 배지상에서 포자가 형성되지 않는 흰가루병, 적성병, 갈반병 등은 자연상태에서 이병된 잎으로써 접종하여야 하는데 이 경우 접종방법, 접종대상 부위 및 연령, 저항성 판정 기술 및 조사 시점 등이 연구과제이다. 또한 사과 반점낙엽병 AM-toxin 등과 같은 대사 독소를 이용한 간접검정법 개발도 금후 과제이다.

○ 내병성 형질과 marker 유전자 탐색

*M. floribunda*에서 유래한 저항성 gene과 RAPD 특정 band 간에 연관성을 연구한 결과, 8-12 bp를 가지는 OPD 20/600 primer가 Vf gene간에 cross linkage되어 있는 연구 결과가 있으며 이 결과는 후대실생의 저항성 분리비와 RAPD 분리비가 서로 일치함으로써 검증되어졌다.

Table 3. Linkage analysis of scab resistance and the RAPD fragment originating from *M. floribunda* in the progeny '90/15'. (Hemmat et al, 1994)

Locus	Phenotype ¹	2			Recombination frequency(%)				
		XA	XB	XAB					
A	B	AB	Ab	aB	ab				
Vf	OPD20/600	10	6	1	11	0.57	1.28	7.00 ²	25.0±8.2

¹ Phenotypes: AB: scab resistance and has OPD20/600, Ab: Scab resistance Without OPD 20/600; aB: scab susceptible and shows OPD 20/600; ab: scab susceptible without OPD 20/600.

² Significant at the 0.01 probability level.

Table 4. Cosegregation for resistance and RAPD marker in the progeny '93/22'. (Hongyu et al, 1995)

Subset of plants	Total of plants	OPD 20/600		
		Present	Absent	Recombination freq(%)
Susceptible plants	48	8	40	19.0±3.1
Selected plants ¹	110	88	22	

¹ In the selected plants susceptible individuals may be present, so the true recombination frequency may be lower.

나) 내한성 등 기후 적응성 검정

과수는 한 장소에서 장기간 같은 기상 조건에 조우되므로 적지적작 및 적지적 품종을 재배하지 않으면 경제적 재배가 어렵다. 따라서 내한성 등 생태적 특성 검정 방법이 확립되어야 하는데, 냉동실내에서 가지를 인위 동결 처리하는 검정 방법이 효과적이다.

다) 품종의 분류, 유연관계 구명

현재 과수류의 분류는 형태적 특성이나 동위효소에 의해 중간 분류가 되고 있으나 정확도가 떨어지므로 품종간 또는 point mutation 구분을 위해서는 RFLP 등 신기법의 개발이 요구된다.

과수류에서 RFLP를 이용하여 사과 21품종을 모계중심으로 3군으로 분류한 연구가 있고 영양계와 실생집단을 RFLP로 분류한 시도도 있다. 최근 RFLP의 여러 단점(DNA 다량소요, 시간, 노력 과다 소요, 방사성 동위원소 사용 문제 등)을 해소한 RAPD 기술과 PCR의 발전으로 과수류에서도 RAPD를 이용한 연구결과가 다수 발표되고 있다.

라) 교배장벽 해소

조생종을 획득하기 위해서는 조생종간 교배조합을 작성하여야 하나 복숭아 등 특정과수에서는 조생종의 배가 성숙전에 퇴화되어 버리기 때문에 많은 제한을 받게 된다. 따라서 이 경우 배배양을 실시함은 특정집단을 양성하는데 극히 효과적이다. 또한 조기에 배가 퇴화되는 stenospermocarpic한 포도에서 배주배양

을 통해 식물체를 얻을 수 있다면 무핵품종간에 교배가 가능하게 되어 무핵개체 획득율을 높일 수 있다. 또한 배배양시 휴면이 타파되어 육종 사이클을 단축시킬 수 있는 이점도 있다.

한편, 속간 또는 종간 잡종 획득을 위해 recognition pollen을 사용하여 교잡을 한 후 배 또는 배주배양으로써 유식물체를 양성하는 기술도 개발되어 있다. 이러한 잡종식물체는 장래 과실의 소비를 새로 창출하거나 또는 소비의 폭을 크게 넓히는데 기여 할 것이다.

마) 돌연변이 육종

돌연변이는 single cell 수준에서 일어나므로 접수나 삽수에 변이원을 처리할 경우 chimera 발생이 선발상 가장 큰 문제점으로 남게 된다.

최근 발달된 조직배양 기법을 이용한 기내 돌연변이 육종이 과수분야에서는 활발하게 추진되고 있다. 기내 돌연변이 유기는 변이폭은 좁으나 유용형질 획득율이 높고 변이가 고정되는 이점이 있다. 반면 somaclonal variation은 표현형 변이가 크고, 양적 변이의 획득 가능성이 많으나 epigenetic율이 높은 문제점이 있다고 한다. 또한 somaclonal variation은 maximum variation은 얻을 수 있으나 optimum variation 획득율이 낮은 경향이 있다고 한다. 분자생물학과 돌연변이 육종의 결합으로 과수 육종기술이 개선될 수 있는데 특히 선발 marker 탐색 및 선발대상 집단의 유전자 구성 파악, 최종 선발개체의 품종 등록이나 보호를 위한 genomic typing 등에 RFLP나 RAPD를 이용할 수 있을 것이다.

최근 영국 East Maling 연구소에서는 PCR을 이용하여 EMLA계 사과 대목 및 신육성 품종의 genetic finger printing을 발표한 바 있다.

바) 배수성의 조절

식물육종은 단순한 기술이 아니라 하나의 진화과정이라는 사실을 인정한다면 지금까지 식물진화와 유전연구에 큰 기여를 한 배수성 조절에 대해 새로운 관심이 모아져야 할 것이다. 과수에서는 주로 포장상태의 신초가 기내 배양중인 신초에 고티친을 처리함으로써 동질배수체를 유지하는 연구가 수행되어 왔는데 3배체 사과, 배는 2배체보다 대과이고 세력이 왕성하며, 내병충성이 강하고 수량이 많아 실용품종으로 개발된 예가 많다.

반면, 4배체 사과, 배는 자가화합성이 되는 유리한 점은 있으나 기형적인 대과 획득율이 높아 실용적이지 못하다. 포도, 라즈베리, 참다래 등 소장과류에서는 배수성 확대를 통하여 heterozygosity를 높은 수준까지 끌어올려 선발을

계속한다면 무핵 대과성 4배체 품종 육성이 가능할 것이다.

사) 사과 genome mapping

과수육종 특히 내병충성, 수형 및 과실 품질 개선을 목표로 할 경우, 품종 육성에 소요되는 시간을 단축하고 육종효율을 증대시키기 위해서는 이에 관련된 유전자 지도를 작성함이 매우 중요하다. 따라서 각종 원예적 형질과 특정 DNA marker간의 연관을 구명하여 genome 지도를 작성하여 양친의 선정이나 후대선발에 이용하는 방안을 모색중이다. 미국은 주로 Cornell대학에서 1988년부터 mapping을 착수하여 많은 진전을 보고 있고, 영국, 프랑스, 이태리 등 유럽 6개국은 그동안 축적된 각종 표현형을 가진 사과 유전자원과 유전정보를 데이터베이스화 하여 상호교환하는 European apple genome mapping project를 공동연구 과제로 수행하고 있어 이 분야에 많이 앞서가고 있고, 일본도 수도나 다른 초본성 1년생 작물에 비해 초보단계이나 유전분석에 이용 가능한 교잡실생균을 충분히 보유하고 있는 과수시험장 모리오카 지장을 중심으로 DNA marker 개발 및 genome 연구가 착수되고 있다. 우리나라 원예연구소에서는 최근 PCR 및 RAPD에 의한 사과, 복숭아 분류 연구가 이미 시도되었고(예병우, 1994), gene mapping을 위한 교배조합을 신규 작성하여 이 분야 연구를 강화해 나가고 있다.

다. 육종성과

1) 교배육종

60년대 이후 신품종 육성은 1968년 배에서 단배 육성(홍순범외, 1970)을 시작으로 사과, 복숭아, 포도 등 우리나라의 대표적 온대과수 4대 과종에서 총 18개 품종이 육성되었다. 사과에서는 '88년 홍로 육성이후 화홍, 추광, 감홍 등 4개 품종, 배에서는 단배를 포함하여 황금배, 추황배, 영산배, 수황배, 감천배, 화산배, 원황 등 모두 8품종, 복숭아에서는 유명, 백미조생, 천홍, 백향 등 4품종, 포도에서는 청수, 홍단 등 2개 품종이 육성되었다(농촌진흥청, 1993b).

