

# 감귤 분자육종 프로그램을 위한 분자표지 개발

Development of Molecular Markers for Systematic Molecular Breeding in Citrus

2019. 10. 24. Thu.

**Ho Bang Kim, Ph.D.**

*Vice-CEO/Director*



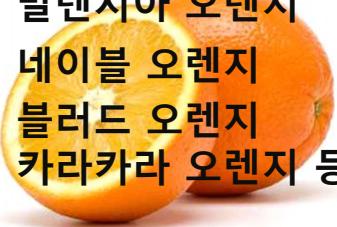
▶ 우장춘 박사(1898~1959) ◀

- '55년 우장춘 박사의 권유로 제주도 및 남해안 지역에서의 재배 시험을 통한 감귤 재배 권장(한국원예발달사)
- 감귤이 '제주의 생명산업'으로 발돋움

# Citrus Family

## 오렌지류

- 발렌시아 오렌지
- 네이블 오렌지
- 블러드 오렌지
- 카라카라 오렌지 등



## 밀감류

- 온주밀감
- 병감
- 탄제린 등



## 문단류

- 자몽류
- 문단
- 마쉬, 던칸, 루비 등



## 탄골류

- 부지화(한라봉)
- 청견
- 세토카
- 이에감
- 진지향 등



## 탄젤로류

- 미네오라(Honeybell)
- 세미놀
- 서던엘로 등



## 레몬류

- 레몬
- 리스본레몬
- 유레카레몬 등



## 시트론류

- 유자
- 불수감 등



## 금감



## 탱자





## *Citrus*

- 세계에서 가장 많이 생산되는 과수(1.46억톤/년)
- 재배역사 약 6,000년
- 오렌지류가 ~50%

# 감귤의 경제적·산업적 중요성

- ✓ 감귤은 세계에서 가장 많이 생산되는 과수작물임.
- ✓ 국내 1위 과수작물로서 국내 과수산업 및 지역경제의 핵심 기반산업.

주요과수	재배역사(년)	국내 생산량(천톤)*	국내 총생산액(억)**
	6,000	613	9,800
	4,000	475	11,100
	8,000	162	5,940
	3,000	203	4,340

\*2018년 기준; \*\*2017년 기준

# 감귤 육종 연구의 필요성

✓ 급격한 기후변화에 의한 감귤 재배 환경 변화

감귤의 고품질 및  
안정생산 공급체계 위협



고품질/기후변화  
대응감귤 품종 육성 요구

FTA 대응

소비자 기호

가족 구성



← 황룡병  
- 연간 약 45억불 경제적 손실  
- 플로리다 감귤산업 기반 붕괴

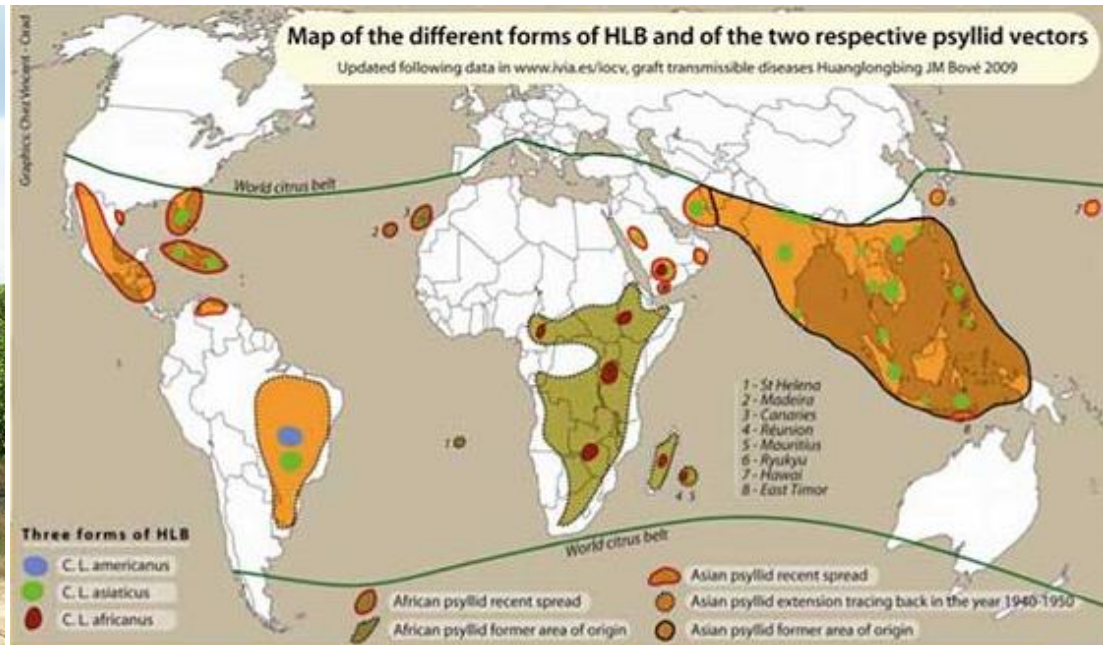


Global Warming



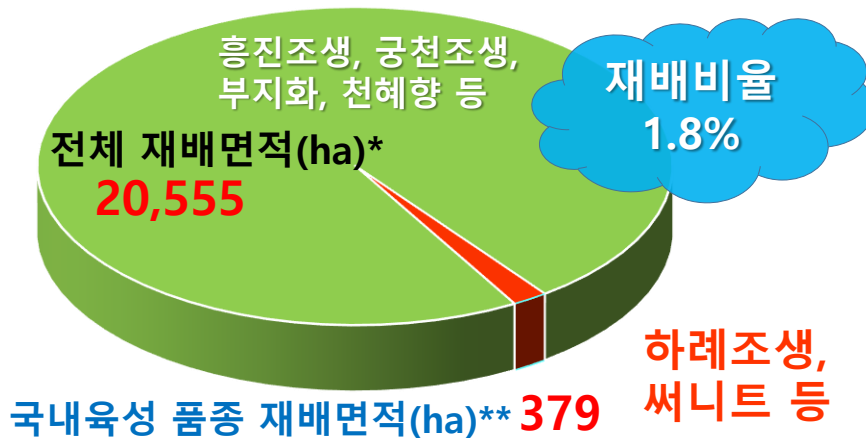
# Huanglongbing (HLB, Citrus Greening Disease)

- Pathogen : *Candidatus Liberibacter* spp.
- Vector : Citrus Psyllid



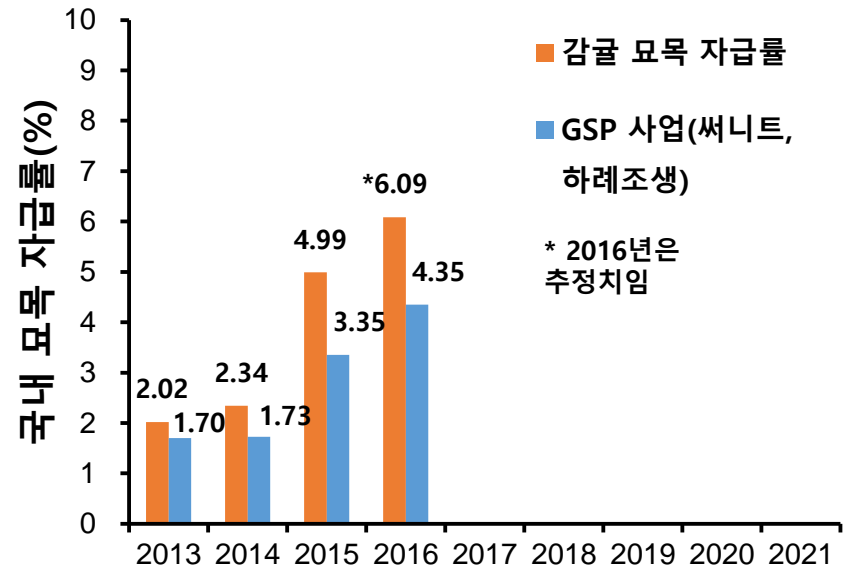
# 감귤 육종 연구의 필요성

- 국내육성 감귤 품종의 재배현황
- 국내육성 감귤 품종의 자급률 변화



\*전체면적은 2014년 제주도 통계.

