

고추 잎점무늬병·역병 복합 저항성 계통육성

김주영·한정혜·황희숙·김병수*

경북대학교 원예학과

Breeding Lines with Multiple Resistance to both Gray Leaf Spot and Phytophthora Blight in Pepper(*Capsicum annuum* L.)

Joo-Young Kim, Jeong-Hye Han, Hee-Sook Hwang and Byung-Soo Kim*

Dept. of Horticulture, Kyungpook National University, Taegu 702-701, Korea

*Corresponding author

Abstract

F₂ populations of the crosses KC47-1 (PI244670) x KCB14-2-2-3-2 (PI201234), KC220-1 x KC268 and F₃ bulk populations of the crosses KC47-1 x KC263 (AC2258), KC47-1 x KCB13-2-1 (PI201232), KC47-1 x KCB13-4-2 (PI201232), either one parent of which was resistant to Phytophthora blight, were tested for both gray leaf spot and Phytophthora blight by serial inoculation with *Stemphylium solani* or a mixture of *S. solani* and *S. lycopersici*, and *P. capsici* in 1999. In 2000, F₃ and F₄ lines or populations developed from the respective F₂ or F₃ selections in the previous year were evaluated for resistance to both diseases. A significant progress in resistance to both diseases was achieved by selection.

Key words : *Capsicum annuum*, *Stemphylium* spp., *Phytophthora capsici*, multiple resistance, breeding, pathology.

서 언

고추 잎점무늬병은 경북 북부 지역을 비롯한 중·산간지의 고추 재배지역에서 발생하여 큰 피해를 주고 있는 병이다. 이 병은 잎에 직경 1~2mm의 회고 작은 반점을 형성시키는데 그 모양이 마치 밤하늘에 별이 무수히 뿌려진 것과

비슷하여 흰별무늬병으로 불리기도 한다. 발병이 심하면 잎이 황화하고 조기 낙엽을 초래하며 심한 경우 과실의 꼭지에도 발생하여 고추의 상품적 가치를 떨어뜨린다. 이 병은 *Stemphylium solani* 와 *S. lycopersici*에 의하여 일어나며(Weber, 1930; Hannon and Weber, 1955; Ellis and Gibson, 1975a, 1975b) 처음 토마토에서 발견되어 고추

에도 발생하는 것으로 보고되었으나(Blazquez, 1969; Sinclair 등, 1958) 국내에 그 발생이 보고된 것은 최근의 일이다(김 등, 1996; 조, 1997). 이 병에는 KC43 (PI241670), KC47-1 (PI244670), KC220, KC319 등이 저항성으로 보고되었다(조, 1997).

역병은 하우스 풋고추 재배지대에서는 거의 연중 발생하지만 노지의 건과용 고추 재배지대에서는 6~7월의 장마철부터 발생하기 시작하여 늦가을까지 발생하며 뿌리, 줄기, 잎, 과실 등 전신을 침해하지만 줄기, 특히 지체부를 침해하여 포기 전체가 말라죽게 하는 무서운 병으로서 연작지역에서 매년 많은 피해를 내고 있다. 특히, 경북 북부 지역의 고추 재배지역에서는 이 두 가지 병이 동시에 발생하여 피해를 주는 경우가 많아 이들 두 가지 병에 대한 복합 저항성 품종의 개발이 시급한 실정이다. 역병에는 PI123469, PI201232, PI201234, AC2258, SCM334 등이 저항성으로 보고되어 있다(Alcantara and Bosland, 1994; Bosland and Lindsey, 1991; Gil Ortega 등, 1990, 1991; 허 등, 1990; 황과 김, 1997; 김, 1986, 1988; Kimble and Grogan, 1960; 이 등, 1987).

따라서, 본 논문은 고추 잎점무늬병과 역병에 대한 복합 저항성을 가진 계통을 육성하기 위해 1999년부터 2000까지 몇 개의 육성집단에 대하여 이 두 가지 병에 대한 복합 저항성을 검정한 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

1999년도의 잎점무늬병·역병 복합 저항성 계통선발.

