

# 우리나라 벼 육종현황과 전망

## Present Status and Perspectives of Rice Breeding in Korea

문 헌 팔

작물시험장 수도육종과

Division of Rice Breeding  
National Crop Experiment Station  
Suwon 441-100, Korea

### 1. 머리말

벼는 밀, 옥수수과 더불어 세계의 3대 식량자원으로서 약 27억 인구가主食으로 하고 있는 가장 중요한 식량작물이고 우리 국민의 생명의 원천이다. 세계 120여 국가에서 재배되고 있는 벼는 총생산량의 92%가 아시아 몬순기후지대에서 생산되며 총소비량의 90%가 이들 지역에서 소비되고 있다. 미래학자들에 따르면 향후 30년내에 세계인구는 80억이상으로 그리고 쌀소비 인구는 현재의 2배인 45억이상으로 늘어날 것으로 추정하고 있으며 이들의 수요를 충족시키기 위해서는 세계 벼 생산량이 현재 518백만톤에서 2배가 증가되어야 할 것이라고 주장하고 있다 (IRRI, 1993).

몬순기후지대에 속하는 우리나라는 년평균 강우량의 60-70%가 벼 재배기간인 여름철의 7-8월에 집중되는 기상여건에서 논에 벼를 대체할 수 있는 작물이 극히 드물고 벼농사를 통하여 홍수조절, 수자원 보호와 함양, 토양유실방지, 수질정화 및 대기정화 등의 국민 생활에 미치는 공익적 기능이 지대하다.

우리나라의 체계적인 벼 육종사업은 1906년이래 약 90년의 역사를 가지고 눈부신 발전을 거듭하여 벼품종의 생산성을 세계 최고수준으로 향상시키고 국민의 주식인 쌀의 자급생산의 기반을 다졌고, 나아가서 농업발전의 선도적 역할과 국가 경제발전의 원동력이 되어왔다.

최근에 들어서는 산업이 고도화되고 다양화됨에 따라 농업인구의 양적감소와 질적저하가 극심하고 벼 재배면적도 급격히 감소하고 있다. 한편 세계무역기구(WTO)의 출범으로 값싼 외국쌀이 의무적으로 수입되므로써 벼 재배면적의 감

소 등 쌀생산 여건은 더욱 열악하게 될 것이 필연적이다. 뿐만아니라 가시화되고 있는 남북교류와 남북통일에 따른 통일 한국의 식량문제를 생각할 때 “쌀의 안보” 문제는 우리앞에 다가온 피할 수 없는 현실이다. 더욱이 세계의 쌀생산량 중 우리 국민의 기호에 적합한 자포니카쌀은 11%에 지나지 않으며 대부분이 우리나라를 위시하여 일본, 중국의 동북부지역, 대만 등의 아시아 온대지역에서 자국 소비를 목적으로 생산되며 세계 쌀시장의 유통량은 미국 캘리포니아와 호주 등의 쌀을 주식으로 하지 않는 지역에서 생산되는 약 200만톤 미만으로 극히 제한되어 있다.

앞으로 우리나라의 쌀 식량자급도를 유지하고 건전한 쌀 식품공급을 위해서는 쌀품질을 고급화, 건전화하고 더불어 단위면적당 생산량의 증대가 절대적이므로 안전다수성 유전자원의 개발과 이들의 육종적 효율을 최대화 하기위한 기술의 개발이 절대 요구된다. 그리고 쌀생산 농민들을 보호하고 쌀의 부가가치를 향상시키기 위하여 생력기계화 재배에 적당하며 품질이 다양한 품종의 개발로서 쌀 생산비를 낮추고 농가의 소득을 높일 수 있는 육종적 노력이 뒤따라야 할 것이다. 여기에서 필자는 우리나라의 벼 육종현황과 앞으로의 전망을 살펴보고자 한다.

## 2. 벼 육종목표와 변천

우리나라 벼육종의 최종목적은 쌀을 생산하는 농민들이 적은 비용으로 쉽게 농사를 지어 많은양의 쌀을 생산하여 높은 소득을 얻을 수 있게 하고 쌀을 소비하는 국민들이 안심하고 싼값으로 좋은 품질의 건전한 쌀을 먹을 수 있도록 소출이 많고 품질이 좋은 고품질 안전다수성 벼품종을 개발 보급하는 것이다. 좋은 품종개발의 성공여부는 무엇보다도 정확한 목표설정과 적절한 육종기술의 채택 및 이들 기술의 합리적 수행에 좌우된다.

우리나라 벼 육종의 기본목표는 다수성, 양질성, 안전성으로 집약될 수 있으며 생산자와 소비자의 요구도, 재배환경 여건 변화 및 사회경제적 여건 변화에 따라 그 우선순위를 달리하면서 세분화 또는 새로운 목표가 추가되어왔다 (박과조, 1990). 오늘날에는 쌀 품질의 고급화와 다양화에 최우선 순위를 두고 이들 양질 품종의 수량성 증대와 안전성 증진을 위한 초형개량, 병충해 및 기상재해 저항성, 생산비 절감 및 토지이용도 증진을 위한 육종적 노력에 주력하고 있으며 21세기의 국민식량안보를 위하여 현재 수량증가의 정체성 타파를 위한 노력을 하고 있다.

우리나라 벼 육종목표의 시대적 변천을 살펴보면 표(1)에서 보는바와 같이 1960년대까지는 자포니카 품종의 근연교잡 중심으로 내비성과 초형개선에 의한 수량성 증대에 주력하면서 내병성과 내도복성 등의 안전성 증진과 품질향상에 노력해 왔다.

표 1. 벼 육종중점방향 및 육종체계의 시대적 변천 (박과 조, 1990)

구 분	1960후반	1970전반	1970후반	1980전반	1980후반
중점방향	다수성 안전성 양질성	다수성 안전성 양질성 단기성	안전성 다수성 양질성 단기성	양질성 안전성 다수성 단기성	양질성 안전성 단기성 생력재배적성 가공적성 다수성
육종방법	자포니카 근연교잡 들연변이	통일형 다수미 위주 근. 원연 다계교잡 세 대 축 진		자포니카 양질미 위주 근. 원연 다계교잡 약배양, 잡종강세등	

1970년대 전반기에는 열대형의 인디카 벼의 유전자원을 적극 활용하여 자포니카와 인디카의 원연교잡 중심으로 쌀수량성 증대에 최우선 순위를 두고 선발지표를 단간수중 직립초형, 내도복성, 내병충성, 내냉성, 내탈립성 및 자포니카 수준의 미질개선에 총력을 기울여 왔고, 한편 논의 이용도를 증진하고 일당 생산능력을 높이기 위한 단기생육성 특성이 새로운 육종목표로 추가되었다. 1970년대 후반기에는 통일형 다수성품종의 확대보급에 따라 다양화된 병해충의 저항성과 내냉성 증진 등으로 수량 안전성 향상과 미질개선에 주력하였다.

1980년대 전반기에는 쌀의 자급생산과 소비자들의 양질미 선호도가 증가되면서 수량성보다는 품질을 최우선 목표로 하고 자포니카 품종의 단간 직립성 초형개선에 의한 수량성과 안전성 증대에 주력하였다. 1980년대 후반기에는 자포니카 품종 중심으로 취반용 양질미의 밥맛 증진을 최우선으로 하고 내냉성, 내병충성 및 내도복성 등의 안전성의 유전적 보완이 강화되었으며 쌀의 소비증대와 부가가치 증진을 위한 가공용 특수미 등의 미질의 다양화가 새로운 육종목표로 추가되었다.

1990년대에 들어서는 밥쌀의 품질과 밥맛의 유전적 강화와 더불어 수량성 향상에 주력하면서 병충해 및 냉해 등 재해에 대한 복합저항성과 쌀의 건전성, 쌀가공제품에 알맞는 품질의 다양화, 생산비절감 재배를 위한 직파재배 생태 적응성 등이 새로운 육종목표로 보완되어 추진되고 있다.

### 3. 벼 육종현황

#### 1) 벼 육종방법 및 기술체계

우리나라 벼 육종방법은 인공교배에 의한 교배육종법(Cross breeding)이 기본적으로 채택되고 있으며 도입육종법과 돌연변이 육종법이 극히 제한적으로 이용되고 있다. 최근에는 약배양에 의한 반수체 육종기술이 확립되어 실용화되었고, 세포질 응성불임체계를 이용한 일대잡종 육종기술 체계가 실용화 단계로 발전되므로서 자식성 작물인 벼의 잡종강세 이용의 기회가 열려있다. 또한 내병충성 복합저항성 인자의 집적을 위해 유전자적 응성불임체계를 이용한 순환집단 개량 육종기술과 배 또는 배주배양에 의한 재배벼와 야생벼의 중간잡종기술 및 생물공학기술 실용화를 위한 연구가 활발히 추진되고 있다 (Park et al, 1990).

인공교배 방법으로는 단교배, 여교배, 3원교배, 다계 또는 복교배 등 목표형질의 유전양상에 따라 적절히 채용되고 있다. 단교배는 유전적 특성이 비슷한 2개의 계통이나 품종의 단순형질 개량에 이용되기도 하나 기본적으로는 연속교배를 위한 기본수단으로 주로 행해지며, 적응성이 높은 우량한 품종에 병충해 저항성과 같은 유전력이 높은 형질을 개선하기 위해서는 여교잡 방법이 가장 효과적으로 이용되는데 이 경우 적응성이 높은 품종을 반복친으로 하며 그 원형 회복을 위해서는 4~6회의 여교배가 효과적이다 (허 외, 1986).

그리고 유전적으로 다소의 원연관계에 있는 계통이나 품종들의 유용형질을 재조합할 경우 일반적으로 나타나는 부분 불임문제를 극복하기 위해서는 원연교잡 F1과 또다른 적응성이 높은 품종을 다시한번 교배하는 3원교잡 (또는 TOP교배)법이 널리 이용되고 있다. 이 경우 3개의 모본중 최소한 2개는 비교적 적응성이 높은 것이 효과적이며 마지막 교배시에 적응성이 높은 품종을 모본(female)으로 하고 원연간 F1을 부분으로 사용하므로써 그 효과를 높일 수 있다 (Chung & Heu, 1991). 우리나라 벼육종에서 가장 대표적인 3원교잡의 성공사례는 우리농업의 녹색혁명의 기틀이 되었던 "통일"품종의 개발이다.

