

Research Report

Phytophthora capsici 균주들에 대한 고추 품종들의 저항성

조수정, 심선아, 장경수, 최용호, 김진철, 최경자*

한국화학연구원 바이오화학연구센터

Resistance of Chili Pepper Cultivars to Isolates of *Phytophthora capsici*

Su-Jung Jo, Sun-Ah Shim, Kyoung Soo Jang, Yong Ho Choi, Jin-Cheol Kim, and Gyung Ja Choi*

Research Center for Biobased Chemistry, Korea Research Institute of Chemical Technology, Daejeon 305-600, Korea

Abstract: Resistance of one hundred commercialized cultivars of chili pepper to four isolates of *Phytophthora capsici* was evaluated under controlled environmental conditions. The cultivars are commercialized as resistant (59%) and susceptible (41%) to *Phytophthora* blight in Korea. Mean disease severities of the cultivars on *P. capsici* MY-1, KPC-1, JHAI1-7, and KPC-7 isolates were 37, 55, 60, and 74%, respectively. In addition, 38 for MY-1, 48 for KPC-1, 56 for JHAI1-7, and 76 cultivars for KPC-7 showed susceptibility. To *P. capsici* MY-1, the weakest pathogenicity isolate among them, 59 cultivars represented high resistance. By contrast, only six cultivars showed high resistance to *P. capsici* KPC-7, the strongest isolate. Furthermore, resistance of most cultivars except for three cultivars was negatively correlated with the virulence of *P. capsici* isolates. And isolate-specific resistance of the chili pepper cultivars could not be found. Among them, six cultivars showing resistance to all the tested isolates were selected for further study. The development of *Phytophthora* blight on the six cultivars according to inoculum density (5×10^4 to 1.5×10^6 sporangia/pot) and incubation temperature (25 to 30°C) after inoculation of *P. capsici* was tested. Resistance of the cultivars to *P. capsici* KPC-1 and JHAI1-7, moderately pathogenic isolates, was hardly affected. But to KPC-7 isolate, the highly resistant cultivars showed susceptibility or moderate resistance when the seedlings were inoculated with inoculum density of 1.5×10^6 sporangia/pot and incubated at 28 to 30°C. From these results, it is likely that resistance of chili pepper cultivars to *Phytophthora* blight is affected by the virulence of *P. capsici* isolate.

Additional key words: breeding, pepper, *Phytophthora* blight, race, resistant screening

서 언

고추(*Solanum annuum* L.)는 우리나라의 주요 채소 중 하나로 대표적인 고소득 작물이다(MIFAFF, www.mifaff.go.kr). 고추의 2010년 재배면적은 49,976ha이고, 연간 생산량은 300,463톤이다. 그리고 고추 종자는 국내뿐만 아니라 무, 배추 종자와 더불어 미주, 동남아시아, 중국 등으로 수출하고 있다(Park et al., 2008). 고추 종자 수출은 90년대 중반까지는 10만 여 달러에 불과했으나, 2007년에는 714만 달러로 1995년을 기점으로 급격히 증가하고 있다. 고추에 발생하는 주요 병해로는

역병(*Phytophthora capsici*), 풋마름병(*Ralstonia solanacearum*), 흰가루병(*Leveillula taurica*), 탄저병(*Colletotrichum* spp.) 및 *Cucumber mosaic virus*(CMV), *Pepper mild mottle virus*(PMMoV), *Pepper mottle virus*(PepMoV) 등의 바이러스병이 보고되었다(KSPP, 2009).

*P. capsici*에 의해 발생하는 고추 역병은 대표적인 토양 병해인데, 우리나라에서 고추는 고소득 작물이고 제한된 재배 면적에 고추를 연작하므로 역병이 지속적으로 발생하고 있다. 고추 역병을 방제하기 위해서는 유기합성 살균제를 이용한 화학적 방제, 비기주 작물과의 윤작, 길항미생물을

*Corresponding author: kjchoi@kriict.re.kr

※ Received 29 May 2013; Revised 14 July 2013; Accepted 22 July 2013. 본 연구는 농림수산식품부 농림기술개발사업의 채소병리검정지원사업단(과제번호: 609002-5호)의 지원에 의해 이루어진 것이다.

이용한 생물적 방제 및 저항성 품종의 재배 등이 사용되고 있다. 합성 살균제를 이용한 토양병 방제는 한계성이 있고, *P. capsici*는 고추와 같은 가지과 작물뿐만 아니라 박과 작물 등 50개 종 이상의 식물에 역병을 일으키므로 비기주 작물과의 윤작은 용이하지 않다. 그리고 최근에는 약제를 살포하지 않고 재배한 친환경농산물에 대한 수요가 증가함에 따라 역병에 대해 저항성인 고추 품종을 재배하는 것을 선호하고 있다.

지금까지 *P. capsici*에 대한 고추 저항성 유전자원은 AC2258 (=Mexican pepper 'Line 29'), CM334(Criollo de Morales 334), PI201234, PI201232 및 PI163192 등이 보고되어 있다 (Ares et al., 2005; Bosland, 1993; Bosland and Lindsey, 1991; Gil Ortega et al., 1991; Kimble and Grogan, 1960; Kim et al., 2010). 고추 역병에 대한 유전자원들의 저항성에 관한 연구가 모두 이해된 것은 아니다. 처음에는 독립적으로 작용하는 2개의 우성유전자에 의해(Polach and Webster, 1972; Smith et al., 1967) 혹은 modifier와 함께 단일 우성 유전자(Barksdale et al., 1984)가 저항성을 나타낸다고 하였으나, 최근에는 고추의 역병 저항성을 질적 저항성보다는 chromosome 4, 5, 6, 11 및 12에 존재하는 6개 영역이 저항성을 책임지는 QTL 저항성으로 인식하고 있다(Lefebvre and Palloix, 1996; Lefebvre et al., 2002; Pflieger et al., 2001; Thabuis et al., 2003, 2004). 또한 고추의 역병 저항성은 접종원 농도와 배양시간에 따라 영향을 받으며, 또 고추의 생육시기가 증가할수록 저항성 발현이 뚜렷하게 증가한다고 알려져 있어 이를 뒷받침한다(Barksdale et al., 1984; Hwang, 2002; Kim et al., 1989).