사과 육성품종의 주요 개량특성을 보면 착색증진(홍로, 화홍), 당도증진(감홍), 수확전 낙과 감소(홍로), 동녹발생 감소(홍로), 숙기 다변화(각품종 공통), 결실성 양호(홍로) 등이며 이 중 착색이나 숙기, 수확전 낙과 감소 등의 특성은 육성품종과 동시기에 수확되는 대비품종과 상대적인 비교로 우수하게 평가되는 반면에, 감홍 품종에서 당도는 교배친을 포함한 어떤 유전자원 보다도 현저히 높은 특성을 발현시키고 있어 교배육종에서 양친의 표현형 한계를 벗어날 수 있는 예를 보여주고 있다(신용역 등, 1989).

배 육종에서는 과형과 과피색으로 평가되는 외관과 육질, 당도, 과실크기, 과파두께, 속기면에서 개량효과가 인정되었는데, 특히 아름다운 황금색 과피를 가진 "황금배"의 출현은 지금까지 갈색과피 위주의 단순한 품종구성을 다양화할 수 있고, 일본 수출배의 주품종인 이십세기에 대응한 수출 품종으로서 유망하며 최근 육성된 화산배도 기존 신고에 비해 육질이 크게 개선된 추석용 배로서 평가되어 보급이 확대되고 있다(김취천 등, 1994).

복숭아 품종에서는 현재 가장 널리 재배되고 있는 유명 품종의 경우, 특히 수확후 보구력이 본 품종의 교배친을 포함한 어떤 품종보다도 우수하다는 평가를 받고 있으며, 특히 품질이 우수한 조생종이나 만생종을 포함한 단경기 품종의 선발이라는 데서 육종성고가 인정되고 있다.

포도에서 최근에 선발된 두 품종은 무핵품종의 재배 안정성이나 양질 조생종의 보급이라는 면에서 성과가 기대된다(이돈균 등, 1994).

교배육종은 연구인력이나 육종 포장 등 육종기반 조성이 아직도 매우 취약한 상태에서 추진되어 왔으므로 금후, 보다 완비된 여건이 조성되면 훨씬 진전된 육종 성과가 기대될 것이다.

Table 5. Newly bred and released fruit cultivars.

Apple			
Cvs.	Year crossed	Year bred	Parentage
Hongro	1980	1988	Spur Ealiblaze × Spur Golden Delicious
Chukwang	1982	1992	Fuji × Mollie's Delicious
Gamhong	1981	1992	Spur Ealiblaze × Spur Golden Delicious
Whahong	1980	1992	Fuji × Sekaiichi
Pear			
Cvs.	Year crossed	Year bred	Parentage
Danbae	1954	1968	Chojuro × Cheongsilli
Whangkeumbae	1967	1984	Niidaka × Nijiseiki
Chuwhangbae	1967	1984	Niidaka × Danbae
Youngsanbae	1970	1986	Niidaka × Danbae
Soowhangbae	1966	1987	Chojuro × Kimizukawase
Gamcheonbae	1970	1990	Okusankichi × Danbae
Whasan	1981	1992	Hosui × Okusankichi
Wonwhang	1978	1994	Okusankichi × Waseaka

Peach			
Cvs.	Year crossed	Year bred	Parentage
Yumyung	1966	1977	Yamatowase × Nunomewase
Baekmi josaeng	1963	1983	Mishimahakuto × Nunomewase
Cheonhong	1978	1992	Garden State Nectarine selfing
Baekhyang	1978	1994	Garden State Nectarine open pollination
Grape			
Cvs.	Year crossed	Year bred	Parentage
Cheongsoo	1978	1993	S. 9110 × Himrod
Hongdan	1981	1994	Campbell Ealy × Himrod Seedless

2) 돌연변이, 우발실생 및 지방종 수집 선발

과수에서 품종구성에 큰 비중을 차지하는 돌연변이 계통을 적극 수집한 결과, 북승아에서 월봉조생(창방조생의 조숙변이)과 월미북승아(유명의 조숙변이)가 선발되어 단경기 생산용으로 보급되고 있으며, 장호원황도는 극만생종으로 유통되고 있다(강상조 등, 1989).

사과에서는 후지의 조기결실계통인 왕실이, 배에서는 신고의 과피변이로 나타난 황색과피의 수정배가 선발되어 인기를 모으고 있다.

감귤에서 선발된 신익조생과 황금하귤은 숙기와 착색면에서 우수하게 평가되고 있다.

현재 수집후 검토중인 계통들을 보면 과피색, 숙기, 과실크기의 변이가 가장 많고 당도, 결실성 등의 변이개체들도 나타나 계속 특성을 조사중이다.

Table 6. Mutants selected and released.

Fruit	Varieties	Year selected	Mother plant cultivar	Changed character
Apple	Wangsil	1988	Fuji	Fruit size
Oriental pear	Soojeong	1988	Niitaka	Skin color
Peach	Wolbongjosaeng	1985	Kurakata Wase	Maturing time
	Wolmiboksunga	1985	Yumyung	"
	Changhowonwhangdo	1992	?	Maturity
Citrus	Shinikjosaeng	1972	Miyakawa wase	Maturity
	Whangkeumhakul	1960	Hakyul	Color

3) 해외품종 도입 선발

1960년경을 전후해서 해외로 부터 많은 품종이 도입되기 시작하였고, 이들중 국내 적응성과 품질이 우수한 많은 품종이 선발되었다. 사과에서는 옥오, 후지 등 15품종이, 배에서는 신수, 행수 등 4품종, 포도에서는 새단, 다노레드 등 14 품종, 복숭아에서는 선광, 관도5호 등 10품종이, 그리고 기타 과수에서도 많은 품종이 생식용 또는 가공용으로 선발되었는데(한국원에발달사 편집위, 1980), 재배비중이 높은 품종은 한 과종에서 2~3품종에 불과하고 나머지 품종은 보급율이 매우 낮은 실정이나 앞으로 과실의 용도나 기호성의 다양화에 따라 각기 알맞는 품종을 요구할 때 그동안 선발된 품종들이 적절히 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

3. 금후 과수육종 목표와 생명공학의 이용 전망

가. 육종목표의 설정

일반적으로 과수육종의 목표는 과실의 품질향상과 재배상의 문제점을 품종 개량으로 해결하는데 있다.

1) 품질개량

신육성 품종의 제1차 목표는 과실의 품질이다. 과실의 품질이란 용어는 과실을 매력적이게 하는 모든 요인을 포함한다. 과실품질의 성공적인 개량을 위해서 육종가와 식품 과학자간에 협조가 중요하다.

품질문제가 과수에서 특히 중요시 되는 이유는 첫째, 우리나라에서 과실은 대부분 생식용으로 이용되기 때문에 수확후 유통과정을 거쳐 소비되기까지 신선한 상태로 유지되어야 하기 때문이다.

신선한 상태로 유지되는 과정에서 수분함량의 변화와 이화학적인 변질이 항상 문제가 된다.

둘째, 과실은 유연한 상태로 유지되기 때문에 외부로부터의 상처나 병원균의 침입에 의한 부패 등으로 품질이 크게 손상되기 쉬워 품질의 보존이 매우 중요시된다.

셋째, 품질에 대한 소비자의 인식이 과거보다 점점 강화되고 있어 고급과실에 대한 가격 격차가 더욱 크게 나타나는 경향을 보이므로 재배 농민의 소득 결정에 매우 중요한 요인이 되고 있다.

이상의 문제점들은 재배방법이나 수확후 관리 및 저장기술 개발로 해결하려는 노력이 계속되고 있으나 과수의 유전적인 소질을 개선해 나갈때 더욱 효과적으로 품질향상을 기할 수 있다.

품질의 고급화에 있어 품질향상의 최우선 목표는 맛이다. 그러나 맛은 품질이라는 용어와 같이 과실의 수 많은 형질이 복합적으로 작용한 결과이기 때문에 (Stevens, 1973) 실제로는 맛을 구성하는데 주요한 요소로 판단되는 감미, 산함량, 향기, 과즙, 육질 등으로 구분하여 검토되고 있다. 맛이 좋기 위해서는 당도가 높되 산함량과의 비가 적정비율을 유지하고 과즙이 풍부하며 향기가 풍부해야 한다.

