

15. 식물 병 유전과 저항성

- 식물 병원체의 변이 발생 기작
- 병원성 변이의 일반적 기작
- 병원성 변이의 특수 기작
- 식물 병원체의 변이주
- 식물 병 저항성과 기작
- 과민감 반응
- 식물 병 저항성 품종 육성
- 최신 육종은 전통육종 기술에 보완 육종
- 유전 공학과 최신 육종

식물 병원체의 변이 발생 기작

병원체는 생명체이며, 유전적 진화를 하면서 환경에 적응한다

병원성 변이 발생 기작

■ 일반적인 유전적 기작

- 돌연변이 Mutation : 유전자의 염기서열 변화
- 재조합 Recombination : 대립 유전자 alleles 의 새로운 조합 생성
- 유전자 확산 Gene flow : 대립 유전자나 유전자가 하나의 집단에서 다른 집단으로 이동
- 생식 (sexual, asexual) : 새로운 유전자를 갖은 자손을 만드는 번식 과정에서 발생

■ 특수 기작

- 이핵 Heterokaryosis, - 준유성 생식 Parasexualism, - 균사융합 Hypal anastomosis,
- 이수성 Heteroploidy, - 접합 Conjugation,
- 형질전환 Transformation , - 형질도입 Transduction

병원성 변이의 일반적 기작

▪ 돌연변이 Mutation

- 무성생식과 유성생식을 하는 모든 생명체의 핵 유전자와 세포질 유전자(mitochondria, ribosome)에서도 일어난다
- 병원성에 긍정적 또는 부정적 양방향 모두 무작위로 일어난다

▪ 재조합 Recombination

- 감수분열 meiosis 단계의 염색사에서 일어나며,
- 체세포 분열 mitosis 과정에서도 발생하며, 곰팡이에서는 유전물질을 서로 교환한다

▪ 유전자 확산 Gene flow

- 광범위 지역에서 유전자 일부 집단 이입을 말하며, 유전자형 흐름 genotype flow 과 다르다
유전자형 흐름은 토양전염 병원균 보다 공기전염 병원균에서, 유성생식 보다 무성생식, 좁은 면적 보다 넓은 면적에서, 먼 거리 보다 가까운 거리에서 잘 일어난다

▪ 생식 Reproduction

- 무성생식 보다 유성생식 단계에서 광범위하게 일어난다, 잡종강세 heterosis
- 자가수정autogamy 보다 타가수정allogamy에서 높게 나타난다

예) 기주교대를 하는 밀 줄기녹병 *Puccinia graminis*, 반수체 매말톱나무 감염, 배수체 밀 감염

병원성 변이의 특수 기작

■ 이핵 Heterokaryosis

- 세포 또는 군사가 서로 유전적으로 다른 핵을 갖는다 (ex *P. graminis*)
- 병 방제에서 중간 기주 제거가 중요하다

■ 준유성생식 Parasexualism

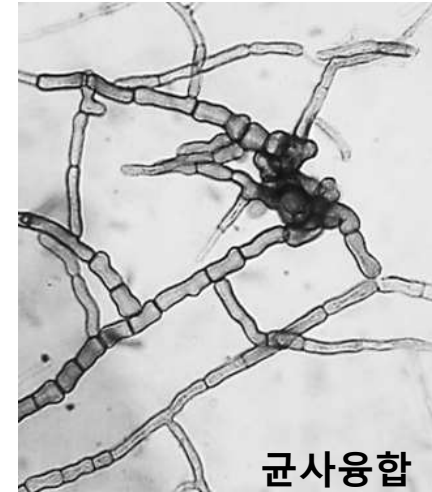
- 감수분열 과정에서 異핵 이배체dihaploid를 형성하여 재조합 반수체를 만든다
- 준유성생식에 의한 변이는 유성생식 보다 많이 발생한다

■ 군사용합 Hyphal anastomosis

- 영양체의 융합이다 (ex *Tanatephorus cucumeris*)
- 곰팡이에서 서로 다른 핵, 미토콘드리아, 프라스미드, 바이러스를 도입하는 기작이다

■ 이수성 Heteroploidy

- 정상적인 세포와 염색체 수가 다르기 때문에 변이가 발생한다
 - 정배수성 Euploidy : $2N$ (23, diploidy) / $3N$ (69개, triploidy) / $4N$ (92, tetraploidy)
 - 비정배수성 Aneuploidy : 단염색체 $2N-1$ monosomy / 영염색체 $2N-2$ nullisomy / 삼염색체 $2N+1$ trisomy / 이중삼염색체 $2N+2$ double trisomy