다계교배나 복교배 방법은 최소한 3개 이상의 모본재료 계통이나 품종으로부터 여러개의 형질이나 수량성과 같이 많은 유전자가 관여하는 양적형질을 동시에 재조합 수렴하는 수단으로 이용되는데 이 경우에는 특히 목적하는 형질들의 정밀한 검정체계가 뒤따라야 할 뿐 아니라 후대계통 집단의 크기를 확대하므로써 그 효과를 높일 수 있으며 1970년대 이후 다수성 복합저항성 품종개발에 효과적으로 이용되고 있다 (Park et al, 1990).

다양한 유전자들의 재조합으로 창출된 육종집단에서 육종목표에 접근되는 유

전자형 개체를 획득하기 위해서는 효과적인 선발방법이 절대적이다. 우리나라 벼육종에서 기본적으로 이용되는 선발방법은 계통선발법 (Pedigree selection) 으로 매세대마다 선발된 개체나 계통들의 연속성이 정확하게 기록되어 우량한 계통의 후대들만이 다음 세대로 진전시킬 수 있고 많은수의 조합과 후대계통들이 매년 효과적으로 평가되어 선발되므로 우량계통선발을 위한 가장 체계적이고 정확한 선발방법이다 (IRRI, 1979). 그러나 넓은 면적과 노력이 요구되며 비용이 많이 들 뿐만 아니라 육종기간이 길게 소요되는 결점이 있다. 이러한 계통선발 육종의 단점을 극복하기 위하여 부분적으로 집단선발법이나 변형된 개량 집단선발법 등이 이용되고 있다.

품종육성 기간단축을 위해서는 1970년대 초부터 세대단축은실을 설치하고 또한 필리핀의 국제미작연구소와의 국제교류를 통하여 겨울기간동안에 우량조합의 분리세대계통을 재배하므로써 품종 육성기간을 15~16년에서 10~12년으로 크게 단축시키는 세대축진 계통선발법 또는 세대축진 집단 선발법이 확립되어 이용되고 있으며(박 등, 1987), 나아가 약배양에 의한 반수체 육종방법으로 품종 육성기간을 5~6년으로 크게 단축시킬 수 있는 육종체계가 실용화되어 이용되고 있다 (Park et al, 1990).

## 2) 벼 품종 육성 보급 현황

우리나라 벼육종연구는 1906년 수원에 권업모범장이 설립되면서 근대적인 체계를 갖추게 되었다. 1910년 이전에는 3,000여종에 이르는 잡다한 재래종이 재배되어 왔으며 1930년대까지는 재래종의 순계분리와 외국품종의 국내적용시험을 통한 도입육종에 의해서 선발된 우량품종들이 전체 벼 재배면적의 약 82% 까지 확대 보급되기도 하였다(이 외, 1983). 한편 교배육종은 1915년경에 시작되어 1933년에 국내 최초로 "남선 13호"의 국내육성품종이 개발보급된 이래(이 외, 1983) 현재까지 146품종이 개발되어 농가에 보급되어왔다(표 2).

표 2. 국내육성 벼품종의 년대별 개발 보급현황  
(호남작시, 1989; 농림수산부, 1991-'95; 박외, 1995)

구 분	'31 - '70	'71 - '80	'81 - '90	'91 - '95	계
자 포 니 카	36	5	39	25	105
통 일 형	-	25	15	1	41
계	36	30	54	26	146

1960년대까지는 자포니카 근연교잡을 중심으로한 36품종이 육성 보급되어 도

입품종의 재배를 대체하여왔으나 대부분이 키가 크고 잘 쓰러지며 내비성과 내병성이 약하여 생산능력이 400kg/10a 수준을 밑돌아 전국평균 쌀수량은 300-350 kg/10a에 불과하여 쌀의 부족현상을 면치 못했다(박과 조, 1990). 1965년경부터는 유전변이가 다양한 인디카 품종을 이용한 원연교잡 육종의 성공적인 추진으로 1971년에 처음으로 단간직립형의 다수성인 "통일" 품종개발에 성공하여 쌀수량이 513kg/10a로 우리나라 벼 육종의 새로운 이정표가 되었다. 이후 통일형 품종의 확대 개발로 1985년에 통일형품종 육종이 중단될때까지 40개의 품종이 개발 보급되어 1977년에는 전체 벼 재배면적의 76.2%까지 확대되어 우리민족의 오랜 숙원이던 쌀 자급생산의 기반을 확고히 하였다(박 등, 1987; Park et al, 1990).

이들 통일형 품종들이 다수성을 나타내게 된 가장 중요한 특성은 준단간 직립성의 초형개량으로 벼의 군락구조가 개선되어 광합성 능력과 수확지수가 크게 증대되었으며 나아가서 내도복성, 내비성 및 내병충성 등 안정성이 크게 증진되었다(Moon et al, 1993). 그러나 이들 품종은 인디카 유전인자들의 영향으로 미질특성과 내냉성 등이 자포니카 품종에 미치지 못하였다. 따라서 식량의 자급과 국민소득의 향상으로 소비자들의 양질쌀 선호도가 증가하였고, 특히 1980년도의 극심한 냉해의 영향으로 농민들의 선호도가 떨어져 재배면적이 점차 감소하게 되었으며 급기야 1986년에는 통일형 품종의 육종연구가 중단되었다.

1980년대부터 벼 육종목표의 우선순위가 다수성에서 양질성으로 전환되어 자포니카품종을 중심으로 품질개선을 최우선으로 하고 초형개량과 내도복성, 내냉성, 내병충성 등의 재해저항성 및 수량성 증대에 노력한 결과 최근까지 15년간 개발보급된 양질의 자포니카 품종수는 64개로서(농림수산부, 1981-'95) 이들이 확대 보급되므로써 소비자와 농민들의 선호도가 낮은 통일형 품종을 1991년에 농가 보급 장려품종에서 완전히 제외시켰다.

최근 육성된 양질의 자포니카 품종은 1970년 이전에 개발보급되었던 자포니카 품종들보다 월등히 개선되었는데 특히 초형이 준단간 직립성으로 개량되었으며 생산능력이 534kg/10a까지 증대되어 1970년대 초반의 통일형 품종 수준까지 도달하였고, 또한 내도복성, 내냉성, 내병충성 등의 재해저항성이 크게 향상되었다(박 외, 1994).

현재 농가보급 장려품종수는 56품종으로 대부분이 양질성 자포니카 품종이며(농진청, 1995a) 용도별로는 밥쌀용이 대부분이고 가공용은 대립벼 1호, 향미벼 1호, 양조벼 등 3품종, 찰벼 3품종 등이 개발 보급되었다. 밥쌀용중 고품질 양식미 쌀품종은 29품종으로 전체 재배면적의 66%를 차지하고 있으며 이들중 일품벼등 18품종은 쌀수량성이 500kg/10a 수준이상이다.

재배생태별 품종구성을 보면 밭벼 2품종을 제외한 모든 품종이 논벼 품종이며 이들중 직파재배적성 품종으로 농안벼, 주안벼, 대안벼 등이 개발 보급되었다.

논벼 품종의 숙기도 다양하게 개발되었는데 극조생종 11, 조생종 7, 중생종 18, 중만생종 18품종으로 재배 지대별 적지적품종 재배를 위한 농민의 품종선택 폭을 크게 확대하였다 (농진청, 1995a).

최근에는 벼 육종기술이 다양화되면서 약배양 육종기술이 실용화되어 1985년에 우리나라 최초로 화성벼를 개발 보급한 이후 현재까지 9개품종이 개발되어 농가에 보급하여 재배되고 있다.

이상에서 살펴본바와 같이 과거 약 90년동안 우리나라 벼육종 연구는 그시대에 따라 육종목표의 우선순위를 달리해 오면서 다수성, 양질성, 안정성의 기본목표를 모두 충족시키는 방향으로 발전해왔다. 특히 최근 15년간은 쌀품질을 고급화하면서 수량성과 안정성을 동시에 만족시킬 수 있는 세계 최고수준의 육종기술로 발전되었다.

### 3) 육종목표별 주요성과

#### ① 쌀 수량성 증대

우리나라 벼 품종의 쌀 수량성을 시대적으로 보면 (표 3) 1930년대의 재래종과 도입품종 재배시대의 298kg/10a에서 1970년초까지 교배육종에 의한 국내 육성 자포니카 품종의 398kg/10a로서 약 34% 증가로 년평균 증가율이 1% 미만이었으며 농가평균 수량도 1960년에 270kg/10a, 1970년에 330kg 수준으로 주식인 쌀의 만성적 부족현상을 면치 못했다.

표 3. 국내 육성 벼품종의 수량능력과 농가평균 쌀수량 변천  
(박과 조, 1990, 농림수산부, 1991-'95)

구 분	'60	'70	'80	'85	'90
자포니카	375	398	451	493	534
통 일 형	-	513	576	605	-
농가평균	270	330	438	456	459

1971년에 개발된 "통일" 품종은 쌀수량성이 513kg/10a로서 당시 대표품종들보다 무려 30%가 증가하였고 '70년대 후반까지 이들 다수성 통일형 품종의 확대 개발로 576kg/10a까지 향상되므로써 쌀 총생산량이 1976년에 5215천톤, 1977년에 6006천톤으로 늘어나서 우리민족의 숙원이던 쌀의 자급달성을 이룩하였고, 농가평균 쌀수량도 494kg/10a의 최고기록을 하였으며 1985년에는 통일형 품종의

생산능력이 605kg까지 이르게 되었다 (Park et al, 1990; Moon et al, 1993).

1980년대초부터 벼육종목표의 우선순위가 다수성에서 품질향상으로 바뀌면서 양질의 자포니카 품종개발에 노력한 결과 1981년에 451kg/10a, 1985년에 493kg, 그리고 1990년도에는 534kg까지 도달하므로써 양질품종의 쌀수량성이 크게 향상되어 '70년대초의 다수성 통일형 품종 수준에 이르렀으며 농가평균 생산량도 459kg으로 쌀의 식량자급을 유지하고 있다.