넷째, 소비자는 싱싱하고 신선한 과실을 좋아한다. 이 신선도와 그 느낌은 육질이 결정하며 이는 측정이 가능한 과육의 단단함을 나타내는 경도와 관능으로 조사하는 섬유질, 과즙으로 구분된다. 육질이 영성하거나, 경도가 너무 낮거나 너무 높을때, 그리고 섬유질이 많으면 씹는 맛이 나쁘다. 부드러우면서도 치밀하고 아삭아삭 씹히며(crisp), 과즙이 풍부해야 신선하면서 최고의 맛을 느끼게 한다(사과, 배).

복숭아의 경우에는 육질이 치밀하고 극히 유연하며 과즙이 극히 많으며 부드럽게 넘어갈 수 있어야 한다. 어느 과종이나 섬유질이 많으면 씹는 느낌이 좋지 않고 찌꺼기가 남아 나쁘므로 가능한 적거나 그 자체가 극히 부드럽고 식미성이어야 한다.

다섯째, 외관이 아름다워 시각적으로 수려하고 고와야 한다. 과실의 시장성은 1차적으로 착색과 외관에 의해 평가되므로 착색은 중요한 육종목표가 된다. 과종별로 요구되는 독특한 착색을 나타내는 품종의 육성이 요구된다. 즉, 과피

색이 미려하여 소비자의 눈길을 끌 수 있어야 한다. 이 요건 충족을 위해서는 균일한 착색, 선명한 색조, 과피전면 착색이 요구된다. 색의 종류는 과종에 따라 달라 사과에서는 붉은 적색이 선호되며, 황색은 과면에 동녹 등 얼룩이 없어 청결미가 높아야 한다. 동녹도 과피전면에 고루 발생하면 특이한 외관 때문에 선호도가 높을 수 있다.

동양배에서는 우리나라는 밝은 황갈색 배가 선호되었다. 그러나 앞으로 대도시 및 청소년층에게는 곱고 깨끗한 황색도 선호도가 예상된다. 일본에서는 황색과 황갈색 모두 과피색이 균일하고 과면만 깨끗하면 선호된다. 서양배는 미국, 유럽에서는 황색, 황갈색외에 붉은 색도 선호된다.

복숭아에서는 백육계통에서는 한국과 일본에서는 과피색깔은 유백색 바탕에 고운 옅은 붉은색일때 선호되었다. 그러나 최근에는 모두 무대재배한 과실의 농적색으로 전환되고 있다.

구미에서는 농적색이 선호되며, 털 없는 천도계통은 등. 서양 모두 농적색이 선호된다

포도는 한국, 일본은 흑자색이 선호되었으나 최근에는 일본은 과피색의 다양화가 진전되어 밝은 적색, 백색, 청색 등의 품종이 육성 보급되고 있다.

외관의 또 하나의 중요 요소인 과형은 좌우상칭이고 원형에 가까운 형태가 선호되지만 과종에 따라서는 이러한 표준 형태를 벗어난 진귀한 형태가 선호된다. 즉, 서양배의 표주박형과 중국리중에서는 방추형이 표준형과 같다. 그 밖에 수확시기와 과실의 용도를 종합하여 품질개량 목표를 요약하면 표와 같다(김휘천외, 1994).

Table 7. General Objects for quality improvement by different fruit characteristic in Korea (Compiled from Research Reports, Fruit Tree Research Reports).

Category	Objects
o Taste	o Blanced properly between acid and sweetness. - high soluble solids - acceptably high acidity o Flavour, rich o Aroma, rich
o Freshness	o Flesh texture : soft, fine, crisp o As juicy as possible o No mealiness & softening
o Appearance - color - fruit shape	o Cultivar of highly bright fresh coloration. - overall uniform color. - diversified skin color. - symmetrical, regular shape - exoctic fruit shape for high-class present - size : large, very-large or mini-size
o Fruit skin	o Sense of feel : tender, smooth

Table 8. Quality objects by fruit species in Korea.
(Compiled from Research Reports, Fruit Tree Research Institute).

	Apple	Oriental pear	Grape	Peach
soluble solids (° Bx)	early cvs. 11~13→more than 13 middle cvs. 13→more than 15 late cvs. 15→more than 18	early cvs. 11→more than 13 middle & late cvs. 11~12→more than 15	early cvs. more than 12 middle cvs. 15→more than 18 late cvs. 15~18→more than 20	early cvs. 10→more middle cvs. 11~12→more than 13 late cvs. 12~13→more than 14
Acidity (%)	early cvs. 0.5→0.3 acceptable balance between acid and sweetness	acceptable balance between acid and sweetness	same as pear	same as pear
Grit	-	a little→negligible	-	-
Skin color	fresh red, bright, uniform yellow	fresh yellowish brown fresh	dark blue red, white yellow green	peaches: dark red→attractive fresh red
Fruit wt. (g)	early cvs. :200~250→larger than 300	early cvs: 250→larger than 400 middle cvs. 400~600→600	large berry cvs.:10→20 small berry size 6→more than 8	Hakuho strains 200~250→300 nectarines:200→more than 250 extralarge: more than 500
Seed	-	-	Seedless	-
Aroma	richer than Jonathan	richer than Yali	Muscat aroma	-
Taste	better than Fuji, better than Tsugaru	better than Shinsui, Kosui, much better than Niitaka	better than Campbell Early, better than Kyoho	better than Hakuho, better than Hakuto

2) 재배상 문제점 해결

○ 병충해 저항성

우리나라 사과 재배원에서 병충해 방제를 위한 약제살포 노동력은 10a당 약 38시간으로서 사과재배 전과정에 소요되는 노동력(340시간)의 11%를 차지하며 다른 과종의 경우도 비슷한 정도의 약제살포 노력을 요하고 있다(농진청, 1994).

한편, 농약비는 122,000원/10a로서 전체 중간재비 555,000원/10a의 20% 이상을 차지하여 과수재배에 있어 병해충 방제비가 생산비에 매우 큰 비중을 차지하고 있음을 알 수 있다(농진청, 1994). 따라서 병충해 저항성 품종육성은 과수육종에서 재배상 문제를 해결하기 위한 가장 큰 육종목표가 될 수 있다.

현재까지 주요 과수병에 대해 저항성이 가장 강한 것 대부분이 야생종 형태의 특별한 종류에 단일 유용형질로서 존재함이 밝혀졌다(Moore and Janick, 1983). 그러나 이러한 계통을 교배친으로 이용할 때는 내병성이외에 많은 유용형질에서 분리가 일어나 1차목표 형질인 과실의 우수한 특성을 잃게 되는 경우가 많아 육종상 어려움이 있다. 기존 우수품종의 특성을 유지하면서 이들 야생종의 저항성 인자를 도입하는 것이 가능하다면 가장 바람직한 육종성과를 얻을 수 있을 것이다.

과수에서 특정 병이나 충해에 저항성을 가진 계통들이 상당히 밝혀졌고 그들의 유전양식도 알려졌지만 문제는 어떻게 저항성 인자를 개량하고자 하는 품종에 효과적으로 전이시키느냐 하는 것이다.

○ 환경스트레스 저항성

과수의 기상환경 적응성에 있어 가장 중요한 요인은 온도, 특히 내한성 및 내동성이다. 매실을 비롯한 핵과류에서 만상피해 정도는 흔히 그 해의 작황을 결정하는 중요한 요인이 되며 포도와 같이 동일 과종내에서도 내한성이 약한 품종은 우리나라 중부지방에서 겨울에 동해를 받기 쉬우므로 재배하는데 어려움이 많다. 따라서 개화기를 늦추거나 내한성을 향상시키는 것은 안전재배를 위하여 매우 중요하다.

토양 환경적응성에서 재배상 중요시되는 요인은 내습성, 내건성 및 토양산도에 대한 반응이다. 과수는 영양번식을 하여 묘목을 양성하므로 집묘묘로 증식하는 과수에서 토양에 대한 적응성은 대목 육종을 통해서 향상시키는 경우가 많다.

많은 과수에서 저온, 한발, 과습 등 환경스트레스에 대한 저항성을 증가시킬 수 있는 전망은 밝다. 저항성 유전자원의 이용이 가능하며 저항성 기작과 유전에 관한 지식이 증가됨에 따라 품종개량의 기회도 증가될 것이다(Moore and Janick, 1983).

환경 스트레스에 대한 저항성 개체 육성은 과수의 안전생산이나 품질향상을 기할 수 있어 계속 중요한 육종목표가 될 것이다.

○ 결실성

과수의 결실성은 재배환경이나 재배방법에 영향을 많이 받지만 품종특성에 크게 좌우되므로 중요한 육종목표가 된다. 특히, 포도와 사과에서 품종간 결실성의 차이가 많아 육종을 통한 개량이 더욱 요구된다.