우리나라에서는 2005년부터 AC2258, CM334 및 PI201234 등의 육종재료를 도입한 *P. capsici*에 대한 저항성 품종이 출시되었으며, 현재까지 다양한 회사에서 개발한 많은 역병 저항성 품종들이 판매되고 있다. 하지만 포장에서 이들 저항성 품종의 고추에 역병이 종종 발생하고 있어 혼란을 주고 있다. 역병 저항성에 대한 품종들의 반응 차이를 설명하는 데에는 두 가지 견해가 있다. 첫째는 각 저항성 품종에

대하여 특이적으로 반응하는 *P. capsici* 균주 즉 레이스가 존재한다는 것이다(Glosier et al., 2008; Lee and Kim, 2012; Oelke et al., 2003; Sy et al., 2008; Tamietti and Valentino, 2001). 그러나 오랜 연구에도 불구하고 다른 병원균의 저항성과 달리 세계적으로 통용되는 레이스 분류체계가 아직도 확립되지 못하였다(Kim et al., 2010). 두 번째는 고추의 역병 저항성 유전자에 특이적으로 반응하는 레이스가 존재하는 것이 아니라 *P. capsici* 균주 간에는 병원성(pathogenicity) 세기 즉 병원력(virulence)에 차이가 존재하는데, 고추의 역병 저항성이 질적 저항성이 아니라 양적 저항성 즉 여러 개의 병 저항성 유전자가 저항성에 관여하는 저항성이므로 따라서 상업용 고추 품종들에 이들 저항성 유전자의 종류 및 수가 서로 다르게 도입되어 있고 *P. capsici* 병원력에 따라 저항성 품종의 저항성이 다르게 나타난다는 것이다(Foster and Hausbeck, 2010; Polach and Webster, 1972; Yang et al., 1989). 고추의 역병 저항성이 두 가지 견해 중 어느 것을 따르냐에 따라 역병 저항성 품종을 개발하기 위한 저항성 검정 방법은 달라질 것이다.

따라서 본 연구에서는 고추 품종과 *P. capsici* 균주 간에 특이적인 저항성이 존재하는 지를 조사하기 위하여 즉 품종 특이적 레이스의 존재 여부를 확인하기 위하여, 시판 중인 고추 품종 100개를 구입하여 기존에 생리적 변이가 있다고 보고된(Lee et al., 2010) *P. capsici* 4개 균주에 대한 이들 품종의 저항성 정도를 조사하였다. 그리고 이들 중 실험한 *P. capsici* 균주 모두에 대하여 저항성을 보이는 고도 저항성 품종 6개를 선발하여 *P. capsici* 접종 농도와 접종 후 재배 온도에 따른 이들 품종의 역병 저항성 변화를 조사하였다.

재료 및 방법

식물 재배

시판 중인 고추 품종 100개(역병 저항성 품종 59개와 감수성 품종 41개)를 구입하여 실험에 사용하였다(Table 1). 8 × 5 연결 포트(포트당 토양 68mL, 범농)에 원예용상토 5

Table 1. Resistance degree of one hundred cultivars of *Capsicum annum* to four isolates of *Phytophthora capsici*².

Cultivar	Triat	Isolate of <i>P. capsici</i>				Mean
		MY-1	KPC-1	JHAI1-7	KPC-7	
PR-Sinnara	R ^y	0 ± 0.0 ^x R ^w	0 ± 0.0 R	0 ± 0.0 R	0 ± 0.0 R	0.0
Muhanjilju	R	0 ± 0.0 R	0 ± 0.0 R	7 ± 11 R	3 ± 5.8 R	2.5
Sinsegae	R	0 ± 0.0 R	3 ± 5.8 R	8 ± 13 R	0 ± 0.0 R	2.8

Table 1. Continued.

Cultivar	Triat	Isolate of <i>P. capsici</i>				Mean
		MY-1	KPC-1	JHAI1-7	KPC-7	
Tantandaemok	R	0 ± 0.0 R	14 ± 19 R	0 ± 0.0 R	0 ± 0.0 R	3.4
Kunkaeilhak	R	0 ± 0.0 R	5 ± 7.1 R	0 ± 0.0 R	10 ± 14 R	3.8
Dokyacheongcheong	R	0 ± 0.0 R	10 ± 14 R	0 ± 0.0 R	6 ± 7.9 R	3.9
Ilsongjung	R	0 ± 0.0 R	5 ± 7.1 R	0 ± 0.0 R	23 ± 33 MR	7.1
Ildungkongsin	R	0 ± 0.0 R	5 ± 7.1 R	0 ± 0.0 R	25 ± 35 MR	7.5
Chunyunmanyun	R	0 ± 0.0 R	2 ± 2.1 R	7 ± 9.4 R	25 ± 7.1 MR	8.3
PR-Power	R	0 ± 0.0 R	0 ± 0.0 R	3 ± 4.7 R	33 ± 20 MR	9.0
PR-Oulim	R	0 ± 0.0 R	9 ± 12 R	5 ± 7.1 R	25 ± 12 MR	9.6
Kiribpaksu	R	0 ± 0.0 R	12 ± 16 R	0 ± 0.0 R	35 ± 49 MR	11.6
PR-Kummaek	R	0 ± 0.0 R	5 ± 7.1 R	10 ± 14 R	35 ± 49 MR	12.5
Kataguruma	R	2 ± 2.1 R	8 ± 7.1 R	18 ± 26 R	25 ± 35 MR	13.2
PR-Whanhosung	R	1 ± 1.7 R	13 ± 5.8 R	14 ± 15 R	24 ± 27 MR	13.3
Heemangbong		0 ± 0.0 R	19 ± 26 R	3 ± 4.7 R	35 ± 40 MR	14.2
PR-Manidda	R	0 ± 0.0 R	10 ± 10 R	7 ± 5.8 R	42 ± 40 MR	14.7
PR-Sangsaeng	R	0 ± 0.0 R	9 ± 12 R	15 ± 7.1 R	55 ± 64 S	19.6
PR-Yuljung	R	0 ± 0.0 R	0 ± 0.0 R	15 ± 21 R	67 ± 47 S	20.4
Ilinja	R	0 ± 0.0 R	12 ± 11 R	16 ± 15 R	58 ± 6.8 S	21.3
Ahnjunbelt	R	0 ± 0.0 R	11 ± 11 R	44 ± 7.7 MR	30 ± 17 MR	21.4
Sunkuja	R	0 ± 0.0 R	18 ± 25 R	8 ± 13 R	60 ± 44 S	21.4
PR-Mansae	R	0 ± 0.0 R	21 ± 19 MR	2 ± 4.0 R	63 ± 33 S	21.7
PR-Kusang	R	1 ± 1.7 R	27 ± 9.1 MR	13 ± 11 R	50 ± 32 MR	22.8
Yeokganghongjangkun	R	4 ± 7.5 R	22 ± 20 MR	21 ± 22 MR	43 ± 26 MR	22.8
Bulsaechul	R	8 ± 13 R	18 ± 17 R	34 ± 57 MR	33 ± 12 MR	23.3
Baerota	R	4 ± 4.9 R	32 ± 7.1 MR	18 ± 21 R	45 ± 21 MR	24.7
Bakjangdaeso	R	0 ± 0.0 R	10 ± 17 R	5 ± 6.8 R	91 ± 5.3 S	26.7
PR-Jijon	R	3 ± 5.8 R	30 ± 32 MR	32 ± 11 MR	42 ± 29 MR	26.9
PR-Daechon	R	0 ± 0.0 R	28 ± 11 MR	18 ± 1.8 R	63 ± 38 S	27.3
PR-Ukmankum	R	0 ± 0.0 R	42 ± 26 MR	22 ± 2.4 MR	47 ± 4.7 MR	27.5
PR-Sanghanka	R	2 ± 4.0 R	33 ± 43 MR	27 ± 18 MR	51 ± 50 S	28.4
Hongmiin	R	1 ± 1.7 R	13 ± 5.8 R	19 ± 22 R	81 ± 21 S	28.5
Mansahungdong	R	0 ± 0.0 R	10 ± 10 R	14 ± 6.9 R	92 ± 6.9 S	29.2
PR-Bulrocho	R	2 ± 4.0 R	27 ± 18 MR	27 ± 32 MR	63 ± 25 S	29.7
PR-Sadaechunwang	R	2 ± 4.0 R	39 ± 12 MR	26 ± 29 MR	57 ± 32 S	30.8
PR-Bultina	R	3 ± 5.8 R	37 ± 24 MR	30 ± 44 MR	54 ± 45 S	30.9
Meeting	R	0 ± 0.0 R	7 ± 5.8 R	50 ± 47 MR	76 ± 25 S	33.1
PR-Hongdukae	R	0 ± 0.0 R	24 ± 25 MR	57 ± 11 S	58 ± 23 S	34.7
Kummaedal	R	6 ± 9.8 R	31 ± 13 MR	27 ± 19 MR	87 ± 11 S	37.5
PR-Jangwonkubjae	R	0 ± 0.0 R	34 ± 22 MR	58 ± 37 S	65 ± 28 S	39.4
Subiyeok	R	2 ± 4.0 R	28 ± 8.5 MR	41 ± 40 MR	89 ± 9.7 S	40.0