그러나 통일형 품종의 최고수량인 605kg에는 못미치고 있는 실정이고 더구나 최근에는 산업의 고도화와 다양화에 따라 농업인구와 벼 재배면적이 급격히 감소하여 쌀 생산량이 감소추세에 있고 세계무역기구(WTO) 체제의 출범으로 외국쌀을 의무적으로 수입하게 되므로써 벼 재배면적이 더욱 감소될 것이 필연적이므로 우리의 쌀사정은 더욱 어려워질 전망이다. 특히 통일 한국의 식량자급 문제를 고려할 때 벼품종의 수량성 증대는 앞으로의 식량자급을 위한 벼육종의 기본적인 과제가 되어야 할 것이다.

## ② 품질의 고급화 및 다양화

우리나라의 쌀소비는 약 95%가 밥쌀용으로 소비되며 나머지는 가공원료용으로 소비되고 있어서 쌀품질 개량을 위한 육종방향은 밥쌀용으로 고품질 양식미 품종개발이 그리고 가공제품에 알맞는 다양한 품질의 특수미 품종개발에 노력하여 왔다.

밥쌀용 품종으로서의 선발지표는 첫째 외관특성으로서 중소립의 단원립으로 심복백이 없이 맑고 깨끗하며 윤기있는 쌀이 시장성이 높으며, 둘째 관능적 특성으로서 밥맛이 좋고 아밀로스함량이 17-20% 정도로 찰기가 적당하며 밥냄새가 구수하고, 밥의 윤기가 높고 씹을때 질감이 부드럽고 밥이 식었을때 노화가 느리고 잘 굳지않는 쌀이 소비자의 선호도가 높다

이러한 미질과 밥맛특성이 양질품종 육성의 중요한 선발지표로 반영되어 많은 육종적 성과가 있었다. 우리나라 벼품종의 쌀품질을 개략적으로 살펴보면 자포니카품종은 중소립의 단원형으로 심복백이 거의 없고 대체로 맑고 깨끗하며 품종간 차이가 뚜렷하지 않다 (표 4).

통일형 품종은 자포니카 쌀과 비교하여 쌀알의 길이가 약간 길고 폭이 좁고 두께가 얇은 편으로 길이와 폭의 비율이 2.0이상으로 중립종으로 외관특성면에서 시장성이 다소 떨어지는 경향인데 통일형 품종중에서 1980년대에 단원형 품종으로 개발된 중원벼나 칠성벼 등도 미립의 길이는 자포니카 수준으로 개량되었으나 폭이좁고 두께가 얇아 쌀의 외관은 자포니카 품종과는 쉽게 구별된다



(박 외, 1994). 밥의 찰기에 영향을 미치는 아밀로스함량도 17-20%로 1970년대 초의 "통일" 품종 23.3%보다 크게 낮아졌으나 호화온도가 다소 높은 편으로 밥의 찰기가 다소 떨어지며 밥이 식었을 때 빨리 굳어지며 노화가 빨라서 밥맛은 자포니카보다 떨어지는 경향이다.

표 4. 육성년대별 벼품종의 주요 미질 특성 (1992, 작시)

구분	육성 년도	품종명	현 미 (mm)				심복백 (0-9)	미 질		
			장	폭	후	장/폭비		호화온도	아밀로스	단백질
자포 니카	1936	풍 옥	5.16	2.91	2.06	1.77	1/1	저	18.2	7.6
	1962	진 흥	4.88	2.58	2.18	1.89	1/1	저	19.8	7.7
	1981	동 진	5.05	2.94	2.00	1.72	0/1	저	17.7	7.3
	1990	일 품	4.96	2.71	2.07	1.83	0/1	저	18.9	6.7
		평 균	5.01	2.78	2.07	1.80	-	저	18.7	7.3
통일 형	1971	통 일	5.54	2.62	1.93	2.24	0/5	중저	23.3	8.7
	1976	밀 양	6.15	2.55	1.97	2.41	1/0	중저	19.1	7.9
	1982	삼 강	5.51	2.48	1.88	2.22	1/2	중저	17.4	7.6
	1984	중 원	5.10	2.68	1.79	1.90	1/1	중저	16.7	7.8
		평 균	5.57	2.53	1.89	2.19	-	-	19.1	8.0

1980년부터 최근 15년간 개발되어 현재 농가에 보급 재배되고 있는 장려품종 대부분이 자포니카 품종으로 이들중 밥쌀용으로서 양질미 품종의 미질특성은 표 5와 같다.

이들 품종들의 미질특성을 보면 길이/폭비가 1.64-1.92이고 현미천립중이 19.3-23.7로서 쌀알의 모양은 중소립의 등근쌀이다. 또한 심복백이 거의 없이 맑고 깨끗하며 도정율과 완전립율이 높아 시장성이 매우 우수하며 품종간에 뚜렷한 구별이 어렵다. 호화온도는 밥의 물리성과 밥짓는데 적당하도록 낮으며 밥의 찰기에 영향을 미치는 아밀로스 함량은 17-20%로서 소비자들의 입맛에 맞는 적절한 수준이다.

특히 오대벼, 진미벼, 일품벼, 동진벼, 화성벼, 주안벼 등의 품종은 밥맛 관능검정 결과 종전의 양질로 일컬어지던 추청벼나 일본의 최고품질이라는 고시히까리나 미국의 칼로스 품종에 비하여 쌀의 품위와 밥맛이 우수한 것으로 평가되고 있다 (허 외, 1994).

지난 3월 13일에 일본에서 쌀품질과 밥맛 감별에 권위를 가지고 있는 쌀 도매업자 19명이 내한하여 작물시험장의 밥맛검정 전문요원 17명과 함께 총 36명이 참여하여 한국산과 일본산 쌀의 품질과 밥맛 검정을 실시한 결과 한국산 "일품벼"쌀이 일본산의 가장 맛있는 쌀이라고 하는 고시히까리, 히도메보레, 사사니시키보다 월등히 맛있는 쌀로 판명되므로써(표 6) 일본의 상품정보 잡지인 日經商

品情報 (식품판, '95.4.17) 가 "한국산 쌀이 일본사람들에게는 이제 무시할 수 없는 존재가 될 것"이라고 보도한 바 있다.

표 5. 최근 육성된 양질미 품종의 미질 특성 (농림수산부, '91-'95)

숙 기	품종명	육성 년도	립 형 (장폭비)	십복백 (0-9)	아밀로스 함량(%)	도정율 (%)	현 미 천립중 (g)
조 생	오대벼	1982	1.92	0/1	18.0	73.5	21.0
	상주벼	1991	1.86	1/0	17.2	77.8	19.7
	눈내벼	1992	1.87	0/1	18.8	76.8	20.8
	상산벼	1993	1.85	0/1	18.6	77.7	20.4
준조생	진미벼	1989	1.87	0/1	19.1	75.3	20.4
	조령벼	1992	1.87	0/1	16.5	73.9	19.8
	삼백벼	1993	1.82	0/0	19.7	76.7	19.3
중 생	화성벼	1985	1.75	0/1	19.6	75.6	22.4
	장안벼	1989	1.75	0/1	19.0	79.6	21.0
	화영벼	1991	1.79	0/1	18.2	77.5	22.8
	간척벼	1992	1.78	0/1	18.0	77.5	21.3
	화중벼	1993	1.92	0/0	20.7	77.6	21.1
	주안벼	1994	1.72	0/1	18.6	76.4	21.0
중만생	동진벼	1981	1.72	0/1	18.0	77.7	22.8
	계화벼	1989	1.76	0/1	17.3	76.8	22.0
	일품벼	1990	1.83	0/1	18.9	77.2	21.3
	민금벼	1991	1.64	0/0	18.5	76.4	20.5
	영남벼	1991	1.71	0/1	19.5	77.0	20.8
	대야벼	1992	1.79	0/1	18.3	77.2	23.7
	화남벼	1993	1.79	0/1	18.6	76.3	19.8
	대안벼	1994	1.83	0/0	19.1	76.6	21.7
	금남벼	1994	1.95	0/1	18.4	76.8	20.5
	추청(비)	-	1.84	0/1	20.2	77.4	20.0

표 6. 한·일 생산 쌀품종의 밥맛비교 (1995. 3. 13)

품 종 명 (산지)	총 평	한국인 (17명)	일본인 (19명)
일품벼 (한국산)	1.06	0.59	1.47
히도메보레 (일본산)	0.33	0.24	0.24
고시히카리 (일본산)	0.31	-0.12	0.79
아키다고마찌 (일본산)	0.17	0.35	-0.00
고시히카리 (한국산)	-0.11	-0.29	0.05
히도메보레 (한국산)	-0.17	-0.18	-0.16
사사니시키 (한국산)	-2.06	-1.77	-2.32

\* 표준미 : 추청벼 (수원 작시산)

한국인 : 작시 전문검정요원,

일본인 : 일본 쌀 도매업자

특히 일품벼는 품질이 좋을 뿐만 아니라 수량성이 534kg/10a 로서 고품질 다수성 품종으로 '90년에 개발되어 그 재배면적이 급속도로 확대되므로써 4년만에

약 95천ha에 이르게 되었으며 앞으로는 이러한 일품벼 이상의 고품질로서 수량성도 550-600kg/10a 수준이상의 고품질 다수성 품종개발 보급에 노력하고 있다.

현재 농가에서 재배되고 있는 56개의 장려품종중 고품질 양식미로서 수량성이 500kg/10a 이상되는 품종은 534kg/10a의 일품벼를 위시하여, 화영벼, 화성벼, 화진벼, 안중벼, 청명벼, 장안벼, 서안벼, 동해벼, 간척벼, 화남벼, 상주벼, 진부벼, 삼백벼, 상산벼 등과 '94년에 개발된 주안벼, 대안벼, 금남벼 등 18개 품종이 보급되고 있다 (농진청, 1995a).

