

## 국내 멜론 흰가루병균의 race 동정 및 시판품종의 흰가루병 저항성 판별

김희택 · 박종인 · 노일섭

### Identification of fungal races that cause powdery mildew in melon (*Cucumis melo* L.) and selection of resistant commercial melon cultivars against the identified races in Korea

Hoy-taek Kim · Jong-in Park · Ill-sup Nou

Received: 18 March 2016 / Revised: 18 March 2016 / Accepted: 22 March 2016

© Korean Society for Plant Biotechnology

**Abstract** Powdery mildew is an important disease of the melon (*Cucumis melo* L.). Seven isolates of powdery mildew fungi were collected from five locations in Korea; Anseong (DH487), Icheon (BN103, BN625, BN968), Yeongam (YA141), Changnyeong (CN582), and Suncheon (SN102). All 7 fungi had a similar trend of conidial chain and conidiophore development as *Podosphaera xanthii* with fibrosin bodies in mature conidia. Among them, 2 isolates of powdery mildew fungi; CN582 and SN102 showed similar responses to resistance against powdery mildew as the previously reported race 1 and race N2. The isolates YA141 and BN103 showed similar responses as like as race A. However, three isolates of powdery mildew fungi (BN625, BN968, and DH487) showed different responses compared to the previously reported races (1, N1, N2, A, S, and 5). Therefore, these three isolates could be designated as new races in melon. Nine out of 15 commercial melon cultivars in Korea showed resistance to race 1 (CN582). However, the new race BN968 invaded all 15 cultivars. Results of the two molecular markers were consistent in response to disease development by race 1 of *Podosphaera xanthii* in case of the above mentioned cultivars.

This study confirmed the presence of new melon powdery mildew fungi in Korea which are similarly notorious as like as the previously reported race 1. Therefore, breeders can use these two molecular markers for breeding melon in Korea

that is resistant to race 1 and as well as to some other races.

**Keywords** *Cucumis melo* L., molecular marker, powdery mildew, *Podosphaera xanthii*, race, resistant cultivar

#### 서론

멜론 재배에 있어서 흰가루병은 매우 중요한 병해로 멜론의 생장이나 수량 감소에 크게 영향을 끼쳐 농가 소득에 큰 피해를 주는 병해 중의 하나이며, 현재 시판 품종의 대부분이 저항성 또는 내병성이라고 하지만 실제로 재배하는 동안 다양한 시기에 흰가루병 발생이 확인되고 있다. 이러한 이유는 시판 품종이 특정 race에는 저항성을 나타내지만 또 다른 race들에는 이병성을 나타내므로 인하여 기인하는 것으로 판단된다. 따라서 여러 개의 멜론 흰가루병 race들에 대한 저항성 품종육성이 요구되고 있다. 멜론 흰가루병균은 절대 기생균으로 *Golovinomyces cichoracearum* (syn. *Erysiphe cichoracearum*)가 프랑스(Molot and Lecoq 1986; Epinat et al. 1993) 및 수단(Mohammed et al. 1995)에서 처음으로 보고되었으며, 최근에는 *Podosphaera xanthii* (syn. *Sphaerotheca fuliginea*)가 프랑스(Epinat et al. 1993)를 포함한 미국(McCrigh et al. 1987), 이스라엘(Cohen et al. 1984), 일본(Hosoya et al. 1999; Kuzuya et al. 2003) 등 세계 각국에서 흰가루병의 주요한 병원균으로 보고 되고 있다.

흰가루병 저항성 계통 PMR45이 1935년 미국에서 처음으로 육성되었지만, PMR45를 이병화 시키는 새로운 균이 발생하여 PMR45에 발병하지 않는 균을 race 1, PMR45에 발병하는 균을 race 2로 명명하였다(Jagger et al. 1938).

H.-T. Kim · J.-I. Park · I.-S. Nou (✉)  
순천대학교 원예학과  
(Department of Horticulture, Suncheon National University,  
Suncheon 57922, Korea)  
e-mail: nis@suncheon.ac.kr

또한 1946년 race 1과 race 2에 저항성을 갖는 PMR5, PMR6이 육성하였으나, PMR5를 이병화 시키는 균이 발생하여, 이를 race 3이라고 명명하였다(Pryor et al. 1946). 이와 같이, 멜론의 흰가루병 저항성 유전자원을 이용한 저항성 계통 육성과 새로운 race 출현에 의한 저항성 계통의 이병화가 반복되는 현상을 나타내었다. Pitrat 등(1998)은 7개의 race (race 0, 1, 2U.S, 2France, 3, 4, 5)를 판별하기 위하여 7개의 race 판별품종(Vedrantais, PMR45, PMR5, WMR29, Edisto47, PI414723, MR-1)을 보고하였으며, Hosoya 등(1999)은 일본 이바라기현에서 발생한 멜론 흰가루병균을 2년간(1997~1998) 수집하여 6개의 판별계통(Fuyu 3, PMR45, WMR29, Edisto47, PI 414723, PMR5)을 이용하여 4개의 race (race 1, N1, N2, 5)를 동정하였다. 또한 2004년에는 7개 race (race 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7) 분류가 가능한 8개 판별계통(Fuyu3, PMR45, WMR29, Edisto47, PI414723, PMR5, MR-1, PI124112)을 이용하여 위의 4개 race 이외 새로운 2개의 race (race N3, N4)를 동정하여 보고하였다(Kuzuya et al. 2004). 그리고 2006년 봄에 수집한 흰가루병균에서 기존 race의 접촉검정 결과와 다른 3개의 race (race A, O, S)를 새롭게 동정하여 보고하였다(Izumikawa et al. 2008).