Table 1. Continued.

Cultivar	Triat	Isolate of <i>P. capsici</i>				Mean
		MY-1	KPC-1	JHAI1-7	KPC-7	
PR-Kukadaepyu	R	2 ± 4.0 R	36 ± 15 MR	45 ± 21 MR	83 ± 9.0 S	41.8
Dokbulwang	R	0 ± 0.0 R	41 ± 10 MR	45 ± 16 MR	85 ± 13 S	42.8
Jjang	R	1 ± 1.7 R	38 ± 32 MR	49 ± 25 MR	83 ± 8.9 S	42.8
PR-Manjangilchi	R	16 ± 27 R	64 ± 22 S	37 ± 24 MR	60 ± 41 S	44.1
PR-Yukbalsan	R	11 ± 16 R	36 ± 5.8 MR	55 ± 6.8 S	76 ± 39 S	44.4
Josaengshintop	R	0 ± 0.0 R	54 ± 34 S	65 ± 11 S	61 ± 31 S	45.3
Taesan	R	0 ± 0.0 R	29 ± 16 MR	53 ± 19 S	100 ± 0.0 S	45.6
PR-Heemangchan	R	3 ± 5.8 R	44 ± 12 MR	67 ± 15 S	73 ± 23 S	46.9
Hongiljum	R	14 ± 25 R	41 ± 27 MR	52 ± 28 S	88 ± 16 S	48.9
PR-Sun	R	0 ± 0.0 R	33 ± 49 MR	65 ± 37 S	100 ± 0.0 S	49.5
Hankaram	R	11 ± 11 R	56 ± 33 S	51 ± 45 S	84 ± 9.6 S	50.6
Kangreokjosaengkun	R	0 ± 0.0 R	45 ± 35 MR	73 ± 15 S	93 ± 11 S	53.0
Hanpansung	R	2 ± 2.1 R	50 ± 42 MR	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	62.9
PR-Bulmeol	R	16 ± 14 R	69 ± 25 S	99 ± 1.9 S	93 ± 11 S	69.1
Papiped		5 ± 7.1 R	89 ± 2.1 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	73.4
Morningput		14 ± 4.9 R	90 ± 9.9 S	100 ± 0.0 S	97 ± 4.7 S	75.0
Kangreoktaeyang		17 ± 4.9 R	85 ± 21 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	75.4
Hot	R	42 ± 2.1 MR	78 ± 7.1 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	79.9
Sintongil	R	50 ± 4.2 MR	72 ± 16 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	80.4
Obok		72 ± 16 S	69 ± 26 S	92 ± 12 S	100 ± 0.0 S	82.9
Supermanidda		55 ± 64 S	85 ± 7.1 S	95 ± 7.1 S	100 ± 0.0 S	83.8
PR-Maekom	R	49 ± 12 MR	95 ± 7.1 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	85.9
Papiyellow		53 ± 28 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	88.3
Dangchan		58 ± 21 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	89.5
Hongbosok		85 ± 20 S	90 ± 14 S	97 ± 5.8 S	90 ± 17 S	90.5
Dabotop		65 ± 11 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	91.3
Chamjoen		70 ± 9.9 S	100 ± 0.0 S	95 ± 7.1 S	100 ± 0.0 S	91.3
Kumbit		80 ± 9.9 S	100 ± 0.0 S	98 ± 2.4 S	97 ± 4.7 S	93.8
Daechon		90 ± 14 S	85 ± 21 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	93.8
Hongjangkunbikarim	R	94 ± 9.2 S	90 ± 14 S	97 ± 4.7 S	100 ± 0.0 S	95.0
Hongjinju		83 ± 14 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	98 ± 2.4 S	95.3
Maekomdalkom		83 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	95.8
Mansukgun		85 ± 17 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	96.3
Jinmi		95 ± 7.1 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	90 ± 14 S	96.3
Hanbando		87 ± 9.2 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	96.6
Daedulbo		90 ± 14 S	100 ± 0.0 S	97 ± 4.7 S	100 ± 0.0 S	96.7
Chukjae		90 ± 14 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	97.5
Manidda		92 ± 12 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	97.9
Kukbo		93 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	98.3

Table 1. Continued.

Cultivar	Triat	Isolate of <i>P. capsici</i>				Mean
		MY-1	KPC-1	JHAI1-7	KPC-7	
Hanson		94 ± 9.2 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	98.4
Utum		94 ± 9.2 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	98.4
Bukang		94 ± 4.6 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	98.6
Wangkun		95 ± 7.1 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	98.8
Matgalchan		95 ± 7.1 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	98.8
Daejangbu		99 ± 2.1 S	97 ± 4.9 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	98.8
Youngyangmat		100 ± 0.0 S	95 ± 7.1 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	98.8
Haengwun		97 ± 4.9 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	99.1
Hongsimi		97 ± 4.9 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	99.1
Bulmat		100 ± 0.0 S	97 ± 4.9 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	99.1
Imkumnim		99 ± 2.1 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	99.6
Kumhyang		100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	100.0
Buchon		100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	100.0
Sinjokang		100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	100.0
Johyang		100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	100.0
Kangkun		100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	100.0
Chammani		100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	100.0
Olgonchan		100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	100.0
Newwawepimang		100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	100 ± 0.0 S	100.0
Mean		37	55	60	74	

^zSeedlings at 6- to 7-leaf stage were inoculated with four isolates of *P. capsici* by drenching the roots with the spore suspension of each isolate to give inoculum density of 5.0×10^4 sporangia/pot. The plants were incubated in a growth chamber at 25°C with 12-h light a day. Seven to thirteen days after inoculation, disease severity of the seedlings was rated on a scale of 0 to 3 and the score was standardized onto a 0 to 100 scale. 0, no symptom, 1, leaf-enlarged symptoms with brownish lesions beginning to appear on stems and less than 30% of the plant wilted; 2, leaves defoliated or dead, with rapidly expanding stem lesion and 60% of the plant wilted severely; 3, plant dead.