\*\*국내품종 재배면적은 2016년 집계치.



<자료제공: 제주도농업기술원 강상훈 연구사>





# 감귤 교배 육종의 주요 제한요인

- 수체 크기
- 고도의 이형접합성
- 긴 유년기
- 자가 및 타가불화합성
- 화분/배주 불임성
- 다배성(주심배 발생)



# Establishment of MAB System for Molecular Breeding Program in Citrus

Molecular Markers For Agronomic Traits & Protection of Breeder's Right

Sequence Variation  
(SNP, INDEL, SSR)

Structural Variation  
(CNV, PAV, TE etc.)

Molecular Biology Approaches

Omics Approaches

Genome

Transcriptome

Breeder's Right

Disease Resistance  
(Canker, Scab, CTV etc.)

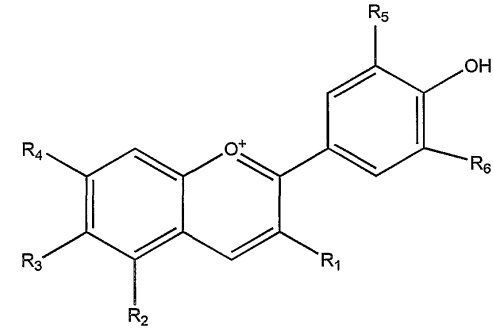
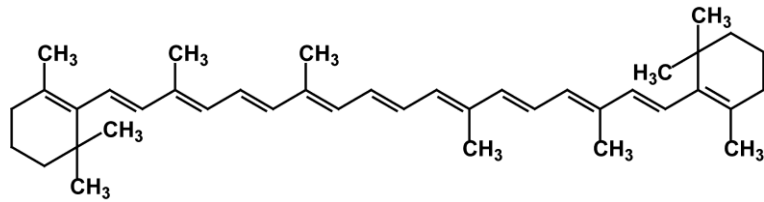
Fruit Traits  
(Red-flesh, Polyembryony,  
Seedless, Acidless etc.)



- Genetic resources/Core collection
- Crossing population
- Domestic-bred citrus varieties

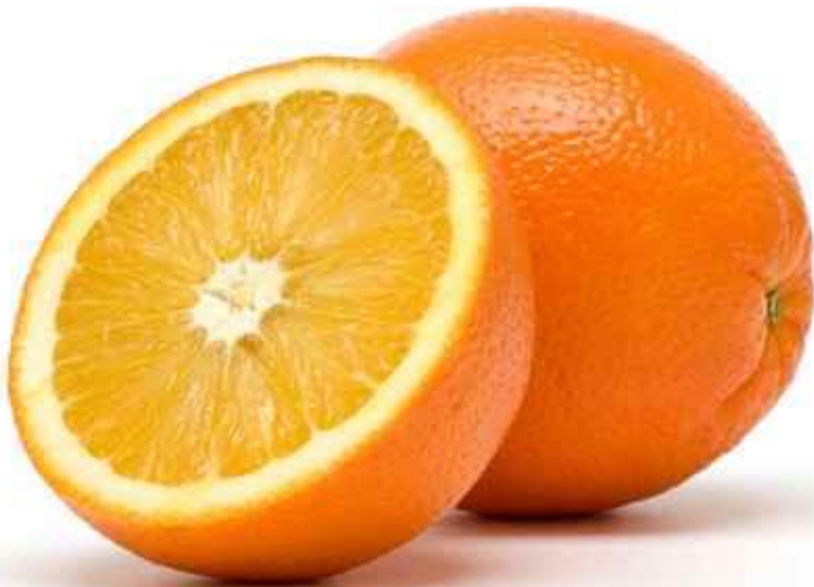
# 적육 형질 연관 분자표지 개발





# 안토시아닌계 적육 형질 연관 마커의 개발

Sweet orange



Blood oranges



## 안토시아닌

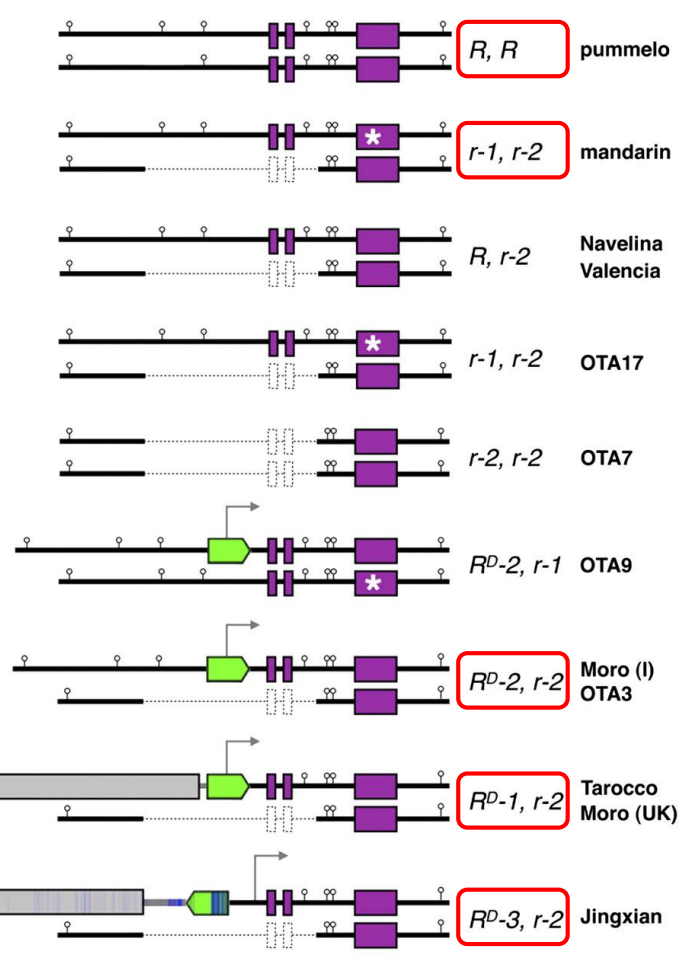
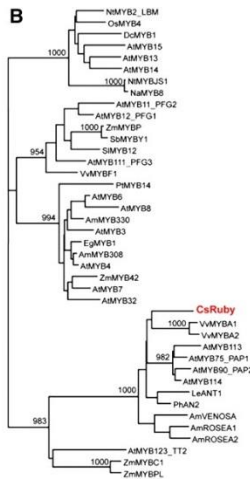
- 당뇨 환자의 산화적 스트레스 완화
- 높은 항산화 활성에 의한 DNA 손상 방지
- 심혈관 질환 예방
- 고지방식으로 인한 비만 예방 등

# 안토시아닌계 적육 형질 연관 마커의 개발

A



B



Six different alleles on *Ruby* locus encoding a MYB transcription factor of anthocyanin production were identified; *R*, *r-1*, *r-2*, *RD-1*, *RD-2*, *RD-3*

(Butelli et al., 2012)



# CTV 저항성 연관 분자표지



# CTV, Citrus Tristeza Virus

- 전세계적으로 가장 중요한 감귤 바이러스
- 급성쇠약(quick decline), 고접병(stem-pitting)을 야기
- CTV 저항성: 탱자나무(*P. trifoliata*), 일부 citrus 근연종
- *Ctv1* & *Ctv2* : CTV resistant genes, 우성 유전자
- *Ctv* 저항성 연관 RAPD, ISSR, RAPD-SCAR, RAPD-RFLP 마커
- MBC (map-based cloning)를 위한 BAC 라이브러리 작성
- *Ctv* locus를 함유하는 BAC contig map 작성
- BAC contig에 대한 sequencing, gene prediction (*R* gene cluster, 7 CC-NBS-LRR)





