

탄저병(*Colletotrichum orbiculare*)에 대한 박과작물의 저항성

심선아^{1,2} · 장경수¹ · 최용호¹ · 김진철¹ · 김흥태² · 최경자^{1*}

¹한국화학연구원 바이오화학연구센터, ²충북대학교 식물 의학과

Resistance Degree of Cucurbits Cultivars to *Colletotrichum orbiculare*

Sun-Ah Shim^{1,2}, Kyoung Soo Jang¹, Yong Ho Choi¹, Jin-Cheol Kim¹, Heung Tae Kim², and Gyung Ja Choi^{1*}

¹Research Center for Biobased Chemistry, Korea Research Institute of Chemical Technology, Daejeon 305-600, Korea

²Department of Plant Medicine, College of Agriculture, Life Science and Environment, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea

Abstract. Anthracnose disease caused by *Colletotrichum orbiculare*, induces severe damage to cucurbits worldwide. Resistance of 112 commercial cultivars of cucurbits to *C. orbiculare* was evaluated. Seedlings of each cultivar at 2- to 3-leaf stage were inoculated with *C. orbiculare* KACC 40809 by spraying spore suspension of the fungus at a concentration of 4.0×10^5 spores/mL. Among the 36 cultivars of cucumber, 'Asiastrike', 'Tongilbaedadagi', 'Daeseon', 'Cheongrokmatjjang', 'Nokyacheongcheong', and 'Asianogak' were moderately resistant and the others were susceptible. All the tested cultivars of melon (33) and watermelon (4) showed highly susceptible response to *C. orbiculare*. On the other hand, the squash cultivars (17) represented less susceptibility to the fungus than the other cucurbits. Of the squash cultivars, 'Gammirak' and 'Teotbat' were resistant and 12 cultivars were moderately resistant. Among the rootstocks for cucurbits, ten cultivars including 'JjeuyakaEX', 'Nunbusyeo', 'Union', 'RS111', 'Ganggeuntoza', 'Hwangjaetoza', 'NO.8', 'Shintoza', 'Bulpaetoza', and 'Newtype' showed high resistance to the anthracnose pathogen. From the results, the resistant cultivars could be used as sources of resistance to cucurbits anthracnose (*C. orbiculare*) in the future breeding programs.

Additional key words: anthracnose, breeding, cucumber, rootstocks, watermelon

서 언

Colletotrichum spp.에 의한 탄저병은 채소 및 과수 등 다양한 작물에 발생하여 경제적으로 많은 손실을 일으키고 있다(Agrios, 2005). 대표적인 탄저병균으로는 *C. orbiculare* (Syn. *C. lagenarium*), *C. acutatum*, *C. gloeosporioides*, *C. lindemuthianum* 및 *C. sublineolum* 등이 있다. 탄저병균은 작물 지상부의 거의 모든 부위를 침해할 수 있으며, 기주 식물의 잎, 줄기, 과실 등에 병반을 형성하고 병이 진전되면 조직 괴사, 썩음, 가지 마름 등의 증상을 나타낸다. 박과작물을 재배하는 지역에서 가장 심각한 병해 중 하나인 탄저병은 *C. orbiculare*에 의해 발생하며, 1867년 이탈리아에서 처음 발견되었다(Sherf and Macnab, 1986). 그 이후 유럽, 아시아, 북아메리카, 오스트레일리아 등에 발생하기 시작하여

현재에는 전 세계적으로 큰 피해를 주는 병으로 보통 따뜻하고 습기가 많은 곳에서 발생한다. 병원균의 분생포자는 습도가 높을 경우 잘 형성되고 비가 내릴 때 빗방울이 전염원이 되며 특히 장마철에 많이 발생한다(Agrios, 2005). 우리나라에서는 시설재배를 많이 하는 경남, 충남지역에 많이 발생하는 것으로 알려져 있다(Huh et al., 2010).

Goode(1958)는 *C. orbiculare*를 오이, 수박 및 호박 품종들에 대한 병원성에 따라 race 1, 2, 3으로 분류하였다. Race 1은 실험에 사용한 모든 오이 품종에 탄저병을 일으켰고, 수박 품종 중 'Charlestone Grey', 'Congo' 및 'Fairfax'에는 약한 병원성을, 그리고 호박 품종 'Butternut'은 중도저항성을 나타내었다. 이와 달리 race 2 병원균은 실험한 모든 수박과 오이 품종에서 강한 병원성을 보였고, 호박 품종 'Butternut'은 중도 저항성을 보였다. 그리고 race 3은 'Butternut'이

*Corresponding author: kjchoi@kriict.re.kr

※ Received 18 August 2012; Revised 20 December 2012; Accepted 8 February 2013. 본 연구는 농림수산식품부 농림기술개발사업의 채소병리 김정지원사업단(과제번호: 609002-5호)의 지원에 의해 이루어진 것이다.

immune 반응을 보이는 것을 제외한 나머지 반응은 모두 race 1과 동일하였다. 그 이후에 Dutta et al.(1960)와 Jenkins et al.(1964)은 추가적인 품종들을 사용하여 race 4, 5, 6, 7을 보고하였다. 이들 중 race 1과 2가 가장 널리 분포하고 있으며 강한 병원성을 나타낸다(Sitterly, 1973). 그 이후에 수행한 DNA marker와 vegetative compatibility grouping(VCG) 등의 연구 결과는 이들 7개 race 구분과 일치하지 않았다. 그리고 *C. orbiculare* race 1에 대한 저항성 유전자는 race 3에 대한 저항성 유전자와 동일한 것이라고 보고되었다(Hall et al., 1960; Sherf and Macnab, 1986). 따라서 7개 race보다는 2개 race 즉 오이와 멜론을 주로 감염하는 race 1(예전 race 1, 3)과 수박을 주로 침입하는 race 2(예전 race 2)로 구분하는 것이 바람직하다고 하였다(Sitterly and Keinath, 1996; Wasilwa et al., 1993).