KC47-1(PI244670)은 잎점무늬병과 더뎡이병에 강하며 바이러스에도 강한 편이다. KCB13(PI201232)과

KC263(AC2258)은 역병에 저항성이나 잎점무늬병에 중간 정도이거나 약하며, 더뎡이병에도 매우 약한 특성이 있다. 1998년도에는 KC47-1 × KC263, KC47-1 × KCB13-4-2 및 KC47-1 × KCB13-2-1 조합의 F₂ 세대에 잎점무늬병과 역병을 차례로 집중하여 복합저항성인 개체를 선발하여 F₃ 종자를 집단 채종하였다.

1999년도에는 그 F₃ 집단과 KC47-1(PI244670) × KCB14-2-2-3-2 (PI201234)와 KC220-1 × KC268 조합의 양친, F₁, F₂, BC₁P₁, BC₁P₂집단에 대하여 잎점무늬병과 역병을 차례로 집중하여 복합저항성인 개체를 선발하였다. 두 가지 병에 모두 이병성인 '칠성초'를 대조품종으로 사용하였다. 2월 26일 TKS[®]-2 육묘용 상토를 채운 128구 묘종상자에 검정 종자를 파종하여 1999년 3월 30일 50구 묘종상자에 이식하였다. 실험은 비닐하우스의 온상조건에서 수행하였다. 1999년 4월 13일 *Stemphylium solani* (영양 수비 균주) 접종을 실시하였다. 먼저 V8 주스 한천배지 평판에 병원균을 치상한 후 20/25℃(야간/주간) 형광등 조명 하에서 배양하여 포자를 형성시켰다. 포자가 형성된 V8 주스 한천배지 평판에 증류수를 소량 붓고 면봉을 이용하여 포자를 긁어모아 4겹의 가제로 걸러 포자 현탁액을 만든 후 Hemocytometer를 사용하여 포자 현탁액 농도를 산정한 다음 6 × 10⁴ spores/ml로 조절하여 접종원으로 사용하였다. 접종은 6ℓ들이 압축식 분무기를 사용하여 잎이 고루 젖도록 포자 현탁액을 살포한 다음 두 밤(2夜)을 습실처리해 주었다. 습실처리는 묘상에 물을 충분히 주고 비닐을 덮고 그 위에 보온 덮개를 덮어 밀폐하였다. 접종 6일 후인 4월 19일에 잎점무늬병의 발병도를 조사하였다. 발병도는 1=발병이 없는 것, 2=잎에 1~3개의 반점이 있는 것, 3=잎에 반점이 4~6개 있는 것, 4=잎에 7개 이상의 반점이 보이며 황화가 나타나지 않는 것, 5=잎에 7개 이상의 반점이 나타나

며 황화가 나타나는 것으로 하였다.

잎점무늬병에 저항성으로 선발된 개체에 대하여 역병균을 접종하였다. 역병은 2회 접종하였는데 1차 접종시 접종원은 *Phytophthora capsici* 밀양-②를 주키니 호박(*Cucurbita pepo* L.)에 4~5일 전에 미리 접종하여 유주자낭을 형성시킨 후 메스로 끊어 증류수에 희석시켜 접종에 사용하였다. Hemocytometer를 이용하여 접종원의 밀도를 측정된 결과 2×10^4 zoosporangia/ml이었다. 1999년 5월 1일에 이 유주자낭 현탁액을 유묘의 줄기 밑동에 5ml씩 부어주어 접종하였다. 5월 10일 2차 접종을 하였으며, 1차 접종 때와 같은 방법으로 하였으나 균주는 *P. capsici* 경북대 포장을 사용하였고, 접종원의 밀도는 3.3×10^5 zoosporangia/ml이었다. 역병에 대한 발병 조사는 1999년 5월 20일에 수행하였고 지상부의 발병도는 1=병징이 없는 것, 2=병반은 있으나 시들지 않고 살아 있는 것, 3=발병하여 시들고 있는 것, 4=말라죽은 것으로 하여 4등급으로 조사하였고, 뿌리의 발병도는 1=뿌리갈변이 없는 것, 2=전체 뿌리의 25% 갈변, 3=전체 뿌리의 50% 갈변, 4=전체 뿌리의 75% 갈변, 5=전체 뿌리의 100% 갈변으로 하여 5등급으로 조사하여 선발하였다.

