

역병-꽃마름병 복합저항성 세포질웅성불임계 고추 육성

이재무 · 김병수*

경북대학교 원예학과

Breeding Cytoplasmic Male Sterile Lines Resistant to *Phytophthora capsici* and *Ralstonia solanacearum* in Capsicum Pepper

Jae-Moo Lee and Byung-Soo Kim*

Department of Horticulture, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

Abstract

Abstract. Selection procedures for breeding lines resistant to both bacterial wilt caused by *Ralstonia solanacearum* and Phytophthora blight caused by *P. capsici* were executed to generations from F₂ and BC₁F₁ to F₄ and BC₁F₃ of crosses between a Phytophthora resistant breed, 'Chilbok No. 1' and bacterial wilt resistant accessions introduced from Vietnam during 2009 and 2010. The breeding populations or lines were tested for resistance to *P. capsici* and resistant plants were selected. The resistant selections were inoculated with *R. solanacearum* to discard susceptible plants. Resistance to *P. capsici* was conspicuously improved by selection from F₂ and BC₁F₁ and the final selections showed a similar level of resistance to *P. capsici* as a commercial Phytophthora resistant cultivar, Muhanjilju. A few BC₁F₂ selections were crossed to a cytoplasmic male sterile line, Chilbok-A, to identify their nuclear genotype interacting with male sterile cytoplasm. Majority of them was fixed to maintainer (*Nrf:rf*) and only two resulted segregating into male sterile and male fertile plants indicating that the pollen parents were heterozygous in the fertility-restoring gene.

Key words : words: cytoplasmic male sterility, resistance, *Phytophthora capsici*, *Ralstonia solanacearum*

서 언

고추는 재배기간이 길고 우리나라의 경우, 재배기간 중에 장마와 태풍이 지나가기 때문에 여러 가지

병이 발생한다. 특히 역병은 고추 연작지에서 매년 발생하여 많은 피해를 내며, 특히 비가 많은 해에는 그 피해가 심각한 실정이다(Hwang과 Kim, 1995; Kim 등, 2009). 한편, 지구 온난화와 시설재배 증가의 영향으로 원래 열대성 병으로 알려진 꽃마름병의 발생이 증가하고 있다. 특히 역병은 토양 전염이 되기 때문에 한번 발생하게 되면 해마다 발생하고, 약제에 의한

*Corresponding author. E-mail : bskim@knu.ac.kr,
Phone : 82-53-950-5729, Fax : 82-53-950-5722
(Received October 7, 2010; Examined November 8, 2010;
Accepted November 19, 2010)

방제가 어려워 저항성 품종의 요구가 높다. 풋마름병은 병원균이 식물체의 도관 조직 속에서 증식하기 때문에 약제 살포로 방제 효과를 기대할 수가 없다. 따라서 신품종은 역병과 풋마름병에 복합저항성으로 육성하는 것이 필요하다(Kim 등, 2009).

국내 고추의 육종은 일대잡종의 육성이 주류를 이루고 있는데, 일대잡종의 생산은 옹성불임성을 이용하고 있다. 국내에서는 핵유전자형 옹성불임성(GMS)이 먼저 이용되었으나 현재는 세포질옹성불임성(CMS) 이용체계가 확립되면서 CMS의 이용이 보다 일반화 되었다(Yu, 1990). 세포질옹성불임성 이용체계에서 병저항성을 도입하기 위해서는 옹성불임계의 유지계(maintainer, B-line, *Nrff*)와 회복계(restorer, C-line, *N(S)RRR*)에 저항성을 도입하여 육성하는 것이 필요하다(Hwang과 Kim, 2002).

현재 알려진 역병 저항성 재료로는 PI123469, PI201232, PI201234, AC2258, CM334등이 보고되어 있다(Gil Ortega 등, 1991; Hwang과 Kim, 1997; Kim, 1988; Kim 등, 2001; Kimble 과 Grogan, 1960). 고추 풋마름병에는 MC4, MC5, 몇 개의 PI계통과 베트남 도입 유전자원에서 저항성이 보고되었다(Lim과 Kim, 1994; Kim 등, 1998; Matos 등, 1990; Tran, 2007).