박과작물 탄저병을 방제하기 위하여 무병 종자 재배 그리고 합성농약을 이용한 화학적 방제 등이 주로 사용되고 있으며, 외국에서는 저항성 품종을 재배하는 경우도 있다. 탄저병에 대한 합성 살균제의 방제 효과는 낮은 편이며 특히 방제 시기를 놓칠 경우 큰 피해를 주게 된다(Agrios, 2005). 그리고 환경 문제에 대한 관심이 증가하고 유기농산물에 대한 수요가 증가하면서 생물적 방제나 저항성 품종에 대한 관심이 높아지고 있다. 한편 경제, 사회적 측면에서 박과작물 탄저병에 대한 친환경적인 방제 방법은 저항성 품종을 재배하는 것이다. 하지만 우리나라에서는 탄저병에 저항성인 박과작물 품종이 거의 개발되어 있지 않다. 그리고 고추, 콩, 수수 등의 작물에서는 탄저병 저항성 유전자원 발굴, 저항성 유전 및 저항성 유전자 규명 연구가 활발히 진행된 반면 박과작물 탄저병에 대한 연구는 거의 보고되지 않았다(AVRDC, 1999, 2003; Chala and Tronsmo, 2012; Goncalves-Vidigal et al., 2011, 2012; Kelly and Vallejo, 2004; Lee et al., 2010; Lee and Kim, 2012; Pakdeevaporn et al., 2005; Yoon et al., 2004).

본 연구는 우리나라 박과작물 시판 품종들의 탄저병에 대한 저항성 정도를 조사하고 그리고 탄저병 저항성 육종을 위한 재료를 확보하고자, 오이, 수박, 멜론, 참외 및 호박 등의 박과작물 112개 품종들의 *C. orbiculare*에 대한 저항성을 검정하였다.

재료 및 방법

식물 재배

시판 중인 참외 6개 품종, 수박 4개 품종, 호박 17개 품종, 멜론 27개 품종, 오이 36개 품종, 그리고 대목 22개 품종을 구입하여 실험에 사용하였다. 일회용 포트(직경 7.0cm, 200mL)에

원예용 상토 썩썩이(농우바이오사)를 넣고 각 품종의 종자를 1립씩 파종하여 온실(25 ± 5°C)에서 본엽이 전개되기 직전까지 재배하였다. 그리고 이후에는 흰가루병 감염을 회피하기 위하여 25°C 생육상으로 이동하여 하루에 12시간씩 광을 조사하면서 재배하였다. 각 품종의 유묘를 2-3엽기까지 재배한 후에 접종 실험에 사용하였다. 각 실험에는 이병성 대조 품종으로 ‘백미백다다기오이’(동부한농)를 포함하여 실험하였다.

접종원 준비

박과작물 탄저병을 일으키는 *C. orbiculare*는 농업과학기술원 한국농업미생물자원센터(Korean Agricultural Culture Collection, KACC)로부터 분양받은 KACC 40809 균주를 사용하여 실험하였다. KACC 40809 균주의 균사조각을 potato dextrose agar(Becton, Dickinson and Co.) 배지 중앙에 올려 놓아 접종하고, 25°C에서 5일 동안 배양하여 포자를 형성하였다. 배양한 탄저병균 plate에 차가운 멸균수(4°C)를 넣고 멸균한 붓으로 포자를 수확하였으며, 균사를 제거하기 위하여 2겹의 가제로 여과하여 포자현탁액을 준비하였다(Wasilwa et al., 1993). 그리고 광학현미경 하에서 hemocytometer를 이용하여 포자 수를 조사하고 멸균수로 희석하여 포자 농도가 4.0×10^5 spores/mL가 되도록 조정하여 접종원으로 사용하였다. 탄저병균이 유묘에 부착하는데 도움을 주기 위하여 준비한 포자현탁액에 Tween 20을 250µg·mL⁻¹ 농도가 되도록 첨가하였다.

접종 및 병조사

2-3엽기의 박과작물 유묘에 *C. orbiculare*의 포자현탁액을 흘려내리기 직전까지 분무하여 접종한 후, 25°C 습실상에서 암상태로 48시간 동안 배양하였다. 습실처리한 유묘는 항온항습실(25°C, 상대습도 80%)로 이동하여 하루에 12시간씩 광을 처리하며 재배하여 탄저병 발생을 유도하였다. 접종 9-11일 후에 각 유묘의 본엽 1엽의 발병 정도를 조사하였다. 발병도 조사는 0 = 건전, 1 = 1-10%의 병반면적율, 2 = 11-20%의 병반면적율, 3 = 21-50%의 병반면적율, 4 = 51-75%의 병반면적율, 5 = 76-90%의 병반면적율, 6 = 90% 이상의 병반면적율 등 7단계로 하였으며, 평균 발병도가 1.0 이하인 경우에는 저항성, 1.0 초과 2.5 이하는 중도저항성, 2.5 초과는 감수성으로 판정하였다(Wasilwa et al., 1993). 그리고 모든 실험은 3반복씩 2회 실시하였다.

결과 및 고찰

오이 품종들의 탄저병 저항성

*C. orbiculare*에 대한 오이 36개 품종의 저항성을 실험한

결과, 6개 품종은 중도저항성을 그리고 30개 품종은 감수성을 보였다(Table 1). 탄저병 저항성 품종으로 시판되었던 ‘아시아스트라이크’는 중도저항성을 나타내었으며, 그 외에

‘서포트’, ‘통일백다다기’, ‘대선오이’, ‘청록맛짱’, ‘녹야청청’ 및 ‘아시아노각’ 등은 저항성 중도저항성을 보였다(Table 1). 그러나 실험한 36개 품종 중 탄저병(*C. orbiculare*)에 대

Table 1. Resistance degree of 36 commercial cultivars of cucumber to *Colletotrichum orbiculare*^z.