# CTV Resistance Locus (*Ctv1*)

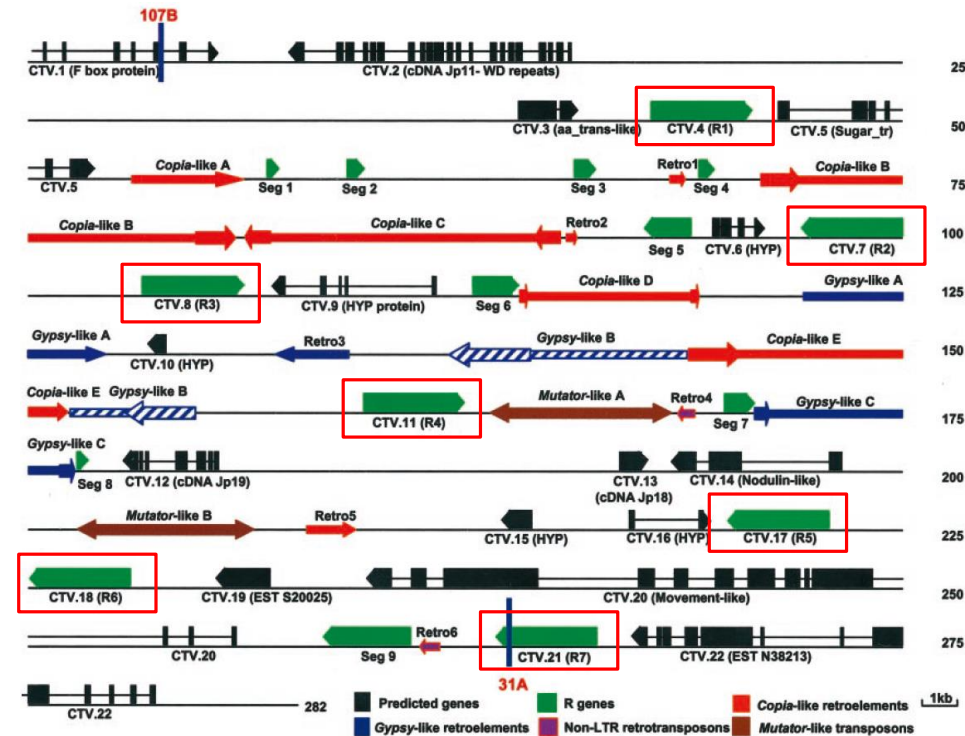
## Sequence Analysis of a 282-Kilobase Region Surrounding the Citrus Tristeza Virus Resistance Gene (*Ctv*) Locus in *Poncirus trifoliata* L. Raf.<sup>1</sup>

Zhong-Nan Yang<sup>2,3</sup>, Xin-Rong Ye<sup>2</sup>, Joe Molina, Mikeal L. Roose\*, and T. Erik Mirkov\*

Department of Plant Pathology and Microbiology, Agricultural Experiment Station, Texas A&M University, Weslaco, Texas 78596 (Z.-N.Y., J.M., T.E.M.); and Department of Botany and Plant Sciences, University of California, Riverside, California 92521 (X.-R.Y., M.L.R.)

Table 1. Gene prediction in the *Ctv* region

ID	Designation	Strand	Region	Best Protein Homolog	E Value	Predicted Gene Product
CTV.1	F-box protein	+	306–5,092	At1g15740	1e-57	F box protein with LRRs
CTV.2	cDNA Jp11	-	7,554–15,436	At1g15750	0	Similar to Arabidopsis protein with WD40 repeats
CTV.3	Aa_trans like	+	39,061–40,533	At1g80510	e-165	Transmembrane amino acid transporter protein
CTV.4	R1	+	42,823–45,495	At5g63020	e-172	CC-NBS-LRR disease resistance gene
CTV.5	Sugar_tr	+	46,474–51,670	At1g11260	e-46	Monosaccharide transport protein
CTV.6	HYP protein	+	94,464–95,727	-	-	No hits
CTV.7	R2	-	97,412–100,082	At5g63020	e-141	CC-NBS-LRR disease resistance gene
CTV.8	R3	+	103,146–105,845	At5g63020	e-159	CC-NBS-LRR disease resistance gene
CTV.9	HYP protein	-	107,061–111,553	AAF26974.1	3e-12	Similar to Arabidopsis unknown protein
CTV.10	HYP protein	-	128,556–128,822	-	-	No hits
CTV.11	R4	+	159,473–162,151	At5g63020	e-160	CC-NBS-LRR disease resistance gene
CTV.12	cDNA Jp19	-	177,791–180,306	AAF26974.1	2e-48	Similar to Arabidopsis unknown protein
CTV.13	cDNA Jp18	+	191,847–192,452	At1g15760	7e-47	Similar to Arabidopsis unknown protein
CTV.14	Nodulin-like	-	193,527–198,154	At1g80530	e-173	Nodulin-like protein
CTV.15	HYP protein	-	213,663–214,283	At5g11090	1e-17	Hypothetical protein
CTV.16	HYP protein	+	217,212–219,319	-	-	No hits
CTV.17	R5	-	220,152–222,824	At5g63020	e-173	CC-NBS-LRR disease resistance gene
CTV.18	R6	-	225,244–227,929	At5g63020	e-154	CC-NBS-LRR disease resistance gene
CTV.19	Expressed sequence tag (EST) S20025	-	230,517–231,818	BAA92411.1	1e-04	Similar to rice EST S20025
CTV.20	Movement-like	-	234,797–255,848	AAK68664.1	4e-57	Plant virus movement-like protein
CTV.21	R7	-	263,612–266,302	At5g63020	e-105	CC-NBS-LRR disease resistance gene
CTV.22	EST N38213	-	267,393–278,222	At1g15780	e-120	Similar to Arabidopsis EST N38213

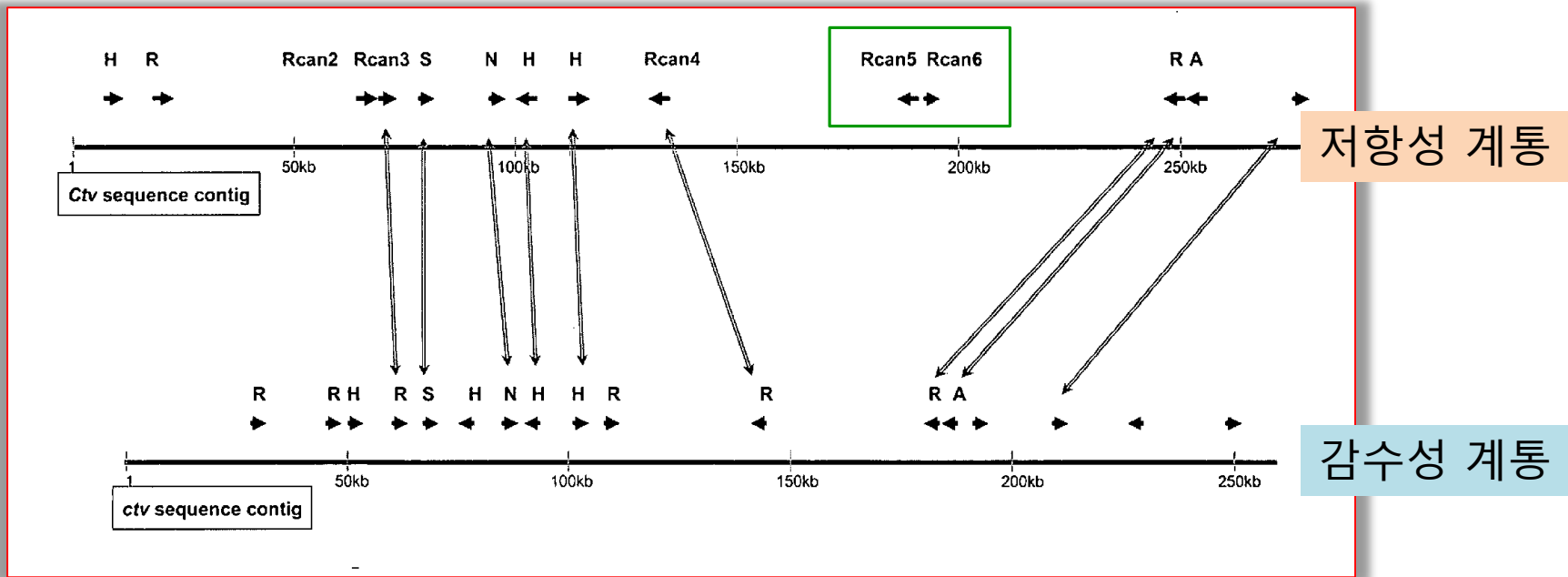


(Yang et al., 2003. Plant Physiol. 131:482-492)