최근에는 가공용 특수미로 "대립벼 1호", "향미벼 1호" 및 "양조벼" 등이 개발되었다 (농림수산부, 1991-'95). "대립벼 1호"는 쌀의 무게가 34g으로 보통쌀보다 1.7배 크고, 현미의 튀김성이 아주 높아 튀김과자나 후레이크용 뿐아니라 양조용으로 적합하며, "향미벼 1호"는 구수한 누룽지 맛을 내는 쌀로서 보통 밥쌀에 5-10% 정도 섞어서 밥을 지으면 밥에서 구수한 향이 풍기므로 밥맛을 좋게 하고 묵은 쌀인 경우에는 군내를 없애주므로서 밥맛을 개선하는 효과가 있을 뿐 아니라 전통감주(식혜)를 만들 경우 독특한 구수한 향을 내므로 기호성이 높은 새로운 감주를 생산할 수 있다. 또한 과자의 원료나 제과용 덧씩음 재료로도 이용될 수 있을 것으로 전망되어 새로운 조리법과 가공법을 개발하면 그 용도가 더욱 확대될 것이다. 그리고 양조벼는 쌀알의 심백발현을 및 심백율이 높으며 쌀의 강도가 낮고 초기 수분흡수율이 높으며 糖化力이 높고 술 생산수율이 높다.

뿐만 아니라 떡이나 병과, 기타 전통 쌀식품의 가공원료용 쌀로서 흑자색의 색깔이 있는 유색미 계통 수원 415호, 색깔과 향취를 동시에 가지고 있는 수원 425호 등이 선발되어 시험중에 있으므로 2-3년내에 농가에 보급될 것으로 전망된다.

### ③ 재해 저항성

병충해 및 기상재해 등 재해저항성은 쌀의 품질 및 수량성과 더불어 우리나라 벼 육종의 기본목표로서 생산의 안정성, 생산비절감 및 건전 쌀생산에 크게 영향을 미친다. 재해저항성 육종의 주요 선발지표는 내병성, 내충성, 내도복성, 내냉성, 내만식성에 많은 성과가 있었다.

**내병성** : 내병성의 주요 대상 병해는 도열병, 백엽고병, 바이러스병 및 문고병이며 1960년대까지는 도열병 저항성에 주력하였으나 뚜렷한 성과가 없었고 1960년대 중반부터 인디카/자포니카 원연교잡에 의한 "통일"품종이 1971년에 개발되므로서 내병성 육종이 활기를 띄우기 시작하여 그후 많은 수의 통일형 내병다수성 품종이 육성 보급되었다 (박등, 1987). 그러나 내도열병 품종의 확대보급에

따라 평균의 분화도 다양화되어 통일형 품종 침해 단계가 전국적으로 급속히 만연되므로써 단계별 저항성인자의 집적을 위한 육종적 노력이 강화되어 오고 있으나 자연계에서는 기주와 평균의 공동진화체계가 유지되므로 완전 저항성 품종 개발이 용이하지 않다. 따라서 어느 특정 단계의 진성저항성보다 다양한 평균이 기주집단과 공존을 유지하면서 기주인 벼의 피해를 최소화할 수 있는 포장저항성이나 또는 지속저항성의 방향으로 추진되고 있다.

현재 농가에 보급되고 있는 장려품종의 도열병 저항성은 34%인 19품종이 중강 이상의 저항성을 가지고 있으며 34%인 19품종은 중, 나머지 18품종은 약한 반응을 나타내고 있다 (농진청, 1995a).

백엽고병과 그리고 바이러스병인 호엽고병은 일반적으로 도열병균보다는 구분화가 심하지 않을 뿐아니라 저항성 유전자의 육종적 조작이 용이하여 통일형 품종뿐 아니라 최근 육성된 양질성 자포니카 품종들의 내병성이 대체로 안전성을 유지하고 있다. 특히 이들병은 기상 및 지리 생태적으로 주로 남부지방에 많이 발생하기 때문에 남부지방의 적응성이 높은 중만생종들의 백엽고병과 호엽고병 저항성은 절대적으로 갖추어야 할 특성이다. 현재 남부지방에 재배되고 있는 18개의 중만생 품종들중 백엽고병에 저항성인 것은 11품종이고, 호엽고병에 강한 것은 16품종으로 거의 대부분이다. 그리고 이들 병해에 대해 복합저항성을 가지는 품종은 11품종이 보급되고 있다 (농진청, 1995a).

문고병에 대한 저항성 육종은 현재까지 뚜렷한 저항성 유전자원이 밝혀져 있지 않아서 큰 성과가 없었고 대부분이 약제 방제에 의존하고 있다.

**내충성 :** 내충성 육종은 주로 벼멸구, 흰등멸구, 애멸구 등 멸구류와 끝동매미충의 저항성이 주요 선발지표이다. 내충성 육종 역시 1970년대의 통일형 품종 개발에 의하여 상당한 성과 있었는데, 우리나라 최초의 벼멸구 저항성 품종은 1978년에 육성된 밀양30호이며 그교배 조합은 통일/IR946-33//IR1317-392/IR1539-29///YR675로서 다계교잡의 후대에서 계통육종법에 의해 육성된 것으로 저항성 유전자는 IR1539의 교배모본인 Mudgo로부터 유래된 것이다. 그후 가야벼, 삼강벼, 칠성벼, 장성벼, 남영벼 등의 통일형 저항성품종이 개발되었고 이들중 특히 가야벼와 장성벼는 벼멸구 생태형 I, II, III 에 모두 저항성은 나타내는 안정적인 품종이다 (박 등, 1987). 그러나 자포니카 양질미 품종중 벼멸구 저항성을 나타내는 것은 화청벼(농진청, 1995a) 뿐으로 일반적으로 자포니카 품종의 내충성 품종개발은 앞으로 해결되어야 할 중요한 육종과제이다.

**내도복성 :** 내도복성은 간장, 稈太, 稈質, 하위절간장, 稈基重, 뿌리의 굵기, 잎의 크기와 직립성 등과 관련되는데 육종적으로는 주로 短稈 및 強稈化 하므로

서 비교적 쉽게 개선할 수 있는 형질이다 (박 동 1987). 그러나 단간형질을 지배하는 단간 유전자들은 많이 밝혀져 있으나 대부분이 수량관련형질이나 미질등의 형질에 多面發現의 효과를 가지고 있으며 작물학적으로 가장 효과적으로 이용되는 것은 준단간 형질을 지배하는  $sd_1$  유전자이다 (허의, 1986).

우리나라의 내도복성 육종은 1971년에 IR8과 T(N)1으로 부터  $sd_1$  유전자를 도입한 준단간 "통일"품종을 처음으로 개발하으로서 활기를 띠기 시작했고 그후 일련의 통일형 품종들이 육성보급되므로써 내도복성 문제는 거의 해결을 보게되었다. 그러나 자포니카 품종의 내도복성은 1970년대까지 뚜렷한 성과를 보지 못했으나 이들 통일형품종을 중간모본으로 활용하으로서 1980년대초에 설악벼, 삼남벼, 서남벼 등의 준단간 내도복성 품종들을 개발 보급하게 되어 자포니카 품종의 내도복성 육종이 크게 발전하게 되었다.

이들을 기초로하여 최근 15년동안 자포니카 양질품종의 내도복성 증진에 육종적 노력의 결과 현재 농가에 보급 재배되고 있는 품종의 약 70%가 내도복성을 나타내고 있다 (농진청, 1995a).

**내냉성** : 온대기후시대인 우리나라의 벼 재배에서 해마다 상습적으로 냉해를 경험하게 되므로 벼품종의 저온에 대한 저항성은 안정적인 벼 재배를 위해 해결되어야 할 가장 중요한 육종선발지표이다. 우리나라에서 냉해 양상은 전 생육기간을 통하여 발생될 수 있으며 저온에 의해 생육이 억제되어 출수가 늦어지므로써 등숙이 불량해져서 수량의 감소를 가져오는 지연형 냉해와 여름철 유수분화기부터 출수기까지 저온의 영향으로 영화의 퇴화나 화분발달의 장애로 불임이 발생하는 장해형 냉해로 크게 구분되는데 특히 장해형의 냉해피해가 치명적이며 산간고랭지의 여름철 이상저온이 발생하는 산간고랭지는 냉해 상습지역이다.

벼 내냉성 육종은 1970년대 통일형 품종의 단점개선 연구로부터 활발히 이루어졌으나 뚜렷한 성과가 없었고 1980년의 극심한 냉해의 영향으로 춘천출장소를 설치하여 냉수에 의한 내냉성 검정체계를 확립하고 냉해상습지인 진부,운봉,상주,영덕에 각각 출장소를 설치하여 내냉성 계통의 현지선발 체계를 확립하여 육종적 노력을 해왔다 (농진청, 1993). 최근 15년동안 개발 보급된 대부분의 품종들의 내냉성이 크게 향상되어 남부평야지에 주로 재배되는 중만생종의 일부를 제외한 거의 모든 품종들이 내냉성을 갖추게 되므로써 1993년의 극심한 냉해년도의 냉해피해는 약 9%로서 일본의 26%보다 월등히 낮았을뿐 만 아니라 1980년도의 냉해피해 34%보다 크게 감소시킬 수 있었다.

현재 농가에 보급되어 재배되고 있는 양질의 자포니카 품종들의 병충해 및 기

상 재해저항성에 대한 안전성은 표 7에서 보는바와 같다.