잎점무늬병과 역병에 저항성으로 선발된 개체는 망실포장에 재식하였다(5월 22일). 그후 바이러스에 심하게 걸리는 개체는 도태하고 남은 개체로부터 F₄ 종자를 채종하였다.

KC47-1 × KCB14-2-2-3-2(PI201234)와 KC220-1(봉화법전) × KC268(청도 풍각)조합의 경우 KC47-1과 KC220-1은 잎점무늬병에 강하고 KCB14와 KC225는 각각 역병에 강한 특성이 있으므로 잎점무늬병에 저항성으로 선발된 개체에 대하여 같은 방법으로 역병 저항성 검정을 실시하여 선발된 개체는 망실포장에 재식하였다. 여기서도 바이러스병징을 보이는 개체는 도태하고 남은 개체에서 F₃ 종자를 채종하였다. KC47-1 ×

KCB14-2-2-3-2(PI201234)는 집단 채종하였으나 양쪽 친이 모두 재래종인 KC220-1(봉화법전) × KC268(청도 풍각)조합에서는 개체별로 채종하여 계통을 유도하였다(1999년 하반기).

2000년도의 잎점무늬병·역병 복합 저항성 계통선발

1999년도 실험에서 얻어진 종자를 공시하였고 이병성 대조품종으로 '칠성초'를 사용하였다. 2000년 5월 31일 바로코 상토(서울 농자재)를 채운 128구 묘종상자에 파종하여 7월 7일에 32구 모종상자에 이식하였다. 잎점무늬병을 접종하기 위해 *S. solani* 영양 신암 균주와 *S. lycopersici* 영양 곡강 균주를 사용하였고 포자형성과 접종방법은 1999년도 실험과 동일한 방법으로 실시하였으며 위의 2종 *Stemphylium* 균의 포자를 섞은 포자 현탁액의 포자밀도를 2.8×10^4 spores/ml로 조절하여 7월 23일에 접종하였다. 잎점무늬병에 강한 개체를 선발하여 8월 7일에 역병을 접종하였는데 접종원은 *P. capsici* 밀양-② 균주를 8×10^4 zoosporangia/ml로 조정하여 관주 접종하였다.

잎점무늬병의 발병조사는 7월 29~30일에 1999년도의 실험과 같이 발병도를 1~5등급으로 조사하였고 역병은 8월 27일 1999년도와 같은 기준으로 지상부와 뿌리의 발병도를 조사하였다.

결과 및 고찰

1999년도의 잎점무늬병·역병 복합저항성 계통선발

KC47-1 × KCB14-2-2-3-2 (PI201234) 조합과 KC220-1×KC268 조합은 한쪽 친을 각각 역병 저항성으로 가지고 있기 때문에(김, 1986, 1988; Kim 등, 2000; Kimble and Grogan, 1960; 이 등,