# CTV Resistance Locus (*Ctv1*)

- ‘Thong Dee’ 문단 x 탕자 속간 교배 유래 저항성/감수성 계통에 대한 BAC 클론 sequencing (2개 CC-NBS-LRR 차이)



(USA Patent No. US2007/0074307 A1)

# CTV Resistance, A Transgenic Approach

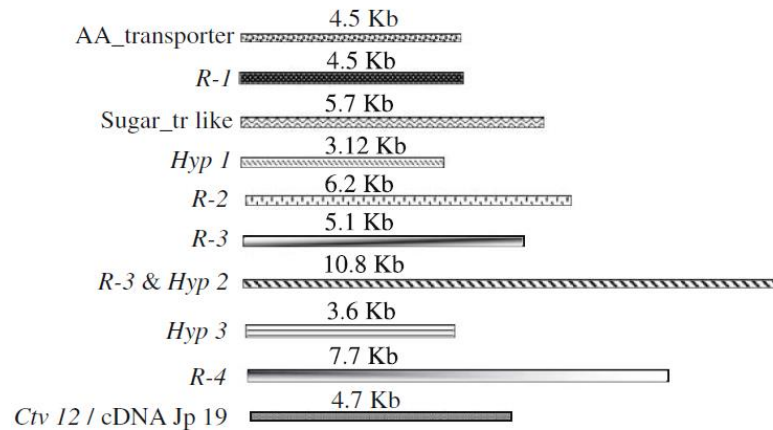
Plant Molecular Biology (2006) 61:399–414  
DOI 10.1007/s11103-006-0018-7

© Springer 2006

**Refinement of the Citrus tristeza virus resistance gene (*Ctr*) positional map in *Poncirus trifoliata* and generation of transgenic grapefruit (*Citrus paradisi*) plant lines with candidate resistance genes in this region**

Mamta Rai

Division of Gastroenterology, Department of Internal Medicine, University of Texas Medical Branch, 1108 The Strand, 301 University Blvd, Room 215–216, Galveston, TX 77555-0632, USA (e-mail marai@utmb.edu)



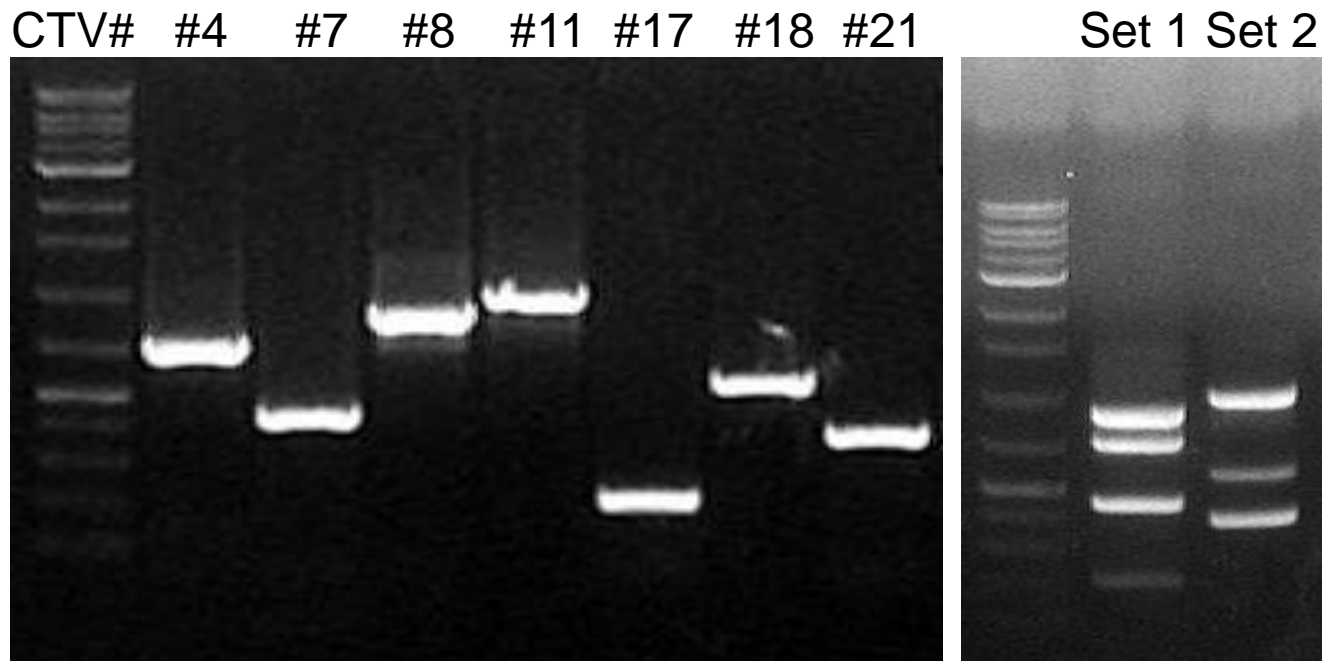
Grapefruit varieties  
- CTV susceptible

## ✓ **R2 Transgenic Lines**

- Absence of initiation of infection
- Slow spread

# Markers for Detection of *Ctv1* Locus

- Design of specific markers for the detection of 7 NBS-LRR genes
- Primer sets for multiplex PCR



Set 1 - #4, #7, #8, #17

Set 2 - #11, #18, #21

(Jeong et al., 2018)

# Application of *Ctv1* Locus Markers to Citrus Genetic Resources

## ■ Citrus Genetic Resources – 143 ea

Citrus group	Species/Cultivar name	국명	CTV#4 (R1)		CTV#7 (R2)		CTV#8 (R3)		CTV#11 (R4)		CTV#17 (R5)		CTV#18 (R6)		CTV#21 (R7)	
Grapefruit	<i>C. paradisi</i>	그레이프프루트	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+
	<i>C. paradisi</i> 'Star Ruby'	스타루비 그레이프프루트	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+
Kumquat	<i>Fortunella crassifolia</i> 'Meiwa'	영파금감	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+
	<i>Fortunella</i> spp. 'Puchimaru'	푸치마루	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+
Lime	<i>C. latifolia</i>	라임	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	+	+
	<i>C. aurantifolia</i> 'West Indian Lime'	인디안라임	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+
Lemon	<i>C. limon</i>	레몬	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	+	+
	<i>C. limon</i> 'Lisbon Lemon'	리스본레몬	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	+	+
Mandarin	<i>C. reticulata</i> 'Ponkan'	병감	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+
	<i>C. reticulata</i> (Seedless line)	병감무종자	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+
Pumello (Pomelo)	<i>C. maxima</i>	문단	+	+	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+
	<i>C. maxima</i> 'Mato Buntan'	마두문단	+	+	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+
Sour orange	<i>C. sulcata</i>	삼보감	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+
	<i>C. taiwanica</i>	좌등	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+
Orange	<i>C. sinensis</i> 'Yoshida Navel'	길전네블	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+
	<i>C. sinensis</i> 'Valencia Late'	발렌시아레이트	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+
Papada	<i>C. sphaerocarpa</i>	대본취등	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+
	<i>C. junos</i>	유자(재래)	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	+	+
Tangor	<i>C. iyo</i> 'Miyauchi yokan'	궁내이예감	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+
	<i>C. iyo</i> 'Ootani yokan'	대곡이예감	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+
Tangelo	<i>C. reticulata</i> 'Nova'	노바	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+
	<i>C. reticulata</i> 'Lee'	Lee(리)	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+
Trifoliate orange	<i>Poncirus trifoliata</i>	탱자	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	<i>P. trifoliata</i> 'Flying Dragon'	비룡	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	<i>Citroncitrus</i> spp. 'Swingle'	스윙글 시트루멜로	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+