표 7. 최근 육성 주요양질품종의 재해저항성 (농진청, 1995a)

속기별	품종명	육성 년도	도열 병	백엽 고병	호엽 고병	내냉 성	내도 복성	내만 식성	간장 (cm)	쌀수량 (kg/10a)
극조생종	오대벼	'82	■			■	■	■	77	481
	진부벼	'91	■			■	■	■	62	521
	상주벼	'91	■			■	■	■	67	531
조 생 종	진미벼	'89	■		■	■	■	■	74	486
	조령벼	'92	■		■	■	■	■	76	483
	상산벼	'93	■		■	■	■	■	79	503
중 생 종	화성벼	'85			■	■	■	■	82	493
	화진벼	'88	■	■	■	■	■	■	81	516
	안중벼	'91	■	■	■	■	■	■	76	519
	화령벼	'91	■	■	■	■	■	■	77	505
	농안벼	'93	■			■	■	■	76	515
	주안벼	'94	■	■		■	■	■	71	503
중만생종	동진벼	'81			■	■	■	■	94	479
	계화벼	'89	■	■	■	■	■	■	81	478
	일품벼	'90	■			■	■	■	79	534
	화남벼	'93	■		■	■	■	■	77	509
	대안벼	'94	■	■	■	■	■	■	76	511
	금남벼	'94	■	■	■	■	■	■	79	521
	추청벼	'70				■		■	100	453

■ : 강, ■ : 중, □ : 약

#### 4. 앞으로의 벼육종 방향 및 전략

과거 90년동안 우리나라 벼 육종연구는 그시대의 사회경제 여건변화에 따라 우선순위를 달리하면서 다수성, 양질성, 안전성의 기본육종목표를 모두 충족시키는 방향으로 발전해 오므로써 쌀의 자급생산을 유지하고 있다. 그러나 최근에는 벼품종의 수량증가율이 둔화되고 있을 뿐아니라 국내의 여건변화에 따라 농업노동력과 벼 재배면적이 급격히 감소하고 있는 것을 감안할 때 쌀 생산량 증가를 위해서는 무엇보다도 벼품종의 수량성 증대가 필수적이다.

우리나라 쌀소비의 95%는 밥쌀용으로 이용되고 있으며 가공용으로 약 5%가 소비되고 있지만 국민의 식생활 양상의 변화에 따라 가공용 쌀의 소비량은 늘어날 것이 예상된다. 따라서 쌀품질은 고품질 양식미의 밥쌀용 품질과 가공제품별로 알맞는 특수기능 쌀로의 품질을 구분하여 쌀의 품질을 고급화하고 다양화해 가야한다(김 등, 1994).

그리고 재배의 안전성, 쌀의 건전성 및 환경보존성을 위하여 주요 병해충과

기상재해에 대한 복합저항성의 유전적 보완을 병행토록 해야 할 것이다.

이러한 육종목표의 성공적인 추진을 위해서는 무엇보다도 벼 유전자원을 넓히고 육종방법과 추진체계면에서 첨단기술의 다각적인 개발과 이의 활용을 극대화시켜 나가야 할 것이다.

### 1) 고품질 양식미 품종 개발

앞으로 우리나라 밥쌀용 고품질 양질미 벼 품종개발 목표는 표 8에서 보는바와 같이 농가평균 수량성을 515kg/10a까지 증가시키도록 하고 있다. 따라서

표 8. 벼 육종의 증장기 목표 (농진청, 1995b)

구 분	'94	1997	2001	2004
○ 수량성 (kg/10a)	4.59	4.86	5.10	5.15
○ 미 질 - 취반용	고품질 양식미	고품질 양식미	식미증진 특수미	새로운 양식미원 품종 개발
○ 재배안전성 - 내병충성	부분적 복합저항성	주요 병해 복합 안정 저항성	주요 병충해 복합 저항성화	주요 병충해 안정 복합 저항성
- 생리장해 저항성	내도복성 + 내냉성	내냉성, 내염성	특수지대별 복합내재해성	특수지대별 복합내재해성 강화

농가수준에서의 쌀수량성이 7-10%가량 낮은 수준을 감안한다면 시험장 수준에서 양식미 품종의 수량성을 550kg이상 수준으로 증가시켜야 할 것이다. 미질은 고품질 양식미와 신기능성 특성을 보완하고 주요 병충해와 기상재해의 복합저항성으로 재배안정성을 향상시키며 적지적품종 개발에 역점을 두고 추진하고 있다. 밥쌀의 품질은 재배방법, 생산환경, 수확후 관리방법 등 유전외적 요인이 크게

영향을 미치지만 (박 외, 1994) 기본적으로 품종의 유전적 특성으로서 쌀알의 모양과 크기, 투명도, 심복백정도 등의 외관특성과, 찰기, 호화온도 및 단백질함량 등의 이화학적 특성, 그리고 밥의 특성과 밥맛 등으로 구성되며 이들 쌀품질의 육종적 선발지표는 표 9에서 보는바와 같다.

고품질 양식미 밥쌀 품종개발의 성공적 추진을 위한 벼 유전자원의 개발과 창출을 위해서는 첫째 기존품종과 육종재료에서 우수한 품질을 가진 교배친의 확보와 이용이다. 최근에 육성 보급된 밥맛이 우수한 품종들의 계보를 살펴보면

낙동벼나 이로부터 유래된 동진벼, 고시히까리나 이로부터 유래된 이나바와세, 또는 사사니시키 등이 가장 많이 활용되었는데 이들 품종의 선대에는 농립 6호, 은방주, 朝日, 上州, 選一 등의 품종들로 구성되어 있다 (橫尾政雄, 1988 ; 농진청, 1991-'95 ; 박 외, 1994).

표 9. 양식미 육종의 중점 선발지표 (조 1992 ; 박과 조 1990)

미질구성요소		중점 선발 지표
외관특성	립 형	단립 : 장/폭비 1.7~2.0 천립중 : 19~23g
	심 북 백	· ~ 극희
	색 택	투명, 윤기, 매우 옅은 황색
도정특성	도 정 율	75%이상, 옅은 강층
	완전립율	90% 이상
이화학적특	찰 기	아밀로스 함량 17~20%
	호화온도	65~72℃ 알칼리 붕괴도(1~7) 5~7 (KOH 1.4%)
	단백질함량	7 ~ 9%
	미량요소	고 Mg/K 율
밥의특성	외 관	광택
	향 취	옅은 향취
	씹는 촉감	적절한 탄성, 경도, 질감

특히 품질이 세계 최고수준인 일품벼, 진미벼, 서안벼, 장안벼 등은 고시히까리에서 유래된 이나바와세를 그리고 주안벼는 고시히까리를 직접 교배친으로 사용하여 육성된 것으로 (농진청, 1991-'95) 밥맛은 정확한 교배모본의 선정에 의한 교배육종으로 수량성 등 다른 실용형질과 재조합이 가능하며 초월분리를 기대할 수 있는 유전형질이라는 것을 알 수 있다 (김 등, 1994).

그러나 쌀 품질은 이들 미질관련 요소들이 동시에 적절히 복합되어 결정되는 것으로 여러개의 유전자들이 관련되는 양적형질이 대부분이며 재배환경에 따른 변이와 품종간의 상호작용이 크기 때문에 유전적 평가가 쉽지 않다 (박 외, 1994). 특히 밥맛관련 형질들의 평가는 관능검사에 의존할 수 밖에 없으므로 밥맛을 결정하는 물리화학적 특성을 밝혀 육종효율을 높이는 객관적 방법이 확립되어야 한다. 한편 초기세대에서는 많은 수의 개체나 계통이 선발대상이 되므로 단시간내에 대량검정이 가능하고 재현성과 유전력이 높은 식미지표 형질에 근거



하여 선발하는 것이 효율적이므로 초기세대에 쉽게 선발이 가능한 밥맛 지표형질을 개발하는 것이 바람직하다 (김 등, 1994).

따라서 배유의 화학적 성분조성에 따른 품질의 유전변이와 환경변이와의 관계구명과 배유의 조직화학적 특성과 유전자에 의한 형질발현에 관한 기초적 연구를 강화하여 고품질의 벼품종 육성 효율을 증대시켜 나가야 할 것이다.

최근 여러분야에서 이용되고 있는 핵산지문법과 같은 분자생물학적 기법을 이용한 식미관련 표지인자의 탐색이용으로 양질미 품종선발의 효율을 높일 수 있을 것이다 (김 등, 1994). 즉 RFLP 또는 RAPD 표지인자는 미질에 관련되는 환경요인을 배제시킬수 있기 때문에 검정결과의 신빙성이 매우 높을 뿐만 아니라 시간의 제약없이 어느때나 검정이 가능한 장점이 있다.

## 2) 쌀용도의 다양화 및 쌀식품의 고급화를 위한 가공적성 품종개발

우리나라의 벼품종 개량은 그동안 밥쌀용 중심으로 추진되어왔기 때문에 재배품종의 쌀 외관이나 배유의 이화학적 특성 등 품질변이가 좁고 단순하다 (박과 조, 1990; 김 등, 1994; 박 외, 1994). 따라서 쌀가공제품별 그 특성에 알맞는 품종이 없어 쌀가공제품의 생산이 크게 제한을 받을 수 밖에 없었던 것이 현실이다.

가공용쌀은 그 성질상 두가지 요건을 갖추어야 한다. 첫째는 가공제품에 따라 적절한 특성을 갖추어 가공수율을 높일 수 있어야 하고, 둘째는 가공비용이 낮아 다른 값싼 농산물 가공품과 경쟁이 될 수 있도록 쌀값으로 원료미가 공급될 수 있어야 한다.

이에 부합하는 벼품종 개량을 효율적으로 수행하기 위해서는 쌀의 형태 및 이화학적특성이 다양한 유전자원을 수집평가하여 육종재료로 활용하고 나아가 필요한 유전자원의 소재개발을 위한 연구도 병행해 가고 있다. 현재 쌀의 다용도 육종을 위한 유전자원에는 쌀의 크기, 모양, 색깔, 향취, 전분, 단백질, 지방질 등 쌀의 형태와 이화학적 구성성분의 변이폭이 크고 다양하다(표 10). 이들의 다양성을 이용하여 수량성이나 재배안전성 등의 실용형질을 적절히 재조합한다면 가공제품별 다양한 고품질의 가공원료용 쌀품종의 개발이 기대된다.

쌀가공제품별 가공적성 특수미의 유전자원 개발과 창출을 위해서는 일차적으로 기존의 보유 유전자원에서 해당형질을 가진 교배모본을 선정하여 활용하는 것이다.