1987) 잎점무늬병 저항성 검정에 이어 역병에 대한 저항성을 검정하였다. 아울러 잎점무늬병, 더닝이병, 역병 저항성과 바이러스에 견디는 특성을 갖춘 계통을 육성하기 위하여 작성한 KC47-1 × KC263(AC2258), KC47-1 × KCB13-4-2, KC47-1 × KCB13-2-1 조합의 F₃도 함께 접종하여 공시하여 두 가지 병에 대한 저항성을 검정하였다. 그 결과는 Table 1과 같다. 잎점무늬병과 역병에 대한 저항성은 모두 1-2개의 유전자에 지배되는 단순 유전양식에 맞지 않아 다수의 유전자에 의한 양적유전을 하는 것으로 보였다. KC47-1 × KC263(AC2258), KC47-1 × KCB13-4-2, KC47-1 × KCB13-2-1 조합의 F₃ 집단은 대체로 잎점무늬병과 역병에 높은 저항성을 나타내었다. 이것은 그 앞 세대에서의 선발이 매우 유효했음을 나타낸다. 동시에 이것은 적절히 발병을 유도하여 저항성 개체를 선발하면 매우 높은 선발효

과를 낼 수 있음을 말해주는 것이며, 병에 대한 저항성의 유전력은 매우 높다는 것을 의미한다. 잎점무늬병에 저항성이면서 역병에 살아남는 개체를 선발하였다. 선발개체는 하우스포장에 재식하여 각각 F₃와 F₄ 종자를 채종하였다. 특히 KC268은 청도군 풍각면에서 수집한 재래종에서 역병 저항성으로 선발된 계통이기 때문에 상대적으로 저항성의 수준이 낮을 것으로 예상되었으나 선발 이후에 포장에서 살아남아 차세대 종자를 얻는 것이 가능하였다.

2000년도의 잎점무늬병·역병 복합저항성 계통선발

잎점무늬병과 역병에 대한 복합저항성 계통육성을 위한 F₃와 F₄를 검정한 결과는 Table 2와 같다. 1999년에 F₂(KC220-1×KC268)조합을 8계통으로 선발하여 육성한 F₃의 경우 특히

Table 1. Resistance to gray leaf spot and Phytophthora blight of F₂ and F₃ populations of several crosses between the resistant lines to respective disease in 1999

Population	Gray leaf spot						Phytophthora blight						
	No. plants tested	Freq. at disease index ^z					Mean disease index	No. plants tested	Freq. at stem rot index ^y				Mean stem rot index
		1	2	3	4	5			1	2	3	4	
F ₂ (KC220-1×KC268)	150	6	14	14	6	110	4.33	50	19	24	7		1.76
BC ₁ P ₁ {(KC220-1×KC268) × KC220-1}	140	10	32	19	4	75	3.73	140	59	28	47	6	2.00
BC ₁ P ₂ {(KC220-1×KC268) × KC268}	95	1	7	6	1	80	4.60	50	42	7	1		1.18
F ₂ (KC47-1×KCB14-2-3-2)	142	15	16	7	5	99	4.11	92	66	23	3		1.32
BC ₁ P ₁ {(KC47-1×KCB14-2-2-3-2)×KC47-1}	81	3	15	11	2	50	4.00	81	52	19	9	1	1.49
F ₃ (KC47-1×KC263)	174	128	11	14	10	11	1.65	137	107	28	2		1.23
F ₃ (KC47-1×KCB13-4-2)	189	131	33	14	11		1.50	156	135	21			1.13
F ₃ (KC47-1×KCB13-2-1)	150	15	31	16	64	24	3.34	71	47	22	2		1.37
Chilsung-1	24					24	5.00	14	4	6	4		3.00

^z1 = no spots observed ; 2 = 1-3 spots formed on a leaf ; 3 = 4-6 spots ; 4 = 7 or more spots formed but yellowing is not observed yet ; 5 = 7 or more spots on a leaf with yellowing

^y1 = no disease symptom observed ; 2 = necrotic lesion on stem but still surviving ; 3 = wilting ; 4 = dried and dead

F₃(KC220-1 × KC268)-1, 3, 8계통이 잎점무늬병과 역병에 대한 평균발병도가 거의 1.00에 가까워 두 가지 병에 높은 수준의 저항성을 보였다. 다른 계통들의 경우 역병에 대한 발병도는 현저히 낮았지만 잎점무늬병에 대해서는 F₃(KC220-1 × KC268)-2, -5계통의 경우 3.58, 3.98로 비교적 높게 나타났고 F₃(KC47-1 × KCB14-2-2-3-2)에서도 다소 높은 경향을 나타내었다. 전반적으로는 전 세대보다 발병이 현저히 적은 것을 볼 수 있