○ 수형

미래 과수원에 적합한 이상적인 나무의 형태는 번식력과 포장 활착성이 뛰어나고, 내병충성 및 내 stress성, 조기결실성, 수세가 과다 또는 과소하지 않는 왜성 품종, 고품질, 고풍합성 능력 등 여러 요인을 두루 갖춘 것이어야 할 것이다. 이중 수형개선은 생산성을 높이는 데 가장 긴요한 육종목표로 초밀식에 적용되는 측지가 전혀 나오지 않는 무측지형 품종육성이 필요하다.

○ 고풍합성 능력 및 질소고정능

잎의 밀도나 잎의 광합성 능력이 크게 개선된 품종이 개발되면 초다수성 품종 육성이 가능할 것이다. 또한 질소고정능이 부여된 품종이 개발된다면 화학비료 무시용 과수원 경영이 가능하게 되어 내병충성 품종 육성과 함께 무농약, 무비료형 안전재배가 가능하게 될 것이다.

○ 개화시기 및 개화량 조절

적과작업은 수확작업과 함께 과수원 경영상 가장 노력비 비중이 큰 분야로 유전적으로 개화량이 적거나 2차 개화성 품종을 육성하면 적과작업을 크게 생략할 수 있을 것이다. 2차 개화성 품종은 2차 개화되는 꽃이 1차 개화된 꽃과의 개화가 불일치로 수정이 안되는 성질을 이용할 수 있다는 점에서 흥미로운 육종 재료가 될 수 있을 것이다. 또한 수확 작업노력을 경감하기 위해서는 수확시기에 일시에 과경이 이탈하기 쉬운 품종개발이 필요하다.

○ 과종별 육종목표

실제 육종과정에서 육종목표는 대부분 현재 재배되는 과종별 주 품종에서 취약한 특성을 개량하는데 두고 있으며, 이때 보완을 요하는 형질을 보유한 품종 가운데서 전반적 특성이 비교적 우수한 품종을 교배친으로 이용하여야 교배실생의 특성이 전반적으로 비교적 우수하게 나타날 가능성이 높다

과종별로 주요 품종별 개선을 요하는 취약형질을 보면 표와 같다.

Table 9. Characteristics to be improved by major cultivars of fruit species in Korea.

Fruit	Major cvs.	Problems
Apple	Tsugaru	<ul style="list-style-type: none"> ○ Considerable preharvest drop. ○ Poor skin color ○ Russetting ○ Too early for "Hankawi" season
	Sekaiichi	<ul style="list-style-type: none"> ○ Poor fruit-set ○ Poor skin color ○ Calyx end necrosis 9) ○ Relatively lower soluble solids. ○ Consumer's preference lesser than Fuji
	Jonagold	<ul style="list-style-type: none"> ○ Poor skin color ○ Consumer's preference lesser than Fuji
	Fuji	<ul style="list-style-type: none"> ○ Poor skin color ○ Fruit shape lacking in uniformity
Oriental pear	Chojuro	<ul style="list-style-type: none"> ○ Much grittness ○ Skin darkening disorder. ○ Relatively small size ○ Maturity <ul style="list-style-type: none"> - late for early September "Hankawi" season.
	Nijiseiki	<ul style="list-style-type: none"> ○ Susceptible to leaf rot. ○ Severe russetting ○ Susceptible to Yuzu skin disorder.
	Hosui	<ul style="list-style-type: none"> ○ Poor skin color and acid in cold north central area.
	Niitaka	<ul style="list-style-type: none"> ○ Skin darkening disorder.
	Immamuraaki	<ul style="list-style-type: none"> ○ Astringent ○ Not so high in quality
	Okusankichi	<ul style="list-style-type: none"> ○ Susceptible to leaf rot-like disease.

Fruit	Major cvs.	Problems
Peach	Olkeumdo	o Severe russet and cracking o Relatively small(200g).
	Hakuto	o Short shelf life - 7 days. o Not so productive
	Nunomewase	o Poor quality o Not so early for off-season June market
Grape	Campbell Early	o Poor quality : 13.5° Bx o Berry shatter.
	Kyoho	o Low cold hardiness. o Berry shatter.
	Himrod	o Berry shatter.

나. 효율적인 육종방법의 모색

과수에서 전통적인 육종방법은 교잡육종이 주축을 이루고 보조적으로 돌연변이 육종과 배수성 육종 방법이 이용되고 있다.

육종목표 접근을 위한 품종육성 추진체계를 보면 그림 2에서와 같이 인공교배 혹은 자연교잡, 인위적 돌연변이 유기, 아조변이, 배수체 유기 등으로 변이개체를 확보하고 변이집단을 여러각도에서 검정하여 우수계통을 선발하는 것이다. 이러한 육종체계는 급후에도 큰 수정없이 이어질 전망이다.

그런데 영양번식을 하고 영년생이며 선발에 요하는 기간이 긴 특성을 가진 과수에 대한 전통적 육종방법에는 문제점이 있어 앞에서 설정한 육종목표에 접근하는데는 어려움과 한계가 있다.

첫째, 교배과정을 통하여 식물학적 유연관계가 먼 계통으로부터 유용형질을 도입할 수 없다.

둘째, 어떤 유망품종에서 취약한 특성만을 선택적으로 개선하는 것이 불가능하다. 일단 교배를 하면 유전자 조성의 재조합에 의해 기존품종의 우수한 조성을 유지하기가 어렵다.

셋째, 자연적으로 발생하는 변이를 이용하는 경우가 많다.

넷째, 빈번하지 않은 드문 변이의 선발이 어렵다.

다섯째, 교배실생 육묘기간이 길고 넓은 육종포장을 요구하며, 실생의 선발, 평가에 많은 노력을 요한다.

o 목표접근을 위한 품종육성 추진체계

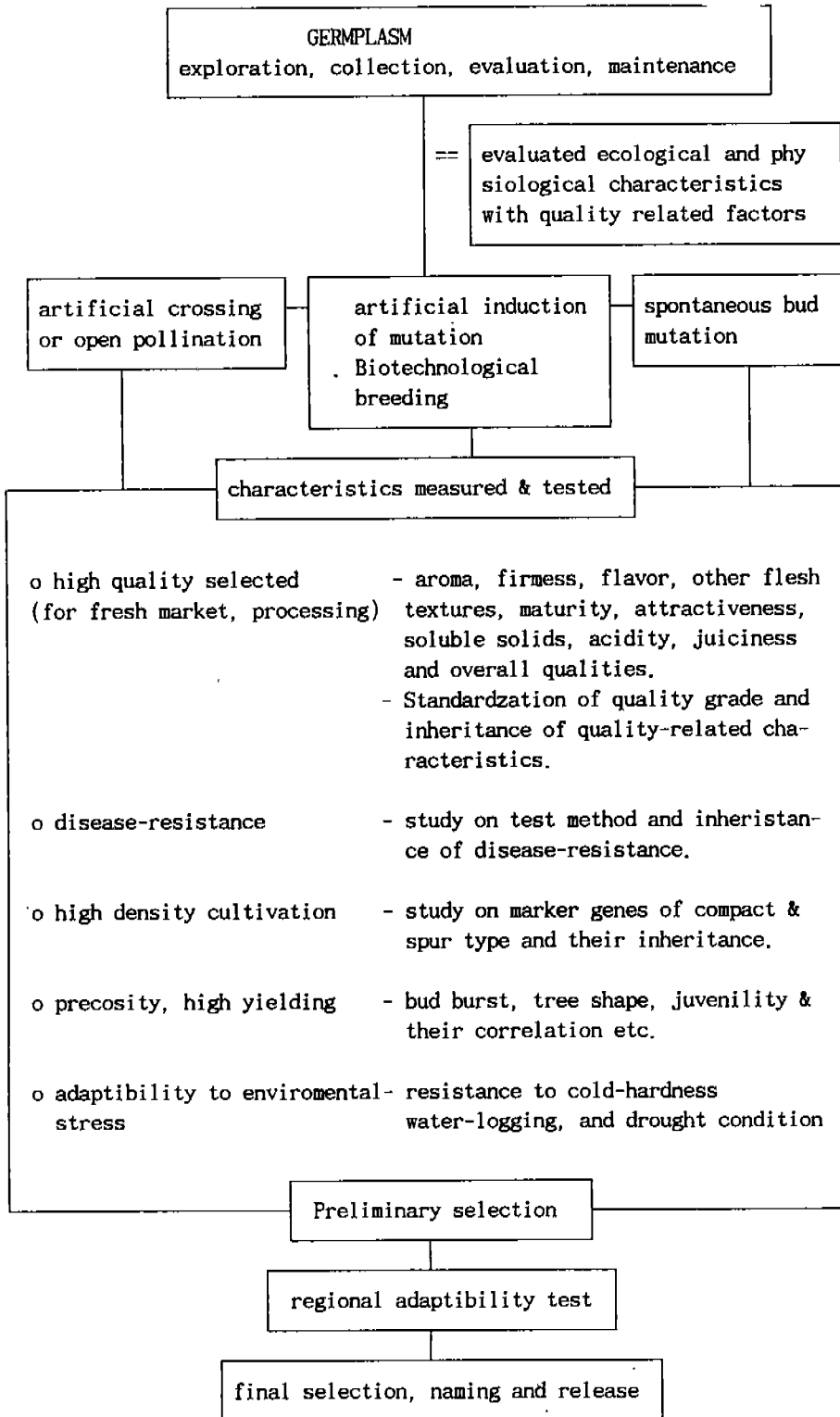


Fig. 2. Flow chart of breeding procedure of scion cultivars in Korea.