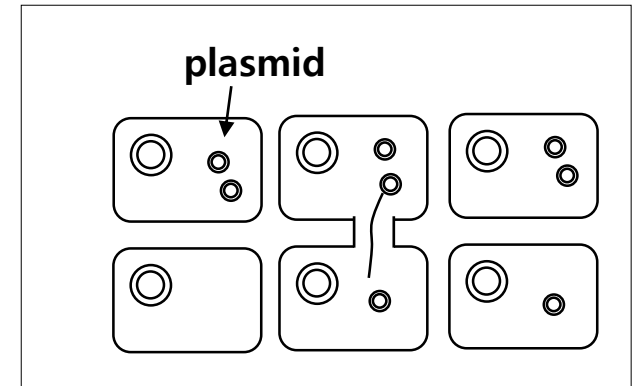


군사용합
Rhizoctonia solani

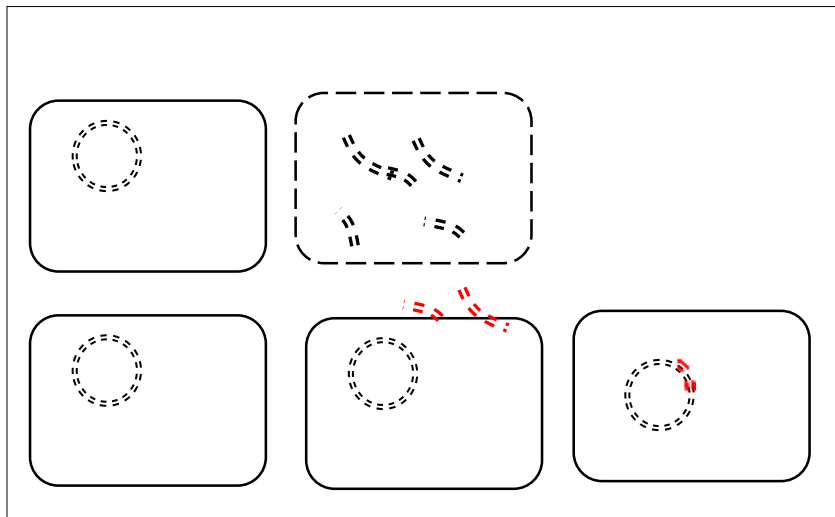
세균의 병원성 변이 발생 특수 기작

- 접합 Conjugation
- 형질전환 Transformation
- 형질도입 Transduction

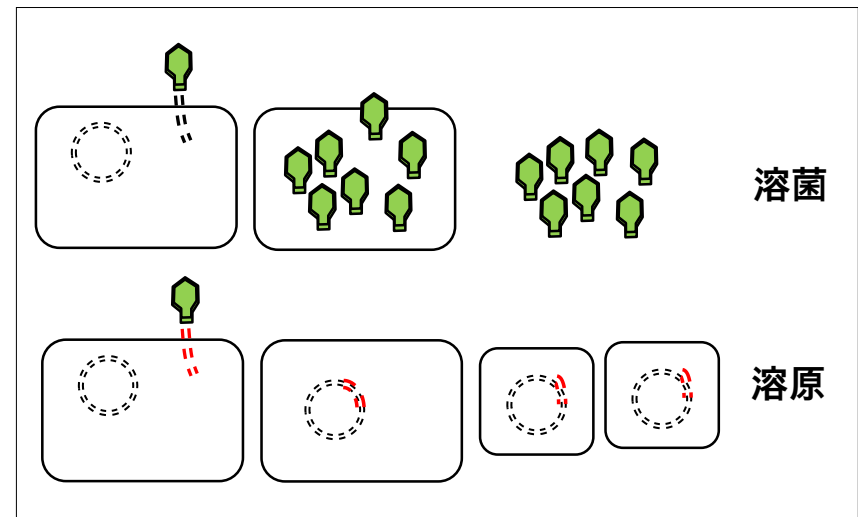
용원 lysogenic phage, 용균 temperate phage



접합



형질전환



형질도입

변이주 Pathogenicity specialized variant

생리적 분화 Physiological specialization

▪ 정의 : 형태적으로 동일한 종이나 기생성 또는 생리적 성질이 서로 다른 것을 말한다

- 분화형 Special form; forma specials, f. sp. : 기주범위가 다른 것

- 변이주 Race : 동일 종 내에서 다른 품종

- 생리형 Biotype : 하나의 종에서 여러 변이주를 포함하는 동일 유전적 집단

Physiological race (생리형) 또는 Biological race (생태형) 이라고 한다

▪ 일반적으로 사용하는 변이주 명칭

- 레이스 Race : 곰팡이, 세균 - 스트레인 Strain : 바이러스

- 패소타입 Pathotype : 선충 - 바이오타입 Biotype : 해충

▪ 곰팡이 학명

예) *Magnaporthe grisea* f. sp. *oryzae* (벼) / f. sp. *grisea* (바랭이) / f. sp. *elusines* (피)

Fusarium oxysporum f. sp. *nivem* (수박) / f. sp. *melonis* (참외) / f. sp. *lagenariae* (박)

변이주 Pathogenicity specialized variant

병원성에 영향을 미치는 요인

■ 독소 Toxin

- 기주 특이성 Host specific : 엽록체와 세포막 분해 효소
ex) AM 독소, *Alternaria alternate*, AM *A. mali* (사과),
AC *A. citrus* (귤), AK *A. kikuchiana* (배),
AF *A. flageria* (딸기), AL *A. lycopersicon* (토마토)

- 기주 비특이성 Host non-specific : 세포벽 분해 효소
ex) Cutinase, Pectinase, Cellulase,

■ 저항성 억제 유전자 발현

- 세포, 조직 자살 : 과민감 반응(HR), *Phytophthora infestans*,
Glucan(polysaccharide) 작용
- 항균물질 : Phytoalexin, *Nectria haemotococca* (완두 뿌리썩음병균)은
항균 물질 Pisatin 해독
Pyricularin to *Magnaporthe oryzae* (벼 도열병)

식물 병 저항성과 기작

저항성 유전에 관한 주요 역사

1894 Erikson : 화곡류 녹병균 *Puccinia graminis*, 은 형태적으로 구분되지 않으나 서로 다른 생리적 계통을 보고

1905 Biffen : 녹병 저항성은 멘델의 유전법칙을 따른다

1914 Stackman : 계통은 판별품종 host differential varieties 세트로 구분된다

1946 Flor : 식물 병 저항성 유전은 유전자 대 유전자 이론에 따른다

1946 Gauman : 과민감 반응 Hypersensitive reaction 보고

1963 Vanderplank :

수평 저항성 Vertical resistance 은 몇 개의 유전자 major gene 가 관여하며,

수평 저항성 Horizontal resistance 은 많은 미동 유전자 minor genes 가 관여 한다

저항성 관련 용어 개념

- 면역성 Immune : 식물과 병원체 사이에 기주 관계가 성립되지 않으며, 비기주 저항성이라고 하나 저항성에 포함되지 않는다
- 감수성 Susceptibility : 병원체가 식물체에 침입, 정착, 생장하는 것
- 내병성 Tolerance : 식물이 병원체에 감염된 후 저항하는 성질, 품질과 수량에 보다 적게 영향 받는다
- 저항성 Resistance : 식물이 감염에 저항할 수 있는 유전되는 성질, 병원체의 영향을 적게 받는다
- 진성 저항성 True resistance : 하나 혹은 몇 개의 유전자에 의하여 지배를 받는다.
cultivar specific, race specific, Gene for gene, single gene (monogenic), multi-gene (polygenic), partial, minor gene, major gene, adult (without physical resistance), field, durable, horizontal, vertical resistance
- 회피 Escape : 환경적인 요인들에 의하여 병이 발생하지 않는 것

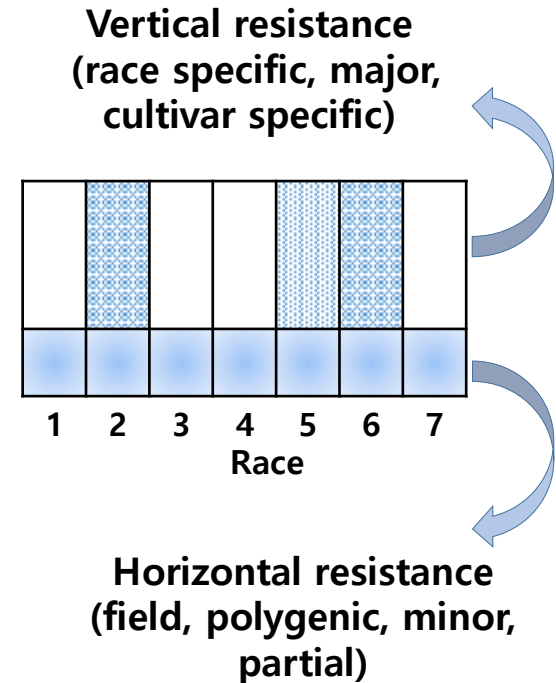
수직 저항성과 수평 저항성의 장단점

수직 저항성 Vertical resistance

- 하나 또는 몇 개의 주동 유전자가 관여하며, gene for gene 이론에 따른다
- 여러 종류의 저항성이 있다

진성 저항성 True resistance, 완전 저항성 Complete resistance, 특이저항성 Specific resistance, 단 인자 저항성 Single gene resistance, 몇 개 주동 유전자 저항성 a few major gene resistance, 품종 저항성 Cultivar resistance

- 병원체에 거의 완벽한 저항성을 나타내며, 저항성 품종 육성이 쉽다.
- 새로운 계통이 나타나면 쉽게 저항성이 무너진다
- 영년생 식물에 유용하며, 토양병원균(*F. oxysporum*)과 같이 확산이 느린 병원균과 변이체 발생이 적은 병원균 (*P. graminis*)에 유리하다
- 넓은 면적에 저항성 품종을 이용하려면 여러 생리적 계통에 저항성인 다양한 품종을 육성하여 재배하여야 저항성이 일시에 무너지는 것을 예방할 수 있다