^yR, resistant cultivar to *P. capsici* commercialized by each seed company.

^xEach value represents the mean disease severity (\pm standard deviation) of three runs with 10 replicates each. Color demonstrates resistance response of cultivars to each isolate of *P. capsici*.

^wR, resistant, disease severity ≤ 20 ; MR, moderately resistant, $20 < \text{disease severity} \leq 50$; S, susceptible, disease severity > 50 .

호(부농)를 채워 넣고 각 품종의 종자를 파종한 후 온실(25 ± 5°C)에서 4-5주 동안 재배한 6-7엽기 고추 유묘를 실험에 사용하였다. 접종 1주일 전에 에버그린(N-P-K, 8-4-6; 서울 바이오) 비료를 800배로 희석하여 살포하였다. 그리고 접종 원의 *P. capsici* 포자 농도 및 접종 후 재배 온도에 따른 저항성 품종들의 역병 저항성 차이를 조사하기 위한 실험은 실험한 고추 품종 중 *P. capsici* 균주 모두에 대하여 저항성을 나타내는 고도 저항성 품종 6개(‘탄탄대목’, ‘무한질주’, ‘독야청청’, ‘균계일학’, ‘신세계’, ‘PR 신나라’)와 대조 품종으

로 ‘역강홍장군’(코레곤종묘)과 ‘부강’(몬산토코리아)을 포함한 8개 품종을 앞에서와 동일한 방법으로 재배하였다.

접종원 준비

P. capsici 균주는 강릉원주대학교에서 분양 받은 MY-1, KPC-1 및 KPC-7 균주와 충북대학교에서 분양 받은 JHAI1-7 균주를 실험에 사용하였다. 각각의 균주는 potato dextrose agar(Becton, Dickinson and Co.) 배지에 7일간 배양한 균종으로부터 균사조각을 떼어 직경 13cm의 oatmeal agar(OMA,

Becton, Dickinson and Co.) 배지에 plate당 5개씩 올려놓고 25°C에서 2주 동안 배양하였다. 접종 1일 전에 OMA 배지에 배양한 균총을 멸균한 붓으로 균사를 긁어주고 25°C 배양기에서 24시간 동안 광을 처리하여 포자(유주포자낭, sporangia) 형성을 유도하였다. 포자가 형성된 배지 표면에 차가운 멸균수(4°C)를 붓고 멸균한 붓으로 유주포자낭을 수확한 다음 3겹의 거즈로 여과하여 균사를 제거하고 광학현미경 하에서 hemocytometer를 이용하여 유주포자낭의 농도가 1.0×10^4 sporangia·mL⁻¹가 되도록 조정하였다. 이 유주포자낭현탁액을 4°C에서 50-60분 동안 저온처리 하고 실온에서 다시 1시간 동안 배양하여 유주포자낭으로부터 유주포자(zospore)가 유출된 포자현탁액을 실험에 사용하였다. 접종 농도에 따른 6개 고도 저항성 품종들의 역병 발생 실험을 위해서는 포자현탁액의 유주포자낭 농도를 각각 1×10^4 , 3×10^4 , 1×10^5 및 3×10^5 sporangia·mL⁻¹이 되도록 준비한 후 앞에서와 같이 저온처리 하여 유주포자를 유출시킨 포자현탁액을 접종 원으로 사용하였다.

접종 및 병조사

온실에서 재배한 6-7엽기의 고추 유묘에 준비한 *P. capsici*의 포자현탁액을 포트당 5mL씩 토양에 관주하여 접종하였다. 접종 후 25°C 생육상으로 옮기고 하루 동안 암처리를 하였으며, 그 이후부터는 하루에 12시간씩 광을 처리하면서 재배하였다. *P. capsici* 4개 균주에 대한 시판 고추 품종 100개의 역병 저항성 실험은 네 개 균주 간에 병원성 정도에 차이가 있어 역병 발생 속도가 다르므로 대조 품종인 '부강'에서 역병이 충분히 발생하면 고추 유묘 각 개체의 역병 발생을 조사하였다. 각 유묘의 역병 발생 정도는 발병도(disease index) 0-3의 지수를 사용하여 0 = 건전, 1 = 잎이 약간 시들(30% 이하의 시들음), 2 = 잎이 시들어 말리며, 줄기도 검게 변하거나 마름(60% 이하의 시들음), 3 = 식물체 고사 등 4단계로 조사하였으며, 각 품종의 발병도(%)는 아래의 식에 따라 계산하였다.

$$\text{발병도(\%)} = [\text{평균 발병도(disease index)/3}] \times 100$$

평균 발병도(%)가 20% 이하인 경우에는 저항성, 20% 초과 50% 이하의 발병도를 보이면 중도저항성, 그리고 50%를 초과하는 발병도를 보이는 것은 감수성으로 판정하였다. 그리고 병원균 접종 후의 재배 온도에 따른 고도의 저항성인 6개 품종의 고추 역병 발생 실험을 위해서는 역병균을 접종

한 후에 각각 25, 28, 30°C 생육상에서 앞에서와 같은 방법으로 재배하였다.

결과 및 고찰

P. capsici 4개 균주에 대한 고추 품종의 저항성

시판 중인 고추 품종 100개를 구입하여 생리적인 차이가 보고된(Lee et al., 2010) *P. capsici* 4개 균주에 대한 이들 품종의 저항성 정도를 조사하였다. 이들 중 59개는 회사에서 *P. capsici*에 대한 저항성 품종으로 판매하고 있는 품종이고, 41개 품종은 역병 저항성이 아닌 일반 품종이었다. 그리고 *P. capsici* 균주로는 JHAI1-7, KPC-1, KPC-7 및 MY-1를 실험에 사용하였는데, JHAI1-7과 KPC-7 균주는 A1 교배형, MY-1 균주는 A2 교배형, 그리고 KPC-1 균주는 불임(sterile) 균주이었다. 실험한 고추 품종에서 MY-1, KPC-1, JHAI1-7 및 KPC-7 균주는 각각 37, 55, 60, 74%의 평균 발병도를 보여, MY-1 균주가 병원성의 세기인 병원력(virulence)이 가장 낮고 반대로 KPC-7 균주가 가장 병원성이 강한 즉 병원력이 높은 균주라는 것을 알 수 있었다(Table 1). 또 이들 균주의 병원성 정도 차이는 감수성 품종인 '부강'에서도 확인할 수 있었는데, 각 균주를 고추에 접종하고 배양시간이 경과함에 따라 KPC-7, JHAI1-7, KPC-1 그리고 MY-1 균주 순으로 역병이 심하게 발생하였다(결과 미제시).