어서 병 저항성의 선발효과는 높다는 것을 알 수 있었다. 특히 KC47-1 × KC263(AC2258), KC47-1 × KCB13-4-2, KC47-1 × KCB13-2-1 조합의 F₄집단은 잎점무늬병과 역병에 복합저항성인 개체의 비율이 매우 높게 나타나 복합저항성이 고정되어 가고 있음을 나타내었다.

그리고 KC47-1(PI244670)은 더뎡이병에도 저항성이므로(김 등, 1996; 김, 1988; Sowell, 1960) KC47-1 × KCB14-2-2-3-2 조합에서는 잎점무늬

Table 2. Resistance to gray leaf spot and Phytophthora blight of F₃ and F₄ populations of several crosses between the resistant lines to respective disease in 2000

Population	No. plants tested	Gray leaf spot					Mean disease index	No. plants tested	Phytophthora blight				Mean stem rot index
		Freq. at disease index ^z							Freq. at stem rot index ^y				
		1	2	3	4	5				1	2	3	
F ₃ (KC220-1×KC268) -1	28	22	6				1.21	28	23	5			1.18
2	24		2	8	12	2	3.58	4	3	1			1.25
3	28	23	3	2			1.25	28	22	5		1	1.29
4	32	10	6	7	8	1	2.50	20	15	3	2		1.35
5	29			2	27		3.93	3	3				1.00
7	20	7	6	1	5	1	2.35	14	7	7			1.50
8	32	28	3	1			1.16	32	32				1.00
F ₃ (KC47-1 × KCB14-2-2-3-2)	76	25	10	10	31		2.62	44	36	8			1.18
F ₄ (KC47-1×KC263)	64	59	1	2	1	1	1.19	63	48	13	2		1.27
F ₄ (KC47-1×KCB13-2-1)	64	60	2	2			1.09	64	51	12	1		1.22
F ₄ (KC47-1×KCB13-4-2)	64	41	13	6	4		1.58	62	48	14			1.23
Chilsung-1	24				8	16	4.67	8		2	1	5	3.38
Subi-1	22	1		1	3	17	4.59	6	1		2	3	3.17
KC47-1	16	16					1.00						
KC220-1	16	9	5	1	1		1.63						
KC263(AC2258)	16	3	3	3	3	4	3.13	16	15		1		1.13
KC268	16			1	7	8	4.44	16	15	1			1.06
KC319-1	16	5	3	2	5	1	2.69						
KCB13-2-1	16		1	5	10		3.56	16	16				1.00
KCB13-4-2	16		6	2	8		3.13	16	15	1			1.06
KCB14-2-2-3-2	14			1	11	2	4.07	14	14				1.00

^z1 = no spots observed : 2 = 1-3 spots formed on leaf : 3 = 4-6 spots : 4 = 7 or more spots formed but yellowing is not observed yet : 5 = 7 or more spots on a leaf with yellowing

^y1 = no disease symptom observed : 2 = necrotic lesion on stem but still surviving : 3 = wilting; 4 = dried and dead

병, 더듬이병, 그리고 역병 복합 저항성 계통의 선발이 가능할 것으로 생각되며, 앞으로 이를 위한 선발이 필요할 것으로 생각된다.

초 록

1999년도에는 KC47 × KCB14, KC220 × KC268 조합의 F₂ 및 여교배 집단과 KC47-1 × KC263(AC2258), KC47-1 × KCB13-2-1, KC47-1 × KCB13-4-2 조합의 F₃집단에 대하여 잎집무늬병과 역병을 차례로 접종, 복합저항성 개체를 선발하여 차세대를 육성하였다. 2000년도에는 같은 조합의 F₃ 및 F₄세대에 대하여 잎집무늬병과 역병에 대한 저항성을 검정하여 복합 저항성인 개체로부터 차세대 종자를 확보하였다. 선발세대의 경과에 따라 두 가지 병에 대한 저항성에서 현저한 진전이 관찰되었다.