Cultivar	Scientific name	Disease index	Response
Asiastrike	<i>Cucumis sativus</i>	1.7 ± 0.6 ^y	MR ^x
Daeseon	<i>Cucumis sativus</i>	2.0 ± 0.0	MR
Tongilbaedadagi	<i>Cucumis sativus</i>	2.0 ± 0.0	MR
Asianogak	<i>Cucumis sativus</i>	2.3 ± 0.6	MR
Cheongrokmatjjang	<i>Cucumis sativus</i>	2.3 ± 1.2	MR
Nokyacheongcheong	<i>Cucumis sativus</i>	2.3 ± 0.0	MR
Hodongcheongjang	<i>Cucumis sativus</i>	2.7 ± 0.6	S
MiinBaekdadagi	<i>Cucumis sativus</i>	2.7 ± 0.6	S
Singsingbaekdadagi	<i>Cucumis sativus</i>	2.7 ± 0.6	S
Welbeingmatjjang	<i>Cucumis sativus</i>	2.7 ± 0.6	S
Asiacheongjang	<i>Cucumis sativus</i>	3.0 ± 1.0	S
Dragonsamcheok	<i>Cucumis sativus</i>	3.0 ± 0.0	S
Euncheonbaekdadagi	<i>Cucumis sativus</i>	3.0 ± 1.0	S
Glorysamcheok	<i>Cucumis sativus</i>	3.0 ± 0.0	S
Hanseongbaekdadagi	<i>Cucumis sativus</i>	3.0 ± 1.0	S
Ildongcheongjang	<i>Cucumis sativus</i>	3.0 ± 0.0	S
Asiaunchun	<i>Cucumis sativus</i>	3.3 ± 0.6	S
Eunmieseou	<i>Cucumis sativus</i>	3.3 ± 0.6	S
Guwolbanbaek	<i>Cucumis sativus</i>	3.3 ± 0.6	S
Nakdongcheongjang	<i>Cucumis sativus</i>	3.3 ± 1.5	S
Gyedaebaekgwa	<i>Cucumis sativus</i>	3.7 ± 2.1	S
Haneulbaekdadagi	<i>Cucumis sativus</i>	3.7 ± 0.6	S
Mujinjang	<i>Cucumis sativus</i>	3.7 ± 1.2	S
Baekchimmatjjang	<i>Cucumis sativus</i>	4.0 ± 1.7	S
Nebakja	<i>Cucumis sativus</i>	4.0 ± 2.0	S
Odaebaekdadagi	<i>Cucumis sativus</i>	4.0 ± 1.0	S
Cheonghwaheukjinju	<i>Cucumis sativus</i>	4.3 ± 1.2	S
Shinjeongpung	<i>Cucumis sativus</i>	4.3 ± 0.6	S
Nodajibaekdadagi	<i>Cucumis sativus</i>	4.7 ± 0.6	S
Minisayeop	<i>Cucumis sativus</i>	4.7 ± 0.6	S
Reoseuboy	<i>Cucumis sativus</i>	4.7 ± 2.3	S
Shinsedae	<i>Cucumis sativus</i>	4.7 ± 0.6	S
Wolhasamcheok	<i>Cucumis sativus</i>	5.3 ± 0.6	S
Heukryongsamcheok	<i>Cucumis sativus</i>	6.0 ± 0.0	S
Jeongseonsamcheok	<i>Cucumis sativus</i>	6.0 ± 0.0	S
Jungboksamcheok	<i>Cucumis sativus</i>	6.0 ± 0.0	S
BaekmiBaekdadagi	<i>Cucumis sativus</i>	2.6 ± 0.9	S

^zSeedlings of cucumber cultivars at 2- to 3-leaf stage were inoculated with *C. orbiculare* KACC 40809 by spraying spore suspension of the fungus at a concentration of 4.0×10^5 spores/mL. The inoculated plants were incubated in a dew chamber at 25°C for 48 h and then transferred to growth chamber (25°C, RH 80%). After 9-11 days, disease severity of the plants (the first true leaf) was investigated on a scale of 0-6 (0 = healthy; 1 = 1-10%; 2 = 11-20%; 3 = 21-50%; 4 = 51-75%; 5 = 76-90%; 6 = 90% over).

^yEach value represents the mean (± standard deviation) of two runs with 3 replicates each.

^xResistance response, R = resistant (disease index ≤ 1.0); MR = moderately resistant (1.0 < disease index ≤ 2.5); S = susceptible (disease index > 2.5).

하여 고도의 저항성을 나타내는 품종은 없었다. 탄저병에 저항성인 오이 계통으로 8개의 PI 라인이 보고되었는데, 1개 우성 유전자에 의한 저항성을 가지는 PI 175120, PI 179676, PI 183305, PI 183445, PI 63213, 그리고 1개 유전자 이상이 관여하는 것으로 알려진 partial dominance 저항성을 가지는 PI 197087, 다양한 유전자에 의한 저항성을 가진 PI 163217 및 변이 유전자 저항성인 PI 175111 등이다 (Sherf and Macnab, 1986). 그리고 최근에는 *C. orbiculare* race 1, 2 및 3에 저항성인 오이 품종이 개발되었다(Sitterly and Keinath, 1996).

수박 품종들의 탄저병 저항성

탄저병(*C. orbiculare*)에 대한 수박 4품종(‘꼬꼬마’, ‘서태자꿀’, ‘설강102’ 및 ‘스마트꿀’)의 저항성을 실험한 결과,

실험한 모든 품종은 6.0의 높은 발병도를 보여 고도의 감수성임을 알 수 있었다(Table 2). 농업유전자원으로부터 분양 받은 *C. orbiculare* KACC 40809 균주는 수박에서 분리하였고, 본 연구에서 실험한 대부분의 수박과 오이 품종에서 감수성을 그리고 호박 품종에는 중도저항성을 보이므로 race 2로 추정되나(Goode, 1958; Sitterly and Keinath, 1996), 이를 위해서는 Goode(1958)이 제시한 수박 품종 ‘Charlestone Grey’, ‘Congo’ 및 ‘Fairfax’에서의 저항성 여부를 확인하는 것이 필요하다.