Polach and Webster(1972)는 고추, 호박 등에서 23개 *P. capsici* 균주를 분리하였고, 서로 다른 기주식물의 병원성에 따라 14개 strain으로 분류하였으나, 고추 품종에 따른 병원성 분화는 발견할 수 없었다고 하였다. 그러나 Yang et al. (1989)은 국내 *P. capsici* 간에 병원력 차이가 크다고 하였다. 그리고 Bowers and Mitchell(1991)은 *P. capsici* 균주 간의 교배에 의해 생겨난 균주들 간에 고추에 대한 병원력에 차이가 있다고 하였으며, Hwang et al.(1991)도 한국, 유럽, 멕시코 등에서 분리한 *P. capsici* 균주들의 mtDNA의 RFLP를 분석하였을 때 균주 간에 큰 차이를 보여 병원력에 차이가 있을 것이라고 하였다. 이들 결과는 우리와 일치하는 것으로 고추에 대한 *P. capsici* 균주들의 병원력은 서로 차이가 있다고 생각되었다.

이들 4개 *P. capsici* 균주들에 대한 시판 고추 품종들의 저항성은 이들 균주의 병원성의 세기인 병원력(virulence)과 상반되는 결과를 나타냈다(Table 1). 가장 병원성이 약한 MY-1 균주에 대해서는 59개 품종이 저항성을 그리고 3개 품종이 중도저항성을 보였다. 이와 반대로 병원성이 가장

강한 균주인 KPC-7에 대해서는 6개 품종만이 저항성을 그리고 18개 품종이 중도저항성을 나타냈다. 한편 중간 정도의 병원력을 보인 균주들인 KPC-1과 JHAI1-7 균주에 대해 각각 27개와 28개가 저항성을 그리고 각각 25개와 16개 품종이 중도저항성을 보였다. 그리고 MY-1, KPC-1, JHAI1-7 및 KPC-7 균주에 감수성을 나타낸 품종의 수는 각각 38, 48, 56 및 76개였다.

한편 Table 1과 같이 병원성이 증가하는 균주 순으로 즉 MY-1, KPC-1, JHAI1-7 및 KPC-7 순으로 각 품종의 역병 저항성 반응을 정리하면, 실험한 고추 품종 중 4개를 제외한 모든 품종들은 실험한 *P. capsici* 균주의 병원성 정도와 반대의 순으로 저항성, 중도저항성 및 감수성 반응을 보였다 (Table 1). 그러나 'PR 만세', 'PR 구상' 및 'PR 대촌' 3개 품종은 KPC-1과 JHAI1-7 균주에 대하여 각각 중도저항성과 저항성을 그리고 및 'PR 만장일치'는 두 균주에 대해 각각 감수성과 중도저항성을 보여 병원력과 반대의 저항성을 보이지 않았으나, 두 균주 간에 병원성 차이가 적고 두 균주에 대한 이들 품종의 역병 발생은 차이가 적어 이것이 이들 품종이 두 균주에 대하여 특이적인 저항성 반응을 나타낸 것으로 생각되지 않았다.

우리나라에서 역병 저항성인 고추 품종들은 CM334, AC2258 및 PI201234 등의 저항성 재료를 고추에 도입하여 개발되었으며, 현재 많은 역병 저항성 고추 품종들이 포장에서 재배되고 있다. 하지만 재배 포장에서 이들 품종의 저항성이 종종 무너지는 일이 발생하고 있어 농민들에게 큰 혼란을 주고 있다. 일부 연구자들은 역병 저항성 고추 품종에 특이적으로 반응하는 레이스가 존재한다고 보고한 바 있다(Glosier et al., 2008; Lee and Kim, 2012; Oelke et al., 2003; Sy et al., 2008; Tamietti and Valentino, 2001). 즉, 포장에서 역병 저항성 품종의 저항성이 무너지는 것은 역병균이 저항성 유전자에 대응하여 이를 침입할 수 있는 새로운 레이스의 *P. capsici*가 출현했기 때문이라는 것이다. 그러나 Yang et al. (1989)은 *P. capsici* 국내 균주 간에 병원력 차이는 크나 품종과 균주 간에 특이적인 레이스 분화는 없었다고 하였다. 또한 Foster and Hausbeck(2010)도 고추의 역병 저항성은 *P. capsici* 균주 간의 병원력에 영향을 받는다고 보고하였다. 그리고 고추 역병 저항성은 질적 저항성이 아니고 양적 저항성 즉 여러 개의 QTL들이 관여하는 저항성이므로 개발된 재배 품종은 CM334 등의 육종재료의 모든 저항성 유전자가 도입된 것이 아니라 일부가 도입되므로 CM334와 같이 모든 균주에 저항성을 나타내는 정도의 저항성을 보이는 그

리고 원예적 특성이 우수한 파프리카 품종은 개발된 적이 없었다(Thabuis et al., 2003, 2004).

따라서 Table 1의 결과는 *P. capsici* 균주와 고추 품종 간에 특이적인 저항성 반응이 존재하지 않고, 고추 품종에 우수한 역병 저항성 유전자를 얼마나 많이 도입하였느냐에 따라 균주의 병원성 세기에 반비례하여 고추 품종의 역병 저항성에 차이를 보인다는 것을 알 수 있었다. 즉 우수한 병 저항성 유전자를 품종에 많이 도입한 것들은 예를 들면 'PR-신나라', '무한질주', '신세계', '군계일학', '독야청청' 및 '탄탄대목'은 KPC-7과 같이 강한 병원성 균주에 대해서도 저항성을 나타낼 수 있으나, 우수한 병 저항성 유전자가 적게 도입된 품종들은 병원력이 낮은 균주인 MY-1에는 저항성을 나타내나 KPC-1이나 JHAI1-7과 같이 중간 정도의 병원성 균주에도 중도저항성 혹은 감수성 반응을 보였다고 생각되었다.

실험한 고추 품종 중 *P. capsici* 4개 균주에 대하여 저항성을 나타낸 품종의 수를 살펴보면, *P. capsici* 4개 균주 모두에 저항성을 보이는 품종은 'PR 신나라', '무한질주', '신세계', '군계일학', '독야청청' 및 '탄탄대목' 등 6개(6%)이었다(Table 1). 그리고 3개 균주(MY-1, KPC-1, JHAI1-7)에는 저항성을 보이거나 실험한 균주 중 병원성이 가장 강한 KPC-7 균주에는 중도저항성을 보이는 품종은 11개(11%)이었으며, *P. capsici* 4개 균주 모두에 대하여 중도저항성 이상을 보이는 품종은 24개(24%)였다. 따라서 시판 품종 중 약 25%가 실험한 모든 균주에 저항성을 나타냄을 알 수 있었다. 실험한 고추 품종 중 역병 저항성으로 판매되고 있는 59개 품종 중 MY-1 균주에 대해서는 55개 품종이 저항성을 그리고 2개는 중도저항성을 나타냈다(Table 1). 그러나 나머지 3개 균주에 대한 저항성 반응은 병원력이 높은 균주일수록 종자 회사의 결과와 차이가 있는 품종의 수가 증가하였다. 따라서 우리나라 종묘회사에서는 *P. capsici* MY-1 균주 정도의 병원성을 가지는 균주를 사용하여 역병 저항성을 판단하고 있다고 추정되었다. 그러므로 강한 병원성을 가지는 *P. capsici* 균주들이 존재하는 포장에서는 저항성으로 판매되고 있는 품종도 감수성을 나타내는 일이 발생하리라 예상되었다.