-, negative; +, positive

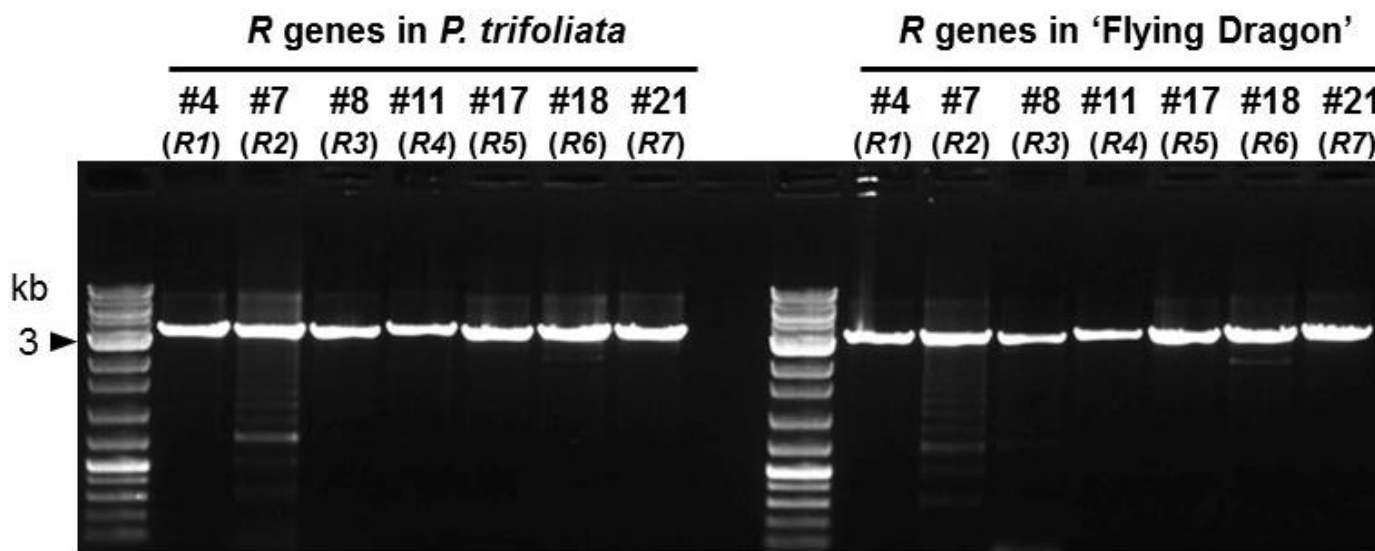


(Jeong et al., 2018)



# Application of *Ctv1* Locus Markers to Citrus Genetic Resources

- PCR amplification of **full length genomic sequences** for seven *R* genes in a *Ctv* locus from *P. trifoliata* and its derivative cultivar, *P. trifoliata* 'Flying Dragon'.



(Jeong et al., 2018)

# Application of *Ctv1* Locus Markers to Citrus Genetic Resources

- Korean Landrace Citrus – 12 ea

Group	Scientific name	Common name	CTV#4 (R1)	CTV#7 (R2)	CTV#8 (R3)	CTV#11 (R4)	CTV#17 (R5)	CTV#18 (R6)	CTV#21 (R7)
Mandarins	<i>C. benikoji</i> Hort. ex Tan.	Gamza	-	-	+	+	+	-	+
	<i>C. platymamma</i> Hort. ex Tan.	Byungkyul	-	-	+	+	+	-	+
	<i>C. sunki</i> Hort. ex Tan.	Jinkyul	-	-	+	+	+	-	+
	<i>C. nippokoreana</i> Tan.	Cheongkyul	+	-	+	+	+	-	+
	<i>C. tangerina</i> Hort. ex Tan.	Pyunkyul	-	-	+	+	+	-	+
	<i>C. leiocarpa</i> Hort. ex Tan.	Binkyul	-	-	+	+	+	-	+
Non-mandarins	<i>C. erythrosa</i> Hort. ex Tan.	Dongjeongkyul	+	-	+	+	+	-	+
	<i>C. tachibana</i> (Mak.) Tan.	Hongkyul	-	-	+	+	+	-	+
	<i>C. pseudogulgul</i> Hort. ex Shirai	Sadoogam	-	-	+	+	+	-	+
	<i>C. grandis</i> (L.) Osb.	Dangyooza	+	-	+	+	+	-	+
	<i>C. aurantium</i> L.	Jigak	+	-	+	+	+	-	+
	<i>C. junos</i>	Yooza	+	-	-	+	+	-	+

(Jeong et al., 2018)

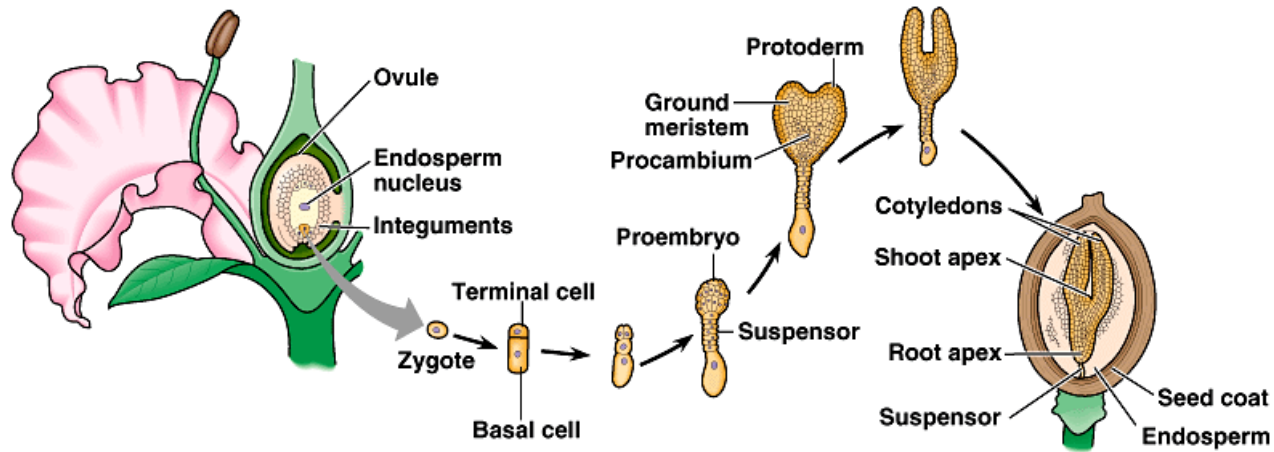
- *Ctv1* locus의 7개 R gene set은 탕자('비룡' 포함)에만 존재.
- 특히, **R2, R6** 유전자는 탕자('비룡' 포함)에만 존재.
- R7 유전자는 CTV 저항성과는 무관할 것으로 판단됨.
- *Ctv1* locus 마커는 CTV 저항성 품종(특히, **대목 품종**) 육성에 활용 가능.
- 일부 문단류[*C. maxima* (Burm.) Merrill]와 금감이 CTV 저항성을 갖는 것으로 알려져 있으나 이는 *Ctv2* locus에 기인할 가능성.