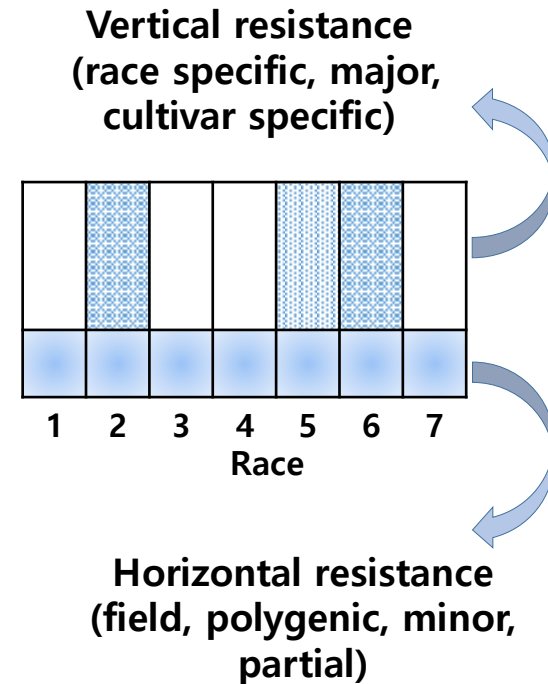
수평 저항성 Horizontal resistance

- 기주 화학물질(종류, 량)과 형태적 특성에 의하여 저항성이 발현된다

- 여러 종류의 저항성이 있다

미동 유전자 저항성 Minor gene resistance, 다원 유전자 저항성 Poly gene resistance, 포장 저항성 Field resistance

- 기주 생리적 발육 단계 별 여러 저항성 유전자가 관여 한다
- 저항성은 완전하지 않으나, 비교적 오래 견디는 성질이 있다



저항성 기작

■ 정적 저항성 Static resistance

- 기주 식물의 구조와 물질에 의하여 나타난다
- 물리적 저항성 Physical resistance : 기공(크기, 수, 열린 시간 등), 수공 Hydathode, 피목 Lenticel 皮目, 왁스, 털(길이, 밀도 등), 큐티클 두께
- 화학적 저항성 Chemical resistance : 침입 저해, 방어

■ 동적 저항성 Dynamic resistance

- 병원체 감염 후 나타나는 유전적 활성 방어 기작이며, 물리적 화학적 방어 기작 동시 발현
- 물리적 저항성 : lignification, 유두 Papilla 형성
고추 역병균 *P. capsici* 감염되면 세포질 응집이 일어나 과민감 반응이 일어난다
- 화학적 저항성 : Phenolic compounds, Phytoalexin, Prpathogen related Protein,

과민감 반응 過敏反應 Hypersensitive reaction (HR)

- HR : 병원체의 계통에 의하여 세포 또는 조직이 국부적으로 괴사하는 것
- HR 저항성 : 식물 저항성 우성 유전자(R)와 병원체 비병원성 유전자(avr)의 상호작용이며, gene for gene, Race specific, Strain specific
- avr 유전자 : 병 유발 단백질 elicitor 의 codon 처럼 작동, *hrp* hypersensitive reaction pathogenicity gene 유전자 도움으로 세포막 부착(specially in gram negative bacteria)
- HR 반응과 바이러스
 - Local lesion (chlorotic, necrotic) on *C. amaranticolor* by CMV
 - Necrotic spots : developed to systemic on upper leaves by BBWV2
 - Bud necrosis : plant death of soybean seedling by SMV

전형적인 HR 반응
necrotic locals, systemic necrotic spots



국부 퇴록반점, 집중잎, 붉은명아주,
Cucumber mosaic virus



전신 퇴록 반점, 상엽, 붉은 명아주,
Broad bean wilt virus 2

식물 병 저항성 품종 육성

저항성 품종은 식물 병 방제의 가장 신뢰성과 정확한 수단이나,
병원체의 병원성 분화에 의한 새로운 계통에 의하여 저항성이 무너지는 한계가 있다

- 가장 적합한 병원체 계통(race, strain)을 선택 한다

육성 대상 작물에 가장 보편적으로 발생하는 계통, 가장 병원성이 강하여 경제적 피해가 큰 계통

- 저항성 원 탐색 : 전 세계의 다양한 병 저항성 유전자 확보
- 병원체의 저항성 유전 양식을 알아야 한다

우성 dominant 과 열성 recessive 의 저항성 유전양식은 어떻게 저항성 후대를 선발할 지를 결정 한다

(예) 탄저병 *Colletorichum*, 열성, 여교잡 back cross, 잡종 2세대 저항성 개체 선발

순무모자이크바이러스TuMV, 우성, 잡종 1세대 저항성 개체 선발

- 식물별 육성방법을 고려하여 병 저항성 품종을 육성한다

병원체에 대한 순계 Pure line 작성 : 여교잡

자가불화합성 이용 Self-incompatibility : 배추 품종육성, 구름 별 순계 작성

웅성불임 이용 Male sterile : 고추, 토마토, 당근 등 품종육성, 3개의 순계 작성

복 교잡 Double cross : 옥수수 등 4개의 순계 이용

전통 육종 Classical breeding 傳統育種

고려 사항

- 병 접종 환경 : 병원성 발현 최적 온도, 광, 습도 조건에서 하여야 한다
각 병원체 별 발병환경이 모두 상이하기 때문에 발병 호조건은 매우 중요하다
- 인공접종 : 접종원 밀도(전염원 능력), 방법(스프레이, 침, 마찰 등), 감염 시간을 고려한
병증조사 기간 등

예) 도열병: 고압 스프레이 접종, 일주일 후 조사

세균 : 침 접종, 가위 접종, 일주일 후 조사

바이러스 : 문지름 접종, 고압 스프레이 접종, 2주일 정도 지속 조사

- 병증 판별 : 병증 종류(반점, 고사, 황화, 모자이크 등)

병증 심도(0, 1, 3, 5, 7, 9)

수박 탄저병 저항성 품종 육성

Watermelon, anthracnose,

Collectotrichum lagenarium (*C. orbiculare*) (Dr. Y.C. Heo)

1. 연구의 필요성

수박 재배시 연작, 집중강우 등으로 병해 발생 증가

수박 탄저병 저항성 품종 없음



탄저병 발생으로
전 포장의 수박 폐기
(시설 재배, 충남 부여)

2. 육성 구분 : 교배 육성 품종

3. 육성내력

가. 재료 수집 및 선발

- 품질 친 : 920532, 920533 (1992년 수집)
- 저항성 친 : AU-Producer (1992년 미국 농무성에서 도입)

나. 교배조합 작성 : 1993년 (AU-Producer×920532, ~3)

다. 탄저병 저항성 품종 육성 (1993 ~ 2001년)

- 매 세대마다 유묘 저항성 검정 후 저항성 개체 선발
- 920533과 여교잡 2회→920532와 여교잡 2회→ 자식 6회

라. F₁조합 작성 및 특성검정 (2001~2002년)

- 고품질, 탄저병 저항성, 과형은 원형임



구 분	탄저병	과형	호피무늬 너비	과피색	과육색	숙기
저항성 수박 (503)	3	원형	5	녹	적	중
대조 (삼복꿀)	9	단타원형	5	녹	적	중

탄저병 저항성 정도 (1 : 강 ~ 9 : 약), 호피무늬 너비 (1 : 좁음 ~ 9 : 넓음)