물론 고추 역병 저항성은 단인자의 질적 저항성이 아니라 양적 저항성(QTL 저항성)으로 간주되고 있으므로(Lefebvre and Palloix, 1996; Lefebvre et al., 2002; Pflieger et al., 2001; Thabuis et al., 2003, 2004), 같은 *P. capsici* 균주를 사용하여 실험한 경우에도 집중원 농도 및 온도 등에 따라 저항성 정도가 다를 수 있다(Barksdale et al., 1984; Hwang,

2002). 또한 고추는 *P. capsici*에 대하여 성체저항성을 보이므로 실험하는 고추의 생육시기도 중요하다(Kim et al., 1989). 또한 자연 상태에서 *P. capsici*는 주로 관개수를 따라 이동하고 고추의 잔뿌리로 침입하여 지제부에서 병을 일으킨다(Erwin and Ribeiro, 1996). 따라서 같은 생육시기의 고추라 하더라도 포트 내 토양의 영양상태에 따라 잔뿌리 발육 정도가 다르며 잔뿌리가 발달해 있을수록 *P. capsici*에 더 감수성 반응을 나타낸다. 한편, 회사에서 역병 저항성이 아닌 일반 품종으로 판매하고 있는 품종 41개 중에서 ‘희망봉’은 MY-1, KPC-1 및 JHAI1-7 균주에는 저항성을 그리고 병원성이 가장 높은 KPC-7 균주에는 중도저항성을 보였다. 따라서 고추의 역병 저항성도 농약 등록 시험법과 같은 표준화된 검정 방법이 필요하다고 생각되었다.

접종원 농도 및 재배 온도에 따른 고도 저항성 품종들의 역병 저항성 변화

실험한 *P. capsici* 균주 모두에 저항성을 나타낸 ‘PR 신나라’, ‘무한질주’, ‘신세계’, ‘군계일학’, ‘독야청청’ 및 ‘탄탄대목’ 등 고도 저항성 6개 품종을 선발하여 *P. capsici* 접종

원 농도에 따른 이들 품종들의 역병 저항성 변화를 조사하기 위하여, 실험한 균주 중 병원성이 중간 정도인 KPC-1과 JHAI1-7를 접종원 농도가 각각 5×10^4 , 1.5×10^5 , 5×10^5 및 1.5×10^6 sporangia/pot이 되도록 접종하고 25°C에서 재배하여 접종원 양의 증가에 따른 이들 품종의 역병 저항성 정도를 실험하였다. 이들 6개 품종의 평균 발병도는 각각 1.7, 4.5, 3.9 및 16%를 보였으며, 가장 높은 접종원 양인 포트 당 1.5×10^6 개 접종에서도 ‘독야청청’을 제외한 나머지 모든 품종은 저항성을 그리고 ‘독야청청’은 중도저항성을 나타냈다(Table 2). 하지만 중도저항성 대조품종인 ‘역강홍장군’은 접종원 양이 증가함에 따라 역병 발생이 27, 30, 60, 80%로 크게 증가하여 기존의 역병 저항성은 접종원 농도가 증가함에 따라 감소한다는 연구 결과와 일치하였다(Barkadale et al., 1984; Kim et al., 1989). 또 다른 중간 정도의 병원성을 보이는 JHAI1-7 균주도 KPC-1 균주와 마찬가지로 접종원 양을 5×10^4 , 1.5×10^5 , 5×10^5 및 1.5×10^6 sporangia/pot로 증가하여도 실험한 고도 저항성 6개 고추 품종은 저항성 반응을 나타냈다(Table 2). 따라서 고도 저항성 품종들은 KPC-1과 JHAI1-7과 같은 중간 정도의 병원성

Table 2. Development of Phytophthora blight on six highly resistant cultivars of chili pepper caused by *Phytophthora capsici* KPC-1 and JHAI1-7^z.

Cultivar	Trait ^y	Inoculum concentration of KPC-1 ($\times 10^4$ sporangia/pot)				Inoculum concentration of JHAI1-7 ($\times 10^4$ sporangia/pot)			
		5.0	15	50	150	5.0	15	50	150
PR-Sinnara	R	0.0 ± 0.0 ^x	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	10 ± 23	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
Sinsegae	R	0.0 ± 0.0	6.7 ± 20	0.0 ± 0.0	10 ± 30	13 ± 27	17 ± 37	0.0 ± 0.0	17 ± 37
Kungaeilhak	R	10 ± 30	6.7 ± 13	10 ± 30	3.3 ± 10	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
Muhanjilju	R	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	23 ± 43	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	3.3 ± 10
Tantandaemok	R	0.0 ± 0.0	6.7 ± 20	0.0 ± 0.0	20 ± 43	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
Dokyacheongcheong	R	0.0 ± 0.0	6.7 ± 13	13 ± 33	40 ± 30	6.7 ± 20	3.3 ± 10	17 ± 27	6.7 ± 20
Yeokganghongjanggun	MR	27 ± 33	30 ± 33	60 ± 30	80 ± 17	3.3 ± 10	3.3 ± 10	33 ± 40	50 ± 3.3
Bugang	S	100 ± 0.0	100 ± 0.0	100 ± 0.0	100 ± 0.0	100 ± 0.0	100 ± 0.0	100 ± 0.0	100 ± 0.0
Mean ^w		1.7	4.5	3.9	16	5.0	3.3	2.8	4.5

^zSeedlings at 6- to 7-leaf stage were inoculated with *P. capsici* KPC-1 and JHAI1-7 by drenching the roots with the spore suspension of each isolate to give inoculum density of 5.0×10^4 , 1.5×10^5 , 5.0×10^5 and 1.5×10^6 sporangia/pot. The plants were incubated in a growth chamber at 25°C with 12-h light a day. Seven days after inoculation, disease severity of the seedlings was rated on a scale of 0 to 3 and changed into percentage. 0, no symptom, 1, leaf-enlarged symptoms with brownish lesions beginning to appear on stems and less than 30% of the plant wilted; 2, leaves defoliated or dead, with rapidly expanding stem lesion and 60% of the plant wilted severely; 3, plant dead.

^yR, resistant cultivar; MR, moderately resistant cultivar; S, susceptible cultivar.

^xEach value represents the mean disease severity (± standard deviation) of two runs with 10 replicates each.