# 감귤 교잡배 판별용 SSR 마커 개발

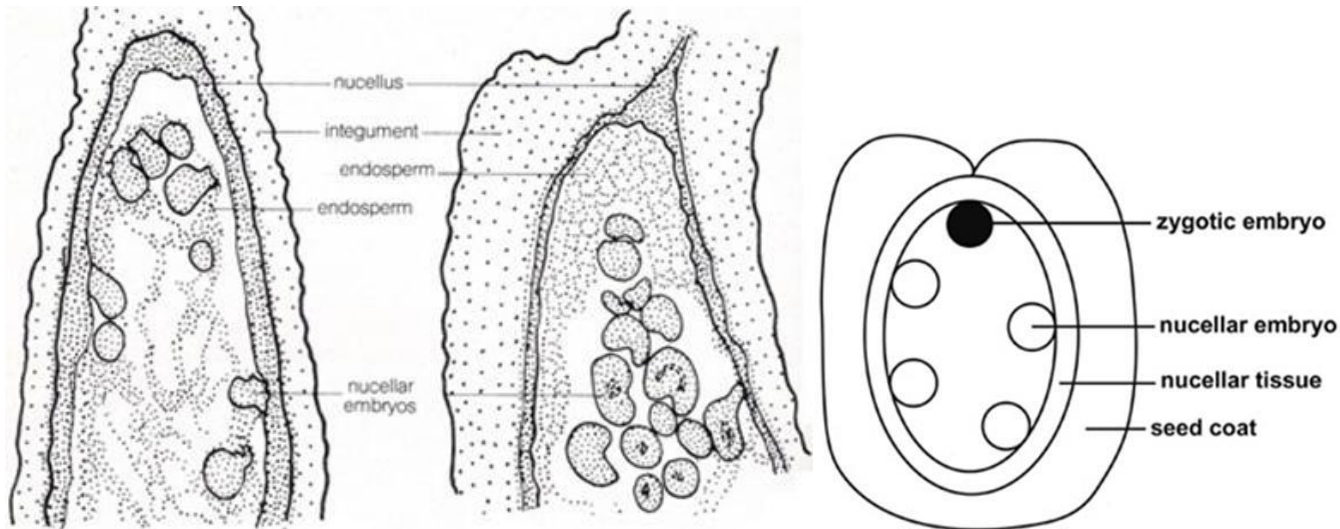




# Embryogenesis in most flowering plants



# Polyembryony in *Citrus* cultivars



# 감귤 유전자원에서의 다배성 검정

Citrus group	Species/Cultivar name	Abbr.	Embryo type	Citrus group	Species/Cultivar name	Abbr.	Embryo type
Kumquat	<i>Fortunella crassifolia</i>	YG	P	Lemon	<i>C. limon</i>	LM	P
	<i>Fortunella</i> spp. 'Puchimaru'	PM	M		<i>C. limon</i> 'Allen-Newman Eureka'	LM-AN	Mx
Pumello	<i>C. grandis</i> 'Dangyooja'	DYJ	Mx	Lime Sour orange Tangelo	<i>C. limon</i> 'Frost Nucellar Eureka'	LM-FN	Mx
	<i>C. hassaku</i>	PS	M		<i>C. limon</i> 'Lisbon'	RM	Mx
	<i>C. hassaku</i> 'Beni Hassaku'	HP	M		<i>C. latifolia</i>	Li-Cl	M
	<i>C. maxima</i>	MD	M		<i>C. aurantium</i> 'Jigak'	Jl	P
	<i>C. maxima</i> 'Banbeiyu'	MB	M		<i>C. obovoidea</i>	KG	P
	<i>C. maxima</i> 'Mato Buntan'	MM	M		<i>C. sulcata</i>	SBK	Mx
	<i>C. pseudogulgul</i>	CH	M		<i>C. taiwanica</i>	JD	Mx
	<i>C. pseudogulgul</i> 'Sadoogam'	SD	M		<i>C. natsudaikai</i>	HK	Mx
	<i>C. tamurana</i>	IH	M		<i>C. natsudaikai</i> 'Kawanonatsudaikai'	GHK	Mx
	<i>Citrus</i> spp. 'Suyou'	SU	M		<i>C. natsudaikai</i> 'Shinamanatsu'	SGH	Mx
<i>Citrus</i> hybrid 'Haruka'	HRK	Mx	<i>C. natsudaikai</i> 'Tachibana Orange'	LHO	Mx		
Grapefruit	<i>C. paradisi</i>	GF	P	<i>C. natsudaikai</i> 'Whanggumhagyul'	HH	Mx	
	<i>C. paradisi</i> 'Golden Special'	GS	Mx	<i>Citrus</i> hybrid 'Minneola'	MN	P	
Sweet orange	<i>C. paradisi</i> 'P. Star Ruby'	SR	P	<i>Citrus</i> hybrid 'Nova'	NV	P	
	<i>C. sinensis</i> 'Fukuichi Navel'	BIN	P	<i>Citrus</i> hybrid 'Orlando'	OL	P	
	<i>C. sinensis</i> 'Hamlin'	HR	P	<i>Citrus</i> hybrid 'Seminole'	SN	P	
	<i>C. sinensis</i> 'Morita Navel'	SJN	P	<i>Citrus</i> hybrid 'Sweetspring'	SS	P	
	<i>C. sinensis</i> 'Sanguinelli'	SG	P	<i>Citrus</i> spp. 'Sunholt'	SHT	Mx	
	<i>C. sinensis</i> 'Seike Navel'	CGN	P	<i>C. iyo</i> 'Miyachiyokan'	GN	M	
	<i>C. sinensis</i> 'Shirayanagi Navel'	BU	P	<i>C. iyo</i> 'Ootaniyokan'	DG	Mx	
	<i>C. sinensis</i> 'Suzuki Navel'	YMN	P	<i>Citrus</i> hybrid '56-423'	423	Mx	
	<i>C. sinensis</i> 'Tarocco'	TR	P	<i>Citrus</i> hybrid 'Akemi'	JK	Mx	
	<i>C. sinensis</i> 'Valencia Late'	VL	P	<i>Citrus</i> hybrid 'Amakusa'	CC	Mx	
Mandarin	<i>C. sinensis</i> 'Yoshida Navel'	GV	P	<i>Citrus</i> hybrid 'Ariake'	TG-YM	P	
	<i>C. clementina</i>	CL-02	M	<i>Citrus</i> hybrid 'Ehime Kashi No. 28'	AH28	M	
	<i>C. clementina</i> 'Fina Sodea'	CL-01	M	<i>Citrus</i> hybrid 'Harehime'	HM	M	
	<i>C. erythrosa</i> 'Dingjeongkyul'	DJK	Mx	<i>Citrus</i> hybrid 'Harumi'	HRM	P	
	<i>C. kinokuni</i>	KJ	M	<i>Citrus</i> hybrid 'Hinoyutaka'	BP	P	
	<i>C. leiocarpa</i> 'Binkyul'	BN	Mx	<i>Citrus</i> hybrid 'Kiyomi'	CK	M	
	<i>C. reticulata</i>	BG	P	<i>Citrus</i> hybrid 'Okitsu No. 46'	HJ46	Mx	
	<i>C. reticulata</i> (Seedless line)	BG-seedless	P	<i>Citrus</i> hybrid 'Okitsu No. 47'	HJ47	M	
	<i>C. reticulata</i> 'Daisy'	DSY	Mx	<i>Citrus</i> hybrid 'S-1129'	S-1129	M	
	<i>C. reticulata</i> 'Dancy'	DS	P	<i>Citrus</i> hybrid 'Satonokaori'	STNK	Mx	
	<i>C. reticulata</i> 'Kousyun'	HC	P	<i>Citrus</i> hybrid 'Seihou'	TG-CB	P	
	<i>C. reticulata</i> 'Nakano no.3'	JY3	P	<i>Citrus</i> hybrid 'Setoka'	SE	P	
	<i>C. reticulata</i> 'Page'	PG	P	<i>Citrus</i> hybrid 'Shiranuhi'	BJ-01	P	
	<i>C. reticulata</i> 'Yosida Ponkan'	GJ	P	<i>Citrus</i> hybrid 'Tamami'	TM	M	
	<i>C. sunki</i> 'Jinkyul'	JG	P	<i>Citrus</i> hybrid 'Tsunokaori'	JJH	P	
	<i>C. tachibana</i> 'Hongkyul'	HG	Mx	<i>Citrus</i> hybrid 'Wonkyoah-dan-baiseong No.1'	WK1	M	