다. 과수에 있어서 Biotechnology의 연구 개황과 이용 전망

과수는 목본성으로 영양번식을 하는 영년생 작물이다. 대부분 크게 자라고 결실되기까지 오래해 동안의 미결실기를 거치며 타기수분으로 결실하는 경우가 많고 유전조성은 매우 잡종상태인 것이 대부분이고 종간잡종된 것과 복잡한 배수성인 것도 많다.

따라서 과수의 품종개량에는 종자번식하는 1년생 작물에 비해 계획육종상 많은 제한요인이 있다.

금후 생명공학 기술이 과수를 대상으로 많이 진척되어 과수육종의 어려운 문제들이 생명공학기술에 의해 보완, 극복될 수 있다면 생명공학이 새로운 품종개발에 크게 기여하게 될 것이며, 아울러 과수의 품종개량은 생명공학 연구 결과의 실용화에 있어 매우 의미 있는 대상이 될 것이다.

최근까지 과수를 재료로 이루어진 연구결과중 우리나라에서 재배되고 있는 온대과수를 중심으로 생명공학분야 연구내용과 과수육종에 이용 전망 등을 검토해 본다.

1) Organogenesis와 Somatic Embryo genesis.

세포나 조직배양으로 부터의 식물체 분화는 작물개량을 위한 대부분의 유전적 조작을 위한 선행조건이 된다. 과수와 같은 목본성 영년생 식물에서도 최근에는 기내 식물체 재분화에 관한 상당한 연구결과가 발표되고 있어 앞으로 생명공학을 이용한 과수의 육종연구에 기여할 것으로 기대된다.

Table 10. Organogenesis(shoot induction) in fruit crop species.

Species	Explant ¹	M/J ²	Citation
Actinidia chinensis	S,R	M	Harada(1975)
A. chinensis	S	M	Barbieri & Morini (1987)
Malus domestica	C	J	Kouider et al.(1984)
M. domestica	L	J	Liu et al.(1983)
M. domestica	L	M	Welander(1988)
Prunus amygdalus	S,E	J	Mehra & Mehra(1974)
Prunus armeniaca	E	J	Lane & Cossio(1986)
Prunus avium	E	J	Lane & Cossio(1986)
Prunus persica	E	J	Hammerschlag et al.(1985)
Pyrus communis	L	M	Chevreau et al.(1989)
Citrus grandis	S,L	J	Chaturvedi & Mitra(1974)
Citrus limon	S	J,M	Bouزيد(1975)
Citrus sinensis	S,L	J	Chaturvedi & Mitra(1974)

¹ C = Cotyledon; E = zygotic embryo; H = hypocotyl; Inf = inflorescence; L = leaf; P = petiole; R = root; S = stem; ST = shoot tip.

² M = mature; J = juvenile.

Table 11. Somatic embryogenesis in fruit crop species.

Species	Explant ¹	M/J ²	Citation
<i>Actinidia chinensis</i>	S, R	M	Harada(1975)
<i>Malus domestica</i>	N	M	Eichholtz et al.(1984)
<i>M. domestica</i>	C, L	J	Mehra & Sachdeva(1984)
<i>M. domestica</i>	L	M	Welander(1988)
<i>Prunus incisa</i> × <i>P. serrula</i>	R	M	Druart(1981)
<i>Prunus persica</i>	E	J	Raj Bhansali et al. (1990)
<i>Pyrus communis</i>	S	J	Mehra & Jaidka(1985)
<i>P. communis</i>	P	M	Mehra & Jaidka(1985)
<i>P. communis</i>	N	M	Janick(1982)
<i>Citrus grandis</i>	N	M	Rangan et al. (1968)
<i>Citrus limon</i>	N	M	Rangan et al. (1968)
<i>Citrus sinensis</i>	N	M	Rangan et al. (1968)
<i>Vitis rupestris</i>	L	M	Stamp & Meredith (1988a)
<i>Vitis vinifera</i>	N	M	Mullins & Srinivasan (1976)
<i>V. vinifera</i>	E	J	Stamp & Meredith (1988b)
<i>V. vinifera</i>	L	M	Stamp & Meredith (1988a)
<i>Vitis sp.</i>	S, L, P	M	Krul & Worley(1977)

¹ C = cotyledon; E = zygotic embryo; H = hypocotyl; Inf = integument; L = leaf; N = nucellus; O = ovary; P = petiole; R = root; S = stem; ST = shoot tip.

² M = mature; J = juvenile.

2) Somaclonal variation.

과수에 있어서 somaclonal variation에 대하여는 바람직하지 않은 방향으로의 변이에 따른 부정적인 면도 상당히 제기되고 있으나 기내에서 보다 효율적인 선발 기술이 적용되어 불필요한 변이를 조기에 제거할 수 있고 내병성의 증진이나 기타 유용한 변이개체를 효과적으로 유기 및 선발할 수 있는 기술개발이 진전되면 품종개발 연구에 상당히 기여할 수 있을 것이다.

Table 12. Somaclonal variation in perennial fruit crop species.

Family species	Selection or screening unit	Variant character	Heritability or trait ¹	Reference
Malus domestica	Shoot regenerants	Resistance to Phytophthora	U	Rosati et al., 1990
Prunus avium × pseudocerasus	Protoplast-derived callus and root and stem callus	Salt and drought tolerance	U	Ochatt & Power, 1989
Prunus persica	Callus from immature embryos	Resistance to Xanthomonas campestris pv. pruni	U	Hammerschlag, 1988b
Prunus persica	Regenerants from embryo callus	Resistance to X. campestris pv. pruni	A	Hammerschlag, 1990b, c
Prunus persica	Regenerants from embryo callus	Resistance to Pseudomonas syringae pv. syringae	A	Hammerschlag & Ognjanov, 1990
Pyrus communis	Leaf pieces	Green, red, albino and variegated shoots	U	Abu-Qaoud et al., 1990; Chevreau et al., 1990
Pyrus communis	Protoplasts	Leaf morphology, rootability	U	Ochatt, 1987
Pyrus sp.	Stem and root callus	Resistance to Erwinia amylovora	U	Viseur, 1986
Citrus aurantifolia	Callus from seedling stems, roots, cotyledons, and from nodal explants of mature plants	Precocious flowering peroxidase and polyphenol-oxidase activity, canker resistance	U	Reman & Dhillon, 1990
Citrus limon	Nucellar callus	Resistance to the Mal secco toxin	U	Nadel & Spiegel-Roy, 1987
Citrus sinensis	Nucellar and ovular callus	Salt tolerance	U	Kochba et al., 1982; Spiegel-Roy & Ben-Hayyim, 1985; Ben-Hayyim & Goffer, 1989
Citrus sinensis	Nucellar callus	Tolerance to 2,4-dichlorophenoxyacetic acid	U	Spiegel-Roy et al., 1983

¹ A = trait stable through vegetative propagation; U = heritability unknown.

3) Haploidy

유전적으로 고도로 잡종상태에서 영양번식을 하여 품종의 특성을 유지할 수 있는 과수에서 반수체 유기는 새로운 차원에서 과수의 유전, 육종을 시도할 수 있는 가능성을 제시하여 줄 것이다.

