

고추의 더뎡이病 抵抗성과 疫病 抵抗성의 遺傳

金炳洙 · 權寧石 · 孫銀鈴

慶北大學校 農科大學 園藝學科

Inheritance of Resistance to Bacterial Spot and to Phytophthora Blight in Pepper

Kim, Byung Soo, · Kwon, Young Seok, · Shon, Eun Young

Dept. of Horticulture, Coll. of Agriculture, Kyungpook National Univ. Taegu, Korea

Summary

PI201232, a pepper line resistant to *Phytophthora capsici* Leonian, was crossed with PI2713222 and PI163192, resistant to *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* (Doidge) Dye and inheritance of the resistance to each disease and genetic relationship between the two disease resistances was studied. Non-hypersensitive resistance to race 3 of *X. c.* pv. *vesicatoria* of PI271322 was inherited in a quantitative mode. Resistance to *P. capsici* of PI201232 was inherited in a mode close to two dominant alleles. Hypersensitive resistance to race 1 of *X. c.* pv. *vesicatoria* of PI271322 was inherited in a mode of single dominant allele. PI 163192 was consistently resistant to both race 1 and race 3 of *X. c.* pv. *vesicatoria* and the resistance was inherited in a quantitative mode with high dominance effect. Resistance to *X. c.* pv. *vesicatoria* was inherited independently from resistance to *P. capsici*.

緒 論

더뎡이병은 고추의 잎, 줄기 및 과실에 반점을 형성하여 낙엽이 지게하고 과실품질을 떨어뜨려 피해를 준다. 병원균은 *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* (Doidge) Dye라는 세균으로서 종자전염을 하며 습구멍과 태풍 등으로 인한 상처를 통하여 침입한다. 더뎡이병에는 PI163192, PI260435, PI271322 등에서 높은 수준의 저항성이 발견되었고 저항성에는 한개의 우성유전자에 의한 과민반응형 저항성(hypersensitive resistance)과 양적유전을 하는 저항성성분이 있는 것으로 보고되었다^{1,2,6,10,11,14,17,18}. 더뎡이병균에는 과민반응형 저항성 유전자와의 특이적 반응에 따라 병원형

(pathotype)이 분화되어 있다^{3,7}. Cook과 Stall⁴은 더뎡이병균 race 1은 세계적으로 분포하며 race 2는 미국 Florida와 중미의 Guadelope에서만 발견된다고 하였다. Hibberd 등⁵은 PI271322에서 과민반응형 저항성 유전자 Bs₁과 Bs₃를 가진 계통을 선발하였으며 이 계통에 비과민형(Non-hypersensitive)의 병반을 형성하는 병원형을 발견하고 race 3로 분류하였다.

고추 역병은 연작지에서 해마다 많은 피해를 내는 주요 병해이다. 병원균(*Phytophthora capsici* Leonian)은 토양전염을 하므로 농약의 경엽살포에 의한 방제효과가 낮아 저항성 품종의 개발이 요망되고 있다. 역병에는 PI201234, PI201232, PI123469 등이 저항성

이 논문은 한국과학재단 일반기초연구비(891-1510-031-2)로 수행한 연구의 일부임.

이었으며 그 저항성은 1개 내지 2개의 우성 유전자에 지배된다고 보고되었다^{9,15,16}).

고추 생산지에서는 더뎡이병과 역병이 동시에 문제가 되는 경우가 많아 더뎡이병과 역병에 복합저항성 품종이 요망되고 있다. 그러나 더뎡이병 저항성인 PI271322와 PI163192는 역병에 이병성이며 역병 저항성인 PI201232는 더뎡이병에 이병성이어서¹⁰ 두가지 병에 복합저항성인 품종을 육성하기 위하여는 두가지 병 저항성의 유전적 관계를 구명할 필요가 있었다. 즉 두가지 병에 저항성이 독립적으로 유전하면 복합저항성 품종 육성을 위한 선발과정에 문제가 없지만, 한가지 병에 대한 저항성과 다른 한가지 병에 이병성이 연관되어 있는 경우에는 복합 저항성 개체의 빈도가 매우 낮아 육종에 어려움이 예상되었다. 따라서 본 연구에서는 역병 저항성 계통인 PI201232와 더뎡이병 저항성인 PI271322와 PI163192를 교배하여 역병 저항성과 더뎡이병 저항성의 유전적 관계를 검토한 결과를 보고하고자 한다.