쌀의 외관특성은 양적유전을 하지만 유전력이 비교적 높기 때문에 선발효율은 대체로 높은 편이며 아밀로스 및 단백질 함량은 다수의 유전자가 밝혀져 있으나

표 10 . 쌀의 다용도 육종을 위한 유전자원 현황

주요 특성	유전자원	한국의 장려품종
현미길이 (mm)	3.3-9.5	4.6-5.8
현미 장/폭비	1.10-4.50	16.2-2.58
현미 천립중 (g)	10-46	17.3-24.1
아밀로스함량 (%)	5-37	16.8-20.0
단백질함량 (%)	4.3-18.2	6.5-11.0
호화온도	55℃이하-74℃이상	65-72℃
지질함량 (%)	23.-3.6	2.3-3.0
현미색깔	황백색, 담갈색, 갈색 적색, 자색, 흑자색	황백색 - 담갈색
향취성	담 - 능	담
배유특성	메, 찰, 중간찰	메, 찰
배 크기	소 - 거대	소

대체로 단순 유전을 하거나 양적유전을 하더라도 유전력이 비교적 높으므로 이들의 변이체를 선발 활용하는 것은 비교적 용이하다 (허와 박, 1990). 또한 가공적성과 관계가 있는 전분의 조성, 배유의 분질성, 향취성, 현미의 색깔, 씨눈의 크기 등의 형질도 그 유전체계가 복잡하지 않기 때문에 교배육종을 통하여 관련 형질간의 재조합 후대에서의 초월분리 개체 선발이 가능하다 (김 등, 1994).

그리고 벼의 종자나 수정난에 돌연변이 유기체를 처리하므로써 배나 배유의 다양한 변이체를 창출할 수 있다. 특히 심백, 분상질, dull, sugary, shrunken 등의 배유돌연변이 및 거대배 돌연변이 등 얻을 수 있는데 이들 형질과 관련된 유전자들은 서로 독립적으로 작용하므로 교배육종에 의해 이들 형질을 다른 유용 형질과의 재조합이 용이하다 (Kim, et al 1992 ; 김 등, 1993a ; 김 등, 1993b).

쌀 가공제품 생산에서 다른 가공원료 제품과 비교하여 제품원료 비용을 낮추기 위해서는 단위 면적당 생산량이 많고 쌀 생산비가 낮아야 할 것이다. 현재 수량성이 700-800 kg/10a 수준인 가공용 초다수성 계통 수원 405호와 수원 414호 등이 선발되어 지역적응시험에 검토중에 있으므로 '97-'98년에 농가에 보급될 전망이며 2000년대에는 수량성이 1000kg/10a의 초다수 쌀 개발을 목표로 노

력하고 있다.

가공용 쌀은 밥쌀의 시장성을 좌우하는 형태적 특성은 중요하게 취급되지 않게 되므로 長大粒形으로서 가공적성을 갖추는 방향으로 품종개발이 이루어진다면 쌀의 전분 축적 생리로 볼때 수량성을 획기적으로 향상시킬 수 있을 것이다 (박 외, 1994).

금후 가공용 초다수 특수미 품종개발 목표는 표 11에서 보는바와 같다.

표 11. 가공용 초다수 특수미 품종개발 목표

구 분	금 후 연 구 방 향
초다수미	○ 쌀수량 : 700-800 kg/10a → 1,000 kg/10a (2001)
유 색 미	○ 현미색깔 : 적갈 - 농적 - 담자 - 흑자
영 양 미	○ 쌀수량 : 400 kg/10a → 500 kg/10a
향 미	○ 배아미 : 배아부착율 95% 이상 ○ 거대배아미 : 배의 크기가 현재 2-4배인 쌀
대 립 미	○ 쌀수량 : 통일형 다수성 향미 : 500kg/10a → 600kg/10a 일반형 향미품종 개발 : 500kg/10a ○ 향미찰벼 및 유색향미찰벼 품종개발
	○ 천립중 : 20g → 35g → 45g
	○ 쌀수량 : 400kg/10a → 500kg/10a

### 3) 생력 직파재배 적응성 및 단기생육성 품종 개발

최근 농촌노동력의 급격한 감소로 농업인구의 양적 질적 저하가 극심하고 농촌 임금이 상승 추세이므로 벼농사도 상업적 전업농 중심으로 생력화 재배로의 전환이 필수적이다. 최근에 모기르기와 이앙의 노력을 줄일 수 있는 생력직파재배 면적이 '93년에 7,300ha, '94년에 7,500ha 그리고 '95년에 약 110천 ha로 급속히 확대되고 있다. 우리나라의 논면적중 직파재배가 가능한 면적은 약 60만ha로 추정되고 있다.

지금까지의 벼품종은 이앙재배 생태에 알맞도록 개발 보급되었기 때문에 일반적으로 밀식이 되는 직파재배 생태에 재배할 경우 늦게까지 분얼을 하므로서 동숙이 불균일하고 이삭 크기가 짧아져서 이삭당 알맹이수가 크게 줄어들기 때문에 상대적으로 불리한 것이 사실이다. 그러므로 생력직파재배 생태에 알맞는 새로운 생태형의 품종 개발이 추진되고 있다.

생력직파재배 생태에 알맞는 품종의 일반적 특성은 포기당 이삭수가 적고, 밀식조건에서도 이삭의 길이가 길어 벼 알맹이수가 많아 수확지수가 높아야 하며, 특히 키가 짧고 뿌리가 깊고 줄기가 단단하여 잘 쓰러지지 않는 직립 초형으로서 저온발아성과 출아성이 높아 입모율이 균일해야 하고 벼 알맹이에 털이나 까락이 없고, 적당한 탈립성을 가지고 균일한 등숙 특성을 갖추어야 한다.

금후 생력직파적응성 품종으로 포기당 이삭수가 4-5개로서 이삭당 알맹이수는 150-200립의 이삭이 긴 소얼수종형의 새로운 다수성 초형을 목표로 추진되고 있다.

뿐만 아니라 직파재배시에 본답 파종시기가 이앙재배의 보온못자리 파종시기보다 늦고 출아 및 입모에 상당한 기간이 소요되므로 본답의 벼 재배기간이 이앙재배보다 길어서 겨울에 논을 이용하는 맥류 재배가 극히 제한될 전망이다. 또한 최근에 논을 이용한 벼 앞그루로 시설 채소등의 소득작물 재배면적이 늘어남에 따라 벼를 재배할 수 있는 기간이 짧아서 논의 이용도를 높이기 위해서는 단기생육성 품종의 요구도가 증가되고 있다.

따라서 논 이용도 증진을 위한 벼 전후작 도입작물의 생육특성과 우리나라 기상여건 등을 고려해 볼때 벼 단기 생육성 품종의 생육기간은 조식재배에서 100일 이내, 단기재배에서 80일 정도이면서 보통기 재배 품종수준의 수량성과 고품질을 유지할 수 있는 품종의 개발도 추진되고 있다.

#### 4) 쌀 수량성 증대를 위한 육종전략

국내의 여건변화에 따라 최근 5년간의 벼 재배면적은 년평균 약 28천 ha 씩 감소하고 있다. 이러한 추세가 지속될 경우 2001년에는 약 905천 ha 까지 감소될 것으로 전망되어 쌀의 자급을 수준인 5000천t의 생산을 유지하려면 농가평균 쌀 생산량을 현재의 459kg/10a에서 552kg까지 그리고 품종의 생산능력을 600kg 이상으로 증가시켜야 한다. 또한 세계무역기구 체제하에서의 값싼 외국쌀의 수입이 허용되고 있고 국민생활의 향상에 따른 국민의 식품소비양상의 변화에 따른 쌀 가공식품의 요구도의 증가에 대비하기 위해서는 값싼 가공원료쌀의 공급이 요구되므로 가공원료미 생산성을 현재 통일형 품종의 생산성보다 40-50% 증가한 900-1000kg/10a 수준으로 증대시켜야 할 것이다.

벼 육종과정상 벼품종의 육성기간은 교배에서 농가포장까지는 10년 이상이 소요되므로 이들 목적을 성취하려면 새로운 초형의 초다수성 품종개발에 육종적 노력을 강화해야 할 것이다.

벼 수량성 증대를 위한 벼품종 개발 전략은 (Khush et al, 1994) 첫째 현재의

준단간 다열성의 다수성 초형을 개선하여 수확지수를 현재의 50%에서 60%까지 향상시킬 수 있는 새로운 초형의 품종개발이고 둘째는 이러한 새로운 초형과 잠강잡세를 재조합한 새로운 초형의 일대잡종 품종개발 그리고 셋째는 이들 다수성 초형의 안전생산을 위한 유전자원의 확대개발 및 활용이다.

### ① 소일 수중형 신초형 개발

과거 25년간 우리나라 벼육종은 1970년대에 인디카 품종의 준단간 유전자(sd<sub>1</sub>)를 자포니카 품종으로 재조합한 준단간 직립 다열성의 통일형의 새로운 초형개발로 쌀수량을 현재 605kg/10a 까지 증가시켰고 1980년대에는 이들 통일형의 새로운 초형을 자포니카 양질미 품종으로 이전시켜 자포니카 품종의 초형을 준단간 직립화 하므로써 품질 및 내냉성 향상과 함께 자포니카 양질쌀 품종의 수량성을 534kg/10a까지 크게 향상시켰으나 통일형 품종수준을 밑돌고 있을 뿐 아니라 최근에는 그 증가율이 둔화내지 정체상태에 있다. 또한 쌀 생산비 절감을 위해 재배기술이 이앙재배에서 생력직파 밀식재배로 급격한 전환을 가져오고 있으므로 이들 생태에 알맞는 새로운 생태형의 초형개발이 절대 요구되고 있다.

벼품종의 쌀수량성의 정체성을 극복하기 위해서 많은 학자들이 현재의 다수성 초형을 직파밀식조건에서 생산의 잠재력을 향상시킬 수 있는 초다수성의 새로운 초형으로 개량할 것을 제안하고 있다 (Vergara, 1988; Janoria, 1989; Dinghuhn et al, 1991).

벼 생리학자들은 벼품종의 수량성을 최대화 하기 위해서는 광합성 효율과 물질생산의 수용기관 (sink)를 최대화 할 것을 주장하고 있다 (Evans, 1972; Yoshida et al, 1972). 그러나 벼 단위일의 광합성율은 유전적으로 다양한 변이를 보이지만 재배품종들의 수량성과 단위일의 광합성율과는 뚜렷한 경향을 보이지 않기 때문에 (Evans et al, 1984), 단위일의 광합성율을 다수성의 직접선발지표로 하는 것보다는 군락상태에서 광합성 능력이 높은 잎의 특성을 가지는 초형이 되어야 할 것이다.