1995년도부터 경북 영양지역의 재래종인 칠성초에 역병 저항성의 CM334를 교배하여 여교잡법으로 칠성초의 원예적 형질에 역병 저항성을 도입한 ‘칠북1호’를 육성하였다(Kim과 Hwang, 2002). 그러나 ‘칠북1호’는 풋마름병과 Cucumber mosaic virus(CMV) 등 바이러스병에 매우 약하여 보완이 필요하였다. 그래서 2005년도에 ‘칠북1호’에 KC995 등 베트남에서 도입 선발된 풋마름병 저항성 계통을 교배하여 F₂ 및 BC₁ 집단을 육성하였다(Tran, 2007). 본 연구에서는 칠북1호 x KC980, KC995, KC999, KC1009, KC1055의 조합의 F₂와 BC₁F₁세대(Tran, 2007)에서부터 F₄와 BC₁F₃세대까지 풋마름병-역병 복합저항성 선발을 실시하였다. 또한 BC₁F₂에서 선발된 개체들을 세포질옹성불임성의 칠북-A(*Srff*)에 교배하여 화분친의 세포질옹성불임 회복유전자형을 구명하고자 한 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

고추 역병 - 풋마름병 복합저항성 육성용 교배의 BC₁F₁ 및 F₂세대 검정

역병-풋마름병 복합저항성 계통 육성을 위한 교배 조합의 BC₁F₁과 F₂ 집단 13점의 종자를 4월 22일 128구 트레이에 파종을 하였다. 파종후 45일 경 32구에 이식한 후, 파종 후 약 60일경인 6월 18일에 역병을 접종하였다. 역병 균주는 영양 입암에서 수집하여 실험실에서 보관중인 Pc003 균주를 사용하였다. 역병 접종은 V8배지(Agar 20 g, V-8 Juice 200 ml, CaCO₃ 3 g, Distilled Water 800 ml)에서 순수 배양된 병원균 균사를 주키니계 호박 과실에 넓이 5 x 5 mm, 깊이 5 mm의 역5면체 모양으로 조직을 잘라낸 다음 V8 배지의 배양균사를 접종하였다. 잘라낸 호박 역5면체에서 조직의 위(과실의 안쪽) 부분을 잘라내고 남은 호박 표피 조직편을 접종 구에 덮어 균사가 마르는 것을 방지하였다. 이렇게 접종한 과실은 24℃ 이상으로 유지되는 실온에 4-5일 두어 발병과 함께 호박 과실 표면에 포자형성을 유도하였다. 호박 과실표면에 유주자낭이 충분히 형성되면 이를 해부도로 긁어 증류수에 타서 유주자낭 현탁액을 준비하였다. 유주자낭 현탁액을 2점의 거즈로 여과한 후 광학현미경 100배 시야에서 유주자낭의 수를 25개로 조정하였다. 각 주당 유주자낭현탁액을 5 ml 씩 관주하여 접종하였다. 병원균을 접종하고 7일 간격으로 2회 지상부와 지하부의 발병도를 조사하였다. 발병도의 조사 기준은 지상부의 발병도의 경우 1= 줄기 밑동(지체부)에 병징이 없는 것; 2= 줄기 밑동에 암갈색의 병반이 있으나 시들지 않고 살아 있는 것; 3= 발병하여 시들고 있는 것; 4=말라죽은 것의 4등급으로 조사하였다. 지하부의 발병도는 1=뿌리의 갈변이 없는 것; 2=전체 뿌리의 약 25% 갈변; 3=전체뿌리의 약 50%갈변; 4=전체 뿌리의 약 75% 갈변; 5=전체 뿌리의 100% 갈변의 5등급으로 조사하였다.

2차 조사이후 7월 13일에 선발 된 개체를 영양에서 채집한 풋마름병 균주(Rs001)를 주당 10ml씩 관주 접종하고 이틀 후에 18구로 이식하였다. 풋마름병은 저항성 조사는 실시하지 않고 병들어 시드는 개체를 도태하고 살아남는 개체를 선발하여 채종하였다.

고추 역병 - 꽃마름병 복합저항성 육성용 교배의 BC₁F₂ 및 F₃ 세대 검정

동년의 역병-꽃마름병 저항성 검정에서 선발된 개체로부터 채종한 계통 47점을 10월 2일 128구 트레이에 원조믹스 상토를 사용하여 파종을 하였다. 파종 후 30일경 32구 트레이로 이식을 하고, 45일경 인 11월 6일에 역병 접종을 실시하였다.