4. 탄저병 저항성 검정



탄저병 유묘 인공 스프레이 접종



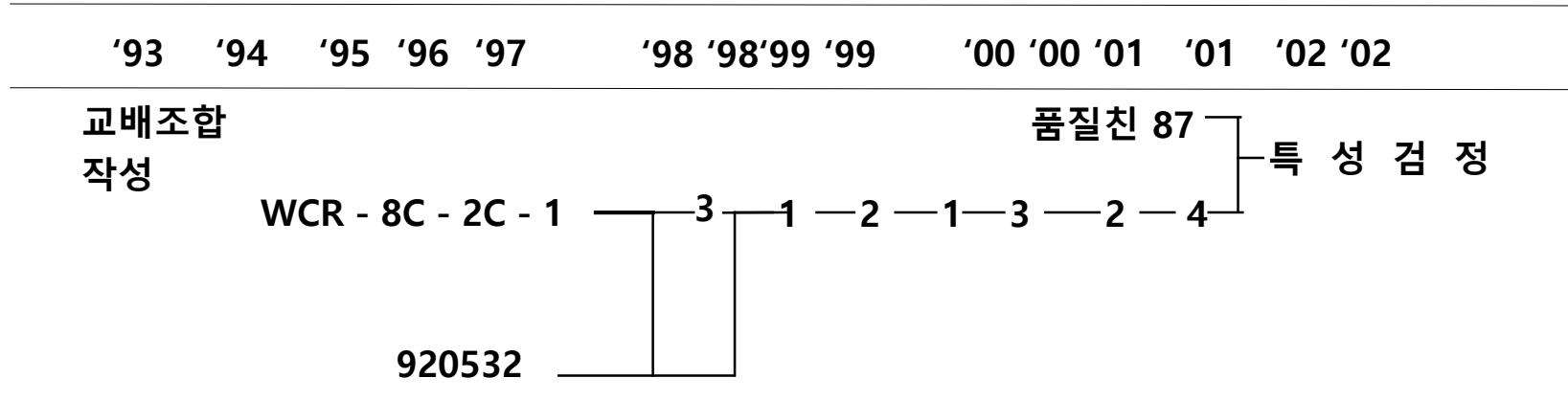
저항성 수박
(503)

시판품종
(삼복꿀)

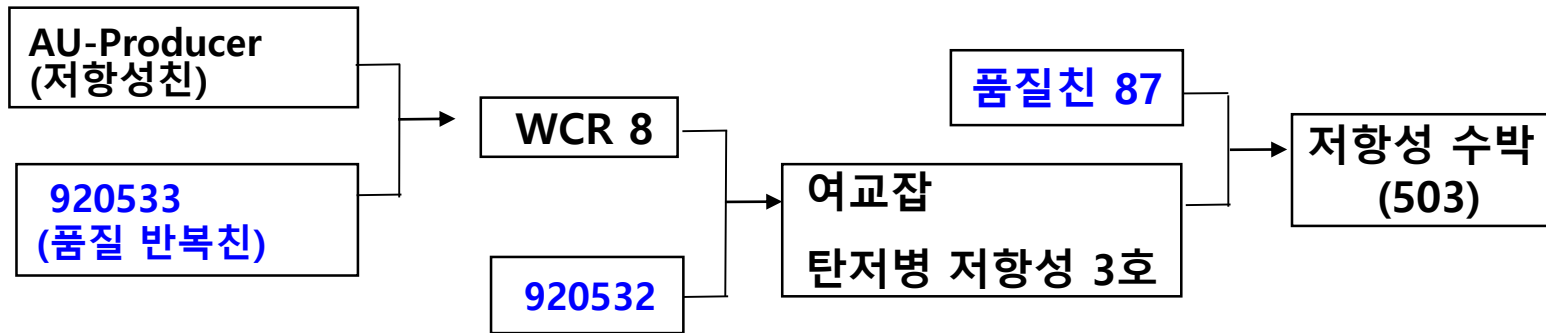
저항성원
(AU-Producer)

5. 육성경과

가. 육성계통도



나. 육성 계보도



최신 육종은 전통육종 기술에 보완 육종

- 저항성 개체 선발

전통 육종 : 병원체 인공접종, 병증 조사, 저항성 개체 선발

최신 육종 : 저항성 유전자를 가진 개체를 실험실에서 전기영동 하여 선발

- 조직배양 tissue culture

영양계 변이 선발 : 감자 돌림병, 식물 바이러스 저항성 개체 육성 방법이나 좋은 결과 얻기 어렵다

장단점 : 짧은 기간 안에 식물체 육성이 쉬우나, 원예적 형질을 올바르게 갖고 있는 식물체 육성이 어렵다

- 화분(약)배양, pollen culture

화분은 반수체 haploid 이며, 배양 후 콜히친 처리하여 배수체 작성, 벼에서 가장 유용한 육종기술이다

장단점 : 유전적 특성이 다양한 품종을 얻을 수 있으나 좋은 품종을 얻기가 어렵다

- 생장점 배양 meristem culture, apical meristem culture

바이러스 무감염 품종 육성 방법으로 사용한다

장단점 : 생장점을 이용하므로 정상적인 원예적 형질을 나타내는 식물체 육성이 어렵다

예) 바이러스 건전(무독) 작물 : 딸기, 마늘, 감자 등

- 유전공학 genetic engineering

Hybrid cell (핵치환), cybrid cell (세포질 치환) : cell fusion in different plant species

Direct insertion of nucleic acid (DNA, RNA) : micro injection, vector (plasmid, virus)

유전공학과 최신 육종

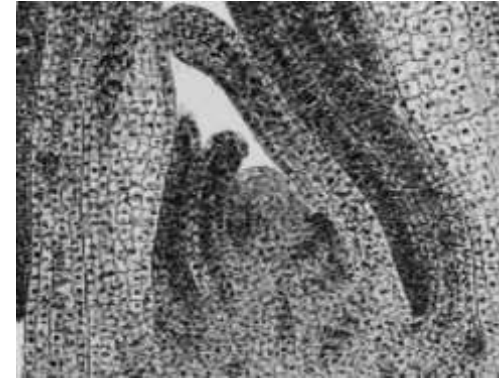
생장점 배양과 바이러스 건전(무독) 식물체 획득

왜 생장점을 이용하는가 ?

- 세포 분화가 매우 빠르고 세포 기관이 완전 형성 안됨
- 생장점에는 생장 호르몬 등 많은 화학물질 함유
- 바이러스 감염 식물체임에도 바이러스 함량(핵산, 단백질)이 모든 식물 부위 중에서 매우 적게 존재

어떻게 하는가 ?

- 모든 과정은 멸균실에서 하며, 모든 배양액, 기구는 고압멸균 하여야 한다
 - 가능한 한 가장 적게 생장점을 적출 하여야 한다
- 엽원기가 없으면 식물체 발육이 어렵고, 엽원기가 많이 포함될 수록 바이러스가 존재한다

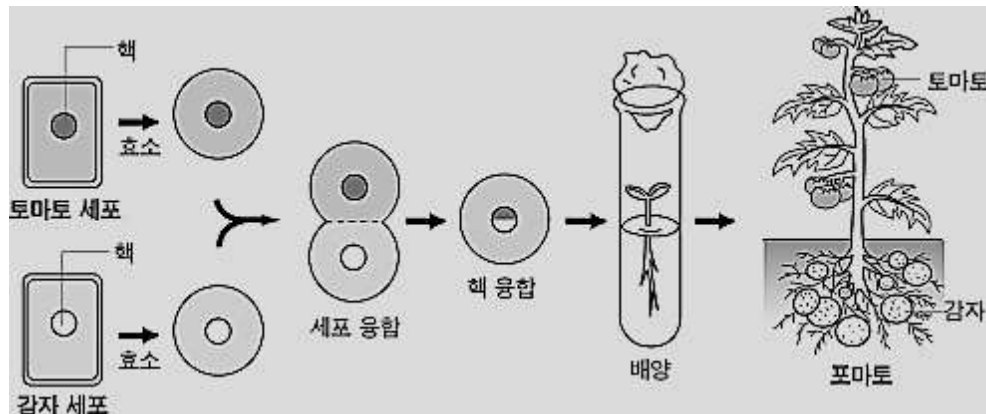


세포 융합 cell fusion

Hybrid cell (nucleus), cybrid cell (cytoplasm) : cell fusion in different plant species