광합성 물질의 수용기관인 벼 이삭은 품종에 따른 유전적 변이가 다양하고 수당립수와 립중으로 구성되며 이삭내의 착립상태는 물질의 수용기능과 알맹이의 품질과 크게 관련성이 있기 때문에 이삭의 길이가 길고 하위이삭지경을 줄이는 것이 등숙율이 증가되어 이삭무게가 커지며 품질도 향상된다. 일반적으로 개체당 이삭수가 많으면 이삭의 크기가 줄어드는 경향이므로 이삭을 크게하기 위해서는 개체당 이삭수를 줄이는 것이 필요하므로 소열성 초형의 이삭의 크기와 무

계를 증대시키는 것은 이론적으로 합리성을 가지고 있다. 다만 재배지역의 환경 조건에 따라 이삭의 충실도가 크게 영향을 받으므로 그지역에 알맞는 생육기간을 가지고 성숙에 지장이 없도록 해야한다. 또한 이삭의 무게가 무거우면 도복의 피해가 수반되므로 줄기는 굵고 강하여 도복에 견딜 수 있는 범위내에서 간장은 키우는 것이 좋으나 현재 세계에서 가장 성공적으로 이용되고 있는 중단간 유전자( $sd_1$ )의 이용이 무난할 것으로 생각된다. 그리고 물질생산의 공급기관(source)의 조기확보를 위하여 초기 생육이 왕성하고 뿌리체계가 심근성으로 발육이 왕성해야 한다. 이러한 소얼수중 밀식형의 신초형은 단위면적당 개체수를 확대할 수 있으므로 단위면적당 생산성이 증대될 수 있을 것이다. 그러나 밀식에 따른 병충해 및 기상재해에 대한 피해를 극복하기 위하여 안전성의 유전적 보완이 수반되어야 할 것이다. Peng et al (1994)은 소얼수중형의 신초형 품종개발을 위한 유전자원으로서 열대자포니카(자바니카)의 소얼성 품종의 이용을 제안하고 있다.

이러한 소얼수중형의 다수성 신초형 품종개발을 위한 육종의 목표 및 선발지표는 표 12에서 보는바와 같다.

표 12. 다수성 신초형의 목표형질 및 선발지표

목표형질	선 발 지 표
쌀 수 량	밥쌀용 : 600kg/10a, 가공용 : 1000 kg/10a
소 얼 성	이삭수 : 3-4개/이삭, 非무효분얼, 초기생육성, 강간, 직립성, 왕성한 뿌리 (심근성)
수 중 형	수당립수 : 200-250, 천립중 : 22-25g (중립) 이삭길이 : 25-30cm (1차지경 중심) 이삭목이 굵은 것
물질생산기관	군락상태 고풍합성 능력, 수확지수 60% 잎 : 직립, 두꺼운 것, 짧은 지엽, 노화가 느린 것
안 전 성	도열병, 백엽고병, 문고병, 호엽고병 저항성 벼멸구, 흰등멸구 저항성 내도복성, 내냉성, 단기생육성
생육기간	130 - 150일
품 질	밥쌀 : 고품질 양식미 가공용 : 배유특성 다양화, 향취, 유색

## ② 잡종강세이용 육종

자식성 작물인 벼의 일대잡종은 1976년에 중국에서 대규모 농가재배에 성공함으로써 20-30%의 증수효과를 보이고 있으며 그후 1995년까지 일대잡종의 재배면적이 17백만ha 까지 확대되어 약 2억톤을 생산하고 있다 (Virmani, 1994). 벼 일대잡종 품종개발의 유전적 필수요인은 충분한 잡종강세, 바람직한 응성불임체계 및 임성회복친, 그리고 적절한 종자생산 기술이다. 벼 응성불임 체계의 개발은 벼 육종가들에게 현재의 자식 고정품종의 수량정체성을 극복할 수 있는 기회를 열어주고 있다. 1980년대초 WA형태의 세포질 응성불임 체계를 이용한 벼 일대잡종 육종이 시작된 이래 많은 수의 통일형 품종의 임성회복친을 개발하여 검토한 결과 10년동안의 일대잡종의 벼 수량성은 최고 12.1t/ha 였고 평균 10.7 t/ha 로서 21%의 잡종강세가 있었다(Moon et al, 1992). Kim and Rutger (1988) 는 통일형 일대잡종에서 잡종강세는 43% 그리고 인디카에서 41%를 보고하였다.

일대잡종의 단위시간당 생산성은 일반적으로 모본보다 월등히 높으며 수량의 잡종강세와 생육기간과의 상관관계가 없으므로 (Khush and Virmani, 1991), 일당 생산성이 높은 일대잡종 조합의 수량성 증대는 생산효율을 높일 수 있는 육종기술이 될 수 있을 것이다. 잡종강세가 있는 일대잡종의 수량증대의 일차적인 원인은 왕성한 초기생육에 의한 건물중 증가와 립수와 립중의 증가에 의한 수확지수의 증가에 기인하는 것으로 밝혀졌다(Kim, 1985; Virmani et al, 1982).

잡종강세 정도가 높은 조합의 개발 전략은 첫째 근연품종의 유전자원간의 교잡에 의한 일대잡종개발인데, 이경우 잡종강세 정도가 일반적으로 15-20% 내외로서 극히 제한되어 있어서 잡종강세가 높은 조합의 개발이 절대 요구되지만 쉬운일이 아니다. 둘째는 인디카, 통일형, 자포니카 및 열대자포니카(자바니카) 등의 원연교잡에 의한 일대잡종개발로서 잡종강세 정도가 근연교잡의 경우보다 훨씬 높은 잡종강세를 나타낸다. Moon et al(1993)은 이들 품종군간의 원연교잡에서 통일형/열대자포니카 조합의 F1에서 쌀수량성이 9.66 t/ha로서 가장 높았고 잡재 수량성이 12.3 t/ha라고 보고하였다. 그러나 이경우에는 원연교잡에 의한 잡종불임 때문에 잡종강세의 효과가 정상적으로 나타날 수 없다. 그러므로 원연교잡불임을 방지할 수 있는 기술이 개발되어야 한다. 최근에 보고된 광역합성 유전자(Ikehashi and Araki, 1986)를 응성불임계통과 임성회복친 계통에 이전한다면 잡종불임의 단점을 극복할 수 있을 것이다.

세째는 종속간 교잡의 일대잡종으로서 현재의 육종기술로서는 불가능하며 apomixis, 생물공학기술 및 유전공학기술의 도움으로 특수 유전자 block이나

super gene에 의한 잡종강세의 이용이 가능할 것이다 (Yuan and Mao, 1991).

벼 일대잡종에서 apomixis의 개발은 벼 재배농가들로 하여금 매년 자신들이 생산한 일대잡종에서 생산된 종자를 가지고 농사를 지을 수 있고 특히 가난한 농가라 하더라도 일대잡종 재배로부터 이윤을 얻을 수 있을 것이다.

Apomixis는 또한 일대잡종 육종가들이 3계통법이나 2계통법에 비교하여 새로운 많은 수의 유전적으로 고정된 (true breeding) 일대잡종 품종개발을 더욱 효율적으로 할 수 있을 것이다.

Apomixis는 재배벼에서는 보고되어 있지 않으며 apomictic rice의 개발의 기회는 원연종에 있다. Apomictic rice 개발을 위한 전략으로서 다음과 같은 방법이 이용될 수 있다.

- ① *Oryza*의 야생 유전자원에서 Apomixis의 탐색하고 만약에 성공한다면 원연교잡을 통해 apomixis 형질을 재배벼로 이전한다.
- ② 벼에서 Apomixis 유발을 위한 돌연변이 이용
- ③ 유전공학에 의한 apomixis 이전을 위한 분자기술 이용

### ③ 벼 안전성 증진을 위한 벼의 유전적 다양성 및 이용성

작물의 유전적 개량의 가장 중요한 부분은 이용할 수 있는 유전자원으로부터 새로운 유전자조합을 창출하는 것이다. 따라서 육종가가 가장 먼저 관심을 가지는 것은 현존하는 유전자원의 유전적 조성과 유전자의 작용들이다.

식물학상으로 *Oryza*속에 속하는 벼는 20여개의 종이 알려져 있는데 그중 재배종은 *O.sativa*와 *O.glaberrima*로서 전자가 세계에서 가장 널리 재배되는 것으로서 전체 재배면적의 약 98%를 차지하며 *O.glaberrima*는 서부아프리카에 극히 제한되어 있다.

*Oryza*속의 야생벼는 열대지방 전역에 자생하는데 크게 4개의 Complex group, 즉 *O.ridleyi* complex(2種), *O.meyeriana* complex(2種), *O.officinalis* complex(9種) 및 *O.sativa* complex(8種)로 분류되며 *O.schlechteri*와 *O.brachyantha*는 위의 어느 complex group에도 속하지 않는것으로 밝혀져 있다(Vaughan and Sitch, 1991).

아시아 재배벼는 *O.sativa* complex group의 서로 다른 집단으로부터 여러 지역에서 분화되어 서로 다른 재배환경에 적응하므로서 넓은 유전적 다양성을 나타내고 있다. 재배종인 *O.sativa*에서는 열대지방에 적응재배되고 있는 indica와 온대지방에 적응재배되고 있는 japonica 의 두개 품종군으로 분류되고 있는데 indica 품종군이 japonica보다 유전적 변이가 더 다양하여 생태형으로 Boro,



Aus, Aman, Ashina, Hill rice 등으로 구분하고 있다 (Oka, 1991). Japonica는 넓은 범위의 위도에 분포되어 있으나 크게 온대 Japonica와 열대 Japonica로 분류되며 이들의 형태적 생리적 특성이 서로 다르다.

Isozyme분석결과 아시아 재배벼가 6개 group으로 나타났는데 Group I과 Group VI가 주종group이고, Group II와 V가 소수 group에, 그리고 Group III과 IV는 종속 group으로 분류 하였으며 Group I, II 및 V는 indica로 Group VI는 Japonica로 분류되었다 (Glaszman, 1987).

이와같이 재배벼 내에서도 유전변이가 다양하게 나타나지만 이들간의 교잡은 잡종 불활성, 잡종불임성, 잡종개체의 허약성 등과 같은 계통발생의 원연성 때문에 바람직한 유전자 재조합을 얻기가 어려운 실정이다.