추가 주요어 : 고추, 잎집무늬병, 역병, 복합 저항성, 육종.

참고문헌

- Alcantara, T.P. and P.W. Bosland. 1994. An inexpensive screening technique for foliar blight of chile pepper seedlings. HortScience 29:1182-1183.
- Blazquez, C.H. 1969. Occurrence of gray leaf spot on peppers in Florida. Plant Dis. Repr. 53:756.
- Bosland, P.W. and D.L. Lindsey. 1991. A seedling screen for Phytophthora root rot of pepper, *Capsicum annuum*. Plant Dis. 75:1048-1050.
- 조현정. 1997. 고추에 잎집무늬병을 일으키는 *Stemphylium* spp.의 분류 동정과 저항성 재료 선발. 경북대학교 대학원 석사학위논문.
- Ellis, M.B. and I.A.S. Gibson. 1975a. *Stemphylium lycopersici*. CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria No. 471.
- Ellis, M.B. and I.A.S. Gibson. 1975b. *Stemphylium solani*. CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria No. 472.
- Gil Ortega, R., C. Palazon Espanol and J. Cuartero Zueco. 1990. Genetics of resistance to *Phytophthora capsici* in the Mexican pepper 'Line 29'. Bulletin OEPP/EPP Bulletin 20:117-122.
- Gil Ortega, R., Palazón Español, C., and Cuartero Zueco, J. 1991. Genetic of resistance to *Phytophthora capsici* in the pepper line 'SCM-334'. Plant Breeding 107:50-55.
- Hannon, C.I. and G.F. Weber. 1955. A leaf spot of tomato caused by *Stemphylium floridanum* sp. nov. Phytopathology 45:11-16.
- 허종문 · 이용수 · 김병수 · 조장환. 1990. 고추 역병 저항성의 평가와 유전에 관한 연구. 한식병지 6(4):447-451.
- 황희숙 · 김병수. 1997. 고추 역병 저항성 계통의 세포질원성불임 관련 핵내 유전자형 검정. 한원지 38:684-687.
- 김병수. 1986. 고추 도입계통의 역병 저항성. 한원지 27(1):11-14.
- 김병수. 1988. 고추 더듬이병 저항성 계통과 역병 저항성 계통의 특성. 한원지 29(4):247-252.
- 김병수 · 유승현. 1996. 경북 북부지역에 발생한 *Stemphylium* spp.에 의한 고추 흰별무늬병. 식물병과 농업 제 2권 1호 40-41.
- Kim, B.S., Hwang H.S., Kim J.Y, and Han

- J.H. 2000. Additional sources of resistance to *Phytophthora* blight in pepper. Proceedings of the First Symposium of Plant Molecular Genetics and Breeding/Recent Advances in Genomics & Molecular Breeding for Disease Resistance/September 1, 2000, Seoul National University, Suwon, Korea
16. Kimble, K.A. and R.G. Grogan. 1960. Resistance to *Phytophthora* root rot in pepper. *Plant Dis. Repr.* 44:872-873.
17. 이용수, 박권우. 1987. 고추 역병에 대한 저항성 F₁ 조합 및 육종재료의 선발. *한원지* 28:24-29.
18. Sinclair, J.B., N.L. Horn and E.C. Tims. 1958. Unusual occurrence of certain diseases in Louisiana. *Plant Dis. Rep.* 42(8):984-985.
19. Sowell, G.Jr. 1960. Bacterial spot resistance in introduced peppers. *Plant Dis. Repr.* 44:773-778.
20. Weber, G.F. 1930. Gray leaf spot of tomato caused by *Stemphylium solani* sp. nov. *Phytopathology* 20:513-518.