사용된 균주는 영양에서 채집된 균주로 실험실에서 보관중인 것을 사용하였고 역병의 접종과 발병도는 위의 실험과 동일한 방법으로 실시하였다.

역병접종 후 7일 간격으로 총 4회 조사를 하였고, 12월 19일 4회 조사 이후에 선발된 개체에 꽃마름병을 접종하였다. 사용된 균주는 영양에서 채집한 Rs001 균주로 OD값 0.3의 농도로 조정하여 주당 10ml씩 관주접종을 실시하고 따로 저항성 평가는 하지 않고 12월 30일 살아남은 개체를 선발하여 2010년 1월 05일 18구 트레이에 이식하였다. 선발개체는 계속 18구 트레이에 재배하여 차세대 종자를 채종하였으며, 일부 선발개체는 직경 30cm화분의 토양에 이식하여 세포질웅성불임성 회복유전자 검정을 위한 교배모본으로 사용하였다.

고추 역병 - 꽃마름병 복합저항성 육성용 교배의 BC₁F₃ 및 F₄세대 검정

2009년 실험에서 선발된 개체와 대조품종 총 26계통을 2010년 7월 7일 원조믹스 상토를 사용하여 200구 트레이에 파종하였다. 파종 후 45일경 2009년의 방법과 동일하게 고추 역병균주, Pc007을 호박에 접종하여 준비한 유주자낭 현탁액(4x10⁴ zoospore/ml)을 관주 접종한 후 7일 간격으로 4회 조사한 뒤 선발된 개체에서 밀양 무안에서 채집한 꽃마름병 균주, Rs005를 이 전실험과 동일한 방법으로 OD값 0.5로 조정하여 접종하였다.

실험3. 역병-꽃마름병 복합저항성 계통의 세포질웅성불임 회복유전자형 검정

2009년 2차 실험에서 선발된 BC₁F₂, F₃세대의 CMS-Rf 유전자 구멍을 위해 ‘칠복1호’를 세포질 웅성 불임성(CMS-A, *Srff1*)으로 육성한 칠복-A에 총 12개

선발계통을 교배하여 F₁을 채종하였다.

2010년 7월7일 임성검정용 F₁조합 12계통을 원조믹스 상토를 담은 200구에 파종하였다. 파종후 30일후 50구에 이식하여 첫 분지가 갈라지고 첫 꽃이 필 때 꽃을 육안 및 현미경을 사용하여 화분의 유무에 따라 가임과 불임으로 조사를 하였다.

결과 및 고찰

고추 역병 - 꽃마름병 복합저항성 계통의 BC₁F₁ 및 F₃세대 검정(2009)

역병-꽃마름병 복합저항성 육성용 BC₁F₁ 및 F₃세대의 역병에 대한 저항성을 검정한 결과는 Table 1과 같다. 분리집단이었기 때문에 각 계통 내에 발병 개체가 많아 지상부는 1.4에서 2.9, 지하부는 2.5에서 3.7의 범위로 나타났다. 전체적으로 보아 역병 저항성 육성 품종 칠복1호에 여교배한 집단(BC₁)은 F₂에 비해 발병이 적었다. 여기서 발병이 적은 개체들을 골라 18구 트레이의 원조믹스 상토로 이식한 후 꽃마름병을 접종하여 발병하는 개체는 도태하고 생존하는 개체에서 종자를 받아 세대진행을 하였다. 또한 바이러스병에 심하게 걸리는 개체도 도태하였다.

고추 역병 - 꽃마름병 복합저항성 계통의 BC₁F₂ 및 F₃세대 검정(2009하)

고추 역병- 꽃마름병 복합저항성 계통의 BC₁F₂, F₃세대의 역병 저항성 검정결과는 Table 2와 같다. 이병성 대조품종인 칠성초의 발병도가 조금 낮아 전반적으로 발병이 조금 적은 편이었다. 이는 동절기에 접종하여 환경조건이 발병에 다소 불리하여 나타난 결과로 사료된다. 선발계통들은 앞 세대보다 발병도가 현저히 낮아 선발의 효과가 뚜렷하였다. 그 중 09JJ05, 즉 BC₁F₂(Chilbok x KC995-2)-4와 09JJ28, 즉 BC₁F₂(Chilbok x KC1009-3)-4는 타 계통들보다 발병이 많아 우선 도태되었다. 꽃마름병 접종 후 따로 발병도는 조사하지 않고 이병개체를 뽑아내고, 살아남은 개체를 유지하여 다음 세대 종자를 채종하였다.