20여종의 *Oryza* 야생종은 재배벼의 변이에서 찾아 볼 수 없는 더 많은 유전변이가 밝혀져 있다. 특히 병해충 및 기상재해에 대한 복합저항성 증진을 위한 야생벼의 이용성 연구가 활발히 진행되고 있어서 크게 기대된다. 그러나 재배벼는 2배체로서 A계놈의 변이체들인데 반하여 야생종에서는 A계놈의 변이체를 위시하여 B, C, D, E 및 F 계놈들의 2배체와 이질 4배체들이 많으므로 그 이용성이 극히 제한되어 거의 이용되지 못하고 있는 실정이다 (Vaughan and Sitch, 1991). 그러나 B계놈과 C계놈은 A계놈과 부분적 homology를 나타내기 때문에 최근에 와서 어린배 배양의 embryo rescue기술의 발달로 원연 잡종개체를 얻을 수 있게 되었고 이들의 연속적인 여교잡으로 원연야생벼의 유용형질을 재배벼로 이전시킬수 있는 재배벼/야생벼 유전자 재조합이 가능해졌다.

원연 야생벼의 유용유전자를 재배벼 이전을 가능하게 하는 기술로서 embryo rescue외에 약배양에 의한 substitution line이나 additionline의 창출과 원형질 융합 및 유전자전이 기술 등이 제안되어 연구되고 있다.

## 5. 맺는 말

지난 90년간 우리나라 벼 육종연구는 다수성, 양질성 및 재배안전성을 기본 목표로 하고 소비자, 생산자 및 시대적 여건 변화에 따라 우선순위를 달리하면서 모든 목표를 충족시켜 오면서 국민의 식량자급 생산의 주도적 역할을 해왔다.

앞으로의 벼 육종방향은 쌀 품질을 더욱 고급화, 다양화, 건전화 하면서 수량의 정체성을 타파하고 다양한 생물적 환경적 재해를 극복하여 안정생산을 할 수 있는 품종의 유전적 강화가 지속적으로 추진되어야 할 것이다. 이의 성공적인 추진을 위해서는 무엇보다도 다양한 유전자원의 창출 및 개발이 우선되어야 하

며 이들을 효과적으로 활용하기 위해서 기존의 육종기술과 새로운 첨단기술의 합리적인 접목이 이루어져야 할 것이다.

최근에 많은 인력과 투자가 이루어지고 있는 생물공학과 유전공학 기술이 미래의 농업과 육종에서 생산방법을 변화시키는데 중요한 역할을 할 수 있겠지만, 전통적인 교배육종 연구와 방법을 대체하거나 그 효율성을 배제할 수는 결코 없을 것이다. 오히려 전통적인 유전학이나 육종방법의 발전에 필요한 방법이나 지식을 강화시키므로써 분자적 표지인자와 같은 새로운 기술의 합리적 이용을 위한 필수적인 역할을 해 줄 것이다. 2차대전을 전후하여 신기루같이 나타났던 돌연변이 기술의 예를 우리는 결코 잊지 않고 있다. 그러므로 매력이 없는 전통적인 육종연구 분야의 지속적인 지원이야말로 세포나 분자생물학 연구와 밀접하게 협력해 나갈 수 있는 길이 될 것이다.

## 6. 참고문헌

1. 김광호, 김기준, 성낙춘, 고희종. 1993a. 주요 전작물의 유전분석과 고품질 변이체 탐색 및 활용연구. 농업과학논문집 35 : 23-32.
2. 김광호, 고희종, 이장훈, 박순직, 허문희. 1993b. 특수가공용 미질개발 -분상질 배유 돌연변이계통의 이화학적 특성과 유전. 한국작물학회지 38(3) : 264-274.
3. 김광호, 조수연, 문헌팔, 최해춘. 1994. 쌀의 품질 고급화와 다양화 육종전략. 한육지 26(S) : 1-15.
4. 농림수산부. 1991-1995. 주요농작물 종자협의회 결과.
5. 농촌진흥청. 1993. 농촌진흥 30년사.
6. 농촌진흥청. 1995a. 주요농작물 새로운 품종 해설
7. 농촌진흥청. 1995b. 중장기 연구개발 계획
8. 박래경, 조수연. 1990. 쌀 품질 고급화 육종현황과 금후전략. 쌀품질 고급화 및 다양화 개발 : 30-40, 농진청 작물시험장.
9. 박래경, 최해춘, 조수연, 박석홍, 배성호. 1987. 벼 품종개량. 한국 주요작물의 품종개량. 배성호박사 회갑기념 논문집 : 3-33.
10. 박래경 외. 1994. 작물 품질개량 육종. 농촌진흥청.
11. 이은웅 외. 1983. 한국 농업 기술사. 한국 농업 기술 발간 위원회 발간.
12. 작물시험장. 1992. 작시 시험연구 보고서 (수도편).
13. 조수연. 1992. 쌀 품질의 고급화와 다양화 육종. 쌀 주식과 우리의 건강 심포지움 : 41-74. 농진청 농촌영양개선연수원.
14. 허문희외. 1986. 벼 유전과 육종. 서울대 출판사.
15. 허문희, 박순직. 1990. 쌀 용도의 다양화 육종전략. 쌀품질 고급화 및 다양화 개발 : 41-58. 농촌진흥청 작물시험장.
16. 横尾政雄. 1988. 일본에 있어서의 양질미 생산현황과 연구전략. 농진청 심포지움 2 : 11-25.
17. Chung, G.S. and M.H. Heu. 1991. Improvement of Tongil-type rice cultivars from Indica/Japonica hybridization in Korea. pages 105-112. In :

- Biotechnology in Agriculture and Forestry Vol. 14 : Rice(ed) by Y.P.S. Bajaj. Spring-verlag.
18. Dingkuhn, M., F.W.T. de Vries Penning, S.K. De Datta, and H.H. Van Laar. 1991. Concepts for a new plant type for direct seeded flooded tropical rice. pages 17-38. In : Direct Seeded Flooded Rice in the Tropics. IRRI.
  19. Evans, L.T. 1972. Storage capacity as a limitation on grain yield. pages 499-511. In. Rice Breeding. IRRI.
  20. Evans, L.T., R.M. Visperas, and B.S. Vergara. 1984. Morphological and physiological changes among rice varieties used in the Philippines over the last seventy years. Field Crop Res. 8 : 105-124.
  21. Glaszmann, J.C. 1987. Isozymes and classification of Asian rice varieties. Theor. Appl. Genet. 74 : 21-30.
  22. Ikehashi, H. and H. Araki. 1986. Genetics of F1 sterility in remote crosses of rice. In : Rice Genetics. IRRI : 119-130.
  23. IRRI. 1979. Rice Varietal Improvement. IRRI, Philippines.
  24. International Rice Research Institute (IRRI). 1993. IRRI Rice Almanac. pp142.
  25. Janoria, M.P. 1989. A basic plant ideotype for rice. IRRI Newsletter 14(3) : 12-13.
  26. Khush, G.S., D.S. Brar, J. Bennett, and S.S. Virmani. 1994. Apomixis for rice improvement. In : Apomixis : exploiting hybrid vigor in rice. (ed.) by G.S. Khush. IRRI : 1-21.
  27. Khush, G.S. and S.S. Virmani. 1991. Rice Breeding Strategies for nineties. pages 227-233. In : Rice production of Acid Soils of the Tropics. (ed) by P. Deturck and F.N. Ponnaperuma. Institute of Fundamental Studies. Kandy, SriLanka.
  28. Kim, C.H. 1985. Studies on heterosis in F1 hybrid using CMS lines of rice (*Oryza sativa* L.). Rep. RDA(Crops) 27(1) : 1-33.
  29. Kim, C.H. and J.N. Rutger. 1988. Heterosis in rice. pages 39-50. In : Hybrid Rice. IRRI.
  30. Kim, K.H. S.Z. Park, H.J. Koh, and M.H. Heu. 1992. New mutants for endosperm and embryo characters in rice. - Two dull endosperms and a giant embryo. Proc. of SABRAO Intn'l Symposium on the Impact of Biological Research on Agricultural Productivity : 125-131.
  31. Moon, H.P., C.H. Kim, and M.H. Heu. 1992. Hybrid Rice in the Republic of Korea. pages. 217-226. Hybrid Rice Technology - new developments and future prospects. (ed) by S.S. Virmani.
  32. Moon, H.P., S.Y. Cho, and R.K. Park. 1993. Improvement Rice Productivity Via Remote Crosses in Korea. In : Crop Production Technology and Strategy for the future : 75-98.
  33. Oka, H.I. 1991. Genetic diversity of wild and cultivated rice. pages 51-88. In : Rice Biotechnology. (ed) by G.S. Khush and G.H. Toenniessen. CABI & IRRI.

34. Park, R.K. et al (ed). 1990. Rice Varietal Improvement in Korea. Crop Experiment Station.
35. Peng, S., G.S. Khush and K.G. Cassmann. 1994. Evolution of the new plant ideotype for increased yield potential. In : Breaking the yield barrier. (ed) by K.G. Cassmann. IRRI. 5-20.
36. Vergara, B.S. 1988. Raising the yield potential of Rice. Philipp. Tech. J. 13 : 3 - 9.
37. Vaughan, D.A. and L.A. Sitch. 1991. Gene flow from the jungle to farmers - Wild - rice genetic resources and their use. Bioscience Vol.41 : 22-28.
38. Virmani, S.S. 1994. Heterosis and hybrid rice breeding. pp189. IRRI.
39. Virmani, S.S., R.C. Aquino, and G.S. Khush. 1982. Heterosis breeding in rice (*Oryza sativa* L.). Theor. Appl. Genet. 63 : 373-380.
40. Yoshida, S., J.H. Cock, and F.T. Parao. 1972. Physiological aspects of high yields. pages 455-469. In : Rice Breeding. IRRI.
41. Yuan, L.P. and C.X. Mao. 1991. Hybrid rice in China - Techniques and production. pages 128-148. In : Biotechnology in Agriculture and Forestry. Vol. 14. Rice (ed) by Y.P.S. Bajaj. Spring - Verlag.