材料 및 方法

1986년부터 1987년에 걸쳐 역병 저항성 계통인 PI201232와 더뎡이병에 저항성인 PI271322 및 PI163192를 교배하여 F₁, F₂ 및 여교배 집단을 채종하였다. 이들 교배조합의 양친, F₁, F₂ 및 여교배 집단의 종자를 파종상에 파종하여 본엽 2~3매 때에 직경 13cm의 흑색비닐분에 옮겨 심었다. 파종 및 육묘 용토는 흙, 모래, 부엽을 등량으로 배합하여 소토법으로 살균하여 사용하였다.

파종후 약 40일 묘의 신선한 2잎을 골라 대구시 복현동에서 채집한 더뎡이병균(*X. compestris* pv. *vesicatoria*)을 접종하여 반응을 조사한 다음 다시 전북 장수에서 분리한 균을 접종하여 조사하였다. 더뎡이병은 효모추출-포도당-탄산칼슘-한천 평판배지에 48시간 배양하여 증식된 세균을 물로 씻어내어 McFarland 탁도관⁸과 비교하여 약 10⁸ cells/ml 밀도의 세균현탁액을 만들어 접종에 사용하였다. 콤프레셔에 연결한 분사기를 사용하여 잎뒷면의一點에 세균현탁액을 噴射하여

숨구멍을 통하여 강제 침투시키는 방법으로 접종하였다. 접종 7일 후에 형성된 병반의 모양에 따라 과민형 반응을 나타내는 개체와 과민형반응을 나타내지 않는 개체로 구분하고 과민형 반응을 나타내지 않는 개체는 다시 병반의 크기와 주연의 위성반점의 형태에 따라 등급을 매겨 조사하였다.

더뎡이병에 대한 반응을 조사한 다음 역병균을 접종하였다. 순수배양한 역병균을 V-8 Juice Agar배지에 옮겨 형광등하에서 10일간 배양하여 형성된 유주자낭을 시약순가락으로 긁어 물에 타서 유주자를 방출시켜 4점의 티슈로 걸러 유주자 현탁액을 만들어 접종원으로 사용하였다. 유주자의 농도는 10⁴ cells/ml로 하였다. 접종은 5ml의 유주자현탁액을 줄기 지체부에 부여하는 방법으로 하였다. 접종 30일 후에 살아남은 개체를 저항성 그리고 말라죽은 것을 이병성으로 분류하고 아울러 뿌리의 발병정도를 1에서 5까지 등급을 매겨 조사하였다.

結果 및 考察

PI201232×PI271322 교배조합과 그 분리세대의 더뎡이병균 복현동 균주와 역병에 대한 반응은 Table 1과 같다. 더뎡이병 복현동 균주에 대하여 F₂ 분리집단에서는 우성효과가 현저한 연속변이를 나타내고 있으며 이병성친에 여교배한 BCP₁에서는 이병성 쪽으로 저항성친에 여교배한 BCP₂에서는 저항성쪽으로 기울어져 있어서 저항성은 양적유전의 양상을 나타내고 있었다. PI271322에는 더뎡이병균 race 1에 과민반응형 저항성을 지배하는 우성유전자, Bs₁을 가지고 있는 것으로 보고되어 있지만¹¹ 본 실험에 사용된 복현동 균주에 대하여는 과민반응을 관찰할 수가 없었다. 따라서 본 실험에 사용된 복현동 균주는 Hibberd 등⁷이 보고한 race 3이라고 추정되었으며 추후의 실험에서 그렇게 확인되었다.¹²

역병에 대하여는 모든 F₁ 개체가 살아남아 저항성은 우성으로 나타났으며 F₂에서 총 159개체중 142 개체가 살아남고 17개체가 말라죽어 15:1의 분리비에 가까워 중복 유전자

Table 1. Segregation in frequency for resistance to *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* race 3 and *Phytophthora capsici* in progenies of a cross between PI201232(B13-4-2) and PI271322(79-1-5)