Table 1. Resistance to Phytophthora blight of F₂ and BC₁F₁ lines

2009BN	Line	No. of plants	Disease index			
			Stem rot ²		Root rot ³	
09J101	BC ₁ (Chilbok x KC995-2)	113	1.7	ab ^x	3.0	bc
09J102	F ₂ (Chilbok x KC1055-1)	87	2.9	e	3.7	e
09J103	BC ₁ (Chilbok x KC1055-1)	122	1.9	bc	3.3	d
09J104	BC ₁ (Chilbok x KC350-3)	120	2.1	c	3.1	cd
09J106	F ₂ (Chilbok x KC980-3)	128	2.4	d	3.3	d
09J107	BC ₁ (Chilbok x KC980-3)	95	2.0	bc	2.6	a
09J109	BC ₁ (Chilbok x KC999-3)	112	1.4	a	2.7	ab
09J111	BC ₁ (Chilbok x KC1009-3)	125	1.6	ab	2.7	ab
09J112	F ₂ (Chilbok x KC351-2)	127	1.7	ab	2.8	abc
09J113	BC ₁ (Chilbok x KC351-2)	96	1.4	a	2.5	a

²1=No disease symptom observed; 2=necrotic lesion on stem but still surviving; 3=wilting; 4=dried and dead.

³1=No root rot observed; 2=about 25% root rot; 3=about 50% root rot; 4=about 75% root rot; 5=complete root rot.

^xMean separation within columns by Duncan's multiple range test, p≤0.05.

고추 역병 - 풋마름병 복합저항성 계통의 BC₁F₃ 및 F₄세대 검정(2010)

2009년의 실험에서 종자를 받아 육성한 역병-풋마름병 복합저항성 BC₁F₃ 및 F₄ 계통의 역병 저항성 검정의 결과는 Table 3과 같다. 칠복 x KC995, 칠복 x KC1009, 칠복 x KC351 조합의 선발계통들이 현재 까지 선발되어 왔으며, 선발계통들은 10JJ010, 즉 BC₁F₃(Chilbok x KC1009-4)-1-5을 제외하고는 대체로 우수한 저항성을 나타냈었다. 선발계통들은 역병 저항성 품종으로 판매되고 있는 교배종 '무한질주' 품종과 비슷한 수준의 저항성을 나타내었다. '무한질주'는 시판 품종 중에서 역병 저항성 수준이 가장 높은 균에 속하는 것으로 알려져 있다(Kim 등, 2010). 이병성 대조품종으로 공시된 칠성초, KC264, 금담 품종이 모두 말라죽어 발병은 충분한 것으로 사료되었다. 한편 역병, 흰별무늬병(*Stemphylium* spp.) 복합저항성으로 육성한 F₆(KC220 x KC268) 계통들도 무한질주나 풋마름-역병 복합저항성 육성 계통들과 비슷한 수준의 저항성을 나타내었다(Cho 등, 2001; Kim 등, 2004a, 2004b). 이들은 숙기가 늦은 단점이 있으나 과실이 큰 편이어서 활용도가 있을 것으로 사료된다. F₄(Chilbok x KC268)은 역병 저항성으로 육성한 칠성초와 역병에 중도저항성인 KC268을 교배하여 집단선발로 육성한 F₄집단으로 세포질웅성불임과 관련해서

는 유지계(*Nrff*)의 유전자형을 가질 것으로 기대되며 저항성은 무한질주와 비슷한 수준이었다. 바이러스에 강하고 숙기가 빠른 계통을 선발하여 세포질웅성 불임계로 육성하는 방안을 생각하고 있다. 역병 저항성 검정 이후 살아남은 개체를 선발하여 선발된 개체에 풋마름병을 접종하여 선발을 계속하고 있다.