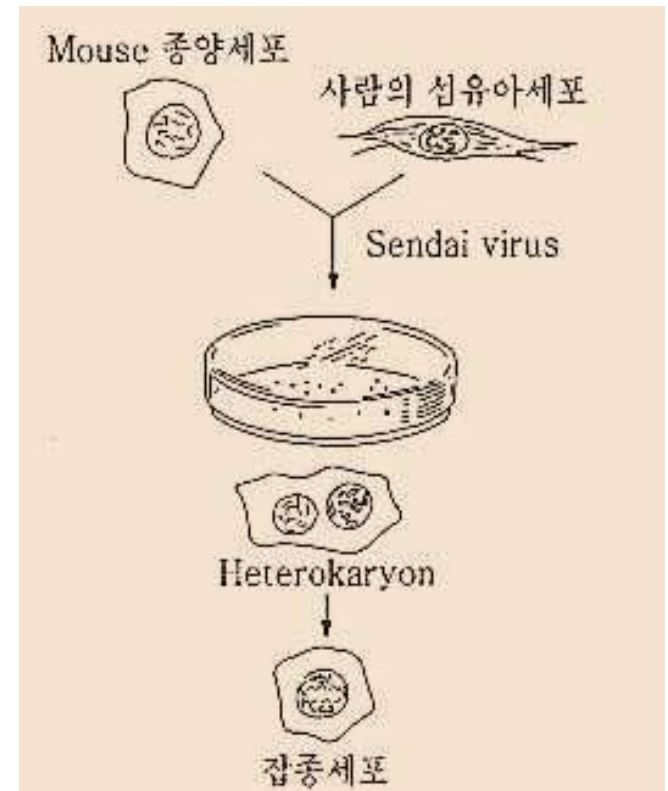
How to make hybrid cells ?

식물 세포



1. Cellulase treatment → PEG → Selection
2. Ti-plasmid inserted cell → culture on antibiotic medium

동물 세포



핵치환 세포 hybrid cell

세포질 치환 세포 cybrid cell

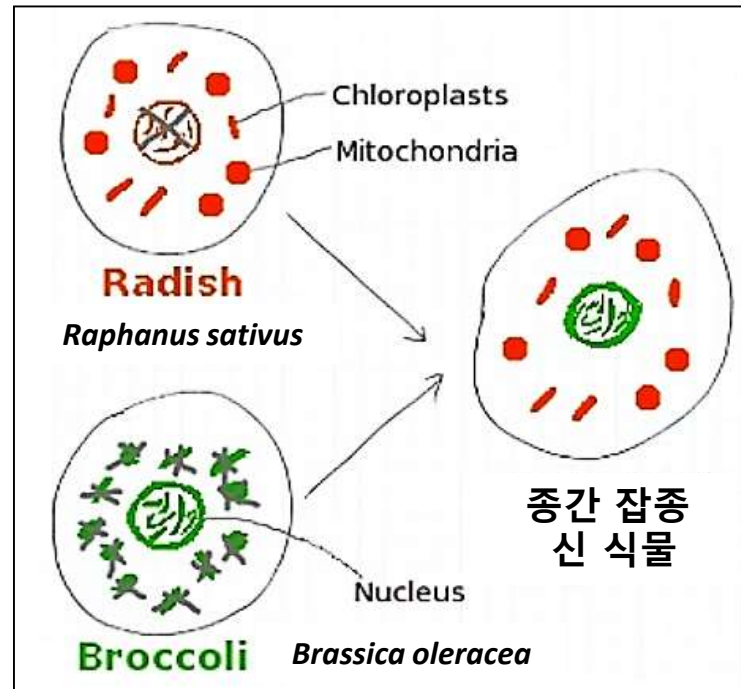
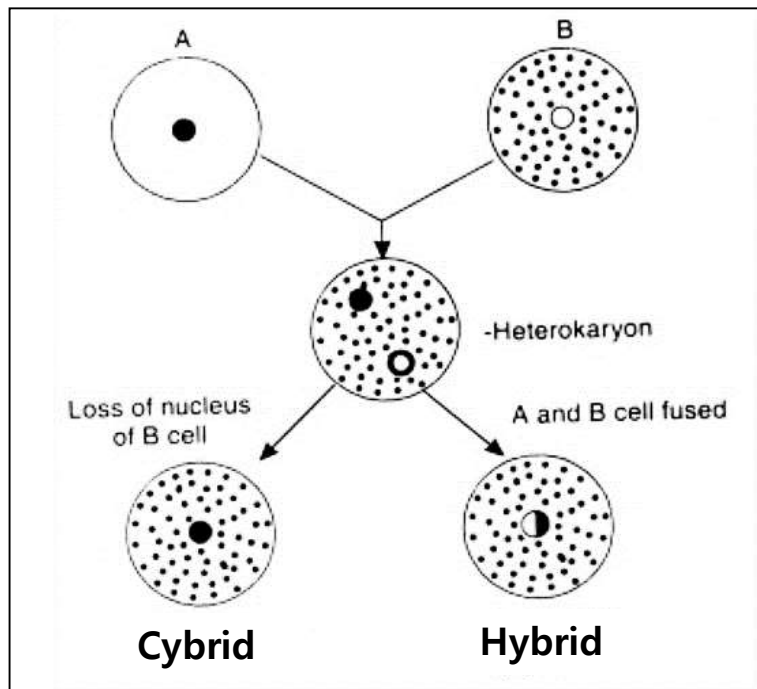
✓목적 : 서로 다른 식물세포에서 미토콘드리아 혹은 엽록체의 유전자 도입

✓자식 세대를 생산할 수 없으며, 영양계 번식에 사용한다

종간세포 융합 cell fusion of interspecies

✓목적 : 신 식물 육성

✓핵산(DNA, RNA) 도입 : 공동배양 co-culture, 미세주입 micro injection, 매체이용 vector (plasmid, virus)