Winstead et al.(1959)는 수박 86개 품종의 *C. orbiculare* race 1, 2, 3에 대한 저항성을 검정한 결과, 75개 품종은 3개 race 모두에 감수성을 보였으며 ‘Black Kleckley’, ‘Blackstone’, ‘Charlestone Gray’, ‘Congo’, ‘Fairfax’, ‘Georgia No 4’, ‘Hope Diamond’, ‘NC-20’, ‘NC-21’ 및 ‘NC-22’ 등 10개

Table 2. Resistance degree of 17 commercial cultivars of squash and 4 commercial cultivars of watermelon to *Colletotrichum orbiculare*^z.

Cultivar	Scientific name	Disease index	Response
Gammirak	<i>Cucurbita maxima</i>	1.0 ± 0.4 ^y	R ^x
Teotbat	<i>Cucurbita moschata</i>	1.0 ± 0.0	R
Danbiseu	<i>Cucurbita maxima</i>	1.3 ± 0.2	MR
Hanson	<i>Cucurbita maxima</i>	1.3 ± 0.0	MR
Crocodile	<i>Cucurbita maxima</i>	1.4 ± 0.5	MR
Hwanggeum	<i>Cucurbita maxima</i>	1.4 ± 1.9	MR
Bomul	<i>Cucurbita maxima</i>	1.7 ± 0.5	MR
Gurijiwang 10	<i>Cucurbita maxima</i>	1.7 ± 0.9	MR
Jindong	<i>Cucurbita moschata</i>	1.7 ± 0.9	MR
Supergeumbiseu	<i>Cucurbita maxima</i>	1.7 ± 0.9	MR
Green	<i>Cucurbita moschata</i>	1.9 ± 1.2	MR
Heukjong	<i>Cucurbita ficifolia</i>	2.0 ± 1.0	MR
Ajiguri 10	<i>Cucurbita maxima</i>	2.5 ± 3.5	MR
Baekbi	<i>Cucurbita maxima</i>	2.5 ± 1.7	MR
Ajjimang	<i>Cucurbita maxima</i>	2.7 ± 0.5	S
Kinka	<i>Cucurbita moschata</i>	2.7 ± 2.3	S
Mannyang	<i>Cucurbita maxima</i>	3.4 ± 0.9	S
Kokoma	<i>Citrullus lanatus</i>	6.0 ± 0.0	S
Seolgang 102	<i>Citrullus lanatus</i>	6.0 ± 0.0	S
Seotajaggul	<i>Citrullus lanatus</i>	6.0 ± 0.0	S
Smartggul	<i>Citrullus lanatus</i>	6.0 ± 0.0	S
Baekmibaekdadagi	<i>Cucumis sativus</i>	2.9 ± 0.6	S

^zSeedlings of cucumber cultivars at 2- to 3-leaf stage were inoculated with *C. orbiculare* KACC 40809 by spraying spore suspension of the fungus at a concentration of 4.0×10^5 spores/mL. The inoculated plants were incubated in a dew chamber at 25°C for 48 h and then transferred to growth chamber (25°C, RH 80%). After 9-11 days, disease severity of the plants (the first true leaf) was investigated on a scale of 0-6 (0 = healthy; 1 = 1-10%; 2 = 11-20%; 3 = 21-50%; 4 = 51-75%; 5 = 76-90%; 6 = 90% over).

^yEach value represents the mean (± standard deviation) of two runs with 3 replicates each.

^xResistance response, R = resistant (disease index ≤ 1.0); MR = moderately resistant (1.0 < disease index ≤ 2.5); S = susceptible (disease index > 2.5).

품종은 race 1과 3에는 저항성을 그리고 race 2에는 감수성을 보였다. 그리고 Jenkins et al.(1964)도 Winstead et al.(1959)와 마찬가지로 *C. orbiculare* race 1에 저항성을 보이는 유전자원은 모두 race 3에도 저항성을 보이거나 race 2에는 감수성이었다고 하였다. 그러나 Rhodes(1979)는 라인 R143이 *C. orbiculare* race 2에 대한 저항성을 가진다는 것을 발견하였고, 그 후 race 2에 저항성인 PI 라인들(270550, 326515, 271775, 271779, 203551, 299379 및 189225)이 보고되었다(Sowell et al., 1980; Suvanprakorn and Norton, 1980). 또 Boyhan et al.(1994)는 76개의 PI 라인 및 품종을 대상으로 저항성을 평가하여 race 2에 저항성을 가지는 PI 512385를 선발하였다. 그러나 지금까지 개발된 탄저병 저항성인 몇 가지 품종들은 race 1과 3에 저항성을 보이는 것이었다(Jenkins et al., 1964; Sitterly and Keinath, 1996; Winstead et al., 1959). 우리나라에서 Huh et al.(2010)은 race 1과 3에 강한 저항성이고 race 2에는 중도저항성인 중생종 수박 ‘한결’을 육성하였다고 보고한 바 있다.