역병-풋마름병 복합저항성 계통의 웅성불임계통 육성

2009년 역병-풋마름병 접종결과 살아남은 BC₁F₂ 선발개체를 칠복 CMS-A에 교배를 하여 그 F₁의 임성을 검정한 결과는 Table 4와 같다. 교배 결과 BC₁F₂(Chilbok x KC995)-1-1와 BC₁F₂(Chilbok x KC1009)-1-5개체를 제외한 모든 개체가 CMS-A와의 교배에서 웅성불임성의 F₁ 식물을 생산하여 유지계(CMS-B Line, *Nrff*)로 나타났다. 이는 '칠복'과 KC351은 유지계(*Nrff*)이며, KC995와 KC1009는 회복계(*N(S)RfRf*)로 알려져 있음(Kim, 등, 2004a; Tran, 2007)을 감안하면 기대되는 바와 같이 나타났다. 즉, KC995와 KC1009를 회복친으로 한 교배의 경우 BC₁F₂ 선발개체들은 *Nrff*로 고정되거나 *NRfRf*, *2NRff*, *Nrff*로 분리할 것으로 기대된다. 본 실험에서는 *Nrff*로 고정된 것이 많고 일부는 분리하고 있었다. KC351은 그 자체가 *Nrff*이며, 칠복도 *Nrff*이므로 그 교배 후손도 모두 *Nrff*로 기대되는데 결과도 그렇게 나왔다. 유지계로

역병-꽃마름병 복합저항성 세포질용성불임계 고추 육성

Table 2. Resistance to Phytophthora blight of F₃ and BC₁F₂ lines

09BN	Line	No. of plants	Disease index			
			Stem rot ^z		Root rot ^y	
09JJ01	BC ₁ F ₂ (Chilbok x KC995-2)-B	76	1.5	a-g ^x	1.7	a-g
09JJ02	BC ₁ F ₂ (Chilbok x KC995-2)-1	26	1.0	a	1.0	a
09JJ03	BC ₁ F ₂ (Chilbok x KC995-2)-2	23	1.4	a-e	1.6	a-e
09JJ04	BC ₁ F ₂ (Chilbok x KC995-2)-3	17	1.0	a	1.0	a
09JJ05	BC ₁ F ₂ (Chilbok x KC995-2)-4	25	1.8	d-g	2.2	c-g
09JJ06	BC ₁ F ₂ (Chilbok x KC1055-1)-1	26	1.7	a-g	2.0	a-g
09JJ07	BC ₁ F ₂ (Chilbok x KC1055-1)-2	22	1.0	a	1.0	a
09JJ08	BC ₁ F ₂ (Chilbok x KC1055-1)-3	26	1.0	a	1.1	a
09JJ09	BC ₁ F ₂ (Chilbok x KC1055-1)-4	23	1.0	a-c	1.0	ab
09JJ10	BC ₁ F ₂ (Chilbok x KC1055-1)-5	26	1.2	a-c	1.4	ab
09JJ11	BC ₁ F ₂ (Chilbok x KC350-3)-1	26	1.1	a-c	1.2	ab
09JJ12	BC ₁ F ₂ (Chilbok x KC350-3)-2	19	1.0	a	1.0	a
09JJ13	BC ₁ F ₂ (Chilbok x KC350-3)-3	26	1.0	a	1.0	a
09JJ14	BC ₁ F ₂ (Chilbok x KC350-3)-4	21	1.0	a	1.0	a
09JJ15	BC ₁ F ₂ (Chilbok x KC980-3)-1	11	1.0	a	1.1	a
09JJ16	BC ₁ F ₂ (Chilbok x KC980-3)-2	26	1.0	ab	1.1	a
09JJ17	BC ₁ F ₂ (Chilbok x KC980-3)-3	26	1.3	a-f	1.5	a-f
09JJ18	BC ₁ F ₂ (Chilbok x KC980-3)-4	26	1.0	a	1.0	a
09JJ19	BC ₁ F ₂ (Chilbok x KC980-3)-5	21	1.0	a	1.0	a
09JJ20	BC ₁ F ₂ (Chilbok x KC999-3)-1	23	1.0	a	1.0	a
09JJ21	BC ₁ F ₂ (Chilbok x KC999-3)-2	26	1.5	a-f	1.7	a-g
09JJ22	BC ₁ F ₂ (Chilbok x KC999-3)-3	17	1.0	a	1.0	a
09JJ23	BC ₁ F ₂ (Chilbok x KC999-3)-4	26	1.0	a	1.0	a
09JJ24	BC ₁ F ₂ (Chilbok x KC999-3)-5	26	1.3	a-c	1.3	ab
09JJ25	BC ₁ F ₂ (Chilbok x KC1009-3)-1	26	1.0	a	1.0	a
09JJ26	BC ₁ F ₂ (Chilbok x KC1009-3)-2	26	1.7	a-f	2.0	a-f
09JJ27	BC ₁ F ₂ (Chilbok x KC1009-3)-3	26	1.0	a	1.0	a
09JJ28	BC ₁ F ₂ (Chilbok x KC1009-3)-4	26	2.0	e-g	2.4	e-g
09JJ29	BC ₁ F ₂ (Chilbok x KC1009-3)-5	20	1.0	a	1.0	a
09JJ30	F ₃ (Chilbok x KC351-2)-1	25	1.9	fg	2.3	fg
09JJ31	F ₃ (Chilbok x KC351-2)-2	24	1.3	a-d	1.3	a-c
09JJ32	F ₃ (Chilbok x KC351-2)-3	26	1.1	a-c	1.5	ab
09JJ33	F ₃ (Chilbok x KC351-2)-4	26	1.1	a-c	1.1	ab
09JJ34	BC ₁ F ₂ (Chilbok x KC351-2)-1	23	1.0	a	1.0	a
09JJ35	BC ₁ F ₂ (Chilbok x KC351-2)-2	24	1.0	a	1.0	a
09JJ36	BC ₁ F ₂ (Chilbok x KC351-2)-3	26	1.1	a-c	1.3	ab
09JJ37	BC ₁ F ₂ (Chilbok x KC351-2)-4	16	1.0	a	1.1	a
09JJ38	Chilbok-A	16	1.2	a-c	1.3	ab
09JJ39	Chilseongcho	16	3.3	i	4.0	h