^wMean disease severity of the six resistant cultivars including ‘PR-Sinnara’, ‘Muhanjilju’, ‘Sinsegae’, ‘Tantandaemok’, ‘Kunkaeilhak’, and ‘Dokyacheongcheong’ in each column.

Table 3. Development of *Phytophthora* blight on six highly resistant cultivars of chili pepper caused by *Phytophthora capsici* KPC-7 according to inoculum density and incubation temperature^z.

Cultivar	Trait ^y	5 × 10 ⁴ sporangia/pot			1.5 × 10 ⁶ sporangia/pot		
		25°C	28°C	30°C	25°C	28°C	30°C
Tantandaemok	R	10 ± 30 ^x	0.0 ± 0.0	10 ± 30	10 ± 30	60 ± 50	20 ± 43
Muhanjilju	R	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	10 ± 30	33 ± 43	60 ± 40	20 ± 37
Dokyacheongcheong	R	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	50 ± 53	27 ± 43	47 ± 43	60 ± 40
Kunkaeilhak	R	20 ± 43	0.0 ± 0.0	13 ± 33	20 ± 43	43 ± 43	73 ± 43
Sinsegae	R	10 ± 30	33 ± 43	20 ± 43	17 ± 37	80 ± 43	57 ± 50
PR-Sinnara	R	17 ± 37	23 ± 43	23 ± 43	57 ± 43	67 ± 47	73 ± 43
Yeokganghongjangkun	MR	43 ± 40	57 ± 17	90 ± 17	87 ± 17	80 ± 23	87 ± 17
Bukang	S	100 ± 0.0	100 ± 0.0	100 ± 0.0	100 ± 0.0	100 ± 0.0	100 ± 0.0
Mean ^w		9.5	9.4	21	27	60	51

^zSeedlings at 6- to 7-leaf stage were inoculated with *P. capsici* KPC-7 by drenching the roots with the spore suspension of the isolate to give inoculum density of 5.0 × 10⁴ and 1.5 × 10⁶ sporangia/pot. The plants were incubated in a growth chamber at 25, 28, and 30°C with 12-h light a day. Seven days after inoculation, disease severity of the seedlings was rated on a scale of 0 to 3 and changed into percentage. 0, no symptom, 1, leaf-enlarged symptoms with brownish lesions beginning to appear on stems and less than 30% of the plant wilted; 2, leaves defoliated or dead, with rapidly expanding stem lesion and 60% of the plant wilted severely; 3, plant dead.

^yR, resistant cultivar; MR, moderately resistant cultivar; S, susceptible cultivar.

^xEach value represents the mean disease severity (± standard deviation) of two runs with 10 replicates each.

^wMean disease severity of the six resistant cultivars including 'PR-Sinnara', 'Muhanjilju', 'Sinsegae', 'Tantandaemok', 'Kunkaeilhak', and 'Dokyacheongcheong' in each column.

균주에 대해서는 접종원 양에 관계없이 저항성을 보인다는 것을 알 수 있었다.

고도 저항성 6개 품종에 접종한 *P. capsici* 포자 농도와 접종 후 재배 온도에 따른 이들 품종의 역병에 대한 저항성 변화를 조사하기 위하여, 실험한 균주 중 병원성이 가장 강한 KPC-7 균주를 5 × 10⁴ 및 1.5 × 10⁶ sporangia/pot가 되도록 접종하고 25, 28 및 30°C에서 재배하여 이들 고추 품종의 역병 발생 정도를 조사하였다. 포트당 유주포자낭 5 × 10⁴개를 접종하고 25, 28 및 30°C에서 배양하였을 때, 중도저항성 대조품종인 '역강홍장군'은 온도가 25, 28 및 30°C로 올라감에 따라 역병 발생도 43, 57 및 90%로 크게 증가하였다. 하지만 고도 저항성 6개 품종의 평균 발병도는 각각 9.5, 9.4, 21%로 온도가 증가함에 따라 역병 발생이 약간 증가하였다(Table 3). 그러나 실험한 품종 별로 살펴보면 '독야청청'을 제외한 나머지 5개 품종들의 역병 저항성은 재배 온도가 높아져도 거의 영향을 받지 않았다.

그러나 KPC-7 균주를 1.5 × 10⁶ sporangia/pot의 고농도로 접종하고 25°C에서 재배하였을 때에는 이들 품종들은 대부분 중도 저항성 이상의 저항성을 보였으나, 28-30°C에서 재배하였을 때에는 고도 저항성 품종들도 감수성 반응을 나타내었

다. 따라서 이들 고도 저항성 품종도 포장에서 KPC-7과 같이 강한 병원성을 지니는 균주가 1.5 × 10⁶ sporangia/pot와 같이 높은 농도로 존재하고 온도가 28-30°C로 발병 환경이 적합하게 되면 이들 고도 저항성 품종에도 감수성 품종처럼 역병이 발생할 수도 있을 것이라고 생각되었다. 그러나 자연 상태에서 주당 1.5 × 10⁶개의 유주포자낭이 접종될 가능성은 매우 낮으므로 이들 고도 저항성 품종들은 일반 포장에서는 역병 저항성이 잘 유지되리라 생각되었다.

초 록

Phytophthora capsici 4개 균주에 대한 우리나라 고추 시판 품종 100개(저항성 59개, 감수성 41개)의 저항성 정도를 조사하였다. 이들 품종에서 고추 역병균 MY-1, KPC-1, JHAI1-7 및 KPC-7의 평균 발병도는 각각 37, 55, 60 및 74%였으며, 이들 균주에 대하여 감수성을 나타낸 품종은 각각 38, 48, 56, 76개였다. 그리고 실험한 균주 중 병원성이 가장 약한 균주인 MY-1에 대해서는 실험한 품종 중 59개가 저항성을 보였으나, 병원성이 가장 강한 KPC-7 균주에는 단지 6개 품종만이 저항성을 나타냈다. 그리고 실험한 품종 중 4개 품종

을 제외한 모든 품종의 역병 저항성은 실험한 *P. capsici*의 병원성 정도와 반비례하였으며, 고추 품종과 *P. capsici* 균주 간에 특이적인 반응은 발견할 수 없었다. 실험한 품종 중 *P. capsici* 균주 모두에 대하여 저항성을 보이는 6개 품종을 선발 하여, *P. capsici* 접종원 양과 재배 온도에 따른 이들 품종의 저항성 변화를 조사하였다. 중간 정도 병원성 균주인 KPC-1과 JHAI1-7 균주는 5×10^4 부터 1.5×10^6 sporangia/pot를 접종하였을 때에도 이들 고도 저항성 품종의 저항성은 거의 영향을 받지 않았다. 그러나 가장 강한 병원성 균주인 KPC-7에 의해서는 1.5×10^6 sporangia/pot 농도로 접종하고 28-30°C에서 배양하였을 때에는 이들 품종들도 감수성 혹은 중도저항성을 나타냈다. 이상의 결과부터 우리나라 고추 품종들의 역병 저항성은 *P. capsici* 균주들의 병원성 정도에 영향을 받는다고 생각되었다.