호박 품종들의 탄저병 저항성

Cucurbita 속에는 27개 종이 있으나 재배가 가능한 호박은 *Cucurbita moschata*(동양종 호박), *C. maxima*(서양종 호박), *C. pepo*(페포종 호박), *C. mixta*(잡종 호박) 및 *C. ficifolia*(흑종호박) 등 5종이 있다. 본 연구에서는 시중에서 구입한 *C. moschata* 4종, *C. maxima* 12종 그리고 *C. ficifolia* 1종 등 17개 품종의 *C. orbiculare*에 대한 저항성 정도를 조사하였다. *C. moschata* 중 ‘텃밭꽃호박’은 저항성을 나타내었고, ‘진동애호박’과 ‘그린애호박’은 중도저항성을 그리고 ‘킹카애호박’은 감수성을 나타내었다(Table 2). *C. maxima*는 ‘감미락단호박’만이 저항성을 나타내었고, ‘단비스단호박’, ‘한손’, ‘크로커다일단호박’, ‘황금단호박’, ‘슈퍼금비스단호박’, ‘보물단호박’, ‘구리지왕10밤호박’, ‘백비단호박’ 및 ‘아지구리10밤호박’은 중도저항성을 그리고 ‘아지지방밤호박’과 ‘만냥단호박’은 감수성을 나타내었다. ‘흑종호박’은 중도저항성을 나타내었다(Table 2). 이상의 결과로부터 호박 품종들은 다른 박과작물에 비하여 낮은 발병도를 나타내며, 호박 종류에 따른 탄저병 저항성 차이는 없는 것으로 생각되었다.

참외 및 멜론 품종들의 탄저병 저항성

참외와 멜론은 식물학적으로는 같은 종이나, 동양의 기후 조건에 적응하여 분화된 품종을 참외 또는 동양종 멜론이라고 하여 서양에서 진화한 멜론과 구분한다. 참외 6개 품종과 멜론 27개 품종의 탄저병(*C. orbiculare*)에 대한 저

항성을 실험한 결과, 모든 품종은 감수성을 나타냈다(Table 3). 하지만, 실험한 품종 중 ‘세지오케이’를 제외한 모든 품종은 5.1 이상의 높은 발병도를 나타내었으나, ‘세지오케이’는 3.3의 상대적으로 낮은 발병도를 나타내었다. 멜론 유전자원 중 탄저병에 대한 저항성 유전자원이 아직 보고된 바 없으므로, 저항성 참외 및 멜론 품종 개발을 위한 저항성 육종 소재의 발굴이 필요한 실정이다(Sitterly and Keinath, 1996).

대목 품종들의 탄저병 저항성

우리나라에서 박과작물의 덩굴쪄짐병과 뿌리썩음병을 방제하기 위하여 사용하는 대목 품종들은 대부분 박(*Lagenaria* spp.)이나 호박(*Curcubita* spp.)이다. 구입한 22종 대목의 *C. orbiculare*에 대한 저항성을 검정한 결과, 오이에 접목하기 위한 4개 대목 품종 중 ‘눈부서’, ‘유니콘’ 및 ‘뜨야끼EX’는 저항성을 나타내었고, ‘슈퍼흑종’은 감수성 반응을 보였다(Table 4). 수박용 6개 대목 품종 중 ‘내병토좌’는 중도저항성을 나타내었으나, ‘FR보디가드’외 4종은 감수성을 나타내었다. 그리고 참외를 위한 대목 품종 5개 중 ‘RS111’, ‘강근토좌’ 및 ‘황제토좌’는 저항성을 보였고, ‘아시아신토좌’와 ‘중토좌’는 중도저항성을 보였다. 그리고 여러 박과작물에 사용하기 위한 대목 품종 7종 중에 ‘NO.8’, ‘신토좌’, ‘불패토좌’ 및 ‘뉴타입’은 저항성을, ‘서포트’는 중도저항성을, 그리고 ‘FR루트파워’와 ‘FR히어로’는 감수성을 나타냈다(Table 4 and Fig. 1). 이들 결과로부터 ‘뜨야끼EX’, ‘눈부서’, ‘유니콘’, ‘RS111’, ‘강근토좌’, ‘황제토좌’, ‘NO.8’, ‘신토좌’, ‘불패토좌’ 및 ‘뉴타입’ 등의 10개 대목 품종은 탄저병 저항성 육종을 위한 중요한 유전자원으로 이용할 수 있을 것이라 생각되었다.

고추 탄저병을 일으키는 *C. acutatum*과 *C. gloeosporioides*는 우리나라에서 고추의 수량과 품질에 가장 많은 영향을 주는 병원균이다(Park and Kim, 1992). *C. chinense* ‘PBC932’와 *C. baccatum* ‘PBC80’과 ‘PBC81’이 저항성을 가지고 있는 유전자원으로 알려져 있고(AVRDC 1999, 2003; Pakdevaraporn, 2005; Yoon et al., 2004), *C. baccatum*에 속한 ‘Aji Limon’과 *C. baccatum* var. *pendulum* 3-4도 고추 탄저병에 저항성인 것으로 보고되었다(Lee and Kim, 2012; Lee et al., 2010). 한편 강낭콩에 탄저병을 일으키는 *C. lindemuthianum*에 대한 저항성 유전자는 기주 특이적인 단일 우성 유전자로 gene-for-gene 개념에 따른 HR 반응과 관련되어 있으며, 총 19개의 저항성 유전자가 보고되어 있다(Goncalves-Vidigal et al., 2011, 2012; Kelly and Vallejo, 2004). *C. sublineolum*은 수수에 탄저병을 일으키는 병원균으로, Chala and Tronsmo

Table 3. Resistance degree of 27 commercial cultivars of melon (*Cucumis melo*) and 6 commercial cultivars of oriental melon (*C. melo* var. *makuwa*) to *Colletotrichum orbiculare*^z.