^z1=No disease symptom observed; 2=necrotic lesion on stem but still surviving; 3=wilting; 4=dried and dead.

^y1=No root rot observed; 2=about 25% root rot; 3=about 50% root rot; 4=about 75% root rot; 5=complete root rot.

^xMean separation within columns by Duncan's multiple range test, p≤0.05.

Table 3. Resistance to Phytophthora blight of F₄ and BC₁F₃ lines

10BN	Line	No. of plants	Disease index			
			Stem rot ^z		Root rot ^y	
10JJ001	BC ₁ F ₃ (Chilbok x KC995-2)-B-1	45	1.0	a ^x	1.3	a-c
10JJ002	BC ₁ F ₃ (Chilbok x KC995-2)-B-2	45	1.2	a	1.7	c-f
10JJ003	BC ₁ F ₃ (Chilbok x KC995-2)-B-5	45	1.0	a	1.7	c-f
10JJ004	BC ₁ F ₃ (Chilbok x KC995-2)-B-6	45	1.0	a	1.4	a-e
10JJ005	BC ₁ F ₃ (Chilbok x KC995-2)-B-7	42	1.1	a	1.9	ef
10JJ006	BC ₁ F ₃ (Chilbok x KC995-3)-1-1	37	1.0	a	1.1	a
10JJ007	BC ₁ F ₃ (Chilbok x KC995-4)-3-1	45	1.1	a	1.7	c-f
10JJ008	BC ₁ F ₃ (Chilbok x KC995-4)-3-3	45	1.1	a	1.5	a-f
10JJ009	BC ₁ F ₃ (Chilbok x KC1009-3)-1-2	34	1.1	a	1.9	f
10JJ010	BC ₁ F ₃ (Chilbok x KC1009-4)-1-5	36	2.0	b-d	3.5	ij
10JJ011	F ₄ (Chilbok x KC351-2)-1-2	38	1.0	a	1.1	ab
10JJ012	F ₄ (Chilbok x KC351-2)-2-3	45	1.2	a	2.5	g
10JJ013	BC ₁ F ₃ (Chilbok x KC351-2)-3-3	45	1.1	a	2.6	g
10JJ014	Chilseongcho	25	4.0	e	5.0	k
10JJ015	KC264(Hwabong)	34	4.0	e	5.0	k
10JJ016	F ₆ (KC220 x KC268)-1	43	1.0	a	1.3	a-d
10JJ017	F ₆ (KC220 x KC268)-2	45	1.0	a	1.4	a-e
10JJ018	F ₆ (KC220 x KC268)-3	45	1.2	a	1.6	b-f
10JJ019	F ₄ (Chilbok x KC268)	36	1.1	a	1.8	ef
10JJ020	F ₂ (PVRSubi x JugokSubi)	200	1.7	b	3.2	hi
10JJ021	F ₂ (PVRSubi x KC1152)	180	1.9	bc	3.2	hi
10JJ022	Chilbok-A	43	1.0	a	1.3	a-c
10JJ023	Chilbok	44	1.0	a	1.6	a-f
10JJ024	KC268-A	38	1.2	a	1.4	a-e
10JJ025	Muhanjilju (Resistant control)	50	1.0	a	1.8	d-f
10JJ026	Geumtap (Susceptible control)	49	4.0	e	5.0	k