최신 육종과 전통육종의 상호보완

Modern breeding

유용형질 (병해충, 가뭄, 저온 저항성)을 갖는 신품종의 유전자 디자인



목적 품종의 유전체를 컴퓨터로 분석하여 교배조합 작성



Conventional breeding

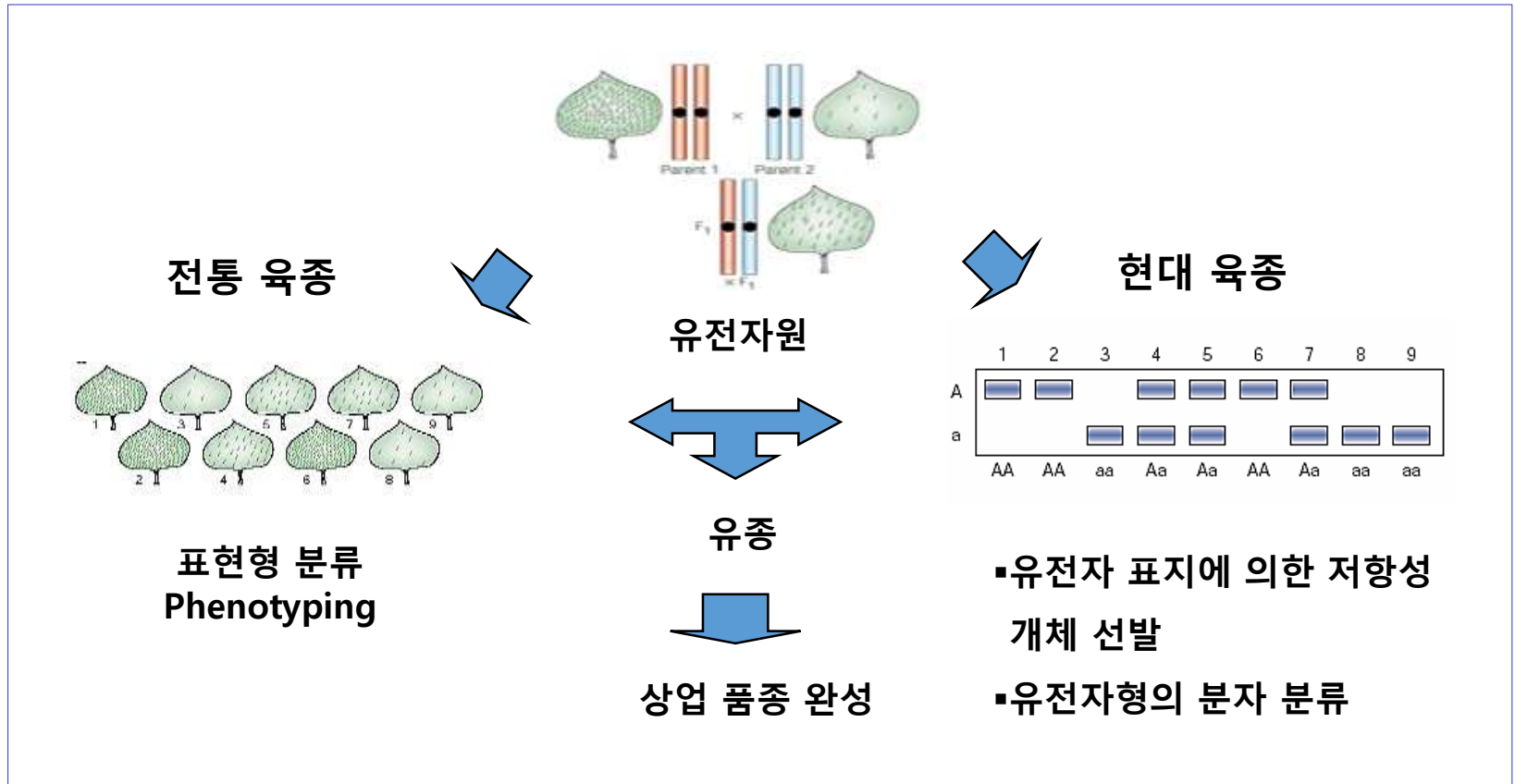
유용 형질을 모으기 위한 교배조합 작성 및 교배



교배 후세대의 특성 검정, 계통선발, 품종 육성



고추에 감염하는 Tobamovirus의 저항성 고추 품종 육성 (Dr Han, J.H.)

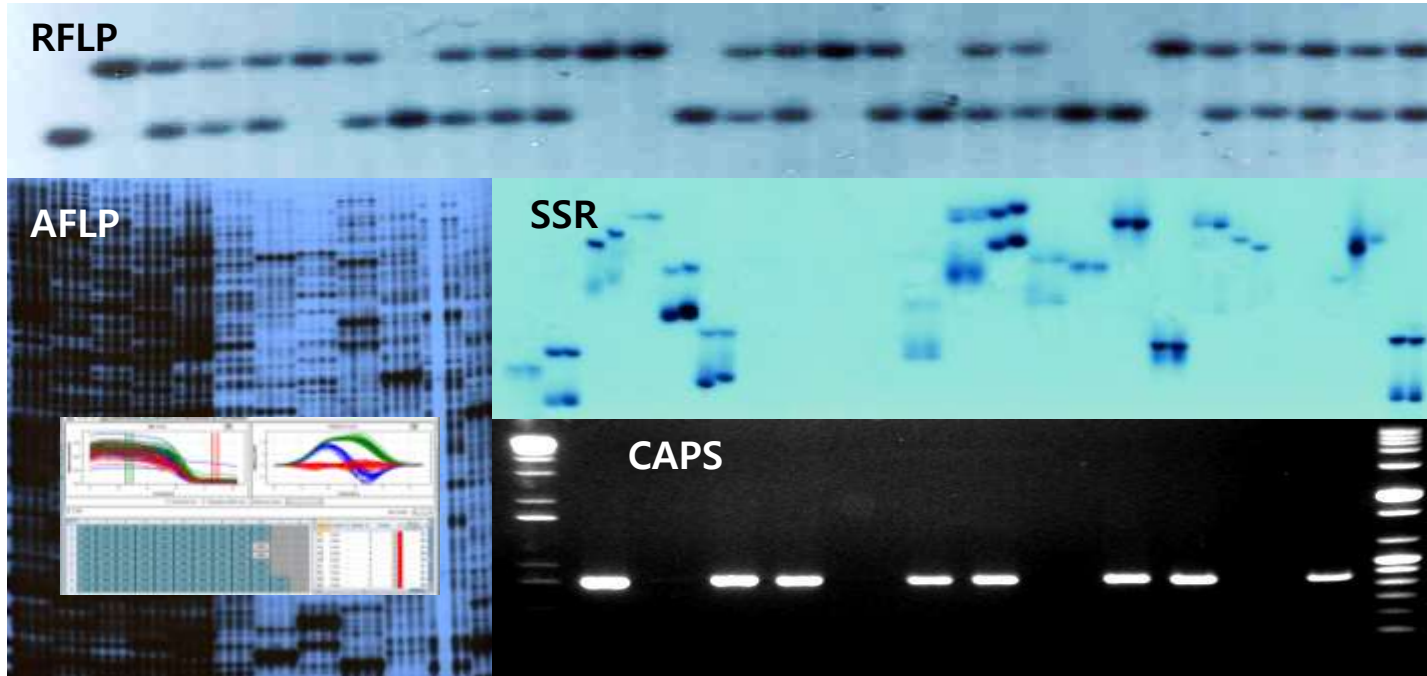


고추 판별품종의 Tobamovirus 저항성 유전자형

판별 품종	저항성 유전자형	Strain 병원형			
		P0	P1	P1.2	P1.2.3
<i>C. annuum</i> cv. 'Early Calwonder'	L^+L^+	+	+	+	+
<i>C. annuum</i> cv.'Bruinsma Wonder	L^+L^+	+	+	+	+
<i>C. annuum</i> cv.'Tisana'	L^1L^1	-	+	+	+
<i>C. frutescens</i> cv. Tobasco'	L^2L^2	-	-	+	+
<i>C. baccatum</i> P.I. 260549	L^2L^2	-	-	+	+
<i>C. chinense</i> P.I. 159236	L^3L^3	-	-	-	+
<i>C. chacoense</i> P.I. 260429	L^4L^4	-	-	-	-

+ : systemic mosaic (susceptible), - : local lesions on inoculated leaf (resistant)