Generation	Bacterial spot index ²	Reaction to <i>P. capsici</i> ³		Sum	Expected ratio	X ²	P range
		Res.	Sus.				
P ₁ (PI201232)	4	28		28			
P ₂ (PI271322)	1		28	28			
F ₁ (P ₁ ×P ₂)	2	19		19			
	3	11		11			
	Sum	30		30			
F ₂	1	53	10	63			
	2	25	4	29			
	3	31	3	34			
	4	16		16			
	5	17		17			
	Sum	142	17	159	15:1	5.23	.02-.05
BCP ₁	2	1		1			
	3	14		14			
	4	18	1	19			
	5	59	4	63			
	Sum	92	5	97	1:0		
BCP ₂	1	48	30	78			
	2	4	1	5			
	Sum	52	31	83	3:1	6.75	<.01

²1=Dry lesion at infiltration point; 2=Some satellite spots around the arrested lesion at infiltrated area; 3=Lesions with water-soaked edge and water-soaked satellite spots, spotted area about 25% of the leaf area; 4=The same type of lesion as 3 but spotted area about a half of the leaf area; 5=Spotted area more than half of the leaf area.

³Res.=surviving; Sus.=dead 30 days after inoculation.

에 의한 것으로 추정할 수 있었으나 5% 수준에서 유의적 하여 저중도는 낮은 편이었다. 저항성 친에 여교배한 BCP₁에서는 모두 저항성일 것으로 기대되지만 말라죽은 개체도 있었다. 이병성친에 여교배한 BCP₂에서는 중복유전자가 관여할 경우 3:1로 분리할 것으로 기대되지만 잘 맞지 않았다. 그러나 전체적으로 가능한 분리비 중에는 2개의 우성유전자, 즉 중복유전자의 분리비에 가장 가깝게 나타났으며 Smith 등¹⁶⁾의 보고와 일치하는 경향이 있었다. 또한 살아남아 저항성으로 분류된 개체

들 중에서도 뿌리의 발병정도에 있어서 상당한 변이가 관찰되어(Table 2) 역병 저항성은 불완전 우성이라 사료되었다. 따라서 육종을 위한 선발과정에서는 뿌리의 갈변정도를 관찰하여 높은 수준의 저항성을 가진 개체를 선발하는 것이 필요할 것으로 사료되었다.

결과를 종합하여 보면 역병에 저항성인 개체군내에서도 더탱이병에 저항성인 개체가 많이 나타나 역병 저항성과 더탱이병 저항성은 서로 독립적으로 유전하는 것으로 보이며 따라서 두가지 병에 복합저항성인 개체를 골

Table 2. Segregation for root rot by *Phytophthora capsici* in progenies of a cross between PI201232 (B14-4-2) and PI271322(79-1-5)

Generation	Frequency ^z at root rot index of					Mean±SD
	1	2	3	4	5	
P ₁ (PI271322)	25					1.0±0.00
P ₂ (PI163192)					28	5.0±0.00
F ₁ (P ₁ ×P ₂)		20	12			2.4±0.49
F ₂		42	67	32	17	3.2±0.94
BCP ₁ (F ₁ ×P ₁)		41	45	4	1	2.6±0.62
BCP ₂ (F ₁ ×P ₂)		14	16	30	34	3.9±1.06

^z1=No root rot; 2=less than 25% root rot; 3=about 50% root rot; 4=about 75% root rot; 5=complete root rot.

Table 3. Segregation for hypersensitive reaction to *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* race 1 and resistance to *Phytophthora capsici* in progenies of a cross between PI201232(B13-4-2) and PI271322 (79-1-5)

Generation	Observed number ^z				Expected ratio	X ² range	Probability range
	BP	Bp	bP	bp			
P ₁ (PI201232)			28				
P ₂ (PI271322)		28					
F ₁ (P ₁ ×P ₂)	32						
F ₂	108	10	33	7	45:3:15:1	9.94	.01-.025
BCP ₁ (F ₁ ×P ₁)	44		46	1	1:0:1:0	0.04	.50-.90
BCP ₂ (F ₁ ×P ₂)	60	34			3:1:0:0	6.26	.01-.025

^zBP=hypersensitively resistant to *X. c.* pv. *vesicatoria* and resistant to *P. capsici*; Bp=hypersensitively resistant to *X. c.* pv. *vesicatoria* but susceptible to *P. capsici*; bP=susceptible to *X. c.* pv. *vesicatoria* but resistant to *P. capsici*; bp=susceptible to both pathogens.

라 고정시키면 복합저항성 계통의 선발이 가능할 것으로 사료되었다.