# 감귤 교잡배 판별용 SSR 마커 개발

Cultivar with polyembryony

**Female genotype  
AA (2n)**

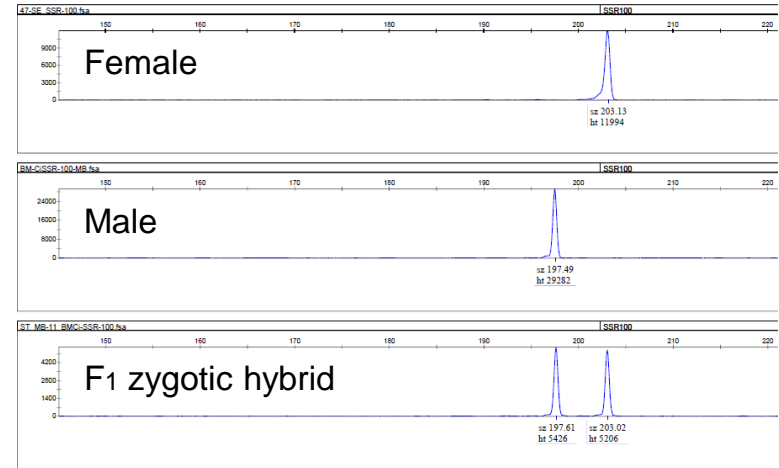
×

**Male genotype  
aa (2n)**



Genotypes of F1 plants

Gametes	a	a
A	Aa	Aa
A	Aa	Aa



- **17 SSR Markers Showing Polymorphism among 6 Major Citrus Groups**

- Public sequence DB
- Comparative genomics approaches

# 감귤 교잡배 판별용 SSR 마커 개발

- 대립유전자 크기(allele size) DB 구축
  - 17개 polymorphic SSR markers
  - 101 citrus genetic resources

Citrus group	Species/Cultivar name	국명	BM-CiSSR-082	BM-CiSSR-087	BM-CiSSR-093	BM-CiSSR-094	BM-CiSSR-100	BM-CiSSR-111
Grape fruit	<i>C. paradisi</i> 'P. Star Ruby'	피스타루비	155	183/189	154/156	268/271	198/203	144
	<i>C. paradisi</i> 'Golden Special'	골든스페셜	152/156	189	152/156	268/274	198/203	140/144
	<i>C. paradisi</i>	그레이프푸룻	155	183/189	154/156	268/271	198/203	144
Kumquat	<i>Fortunella crassifolia</i>	영피금감	158	189	145	265/273	200/203	141/144
	<i>Fortunella</i> spp. 'Puchimaru'	푸치마루	158	189	145	265	203	137/140
Lime	<i>C. latifolia</i>	라임	154/156/165	189	152	274	199/201	140/144
Lemon	<i>C. limon</i>	레몬	154/156	189	152	274/277	198/201	140
	<i>C. limon</i> 'Lisbon lemon'	리스본레몬	154/156	189	152	274/277	198/201	139
	<i>C. limon</i> 'Allen-Newman Eureka Lemon'	알렌레몬	154	184/189	152/156	270/273	198/203	134/140
	<i>C. limon</i> 'Frost Nucellar Eureka Lemon'	후로스트유레카	154/156	189	152	274/277	198/201	140
Mandarin	<i>C. reticulata</i>	병감	154	189	152	274	198/203	140/144
	<i>C. reticulata</i> (Seedless line)	병감무종자	154	189	152	274	198/203	141/144
	<i>C. reticulata</i> 'Yosida Ponkan'	갈전병감	154	189	152	268/274	198/203	144
	<i>C. reticulata</i> 'Dancy'	댄시	154	189	152	268/274	198/203	144
	<i>C. reticulata</i> 'Daisy'	데이지	154	184/189	152/156	271/274	198/203	137/140
	<i>C. reticulata</i> 'Nakano no.3'	중야3호병감	154	189	152	274	198/203	141/144
	<i>C. reticulata</i> 'Page'	페이지	151/154	189	152/156	271/274	198/203	144
	<i>C. reticulata</i> 'Kousyun'	홍춘병감	154	189	152	274	198/203	140/144
	<i>C. clementina</i>	클레멘틴	152/155	189	152/156	268/271	198/203	144
	<i>C. clementina</i> 'Fina Sodea'	피나소데아	154/156	189	152	274/277	198/201	140
	<i>C. erythroa</i>	동정귤	150/155	189	152	274	203	137/140
	<i>C. kinokuni</i>	기주말감	154	183/189	152	274/277	203/206	140/144
	<i>C. leiocarpa</i>	반귤	150/155	184/189	152	271/277	203/206	140
	<i>C. sunki</i>	잔귤	150/154	184/189	152	274/277	203/206	141
	<i>C. tangerina</i>	편귤	154	184	152	274	198/203	140/143
	<i>C. tachibana</i>	홍귤	150/154	189/192	152	271/274	203	140
	<i>C. hybrida</i> 'Hayaka'	조향	154	183/189	152	274	198/206	140
	<i>C. hybrida</i> 'Mihocore'	미호클	154	184/189	152	274	198/203	140
	<i>C. unshiu</i> 'Imamura Unshiu'	금춘온주	154	183	152/156	271/274	198/206	140
	<i>C. unshiu</i> 'Chungchon'	홍춘온주	154	184	152/156	271/274	198/206	140
	<i>C. unshiu</i> 'Hyangmoongam'	향문감	154	184	152/156	271/274	198/206	140
	<i>C. unshiu</i> 'Aoshima 4 Gou'	청수4호	154	184	152/156	271/274	198/206	139
	<i>C. unshiu</i> 'Katayama Unshiu'	편산	154	184	152/156	271/274	198/206	140



# 감귤 교잡배 판별용 SSR 마커 개발

## ■ 교잡배 판별 SSR 마커의 적용

- 다배성 품종을 자방친으로 사용한 5개 교배 조합
- 단배성 품종을 자방친으로 사용한 3개 교배 조합

Genetic Crosses	Embryony type of female plant	Used SSR markers	No. of tested plant	No. of genetic hybrid
<i>Citrus</i> hybrid 'Setoka' x <i>C. maxima</i> 'Banbeiyu'	P	BM-CiSSR-032 BM-CiSSR-100	98	1
<i>Citrus</i> hybrid 'Harumi' x <i>C. maxima</i> 'Banbeiyu'	P	BM-CiSSR-115b	38	0
<i>C. reticulata</i> 'Nova' x <i>C. maxima</i> 'Banbeiyu'	P	BM-CiSSR-115b	98	0
<i>C. reticulata</i> 'Page' x <i>C. maxima</i> 'Banbeiyu'	P	BM-CiSSR-115b BM-CiSSR-077	48	3
<i>Citrus</i> hybrid 'Setoka' x <i>C. maxima</i>	P	BM-CiSSR-032	54	0
<i>Citrus</i> hybrid 'Kiyomi' x <i>Citrus</i> hybrid 'Seminole'	M	BM-CiSSR-013	5	5
<i>Citrus</i> hybrid 'Ehimekashi No. 28' x <i>Citrus</i> hybrid 'Orlando'	M	BM-CiSSR-012 BM-CiSSR-087	5	5
<i>Citrus</i> hybrid 'Harehime' x <i>Citrus</i> hybrid 'Orlando'	M	BM-CiSSR-012 BM-CiSSR-013 BM-CiSSR-087	5	5

- 교잡배 판별을 위한 SSR 분자마커는 육종 비용 절감을 위한 매우 유용한 기술임.