반수체를 배수체화하여 얻어진 homozygous plant는 과수의 유전연구에 특히 도움을 주고 homozygous genotype으로 부터 획득한 F_1 , F_2 개체는 유용한 특성을 획득하는데 중요한 유전적 정보를 제공할 것이다. 특히, 대목육종에 있어서 homozygous clones은 균일한 F_1 대목육종을 얻을 수 있는 종자를 생산할 수 있어 유용할 것이다. 약배양에 의해 획득된 개체를 이용하여 모든 가능한 유전자 조합이 homo화 되어 있는 2배체를 획득할 수 있고, 반수체 집단에서는 돌연변이체를 획득할 수 있어 유용형질의 고정 기간을 단축할 수 있어 육종 세대를 크게 진전시킬 수 있다. 과수류의 염색체 배가에는 주로 콜히친을 이용하고 있고 배가 확인 방법으로는 공변세포의 크기, 공변세포내 염색체수, 화분의 크기, 염색체 수, 꽃의 입성 등이 있다.

Table 13. Haploidization by in vitro androgenesis in fruit trees.

Species	Response	References
Malus domestica	C, R	Nakayama et al. (1972)
M. 9	C, E	Ogata & Wang (1989)
M. prunifolia	C, P	Wu (1981)
Prunus amygdalus	C	Michellon et al. (1974)
P. armeniaca	C	Harn & Kim (1972)
P. avium	MP	Jordan (1975)
P. domestica	C	Seirlis et al. (1979)
Pyrus communis	MP	Jordan (1975)
Vitis thunbergii	C, P	Hirabayashi et al. (1976)
V. vinifera	C	Gresshoff & Doy (1974)

C = callus; E = embryo; MP = multicellular pollen; P = plant; R = roots.

4) Protoplast and somatic hybridization.

교배에 의해 번이개체 획득에 많은 시간과 노력을 요하는 과수에서 조직배양을 통해 protoplast technology에 의한 유용변이 창출은 과수 육종에 여러가지 가능성을 제시하여 주고 있다. 그러나 배양된 protoplast로 부터 완전한 식물체를 얻는 기술은 아직은 별 성과를 얻지 못하고 있으나 기존 육종 방법의 한계점의 일부를 해결할 수 있다는 가능성을 가지고 지속적인 기술 축적을 통해서 과수 육종에 기여할 것으로 기대된다.

Table 14. Somatic hybridization experiments involving perennial fruit species.

Parental partners for fusion ¹	Result obtained ²	Reference
Temperate Fruit Crops		
Malus domestica cv. M. 25(C/CS)(+) × Humulus lupulus(L)	Heterokaryons only	James et al. (1984)
M. domestica cv. Fuji(NC)(+) × M. domestica cvs. Oorin, Senshu, Starking(L)	Putatively hybrid callus	Saito et al. (1989)
Pyrus communis var. pyrastrer(L)(+) × Prunus avium × pseudocerasus(CS)	C-SH-Hybrid trees	Ochatt et al. (1989)

¹ C = callus protoplasts; CS = cell suspension protoplasts; HC = hypocotyl callus protoplasts; L = leaf mesophyll protoplasts; NC = nucellar callus protoplasts.

² C = callus; Co = cell colonies; SE = somatic embryos; SH = regenerated roots.

5) Molecular markers.

과수에서 유전분석이나 염색체 지도작성, 새로운 변이탐색을 위한 유전자원 검정, 유전자형의 식별, 교잡종의 검출, pedigree analysis, single gene에 지배되는 주요 특성표지, map-based gene cloning 등에 이용성을 가지고 있는 molecular marker에 관한 연구는 과수분야에서도 최근 많은 연구가 이루어지고 있다.

Isozyme marker는 과수에서 몇가지 목적으로 유용한 면도 있으나 생성되는 isozyme의 숫적 제한때문에 정밀한 육종연구에 적용은 곤란하다. RFLP나 다른 가능한 DNA 수준의 marker에 근거한 Linkage map는 모든 과종에서 필요하나 많은 비용을 필요로 한다. 따라서 단일 유전자에 의해 지배되는 병 저항성 유전자나 무축지형 유전자, 스퍼 타입 유전자 등에 한하여 조기 선발 지표로 DNA marker 를 개발함이 필요하다.

6) 유용유전자의 단리

과수육종상 중요한 유용유전자로는 폴리갈락투로나제의 antisense 유전자, 칼 콘합성효소의 antisense 유전자, ACC 합성효소 유전자 또는 antisense 유전자, 당대사 관련 효소 유전자(invertase, sucrose 합성효소, solbitol 산화효소 등), 산대사 관련 유전자(malic acid dehydrogenase, phosphofructokinase 등), kitinase, 개화시기조절 유전자, 착과량 조절 유전자 등을 들 수 있으며 이

유전자 cloning에 미, 일 등 선진국들이 많은 관심을 기울이고 있다.

7) Transformation

유전자 전이기술의 목표는 기존의 품종에 원예 목적상 중요한 형질(유전자)을 이전시켜 개량된 품종을 획득하는데 있다. 과수에 있어 유용형질은 내병성, 내건성, 내한성, 제초제 저항성, 품질 개선, 발근성, 유년기 단축성, 왜화성 및 무축지성과 같은 수형, 자가결실성 등 여러가지가 있으나 형질 전환의 대상이 될 수 있는 것은 획기적인 내병성 유전자(예: 사과 흑성병 유전자 Vf)나 내충성 유전자(Bt gene), 무축지성(Co), 감미관련 효소, 개화 시기 조절 및 개화량 관련 유전자, ACC 합성 효소, 세포벽 관련 효소 등을 들 수 있을 것이다. 아직까지 과수에서 유전자 전이에 의한 품종개량 성과는 뚜렷하지 않지만 과수육종에서 이 분야에 기대하는 결과는 매우 크기 때문에 앞으로 장기적인 목표로 연구가 추진되어야 할 것이다.

Table 15. transgenic perennial fruit crops.

Tree crop	Agrobacterium-mediated			Reference
	Co-integrate	Binary	Others	
Citrus sp.	-	pCAP212	DNA uptake	Vardi et al., 1990
Malus spp.	-	pBIN6	-	James et al., 1989
		pCGN7001	-	Dandekar et al., unpublished
		pKIWI105 ¹	-	Dandekar et al., unpublished
		pWB139 ²	-	Dandekar et al., unpublished
Malus domestica	-	pCGN7001	-	Mante et al., 1991
		pCGN7314	-	Mante et al., 1991
Prunus persica	pTiA6tms328: Tn5	-	-	Smigocki & Hammerschlag, 1991
Vitis sp.	-	pCGN7320	-	Mullins et al., 1990

¹ pKIWI105 - Janssen & Gardner(1989)

² pWB139 - Wayne Barnes(unpublished) is a pBIN19 binary vector containing a chimeric gene expressing the Bt encoded cryIA(C) as a fusion gene product with APH(3') II.

³ pROK5 - Hilder et al.(1987).

8) In vitro conservation

유전자원의 수집보존, In vitro field collecting, In vitro germplasm exchange, 기타 기내 육종과정상 필요에 따라 이용될 수 있는 기내 보존 기술개발은 상당한 진척을 보이고 있고 특히, 방대한 면적과 비용을 요하는 과수의 유전자원 보존에 이용이 기대되고 있다.

4. 결론

맛있는 과실을 값싸게 생산하기 위하여 재배하기 쉽고, 과실의 품질이 우수한 새로운 품종을 육성하는 것이 과수의 육종 목표다. 최근 우리나라에서도 주요 과종별로 새로운 품종이 육성되어 품질면에서 뿐만아니라 결실성 등에서도 기존 품종의 특성을 어느정도 개선하는 성과를 보이고 있다.