더뎡이병 복현동 균주가 race 1이 아니라 race 3임을 안 다음 race 1에 해당하는 전복장수균주를 접종한 결과 F₂에서 과민형 118, 이병성 40개체로서 3:1의 비에 잘 맞아 이미 보고된 바¹¹⁾와 같이 과민반응형 저항성은 한 개의 우성유전자에 의한 것으로 나타났다. 그래서 더뎡이병에 대한 과민반응형 저항성과 역병 저항성과의 유전적 관계를 보기 위하여 정리한 결과는 Table 3과 같다. 역병 저항성이 15:1로 분리한다고 할 경우 더뎡이병균에 과민반응의 3:1 분리와 조합하면 더뎡이병과 역병에 복합저항성인 것, 더뎡이병에는 저

항성이나 역병에는 이병성인 것, 더뎡이병에는 이병성이나 역병에는 저항성인 것, 두가지 병에 모두 이병성인 것이 F₂에서 45:3:15:1로 분리될 것으로 기대되는데 관찰결과는 X² 값이 5% 수준의 유의범위를 넘어 적중도는 낮게 나타났다. 그러나 그 분리비에 가깝게 나타났으며 F₂에서 두가지 병에 복합저항성인 개체가 많이 나타나 두가지 병에 복합저항성인 개체를 선발하여 고정시키면 복합저항성의 계통을 육성할 수 있을 것으로 사료되었다.

PI201232×PI163192 교배조합의 더뎡이병균 race 3와 역병에 대한 저항성의 분리는 Table 4에 나타난 바와 같다. Race 1도 접종

Table 4. Segregation in for resistance to race 3 of *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* and to *Phytophthora capsici* in progenies of a cross between PI201232(B13-4-2) and PI163192 (177-7-1)

Generation	Bacterial spot index ^z	Reaction to <i>P. capsici</i> ^y		Sum	Expected ratio	X ²	P range
		Res.	Sus.				
P ₁ (PI201232)	4	28		28			
P ₂ (PI163192)	0		27	27			
F ₁ (P ₁ ×P ₂)	2	55		55			
F ₂	0	13	6	19			
	1	52	9	61			
	2	18	1	19			
	3	21	3	24			
	4	13		13			
	5	13	1	14			
	Sum	130	20	150	15:1	12.84	<.01
BCP ₁ (F ₁ ×P ₁)	1	15		15			
	2	17	1	18			
	3	29	1	30			
	4	18		18			
	5	9		9			
		Sum	88	2	90	1:0	
BCP ₂ (F ₁ ×P ₂)	1	61	2	63			
	2	14	1	7			
	3	7		7			
		Sum	82	3	85	3:1	30.20

⁰=No lesion development; 1=Dry lesion at infiltration point; 2=Some satellite spots around the arrested lesion at infiltrated area; 3=Lesions with water-soaked edge and water-soaked satellite spots, spotted area about 25% of the leaf area; 4=The same type of lesion as 3 but spotted area about a half of the leaf area; 5=Spotted area more than half of the leaf area.

^yRes.=surviving; Sus.=dead 30 days after inoculation.

을 하였으나 이미 보고된 바¹⁴⁾와 같이 PI163192는 race에 비특이적으로 작용하였으며 race 3을 접종하였을 때 발병량이 전반적으로 조금 더 많아 race 3에 대한 결과만 나타내었다. PI163192의 선발계통 177-7-1은 잎뒷면에 세균현탁액을 접종할 경우 별다른 병반을 형성하지 않는 특성이 있는데 이를 발병도 0으로 나타내었다. F₁에서는 저항성친과 이병성친의 중간정도의 발병량을 보이고 F₂와 여교배집단에서 연속변이를 나타내어

PI163192의 더뎡이병에 대한 저항성은 race에 비특이적이며 우성효과가 큰 양적유전을 하는 것으로 나타났다.

역병에 대하여 보면 F₂에서 저항성과 이병성 개체가 각각 130대 20으로 나타나 어떤 분리비에도 잘 맞지 않았다. PI271322와의 교배에서와 같이 2개의 우성유전자 즉 중복유전자에 의한다고 가정할 경우 가설이 기각되지만 가능한 분리비 중에서 15:1에 가장 가깝게 나타났다. 또한 F₂ 및 여교배 집단에서

역병에도 저항성이고 더뎡이병에도 저항성이
개체가 많이 나타나 이미 보고된 다른 조합
의 경우^{13,14)}와 같이 더뎡이병 저항성과 역병
저항성은 독립적으로 유전하며 두가지 병해
에 복합저항성인 계통의 선발은 비교적 단순
할 것으로 사료되었다.