Cultivar	Scientific name	Disease index	Response
Sejiokay	<i>Cucumis melo</i>	3.3 ± 2.3 ^y	S ^x
Myeongpumkkul	<i>C. melo</i> var. <i>makuwa</i>	5.1 ± 0.9	S
Munsu (136)	<i>Cucumis melo</i>	5.3 ± 1.2	S
Joeundae	<i>C. melo</i> var. <i>makuwa</i>	5.8 ± 0.4	S
Gaeguri	<i>C. melo</i> var. <i>makuwa</i>	6.0 ± 0.0	S
Geumbat	<i>C. melo</i> var. <i>makuwa</i>	6.0 ± 0.0	S
Geumsang	<i>C. melo</i> var. <i>makuwa</i>	6.0 ± 0.0	S
Geumje	<i>C. melo</i> var. <i>makuwa</i>	6.0 ± 0.0	S
Aseajochunmanchu	<i>Cucumis melo</i>	6.0 ± 0.0	S
Aseaseongha	<i>Cucumis melo</i>	6.0 ± 0.0	S
Asiabaekgeum	<i>Cucumis melo</i>	6.0 ± 0.0	S
Asiahwanggeum	<i>Cucumis melo</i>	6.0 ± 0.0	S
Asiapapaya	<i>Cucumis melo</i>	6.0 ± 0.0	S
Betarich	<i>Cucumis melo</i>	6.0 ± 0.0	S
E.ultra (102)	<i>Cucumis melo</i>	6.0 ± 0.0	S
Earl'selite	<i>Cucumis melo</i>	6.0 ± 0.0	S
Earl'sellesse	<i>Cucumis melo</i>	6.0 ± 0.0	S
Earl'sgoldking	<i>Cucumis melo</i>	6.0 ± 0.0	S
Earl'shappy	<i>Cucumis melo</i>	6.0 ± 0.0	S
Earl'sking	<i>Cucumis melo</i>	6.0 ± 0.0	S
Earl'smounthagye	<i>Cucumis melo</i>	6.0 ± 0.0	S
Earl'sparty	<i>Cucumis melo</i>	6.0 ± 0.0	S
Earl'stopone	<i>Cucumis melo</i>	6.0 ± 0.0	S
Earl'sVIP	<i>Cucumis melo</i>	6.0 ± 0.0	S
Eolrookpapaya	<i>Cucumis melo</i>	6.0 ± 0.0	S
Ipchundaegil	<i>Cucumis melo</i>	6.0 ± 0.0	S
JangchunFR-Papaiya	<i>Cucumis melo</i>	6.0 ± 0.0	S
Jjonetop	<i>Cucumis melo</i>	6.0 ± 0.0	S
Redqueen	<i>Cucumis melo</i>	6.0 ± 0.0	S
Reisor	<i>Cucumis melo</i>	6.0 ± 0.0	S
Shinpumjong (143)	<i>Cucumis melo</i>	6.0 ± 0.0	S
Summercool	<i>Cucumis melo</i>	6.0 ± 0.0	S
Superseji	<i>Cucumis melo</i>	6.0 ± 0.0	S
Baekmibaekdadagi	<i>Cucumis sativus</i>	3.3 ± 1.6	S

^zSeedlings of cucumber cultivars at 2- to 3-leaf stage were inoculated with *C. orbiculare* KACC 40809 by spraying spore suspension of the fungus at a concentration of 4.0×10^5 spores/mL. The inoculated plants were incubated in a dew chamber at 25°C for 48 h and then transferred to growth chamber (25°C, RH 80%). After 9-11 days, disease severity of the plants (the first true leaf) was investigated on a scale of 0-6 (0 = healthy; 1 = 1-10%; 2 = 11-20%; 3 = 21-50%; 4 = 51-75%; 5 = 76-90%; 6 = 90% over).

^yEach value represents the mean (± standard deviation) of two runs with 3 replicates each.

^xResistance response, R = resistant (disease index ≤ 1.0); MR = moderately resistant (1.0 < disease index ≤ 2.5); S = susceptible (disease index > 2.5).

(2012)는 2007년과 2008년 포장실험을 통해 56개 에티오피아 수수에서 두 해 모두 저항성을 보인 6개 유전자원을 선발하였다. 하지만 우리나라의 박과작물 자원 및 품종들의 *C. orbiculare*에 대한 저항성 정도는 거의 보고되지 않

았다.

수박 및 오이 재배 시에 환경이 적합하면 탄저병으로 인하여 60% 이상의 수확량 감소가 있다고 하였다(Amin and Ullasa, 1981; Thompson and Jenkins, 1985). 따라서 박과

Table 4. Resistance degree of 22 commercial cultivars of rootstock to *Colletotrichum orbiculare*^z.

Crop	Cultivar	Scientific name	Disease index	Response
Cucumber	Nunbusyeo	<i>Cucurbita moschata</i>	1.0 ± 0.0 ^y	R ^x
	Union	<i>Cucurbita moschata</i>	1.0 ± 0.0	R
	JjeuyakaEX	-	1.0 ± 0.0	R
	Superheukjong	-	3.0 ± 1.0	S
Watermelon	Naebyeongtoza	-	1.2 ± 0.2	MR
	FR-bodyguard	<i>Lagenaria siceraria</i>	5.4 ± 0.9	S
	ShinFR-bulsajo	-	5.4 ± 0.9	S
	Daeryeok 3 ho	<i>Lagenaria siceraria</i>	6.0 ± 0.0	S
	FR-hongsam	<i>Lagenaria leucantha</i>	6.0 ± 0.0	S
	FR-seotaja	<i>Lagenaria siceraria</i>	6.0 ± 0.0	S
	RS111	-	0.3 ± 0.6	R
Oriental melon	Ganggeuntoza	<i>Cucurbita</i> sp.	0.9 ± 0.2	R
	Hwangjaetoza	<i>Lagenaria siceraria</i>	0.9 ± 0.2	R
	Asiashintoza	<i>Cucurbita</i> sp.	1.1 ± 0.2	MR
	Jungtoza	<i>Lagenaria siceraria</i>	1.2 ± 0.2	MR
	NO. 8	<i>Cucurbita moschata</i>	0.3 ± 0.6	R
Cucurbits	Shintoza	<i>Cucurbita mixta</i>	0.9 ± 0.2	R
	Bulpaetoza	<i>Lagenaria siceraria</i>	1.0 ± 0.0	R
	Newtype	<i>Lagenaria siceraria</i>	1.0 ± 0.0	R
	Support	<i>Lagenaria siceraria</i>	1.3 ± 0.6	MR
	FR-root power	<i>Lagenaria siceraria</i>	5.4 ± 0.9	S
	FR-hero	<i>Lagenaria siceraria</i>	6.0 ± 0.0	S
	Baekmibaekdadagi	<i>Cucumis sativus</i>	3.0 ± 1.4	S