그러나 우리나라에서 재배되고 있는 사과, 배, 복숭아를 비롯한 핵과류와 포도 등 온대과수는 특성면에서 내병성, 내충성이 대체로 약하고 수송저장성, 생리장해 발생 등 취약한 면이 많아 재배과정이나 과실수확후 관리에 많은 비용과 노력이 소요되고 있어 육종차원에서 이들 취약한 부분을 개선할 수 있다면 과수산업의 생산성 향상에 크게 기여하게 될 것이다. 한편, 과수는 육종연한이 길고 유전적 조성이 심한 잡종상태로 영양번식에 의해 품종이 유지되기 때문에 1년생 작물에 비해 육종효율이 떨어지고 품종개량 성과도 상대적으로 매우 낮은 상태이다. 과수 품종개량에 있어 이와같은 어려움을 고려할때 최근 많은 진척을 보이고 있는 생명공학기술이 과수의 유용 유전자 개발이나 유전자 이전에 효과적으로 적용될 수 있도록 발전된다면 기존 과수 육종방법의 한계를 극복하여 이상적인 품종 개발을 성취할 수 있는 계기가 마련될 수 있을 것이다. 특히, 과수 재배상 매우 중요시 되면서도 전통 육종방법으로 개선이 어려운 내병성, 내충성의 획기적인 증진이나 단순 인자에 의해 지배되는 품질 구성 요인(착색, 산미 등)과 초고당도성, 육질, 향기, 저장력 등 양적형질이지만 중요 개량 대상 형질, 결실성, 고 광합성능력, 질소 고정 능력, 개화 시기 조절, 적과 생력형 계통 유기, 수형 개조 등에 획기적인 특성을 가진 품종 개발을 위해 금후 기존 고전 육종법에 생명공학을 접목시킴으로써 육종 효율 및 세대 진전을 이룩하는데 큰 진전이 있을 것으로 기대된다.

5. 참고문헌

- Abu-Quand, H., Skirvin, R.M. and E. Chevreau, 1990. In vitro separation of chimeral pears into their component genotypes. *Euphytica* 48,189-196.
- Alston, F. H. 1977. Practical aspects of breeding for mildew, *Podosphaera leucotricha* resistance in apples. Proc. Eucarpia Fruit Section Symp. VII, Top Fruit Breeding. Wageningen, The Netherlands, 1976, p4-17.
- Alston, F. H. 1970. Resistance to collar rot, *Phytophthora cactorum* Schroet in apple. Rpt. E. Malling Res. Sta. 1969. p143-148.
- Alston, F. H., and J. B. Briggs, 1968. Inheritance of hypersensitivity to rosy apple aphids, *Dysaphis devecta*. *Canad. J. Gen. Cyt.* 12:257-258.
- Barbieri, C. and S. Mormi. 1987. Plant regeneration from *Actinidia* callus cultures. *Journal of Horticultural Science* 62,107-109.
- Ben-Hayyim, G. and Y. Goffer. 1989. Plantlet regeneration from NaCl-selected saltolerant callus culture of Shamouti orange(*Citrus sinensis* L. Osbeck). *Plant Cell Reports* 7,680-683.
- Chaturvedi, H.C. and G.C. Mitra. 1974. Clonal propagation of *Citrus* from somatic callus cultures. *HortScience* 9,118-120.
- Chevereau, E., Skirvin, R.M., Abu-Qaoud, H.A., Korban, S.S. and J.G. Sullivan. 1989. Adventitious shoot regeneration from leaf tissue of three pear(*Pyrus* sp.) cultivars in vitro. *Plant Cell Reports* 7,688-691.
- Dayton, D. F., and Williams, E. B. 1968. Independent genes in *Malus* for resistance to *Venturia inaequalis*. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 92:89-94.
- Decourtye, L. and B. Lantin. 1969. Contribution to the knowledge in spur-type mutants in apple. heredity of the characteristics(in French). *Ann. Amel. Plantes* 19:227-238.
- Decourtye, L. 1967. A study of some characters controlled by simple genetic means in apple trees and pear trees(in French). *Ann. Amel. Plantes* 17:243-265.
- Decourtye, L. 1967. Etude de quelques caracteres a controle genetique simple chez le pommier et le poirier. *Ann. Amelior. Plantes* 17:243-266.

- Eichholtz, D.A., Robitaille, H.A, and P.M. Hasegawa. 1980. Adventive embryony in apple. HortScience 14,699-700.
- Gresshoff, P.M. and C.H. Doy. 1974. Derivation of a haploid cell line from *Vitis vinifera* and the importance of the stage of meiotic development of anthers for haploid culture of this of other genera. Zeitschrift fur Pflanzenphysiologie 73,132-141.
- Hammerschlag, F.A., Bauchann G. and R. Scorza. 1985. Regeneration of peach plants from callus derived from immature embryos. Theoretical and Applied Genetics 70,248-251.
- Hammerschlag, F.A. 1990. Resistant responses of plants regenerated from peach callus to *Xanthomonas campestris* pv. *pruni*. Journal of the American Society for Horticultural Science 115,1034-1037.
- Hammerschlag, F.A., Owens, L.D. and A.C. Smigocki. 1989. Peach improvement through the use of tissue culture and gene-transfer techniques. Acta Horticulturae 254,17-23
- Harada, H. 1975. In vitro organ cultures of *Actinidia chinensis* as a technique for vegetative multiplication. Journal of Horticultural Science 50,81-83.
- Harn, C. and M.Z. Kim. 1972. Induction of callus from anthers of *Prunus armeniaca* Korean Journal of Breeding 4,49-53.(In Korean with English abstract).
- Hemmat, N. F., N. F. Weeden, A. G. Manganaris, and M. Lawson. 1994. Molecular marker linkage map for apple. J. Heredity 85:4-11.
- Hirabayashi, T., Koazki, I. and T. Akihama. 1976. In vitro differentiation of shoots from anther callus in *Vitis*. Hort.Science 11,511-512.
- Hongyu, Y. and J. Kruger. 1995. Identification of a RAPD marker linked to the Vf gene for scab resistance in apples. Plant Breeding(in press).
- James, D.J., Passey, A.J. and S.B. Malhotra. 1984. Isolation and fusion of protoplasts. Report of East Malling Research Station for 1981, pp.63-65.
- Janick, J. 1982. Induction of embryony in pear. Acta Horticulturae 124,37-49.

- Eichholtz, D.A., Robitaille, H.A, and P.M. Hasegawa. 1980. Adventive embryony in apple. HortScience 14,699-700.
- Gresshoff, P.M. and C.H. Doy. 1974. Derivation of a haploid cell line from *Vitis vinifera* and the importance of the stage of meiotic development of anthers for haploid culture of this of other genera. Zeitschrift fur Pflanzenphysiologie 73,132-141.
- Hammerschlag, F.A., Bauchann G. and R. Scorza. 1985. Regeneration of peach plants from callus derived from immature embryos. Theoretical and Applied Genetics 70,248-251.
- Hammerschlag, F.A. 1990. Resistant responses of plants regenerated from peach callus to *Xanthomonas campestris* pv. *pruni*. Journal of the American Society for Horticultural Science 115,1034-1037.
- Hammerschlag, F.A., Owens, L.D. and A.C. Smigocki. 1989. Peach improvement through the use of tissue culture and gene-transfer techniques. Acta Horticulturae 254,17-23
- Harada, H. 1975. In vitro organ cultures of *Actinidia chinensis* as a technique for vegetative multiplication. Journal of Horticultural Science 50,81-83.
- Harn, C. and M.Z. Kim. 1972. Induction of callus from anthers of *Prunus armeniaca* Korean Journal of Breeding 4,49-53.(In Korean with English abstract).
- Hemmat, N. F., N. F. Weeden, A. G. Manganaris, and M. Lawson. 1994. Molecular marker linkage map for apple. J. Heredity 85:4-11.
- Hirabayashi, T., Koazki, I. and T. Akihama. 1976. In vitro differentiation of shoots from anther callus in *Vitis*. Hort.Science 11,511-512.
- Hongyu, Y. and J. Kruger. 1995. Identification of a RAPD marker linked to the Vf gene for scab resistance in apples. Plant Breeding(in press).
- James, D.J., Passey, A.J. and S.B. Malhotra. 1984. Isolation and fusion of protoplasts. Report of East Malling Research Station for 1981, pp.63-65.
- Janick, J. 1982. Induction of embryony in pear. Acta Horticulturae 124,37-49.