추가 주요어 : 육종, 고추, 역병, 레이스, 저항성 스크리닝

인용문헌

- Ares, J.L., A.R. Martinez, and J.F. Paz. 2005. Resistance of pepper germplasm to *Phytophthora capsici* isolates collected in northwest Spain. *Span. J. Agric. Res.* 3:429-436.
- Barksdale, T.H., G.C. Papavizas, and S.A. Johnston. 1984. Resistance to foliar blight and crown rot of pepper caused by *Phytophthora capsici*. *Plant Dis.* 68:506-509.
- Bosland, P.W. 1993. An effective plant field cage to increase the production of genetically pure chilli (*Capsicum* spp.) seed. *HortScience* 29:1182-1183.
- Bosland, P.W. and D.L. Lindsey. 1991. A seedling screen for *Phytophthora* root rot of pepper, *Capsicum annuum*. *Plant Dis.* 75:1048-1050.
- Bowers, J.H. and D.J. Mitchell. 1991. Relationship between inoculum level of *Phytophthora capsici* and mortality of pepper. *Phytopathology* 81:178-184.
- Erwin, D.C. and O.K. Ribeiro. 1996. *Phytophthora* diseases worldwide. American Phytopathological Society, St. Paul, MN.
- Foster, J.M. and M.K. Hausbeck. 2010. Resistance of pepper to *Phytophthora* crown, root, and fruit rot is affected by isolate virulence. *Plant Dis.* 94:24-30.
- Gil Ortega, R.G., C. Palazon- Espanol, and J. Cuartero-Zueco. 1991. Genetics of resistance to *Phytophthora capsici* in the pepper line 'SCM-334'. *Plant Breed.* 107:50-55.
- Glosier, B.R., E.A. Ogundiwin, G.S. Sidhu, D.R. Sischo, and J.P. Prince. 2008. A differential series of pepper (*Capsicum annuum*) lines delineates fourteen physiological races of *Phytophthora capsici*. *Euphytica* 162:23-30.
- Hwang, B.K. 2002. Studies of resistance of pepper to *Phytophthora* blight and its control. *Res. Plant Dis.* 8:131-145.
- Hwang, B.K., A.W.A.M. de Cock, G. Bahnweg, H.H. Prell, and R. Heitefuss. 1991. Restriction fragment length polymorphisms of mitochondrial DNA among *Phytophthora capsici* isolates from pepper (*Capsicum annuum*). *Systematic Appl. Microbiol.* 14:111-116.
- Kim, B.-S., T.-R. Kwon, J.-E. Hwang, J.-M. Lee, D.-G. Park, J.-H. Ahn, and H.Y. Kim. 2010. Resistance to *Phytophthora* blight of commercial pepper cultivars in Korea. *Res. Plant Dis.* 16:141-147.
- Kim, Y.J., B.K. Hwang, and K.W. Park. 1989. Expression of age-related resistance in pepper plants infected with *Phytophthora capsici*. *Plant Dis.* 73:745-747.
- Kimble, K.A. and R.G. Grogan. 1960. Resistance to *Phytophthora* root rot in pepper. *Plant Dis. Rep.* 44:872-873.
- Lee, S.J. and B.S. Kim. 2012. Evaluation of pepper genetic sources (*Capsicum* spp.) for disease resistance breeding. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 30:185-191.
- Lee, S.J., Y.J. Park, H.T. Kim, and B.S. Kim. 2010. The race differentiation of *Phytophthora capsici* in Korea. *Res. Plant Dis.* 16:153-157.
- Lefebvre, V. and A. Palloix. 1996. Both epistatic and additive effects of QTLs are involved in polygenic induced resistance to disease: A case study, the interaction pepper-*Phytophthora capsici* Leonian. *Theor. Appl. Genet.* 93:503-511.
- Lefebvre, V., S. Pflieger, A. Thabuis, C. Caranta, A. Blattes, J.C. Chauvert, A.M. Daubeze, and A. Palloix. 2002. Towards the saturation the pepper linkage map by alignment of three intraspecific maps including known-function genes. *Genome* 45:839-845.
- Oelke, L.M., P.W. Bosland, and R. Steiner. 2003. Differentiation of race specific resistance to *Phytophthora* root rot and foliar blight in *Capsicum annuum*. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 128: 213-218.
- Park, H.G., O.H. Kwon, H.T. Kim, J.H. Na, Y. Park, J.Y. Park, C.S. Park, K.H. Song, D.H. Yang, Y.H. Om, I.W. Yoo, J.-Y. Yoon, B.S. Lee, S.S. Lee, H.D. Suh, S.Y. Jeong, D.-G. Oh, J.W. Cheong, Y.H. Cho, Y.-S. Cho, and Y.C. Cho. 2008. The recent history of vegetable seed industry in Korea. Seoul National University Press, Seoul.
- Pflieger, S., A. Palloix, C. Caranta, A. Blattes and V. Lefebvre. 2001. Defense response genes co-localize with quantitative disease resistance loci in pepper. *Theor. Appl. Genet.* 103:920-

- 929.
- Polach, F.J. and R.K. Webster. 1972. Identification of strains and inheritance of pathogenicity in *Phytophthora capsici*. *Phytopathology* 62:20-26.
- Smith, P.G., K.A. Kimble, R.G. Grogan, and A.H. Millett. 1967. Inheritance of resistance in peppers to *Phytophthora* root rot. *Phytopathology* 57:377-379.
- Sy, O., R. Steiner, and P.W. Bosland. 2008. Recombinant inbred line differential identifies race-specific resistance to *Phytophthora* root rot in *Capsicum annuum*. *Phytopathology* 98:867-870.
- Tamietti, G. and D. Valentino. 2001. Physiological characterization of a population of *Phytophthora capsici* Leon. from northern Italy. *J. Plant Pathol.* 83:199-205.
- Thabuis, A., V. Lefebvre, G. Bernard, A.M. Daubeze, T. Phaly, E. Pochard, and A. Palloix. 2004. Phenotypic and molecular evaluation of a recurrent selection program for a polygenic resistance to *Phytophthora capsici* in pepper. *Theor. Appl. Genet.* 109:342-351.
- Thabuis, A., A. Palloix, S. Pflieger, A.M. Daubeze, C. Caranta, and V. Lefebvre. 2003. Comparative mapping of *Phytophthora* resistance loci in pepper germplasm: Evidence for conserved resistance loci across *Solanaceae* and for a large genetic diversity. *Theor. Appl. Genet.* 106:1473-1485.
- The Korean Society of Plant Pathology (KSPP). 2009. Vegetables, p. 99-103. In: W.-G. Kim and H.M. Koo (eds.). List of plant disease in Korea. 5th ed. KSPP, Suwon, Korea.
- Yang, S.S., N.K. Sung, D.I. Choi, and C.H. Kim. 1989. Pathogenic variation of *Phytophthora capsici* Leonian on red-pepper in Korea. *Korean J. Plant Pathol.* 5:370-376.