분자표지 개발 Molecular Markers



RFLP : Random fragment length polymorphism, 제한효소로 가능한 많은 DNA 절편을 만든다

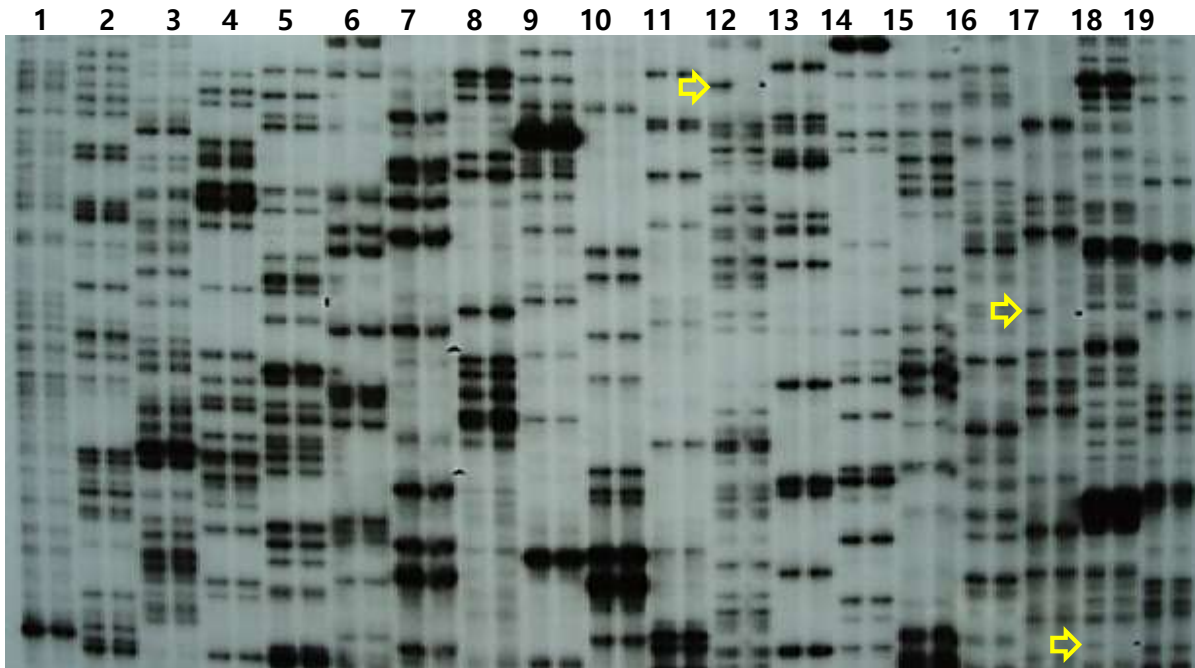
AFLP : Amplified fragment length polymorphism, 절편 말단 부위에 표지하고 표지 부위의 염기서열 프라이머를 이용하여 특정 제한효소 처리 후 생성된 DNA 단편

SSR : Simple sequence repeats (or short tandem repeats), 특정 2~9 bp의 DNA 절편 확보

CAPS : Cleaved amplified polymorphic sequence, 특정 DNA 절편 비교, 최종 분자표지의 선발

저항성과 감수성 품종의 저항성 유전자(L) 비교

BSA-AFLP in T102 population



각 번호의 왼쪽은 저항성, 오른쪽은 감수성

고추와 파프리카의 Tobamovirus 저항성 유전자(L gene) 평가

Red pepper

Code ²	Name of cultivar	Company	Tobamovirus inoculation ¹				Marker type of allele-specific markers ³							Putative genotype
			P ₀	P ₁	P _{1,2}	Phenotype	L ^{4a}	L ^{4b}	L ^{4c}	L ^{4d}	L ^{4e}	L ^{4f}		
CF1	Dokyaheongcheong	Syngenta	1	1	0	L ²	S	S	R	H	U	H	L ² /L ¹	
CF2	Kripbaksu	Syngenta	1	1	0	L ²	S	S	R	H	U	H	L ² /L ¹	
CF3	Muhanjilju	Syngenta	1	1	0	L ²	S	S	R	S	U	U	L ² /L ²	
CF4	Mansahyungdong	Syngenta	1	1	0	L ²	S	S	R	H	U	H	L ² /L ¹	
CF5	Super-biganim	Syngenta	1	1	0	L ²	S	S	R	S	U	U	L ² /L ²	
CF6	PR-Manita	Nongwoo	1	1	0	L ²	S	S	R	S	U	U	L ² /L ²	
CF7	Daechon	Nongwoo	1	1	1	L ² or L ⁴	H	S	R	S	U	U	L ² /L ²	
CF8	Super-Manita	Nongwoo	1	1	1	L ² or L ⁴	H	S	R	S	U	U	L ² /L ²	
CF9	Manita	Nongwoo	1	1	0	L ²	S	S	R	S	U	U	L ² /L ²	
CF10	Taesang	Nongwoo	1	1	1	L ² or L ⁴	R	S	R	S	H	U	L ² /L ²	
CF11	PR-daechon	Nongwoo	1	1	1	L ² or L ⁴	H	S	R	S	H	U	L ² /L ²	
CF12	Kangryukjosaenggun	Nongwoo	1	1	1	L ² or L ⁴	H	S	R	S	H	U	L ² /L ²	
CF13	Hongchowang	Nongwoo	1	1	0	L ²	H	S	R	S	H	U	L ² /L ⁰	
CF14	Kanggun	Nongwoo	1	1	1	L ² or L ⁴	R	S	R	S	U	U	L ² /L ⁴	
CF15	Dangchan	Nongwoo	1	1	0	L ²	S	S	R	S	U	U	L ² /L ²	
CF16	Boeungun	Nongwoo	1	1	1	L ² or L ⁴	H	S	R	S	H	U	L ² /L ⁰	
CF17	Kangryuktaeyang	Nongwoo	1	1	1	L ²	H	S	R	S	U	U	L ² /L ²	
CF18	Chammani	Nongwoo	1	1	0	L ²	S	S	R	S	U	U	L ² /L ²	
CF19	Hongbosuk	Monsanto	1	1	1	L ² or L ⁴	S	H	R	S	U	H	L ² /L ²	
CF20	Myungjak	Monsanto	1	1	0	L ²	S	S	R	S	H	U	L ² /L ⁰	
CF21	Cheonhajeil	Monsanto	1	1	0	L ²	S	S	R	S	U	U	L ² /L ²	
CF22	Buchon	Monsanto	1	1	0	L ²	S	S	R	S	U	U	L ² /L ²	
CF23	Cheonhatongil	Monsanto	1	1	0	L ²	S	S	R	S	U	U	L ² /L ²	
CF24	Wangdaebak	Monsanto	1	1	0	L ²	S	S	R	S	U	U	L ² /L ²	
CF25	Janggochu	Monsanto	1	1	0	L ²	S	S	R	S	U	U	L ² /L ²	
CF26	Hongijeom	Monsanto	1	1	0	L ²	S	S	R	S	U	U	L ² /L ²	
CF27	Igudongsung	Monsanto	1	1	0	L ²	S	S	R	S	H	U	L ² /L ⁰	
CF28	Cheonggwang	Monsanto	1	1	0	L ² (U) ⁵	S	S	S	S	U	U	L ² /L ⁰	
CF29	Bugang	Monsanto	1	1	0	L ²	S	S	R	S	U	U	L ² /L ²	
CF30	Himchan	Nonghyup	1	1	0	L ²	S	S	R	S	U	U	L ² /L ²	
CF31	Hanminjok	Nonghyup	1	1	0	L ²	S	S	R	S	U	U	L ² /L ²	
CF32	PR mujeok	Nonghyup	1	1	0	L ²	S	S	R	S	U	U	L ² /L ²	
CF33	Balitta	Dongbu Hitec	1	1	0	L ²	S	S	R	S	U	U	L ² /L ²	
CF34	Daechong	Dongbu Hitec	1	1	0	L ²	S	S	R	S	U	U	L ² /L ²	
CF35	Buhong	Dongbu Hitec	1	1	0	L ²	S	S	R	S	U	U	L ² /L ²	
CF36	Cheonhajanggum	Dongbu Hitec	1	1	0	L ²	S	S	R	S	U	U	L ² /L ²	
CF37	Dokbulwang	Sakata	1	1	0	L ²	S	S	R	S	H	U	L ² /L ⁰	
CF38	Joara	Sakata	1	1	0	L ²	S	H	R	S	U	H	L ² /L ²	
CF39	Jodae	Sakata	1	1	1	L ² or L ⁴	S	H	S	S	U	C	L ² /L ⁰	
CF40	Yeokkanghongjanggum	Koregon	1	1	1	L ² or L ⁴	S	S	R	S	U	U	L ² /L ²	
CF41	Onggolchan	Koregon	1	1	1	L ² or L ⁴	S	S	R	S	H	U	L ² /L ²	
CF42	Hot	Koregon	1	1	0	L ²	S	S	R	S	U	U	L ² /L ²	
CF43	PR-manjangilchi	Koregon	1	1	0	L ²	S	S	R	S	U	U	L ² /L ²	
CF44	Wanggun	Koregon	1	1	0	L ²	S	S	R	S	U	U	L ² /L ²	
CF45	Daedeulbo	Takii	1	1	1	L ² or L ⁴	S	H	S	S	U	C	L ² /L ⁰	
CF46	Taechon	Daenong	1	1	0	L ²	S	S	R	S	U	U	L ² /L ²	
CF47	PR bulsajo	Daenong	1	1	0	L ²	S	S	R	S	H	U	L ² /L ⁰	
CF48	Albujia	Daenong	1	1	0	L ²	S	S	R	S	U	U	L ² /L ²	
CF49	Umcheongna	Asia seed	1	1	0	L ²	S	S	R	S	U	U	L ² /L ²	
CF50	Dokjuyeokkang	Asia seed	1	1	0	L ²	S	S	R	S	U	U	L ² /L ²	
CF51	Yeokkangsumjang	Asia seed	1	1	0	L ²	S	S	R	S	U	U	L ² /L ²	
CF52	Ddaddabul	Asia seed	1	1	0	L ²	S	S	R	S	U	U	L ² /L ²	
CF53	Dolpung	Asia seed	1	1	0	L ²	S	S	R	S	U	U	L ² /L ²	