- Janssen, B.J. and R.C. Gardner. 1989. Localized transient expression of GUS in leaf discs following cocultivation with *Agrobacterium*. *Plant Molecular Biology* 14,61-72.
- Jordan, M. 1975. In vitro-Kultur von *Prunus*, *Pyrus* und *Ribes*-Antheren. *Planta Medica Supplement*,59-65. (With English abstract).
- Knight, R. L. 1963. Abstract bibliography of fruit breeding and genetics to 1960. *Malus* and *Pyrus*. London: Commonwealth Agric. Bur.
- Knight, R. L., Briggs, J.B., Masee, A.M., and Tydeman, H. M. 1962. The inheritance of resistance to woolly aphid, *Erisoma lanigerum* Hsmnn, in the apple. *J. Hort. Sci.* 37:207-218.
- Kouider, M., Skirin, R.M., Korban, S.S., Widholm, J.M. and R. Hauptmann. 1984. Adventitious shoot formation from Red Delicious apple cotyledons in vitro. *Journal of Horticultural Science* 59,295-302.
- Krul, W.R. and J.F. Worley. 1977. Formation of adventitious embryos in callus cultures of "Seyval", a French hybrid grape. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 102,360-363.
- Lane, W.D. and F. Cossio. 1986. Adventitious shoots from cotyledons of immature cherry and apricot embryos. *Canadian Journal of Plant Science* 66,953-959.
- Lapins, K. O. 1976. Inheritance of compact growth type in apple. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 101:133-135.
- Lespinasse, Y., Lespinasse, J.M., and Crane, B. 1985. Inheritance of two agronomical character in the apple tree. Compact tree habit and fruit color. *Acta Horticulturae* 159:35-47
- Liu, J.R., Sink, K.C. and F.G. Dennis. 1983. Plant regeneration from apple seedling explants and callus cultures. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 2,293-304.
- Mante, S., Morgens, P.H., Scorza, R., Cordts, J.M. and A.M. Callahan. 1991. *Agrobacterium*-mediated transformation of plum (*Prunus domestica* L.) hypocotyl slices and regeneration of transgenic plants. *Bio/Technology* 9, 853-857.
- Mehra, A. and P.N. Mehra. 1974. Organogenesis and plantlet formation in vitro in almond. *Botanical Gazette* 135,61-73.
- Mehra, P.N. and K. Jaidka. 1985. Experimental induction of embryogenesis in pear. *Phytomorphology* 35,1-10.

- Mehra, P.N. and S. Sachdeva. 1984. Embryogenesis in apple in vitro. *Phytomorphology* 34, 26-36.
- Moore, J.N., and J. Janick(eds.). 1983. Methods in fruit breeding. 154. 209. 261. Purdue Univ. Press.
- Mowry, J. B., and Dayton, D.F. 1964. Inheritance of susceptibility to apple blotch. *J. Heredity* 55:129-132.
- Mullins, M.G., Tang, F.C.A. and D. Facciotti. 1990. Agrobacterium-mediated genetic transformation of grapevines: transgenic plants of *Vitis rupestris* Schelle and buds of *Vitis vinifera* L. *Bio/Technology* 8, 1041-1045.
- Nadel, B. and P. Spiegel-Roy. 1987. Selection of Citrus limon culture variants resistant to the mal secco toxin. *Plant Science* 53, 177-182.
- Nakayama, R., Saito, K. and R. Yamamoto. 1972. Studies on the hybridization in apple breeding. III. Callus formation and organ differentiation from anther culture. *Bulletin of Faculty of Agriculture of Hirosaki University* 19, 1-9.
- Nybo, N. 1959. On the inheritance of acidity in cultivated apples. *Hereditas* 45:332-350.
- Ochatt, S.J. 1987. Coltura di protoplastic come metodo per il miglioramento genetico nelle piante da frutto. *Frutticoltura* 49, 58-60.
- Ochatt, S.J. and J.P. Power. 1989. Selection for salt-drought tolerance using protoplast-and explant-derived tissue cultures of Colt cherry (*Prunus avium* × *pseudocerasus*). *Tree Physiology* 5, 259-266.
- Ochatt, S.J., Patat-Ochatt, E.M., Rech, E.L., Davey, M.R. and J.B. Power. 1989. Somatic hybridization of sexually incompatible top-fruit tree rootstocks, wild pear (*Pyrus communis* var *pyraster* L.) and Colt cherry (*Prunus avium* × *pseudocerasus*). *Theoretical and Applied Genetics* 78, 35-41.
- Raj Bhansali, R., Driver, J.A. and D.J. Durzan. 1990. Rapid multiplication of adventitious somatic embryos in peach and nectarine by secondary embryogenesis. *Plant Cell Reports* 9, 280-284.

- Raman, H. and B.S. Dhillon. 1990. Somaclonal variability for canker resistance in *Citrus aurantifolia* cv. Kagzi lime. VII International Congress on Plant Tissue and Cell Culture, Amsterdam, p.164.(Abstract.)
- Rangan, T.S., Murashige, T. and W.P. Bitters. 1968. In vitro initiation of necellar embryos in monoembryonic *Citrus*. *HortScience*, 3,226-227.
- Rosati, P., Mezzetti, B., Ancherani, M., Foscolo, S., Predieri, S. and F. Fasoli. 1990. In vitro selection of apple rootstock somaclones with *Phytophthora cactorum* culture filtrate. *Acta Horticulturae* 280,409-416.
- Saito, A., Niizeki, M. and K. Saito. 1989. Organ formation from calli and protoplast isolation, culture, and fusion on apple, *Malus pumila* Mill. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Sciences* 58,483-490.
- Saito, K. 1988. Rpt. Res. Fac. of Hirosaki Univ. 50:27-34.
- Saito, K. 1984. *Japan J. Breed.* 34:197-209.
- Seirlis, G., Mouras A. and G. Salesses. 1979. Tentatives de culture in vitro d'antheres et de fragments d'organes chez lds *Prunus*. *Annales de l'Amelioration des Plantes* 29,145-161.(With English abstract.)
- Shay, J. R., and Hough, L. F. 1952. Inheritance of cedar rust resistance in apples. *Phytopathology*. 42:19
- Smigocki, A.C. and F.A. Hammerschlag. 1991. Regeneration of plants from peach embryo cells infected with a shooty mutant strain of *Agrobacterium*. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 116,1092-1097.
- Spiegel-Roy, P., Kochba, J. and S. Saad. 1983. Selection for tolerance to 2,4-dichlorophenoxyacetic acid in ovular callus or orange(*Citrus sinensis*). *Zeitschrift fur Pflanzenphysiologie* 109,41-48.
- Stamp, J.A. and C.A. Meredith. 1988a. Somatic embryogenesis from leaves and anthers of grapevine. *Scientia Horticulturae* 35,235-250.
- Stamp, J.A. and C.A. Meredith. 1988b. Proliferative somatic embryogenesis from zygotic embryos of grapevine. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 113,941-945.
- Stevens, M.A. 1973. The influence of multiple quality requirements on the plant breeder. *Hort Science* 8:110-112.

- Vardi, A., Bleichman, S. and D. Aviv. 1990. PEG mediated transformation of Citrus protoplasts and regeneration of transgenic plants. *Plant Science* 69,199-206.
- Viseur, M.J. 1986. Evaluation de la resistance au feu bacterien chez un variant somaclonal issue de la variete de poire "Durondear". Moet-Hennessy Conference on : "Arbres Fruitiers et Biotechnologies", Paris, p.41(abstract).
- Welander, M. 1988. Plant regeneration from leaf and stem segments of shoots raised in vitro from mature apple trees. *Journal of Plant Physiology* 132, 738-744.
- Williams, E. B., and J. Kuc. 1969. Resistance in *Malus* to *Venturia inaequalis*. *Ann. Rev. Phytopath.* 7:223-246.
- 강상조, 김휘천, 신용억, 문종열, 예병우, 조현모. 1989. 복숭아 창방조생 변이 품종 "월봉조생" 선발. *농시논문집(원예편)*. 31(3):43-47.
- 김휘천, 황해성, 신용억, 문종열, 김정호, 강상조. 1994. 배 전국 재배용 고품질 대과 외관수려 만기 추석용 "화산" 육성. *농시논문집(원예편)* 36:460-474.
- 김휘천, 이돈균. 1994. 국제화 시대의 과수품종의 고급화 및 다양화 육성 전략. *한옥지* 26권 별호 99~124.
- 농진청. 1976. 한국 과수재배의 역사. *과수연구논문 초록집*. pp.21~30.
- 농진청. 1993a. 농축산물 표준소득분석. p.67.
- 농진청. 1993b. 품종해설집(원예작물).
- 신용억, 김휘천, 강상조, 문종열, 김정호. 1989. 사과 추석출하용 우량품종 "홍로" 육성. *농시논문집(원예편)*31(3):53-61.
- 원예연구소. 1994. 시험연구보고서. p.243.
- 이돈균 등 12인. 1994. 고급 증생종 청포도 "청수" 육성. *한국원예학회 논문 발표요지* 12(2):144-145.
- 예병우. 1994. RAPD를 이용한 사과 품종의 분류와 품종 판별 표지의 선발. *서울대학교 박사학위논문*. pp.109.
- 한국원예발달사 편집위원회. 1980. *한국원예발달사*. P.203~221.
- 홍순범, 김유환 외 4인. 1970. 배 우량 신품종 "단배"의 육성과정과 특성. *농시연보(원예농공편)* 13:1-4.