^z1=No disease symptom observed; 2=necrotic lesion on stem but still surviving; 3=wilting; 4=dried and dead.

^y1=No root rot observed; 2=about 25% root rot; 3=about 50% root rot; 4=about 75% root rot; 5=complete root rot.

^xMean separation within columns by Duncan's multiple range test, p≤0.05.

Table 4. Fertility of F₁ plants between a cytoplasmic male sterile, 'Chilbok-A' and F₄ and BC₁F₃ lines selected for resistance to bacterial wilt and Phytophthora blight .

2010BN	Chilbok-A x Lines crossed	Number of plant	Not flowered	MF	MS
10JJ201	09JJ01-1(BC ₁ F ₂ (Chilbok x KC995))	24	-	-	24
10JJ202	09JJ01-2(BC ₁ F ₂ (Chilbok x KC995))	21	-	-	21
10JJ203	09JJ01-5(BC ₁ F ₂ (Chilbok x KC995))	25	2	-	23
10JJ204	09JJ01-7(BC ₁ F ₂ (Chilbok x KC995))	15	2	-	13
10JJ205	09JJ02-1(BC ₁ F ₂ (Chilbok x KC995))	25	1	1	23
10JJ206	09JJ03-1(BC ₁ F ₂ (Chilbok x KC995))	25	1	-	24
10JJ207	09JJ03-3(BC ₁ F ₂ (Chilbok x KC995))	25	1	-	24
10JJ208	09JJ25-2(BC ₁ F ₂ (Chilbok x KC1009))	17	4	-	13
10JJ209	09JJ25-5(BC ₁ F ₂ (Chilbok x KC1009))	18	1	7	10
10JJ210	09JJ30-2(F ₃ (Chilbok x KC351))	18	-	-	18
10JJ211	09JJ30-3(F ₃ (Chilbok x KC351))	24	-	-	24
10JJ212	09JJ36-3(BC ₁ F ₂ (Chilbok x KC351))	13	-	-	13

나타난 계통들은 모계로 최종 선발되면 CMS-A에 계속 여교배하여 웅성불임성으로 육성하면 역병과 풋마름병에 저항성을 갖춘 웅성불임계로 되어 모계로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

최근 역병 저항성 품종이 널리 보급되고 있으며 이는 *P. capsici*균에 대한 선발압(selection pressure)으로 작용하여 보다 강한 병원력(virulence)을 갖춘 균의 출현이 예상되며(Kim 등, 2010), 이에 대응하기 위해서는 양친에 모두 저항성을 도입하는 것이 필요할 것으로 생각된다. 이에 본 연구에서와 같이 육성된 저항성 세포질웅성불임계(CMS)는 매우 유용하게 이용될 수 있을 것으로 기대된다.

적 요

칠성초에 역병 저항성을 도입한 칠복1호에 베트남 도입 풋마름병 저항성 계통을 교배하여 육성한 F₂ 및 BC₁F₁에서부터 F₄ 및 BC₁F₃까지 역병-풋마름병 복합 저항성 선발을 2009년도와 2010년도에 걸쳐 수행하였다. 매 세대 역병을 접종하여 저항성을 평가하여 선발하고 선발개체에 풋마름병을 접종하여 감염되는 개체는 도태하였다.

역병에 대한 저항성은 선발과 함께 현저히 향상되었으며, 선발계통들은 역병 저항성으로 판매되고 있는 교배종 '무한질주'와 비슷한 수준의 저항성을 나타내었다.

BC₁F₂ 선발개체를 칠복CMS-A라인에 교배를 하여 F₁의 임성을 보고 화분친의 CMS-Rf유전자형을 검정하였다. 대부분 *Nrff*로 고정되고, 칠복 x KC995, 칠복 x KC1009 조합의 일부 개체가 이형(heterozygote) 상태인 것으로 확인되었다.