^zSeedlings of cucumber cultivars at 2- to 3-leaf stage were inoculated with *C. orbiculare* KACC 40809 by spraying spore suspension of the fungus at a concentration of 4.0×10^5 spores/mL. The inoculated plants were incubated in a dew chamber at 25°C for 48 h and then transferred to growth chamber (25°C, RH 80%). After 9-11 days, disease severity of the plants (the first true leaf) was investigated on a scale of 0-6 (0 = healthy; 1 = 1-10%; 2 = 11-20%; 3 = 21-50%; 4 = 51-75%; 5 = 76-90%; 6 = 90% over).

^yEach value represents the mean (± standard deviation) of two runs with 3 replicates each.

^xResistance response, R = resistant (disease index ≤ 1.0); MR = moderately resistant (1.0 < disease index ≤ 2.5); S = susceptible (disease index > 2.5).

작물을 재배하기 위해서는 반드시 탄저병을 방제해야 한다. 그런데 삶의 질이 높아짐에 따라 살균제 처리에 의한 방제보다는 저항성 품종을 재배하는 등의 친환경 농법에 대한 관심이 증가하고 있다. 본 연구 결과 국내에서 시판되고 있는 오이, 수박, 멜론 및 참외 품종의 대부분은 *C. orbiculare*에 대하여 감수성인 것으로 나타났다. 그리고 선발한 12개의 저항성 품종과 22개의 중도저항성 품종들은 박과작물의 탄저병 저항성 육종소재로 이용할 수 있으리라 생각되었다.

초 록

*Colletotrichum orbiculare*에 의한 탄저병은 오이, 수박 및 멜론 등의 박과작물에 전세계적으로 발생하여 많은 피해

를 주고 있다. 본 연구에서는 시판 중인 박과작물 112개 품종의 탄저병에 대한 저항성 정도를 조사하였다. 각 품종의 2-3엽기 유묘에 *C. orbiculare* KACC 40809의 포자 농도가 4.0×10^5 spores/mL인 포자현탁액을 분무하여 접종하였다. 실험한 36개 오이 품종 중 ‘아시아스트라이크’, ‘통일백다다기’, ‘대선’, ‘청록맛짱’, ‘녹야청청’ 및 ‘아시아노각’ 등 6품종은 중도저항성을 나타내었으며, 나머지 품종들은 감수성을 보였다. 멜론 및 참외 33개 품종과 수박 4개 품종들은 *C. orbiculare*에 대하여 모두 감수성을 나타내었다. 이와 달리 호박 품종들은 실험한 다른 박과작물에 비하여 낮은 감수성을 보였다. 호박 17개 품종 중 ‘감미락단호박’과 ‘텃밭꽃호박’은 저항성을, 12개 품종은 중도저항성을 나타냈다. 박과작물을 위한 대목 22개 품종 중 ‘쓰야까EX’, ‘눈부셔’, ‘유니온’, ‘RS111’, ‘강근토좌’, ‘황제토좌’, ‘NO.8’, ‘신토

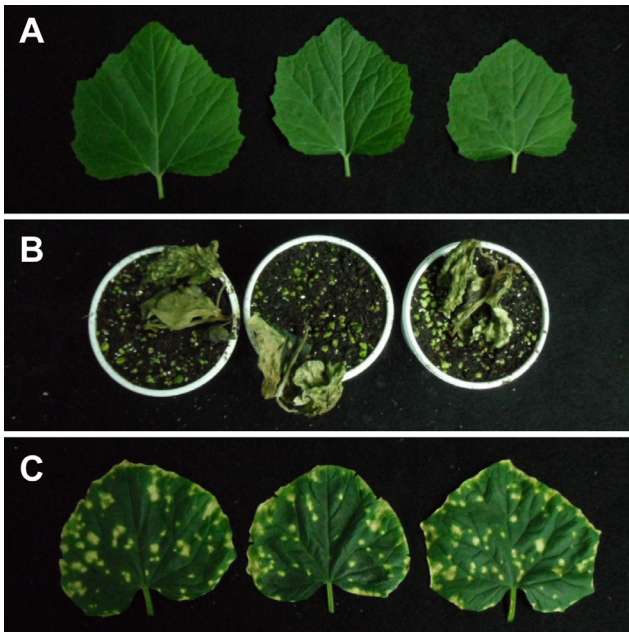


Fig. 1. Anthracnose development on cultivars of cucurbits inoculated with KACC 40809 of *Colletotrichum orbiculare*. A, NO. 8 (*Cucurbita moschata*); B, FR-hero (*Lagenaria sciceraria*); C, Baekmibaekdadagi (*Cucumis sativus*).

좌’, ‘불패토좌’ 및 ‘뉴타입’ 등 10개 품종은 저항성을 보였고, 4개 품종은 중도저항성을 나타냈다. 이상의 결과로부터 선발된 저항성 품종들은 박과작물 탄저병 저항성 육종을 위한 유전자원으로 이용될 수 있으리라 생각되었다.

추가 주요어 : 탄저병, 육종, 오이, 대목, 수박

인용문헌

Agrios, G.N. 2005. Plant pathology. 5th ed. Elsevier Academic Press, USA.