# 육종가 권리 보호를 위한 **SSR** 마커 개발



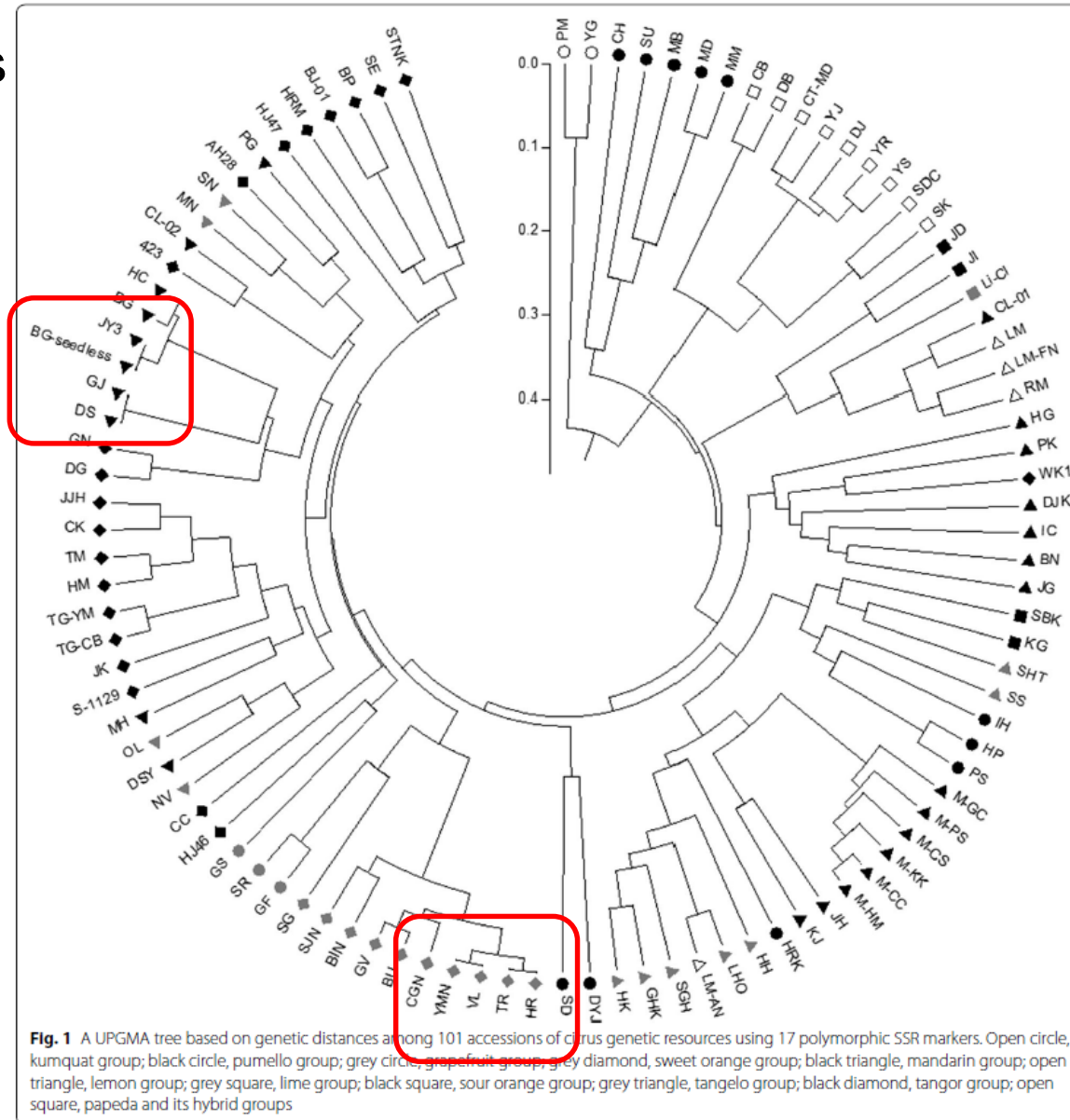
# 국내 육성 감귤 품종/계통

No.	품종명	육성 경위	개발된 분자마커	개발자
1	하례조생	입간조생 주심배(입간조생x하귤)	SNP	감귤연구소
2	가온향	에히메28호 변이		함승중
3	가을향	에히메28호x감평		농업기술원
4	노을향	(청견(淸見)x오렌지, CRS0215)x오세올라		감귤연구소
5	레드산타	에히메 28호x병감		한농바이오
6	무봉	부지화 주심배(부지화x팔삭)		감귤연구소
7	미니향	기주밀감x병감		감귤연구소
8	사라향	세토카 주심배(세토카x하귤)		감귤연구소
9	삼다조생	입간조생 주심배(입간조생x하귤)		감귤연구소
10	상도조생	좌좌목온주 변이		농업기술원
11	새별봉	부지화 주심배(부지화x팔삭)		감귤연구소
12	선킹	남향x양골		감귤연구소
13	설봉미	청견x세미놀		감귤연구소
14	신예감	청견x월킹		감귤연구소
15	써니트	부지화 변이		현성익
16	윈터프린스	하례히메x태전병감		감귤연구소
17	인자조생	고림조생 변이		김용근
18	제라몬	리스본 레몬 주심배(프로스트 리스본 레몬x메이어레몬)		감귤연구소
19	탐나는봉	부지화 주심배(부지화 배주배양)		감귤연구소
20	탐나조생	번전온주 주심배(번전온주x하귤)		감귤연구소
21	탐도1호	청견x병골		감귤연구소
22	탐도3호	청견x썬버스트(or 세미놀)		감귤연구소
23	탐도리	청견xFortune 만다린		감귤연구소
24	탐빛1호	프린스 청견x병감		감귤연구소
25	풍광네블오렌지	와싱턴네블오렌지 주심배(와싱턴네블x병골)		감귤연구소
26	하양조생	상야조생 주심배(상야조생x홍팔삭)		감귤연구소
27	미니몬	메이어 레몬 우발실생		감귤연구소
28	한라몬	메이어 레몬 우발실생		감귤연구소
29	제라진1호(JNM-1)	에히메28호x병감		(주)제농
30	제라진2호(JNM-2)	에히메28호x병감		(주)제농
31	제라진3호(JNM-3)	리x방임수분		(주)제농
32	제라진4호(JNM-4)	리x방임수분		(주)제농



# 품종 구분 SSR 분자마커

17 ea SSRs



(Woo et al., 2019)





# 요 약

- ✓ 적육 형질 연관 분자마커를 활용하여 안토시아닌 함량이 풍부한 **고기능성 감귤 품종의 조기 선발/육성** 가능.
- ✓ *Ctv1* locus 마커는 **CTV 저항성 대목/감귤 품종 육성에 활용** 가능.
- ✓ 감귤 교잡배 판별 **SSR 분자마커를 활용한 육종 비용 절감** 가능.
- ✓ 국내 육성 감귤 품종 구분 **SSR 분자마커를 활용한 육종가 권리 보호 및 묘목 품질 표준화** 가능.



THANK  
YOU

- ***Jeju National University***
  - Kwan Jeong Song, Prof./Ph.D.
- ***Jeju Agricultural Research & Extension Services***
  - Young Chul Park
- ***Citrus Research Institute, RDA***
  - Jae-Wook Hyun, Director/Ph.D.
  - Su-Hyun Yun, Ph.D.
  - Minju Kim
  - Sukman Park
- ***Life Sciences Research Institute, Biomedic Co., Ltd.***

## Fundings

- Golden Seed Project, IPET (원예종자사업단)
- Next Generation BG21 Project, RDA (식물분자유종사업단)