Paprika

F1 name	과실특성		회사명	마커분석		
	과색	과형		L3	L4	L종합
Cupra	R	Blocky	Enza	O (Het)	X	3-
Special	R	Blocky	Enza	X	O (Het)	4-
Ferrari	R	Blocky	Enza	O (Het)	X	3-
Debla	R	Blocky	Rijk	O (Het)	O (Het)	34
Plenty	R	Blocky	De	O (Hom)	X	33
Derby	Y	Blocky	De	O (Hom)	X	33
Fiesta	Y	Blocky	Enza	O (Hom)	X	33
Maserati	Y	Blocky	Enza	O (Hom)	X	33
Jirisan	Y	Blocky	Rijk	X	O (Het)	4-
Helsinki	Y	Blocky	Rijk	O (Het)	X	3-
Fiero	Y	Blocky	Syngenta	O (Het)	X	3-
President	O	Blocky	Enza	X	O (Het)	4-
Boogie	O	Blocky	Rijk	O (Het)	X	3-
Baltasar	R	Blocky	ZERAİM	X	O (Het)	40
Dalias	R	Blocky	ZERAİM	X	O (Het)	4-
Fortunato	R	Blocky	ZERAİM	X	O (Het)	4-
Gandal	R	Blocky	Enza	O (Het)	O (Het)	34
Jairan	R	Blocky	Enza	O (Het)	O (Het)	34
Telmo	R	Blocky	Enza	X	O (Het)	4-
Rialto	Y	Blocky	ZERAİM	X	O (Het)	4-
Luciana	O	Blocky	ZERAİM	O (Het)	X	3-
Applause	A	Blocky		X	O (Het)	4-
Delta	A	Blocky		O (Het)	X	3-
Mirage	R	Blocky	De	O		

CMV-RNA5 유전자를 이용한 고추 바이러스 저항성 품종 육성

방법 : CMV RNA5 분리 → 고추 감염 CMV에 RNA5 삽입 → 유묘 인공접종

일반적으로 오이모자이크바이러스(CMV)는 4개의 게놈(RNA1~4)을 갖고 있다

장단점 : 동일한 작물에서, 동일한 CMV와 계통에서는 바이러스 방제효과가 좋다

그러나, 고추 이외에 토마토에 감염되면 심한 괴저 증상을 일으킨다

따라서, 한정된 공간(비닐하우스, 유리온실) 에서 사용하여야 한다



고추 모자이크, CMV



토마토 순, 줄기 괴저, CMV-CARNA5

VIGS (Virus induced gene silencing) 벡터 활용

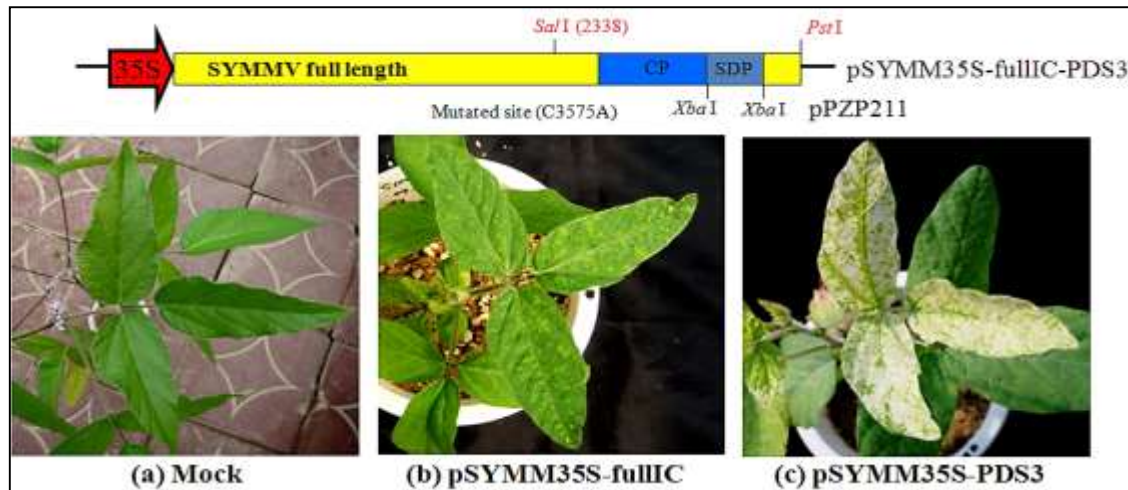
방법 : PDS 유전자를 SYMMV-CP에 삽입 → Agrobacterim에 삽입 → 콩에 주사 접종 → 20

일 후 엽록소 생성 저해 → PDS mRNA RT-PCR → 유전자 침묵 확인

활용 : 식물의 표현형 에 관여하는 유전자 확인, 확보, 특허, 배타적 권리

Gene expression rate : SYMMV-VIGS : 70-90%, 미국 BPMV-VIGS : 53-66%

왜 토종 바이러스를 사용하여야 하는가 ?



PDS gene : lutein 생합성에 관
여하는 phytoene 불포화 효소
SYMMV : *Soybean yellow
mottle mosaic virus*,
Carmovirus, ssRNA, 4009bp