Amin, K.S. and B.A. Ullasa. 1981. Effect of thiophanate on epidemic development of anthracnose and yield of watermelon. *Phytopathology* 71:20-22.

Asian Vegetable Research and Development Centre (AVRDC). 1999. Studies on pepper anthracnose, p. 27-30. In: J. Stares (ed.). AVRDC Report 1998. AVRDC, Shanhua, Taiwan.

Asian Vegetable Research and Development Centre (AVRDC). 2003. Host resistance to pepper anthracnose, p. 29-30. In: T. Kalb (ed.). AVRDC Report 2002. AVRDC, Shanhua, Taiwan.

Boyhan, G.E., J.D. Norton, B.R. Abrahams, and H.H. Wen. 1994. A new source of resistance to anthracnose (race 2) in watermelon. *Hort. Sci.* 29:112-112.

Chala, A. and A.M. Tronsmo. 2012. Evaluation of ethiopian sorghum accessions for resistance against *Colletotrichum sublineolum*. *Eur. J. Plant Pathol.* 132:179-189.

Dutta, S.K., C.V. Hall, and E.G. Heyne. 1960. Observations on the physiological races of *Colletotrichum lagenarium*. *Bot.*

Gaz. (Chicago) 121:163-166.

Goncalves-Vidigal, M.C., A.S. Cruz, A. Garcia, J. Kami., P.S. Vidigal Filho, L.L. Sousa, P. McClean, P. Gepts, and A. Pastor-Corrales. 2011. Linkage mapping of the *Phg-1* and *Co-1^f* genes for resistance to angular leaf spot and anthracnose in the common bean cultivar AND 277. *Theor. Appl. Genet.* 122:893-903.

Goncalves-Vidigal, M.C., C. Meirelles, J.P. Poletine, L.L. De Sousa, A.S. Cruz, M.P. Nunes, G.F. Lacanallo, and P.S. Vidigal Filho. 2012. Genetic analysis of anthracnose resistance in ‘Pitanga’ dry bean cultivar. *Plant Breed.* 131:423-429.

Goode, M.J. 1958. Physiological specialization in *Colletotrichum lagenarium*. *Phytopathology* 48:79-83.

Hall, C.V., S.K. Dutta, H.R. Kalia, and C.T. Rogerson. 1960. Inheritance of resistance to the fungus *Colletotrichum lagenarium* (Pass.) Ell. and Halst. in watermelons. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 75:638-643.

Huh, Y.C., K.H. Hong, H.C. Ko, K.S. Park, D.K. Park, J.S. Lee, M.C. Cho, S.Y. Lee, K.D. Ko, and W.M. Lee. 2010. Breeding of a mid maturing watermelon cultivar, ‘Hangyeol’ with resistance to anthracnose race 3. *Kor. J. Breed. Sci.* 42:695-698.

Jenkins, S.F., N.N. Winstead, and C.L. McCombs. 1964. Pathogenic comparison of three new and four previously described races of *Glomerella angulata* var. *orbiculare*. *Plant Dis. Rep.* 48: 619-623.

Kelly, J.D. and V. Vallejo. 2004. A Comprehensive review of the major genes conditioning resistance to anthracnose in common bean. *Hort. Sci.* 39:1196-1207.

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, J.D., J.H. Hong, J.W. Do, and J.B. Yoon. 2010. Identification of QTLs for resistance to anthracnose to two *Colletotrichum* species on pepper. *J. Crop Sci. Biotech.* 13:227-233.

Rhodes, B.B. 1979. Race 2 anthracnose resistance in a watermelon line with a pale leaf character. *Cucurbit Genet. Coop.* 2:29-30.

Sherf, A.F. and A.A. Macnab. 1986. Anthracnose, p. 316-320. In: Vegetable diseases and their control. 2nd ed. John Wiley & Sons, New York.

Sitterly, W.R. 1973. Cucurbits, p. 287-306. In: R.R. Nelson (ed). Breeding plants for disease resistance, concepts and application. Penn State University Press, University Park.

Sitterly, W.R. and A.P. Keinath. 1996. Anthracnose, p. 24-25. In: T.A. Zitter, D.L. Hopkins, and C.E. Thomas (eds.). Compendium of cucurbit diseases. The American Phytopathological Society, USA.

Sowell, G., Jr., B.B. Rhodes, and J.D. Norton. 1980. New sources of resistance to watermelon anthracnose. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 105:197-199.

Suvanprakorn, K. and J.D. Norton. 1980. Inheritance of resistance to race 2 anthracnose in watermelon. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 105:862-865.

Thompson, D.C. and S.F. Jenkins. 1985. Influence of cultivar resistance, initial disease, environment, and fungicide concentration and timing on anthracnose development and yield loss in picking cucumbers. *Phytopathology* 75:1422-1427.

Pakdevaraporn, P., S. Wasee, P.W.J. Taylor, and O. Mongkolporn.

2005. Inheritance of resistance to anthracnose caused by *Colletotrichum capsici* in Capsicum. *Plant Breed.* 124:206-208.
- Park, K.S. and C.H. Kim. 1992. Identification, distribution and etiological characteristics of anthracnose fungi of red pepper in Korea. *Korean J. Plant Pathol.* 8:61-69.
- Wasilwa, L.A., J.C. Correll, T.E. Morelock, and R.E. McNew. 1993. Reexamination of races of the cucurbit anthracnose pathogen *Colletotrichum orbiculare*. *Phytopathology* 83:1190-1198.
- Winstead, N.N., M.J. Goode, and W.S. Barham. 1959. Resistance in watermelon to *Colletotrichum lagenarium* races 1, 2, and 3. *Plant Dis. Rep.* 43:570-577.
- Yoon, J.B., D.C. Yang, W.P. Lee, S.Y. Ahn, and H.G. Park. 2004. Genetic resources resistant to anthracnose in the genus *Capsicum*. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 45:318-323.