摘 要

역병에 저항성인 PI201232와 더뎡이병 저
항성인 PI271322와 PI163192를 교배하여 각
병해에 대한 저항성과 두가지 병해 저항성간

의 유전적 관계를 검토하였다. 더뎡이병균
race 3에 대한 PI271322의 비과민반응형 저항
성은 양적으로 유전하였다.

PI201232의 역병에 대한 저항성은 2개의
우성유전자에 가까운 양식으로 유전하였다.
PI271322의 더뎡이병균 race 1에 대한 과민
반응형 저항성은 한개의 우성유전자 양식으
로 유전하였다. PI163192는 더뎡이병균 race
에 비특이적으로 저항성이었으며 우성효과가
큰 양적유전 양식으로 유전하였다. 더뎡이병
균에 대한 저항성은 역병에 대한 저항성과는
독립적으로 유전하였다.

引 用 文 獻

1. Cook, A.A. and Y.G. Guevara. 1984. Hypersensitivity in *Capsicum chacoense* to race 1 of the bacterial spot pathogen of pepper. *Plant Disease* 68:329~330.
2. Cook, A.A. and R.E. Stall. 1963. Inheritance of resistance in pepper to bacterial spot. *Phytopathology* 53:1060~1062.
3. Cook, A.A. and R.E. Stall. 1969. Differentiation of pathotypes among isolates of *Xanthomonas vesicatoria*. *Plant Dis. Repr.* 53(8): 617~619.
4. Cook, A.A. and R.E. Stall. 1982. Distribution of races of *Xanthomonas vesicatoria* pathogenic on pepper. *Plant Disease* 66: 388~389.
5. Dahlbeck, D. and R.E. Stall. 1979. Mutations for change of race in cultures of *Xanthomonas vesicatoria*. *Phytopathology* 69:634~636.
6. Hibberd, A.M., R.E. Stall, and M.J. Bassett. 1987. Allelism tests of three dominant genes for hypersensitive resistance to bacterial spot of pepper. *Phytopathology* 77:1304~1307.
7. Hibberd, A.M., R.E. Stall, and M.J. Bassett. 1987. Different pathotypes associated with incompatible races and resistance genes in bacterial spot disease of pepper. *Plant disease* 71:1075~1078.
8. Kerr, T.J. 1979. Applications in general microbiology. Hunter Publishing Co. p116.
9. 金炳洙. 1986. 고추 導入系統의 疫病抵抗性. *韓園學誌* 27(1):11~14.
10. 金炳洙. 1988. 고추 더뎡이병 抵抗性 系統과 疫病 抵抗性 系統의 特性. *韓園學誌* 29(4):247~252.
11. Kim, B.S. and R.W. Hartmann. 1985. Inheritance of a gene(Bs₃) conferring hypersensitive resistance to *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* in pepper(*Capsicum annuum*). *Plant Disease* 68:233~235.
12. Kim, B.S., Y.S. Kwon, and J.M. Hur. 1990. Differentiation and distribution of pathotypes of *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* pathogenic on pepper in Korea. *Korean J. Plant Pathol.* 6(2): 245~249.
13. 金炳洙, 許宗汶. 1990. 고추에 있어서 더뎡이병과 疫病抵抗性의 遺傳에 關한 研究. *韓園學誌* 31(4):350~357.
14. Kim, B.S., Y.S. Kwon, E.Y. Shon, and J. M. Hur. 1991. Inheritance of resistance to *Phytophthora* blight and to bacterial spot in pepper. *Korean J. Plant Pathol* 7(1):17~24.
15. Kimble, K.A. and R.G. Grogan, 1960. Resistance to *Phytophthora* root rot in pep-

- per. *Plant Dis. Repr.* 44(1): 872–873.
16. Smith, P.G., K.A. Kimble, R.G. Grogan, and A.H. Millet. 1967. Inheritance of resistance in peppers to *Phytophthora* root rot. *Phytopathology* 57:377–379.
17. Sowell, G. Jr. 1960. Bacterial spot resistance of introduced peppers. *Plant Dis. Repr.* 44(7): 587–590.
18. Sowell, G.Jr. and A. H. Dempsey 1977. Additional sources of resistance to bacterial spot of pepper. *Plant Dis. Repr.* 61(8): 684~686.