인용문헌

1. Cho, H.J., B.S. Kim and H.S. Hwang. 2001. Resistance to gray leaf spot in Capsicum peppers. HortScience 36:752-754.
2. Gil Ortega, R., C. Palazón Español, and J. Cuartero Zueco. 1990. Genetics of resistance to *Phytophthora capsici* in the Mexican pepper 'Line 29'. *Bulletin EPP/EPPO Bulletin* 20 : 117-112
3. Gil Ortega, R., C. Palazón Español, and J. Cuartero Zueco. 1991. Genetics of resistance to *Phytophthora capsici* in the pepper line 'SCM-334'. *Plant Breeding* 107 : 50-55
4. Gil Ortega, R., C. Palazón Español, and J. Cuartero Zueco. 1991. Genetics of resistance to *Phytophthora capsici* in the pepper line 'SCM-334'. *Plant Breeding* 107 : 50-55
5. Hur, J.M., Y.S. Lee, B.S. Kim and C.H. Cho. 1990. Evaluation and inheritance of resistance to *Phytophthora* blight in pepper. *Korean J. Plant Pathol.* 6:447-451.
6. Hwang, B. K. and C.H. Kim. 1995. *Phytophthora* blight of pepper and its control in Korea, *Plant Dis.* 79(3):221-227.
7. Hwang, H.S. and B.S. Kim. 1997. Testing *Phytophthora* resistant lines of hot pepper for nuclear genotype interacting with male sterile cytoplasm. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 38:684-687.
8. Hwang, H.S. and B.S. Kim. 2002. Breeding maintainer and restorer lines of cytoplasmic male sterility resistant to *Phytophthora capsici* in Capsicum pepper. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 43:143-150.
9. Kim, B.S. and J.D. Cheung, 1998. Resistance to bacterial wilt of introduced peppers. *Korean J. Plant Pathol.* 14:217-219.
10. Kim, B.S. and H.S. Hwang, 2002, Introduction of resistance to *Phytophthora capsici* into 'Chilseongcho', a local pepper cultivar in Youngyang, using backcross method. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 20:77-80.
11. Kim, B.S. and Y.S. Lim. 1994. Resistance to Bacterial wilt in pepper(*Capsicum annuum*). *Korean J. Plant Pathol.* 10:73-77

12. Kim, B.S., J.H. Han, Y.S. Joo, and J.H. Kim. 2004a. Genotyping of the sources of resistance to bacterial wilt in pepper (*Capsicum annuum* L.) with respect to fertility-restoring gene interacting with male sterile cytoplasm. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 45:27-30.
13. Kim, B.S., S.H. Yu, H.J. Cho and H.S. Hwang. 2004b. Gray leaf spot in peppers caused by *Stemphylium solani* and *S. lycopersici*. Plant Pathol. J. 20:85-91.
14. Kim, B.S., H.S. Hwang, J.Y. Kim, and J.H. Han. 2001. Additional sources of resistance to Phytophthora blight in pepper. Jour. Kor. Soc. Hort. Sci. 42:233-237.
15. Kim, B.S., J.M. Hwang, Y.K. Lee, C.E. Chung, J.S. Kim, H.J. Jee, H.S. Choi, and T.R. Kwon. 2009. Diseases and insect pests of pepper, the diagnosis and control. Gyeongbuk Pepper Industry Academy and Research Federation.
16. 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.
17. Kimble, K. A. and R.G. Grogan 1960. Resistance to Phytophthora root rot pepper. *Plant Dis. Rep.* 44 : 872-873
18. Matos, F.S.A., C.A. Lopes, and A. Takatsu. 1990. Identification of sources of resistance to *Pseudomonas solanacearum* in *Capsicum* spp. Hort. Bras 8(1):22-23.
19. Tran, N. H. 2007. Inheritance of Resistance to Bacterial Wilt (*Ralstonia solanacearum*) in Pepper(*Capsicum annuum* L.). Ph. D. dissertation. Kyungpook National University, Korea.
20. Yu, I.O. 1990. The inheritance of male sterility and its utilization for breeding pepper (*Capsicum* spp.). Ph. D. dissertation, Kyung Hee University.