최근 많은 작물들에 있어서 병 관련 분자마커를 이용하여 저항성 계통 선발 및 품종육성에 활발히 이용하고 있다. 멜론에 있어서도 2002년 Perin 등(2002)은 Védrantais × PI161375에서 파생된 163개체의 재조합 자식계통(RIL; Recombinant Inbred Lines) 63개체의 표현형적 특성조사와 318개의 AFLP, IMAS, SSR, RFLP 마커의 유전자형 분석을 통하여 멜론의 연관지도도를 제작하였으며, 이 결과들로부터 멜론 흰가루병 race 1에 대한 저항성 유전자 *Pm-x*와 race 2에 대한 저항성 유전자 *Pm-w*에 관련된 마커를 각각 개발하였다. Fukino 등(2008)은 흰가루병 저항성 계통 AR 5와 이병성 계통 Earl's Favourite의 RIL 집단과 167개의 SSR, SCAR, CAPS 마커를 이용하여 연관지도 작성 및 흰가루병에 대한 QTL 분석을 수행하였다. 그 결과 멜론 흰가루병 저항성 관련 QTL이 연관지도 LG(Linkage Group) II와 LG XII에 위치하였으며, 흰가루병 race 1 저항성 선발 SSR마커를 개발하였다.

위와 같이 일본 등에서는 정확하게 흰가루병균을 동정한 후 이들 race들과 분자마커 등을 이용하여 여러 개의 멜론 흰가루병 race들에 대한 저항성 품종을 육성하고 있다. 그러나, 국내의 경우 race 1이 광범위하게 발병하고 있다는 것 이외에 국내에서 발병하고 있는 멜론 흰가루병균에 대한 체계적인 연구가 아직 미비한 실정이다. 이에 본 연구는 국내에서 발병하고 있는 흰가루병균을 안성, 이천, 영암, 창녕, 순천 등의 멜론 및 박과채소 재배지역에서 채집하여 사상균의 종류 및 판별계통을 이용하여 이들 지역에서 발병하고 있는 흰가루병균 race들의 분리 및 새로운 race들을 동정하였다. 또한 새롭게 동정 및 분

리된 흰가루병균 race들을 이용하여 국내 시판 멜론 품종에 대한 흰가루병 저항성 정도를 검정하였으며, race 1 저항성관련 분자마커를 이용하여 유전자형과 저항성의 표현형 관계를 확인하였다.

## 재료 및 방법

### 식물 재료

멜론 흰가루병균 race 판별을 위하여 6개의 판별계통(SCNU-M-1151, SCNU-M-1154, SCNU-M-1158, SCNU-M-1159, SCNU-M-1160, SCNU-M-1163)을 이용하였다. 또한 국내에서 시판되고 있는 멜론 품종들의 흰가루병 저항성 정도를 확인하기 위하여 A회사에서 판매되고 있는 8품종 및 B회사에서 판매되고 있는 7품종을 본 연구의 공시재료로 이용하였다. 멜론 종자는 멸균된 배양토에 파종하고 30°C의 항온 암실에서 발아시킨 후 자엽이 충분히 전개된 식물체는 12 cm포토에 옮겨 심고 25°C (16/8 hr, 주/야) 조건으로 성장상 안에서 재배하였다.

### 멜론 흰가루병균의 동정

멜론 흰가루병 race를 동정하기 위하여 2013년 6월 및 8월경에 안성(DH487), 이천(BN103, BN625, BN968), 영암(YA141), 창녕(CN582), 순천(SN102) 지역의 멜론 및 박과채소 재배농가를 방문하여 7개의 흰가루병 균주를 채집하였다. 채집한 흰가루병균은 모든 race에 이병성인 SCNU-M-1154계통의 자엽 및 본엽에 증식 시킨 후 7번의 계대 배양을 수행하여 포자를 분리한 후 실험에 이용하였다.

### 멜론 흰가루병균의 형태학적 관찰

분리된 포자를 SCNU-M-1154계통의 자엽에 증식한 후 멜론 흰가루병균 분생포자를 멸균수로 희석하였으며, 분생포자 현탁액은 멸균한 hole slide glass에 각각 50 $\mu$ l씩 분주하여 광학현미경(Eclipse-80i; Nikon, Tokyo, Japan)으로 관찰하였다. 분리한 흰가루병균의 종을 구분하기 위하여 문헌에 작성된 분생포자의 구조와 비교하였다(Shin and La, 1993; Vakalounakis et al. 1994).

### 멜론 흰가루병 접종 시험

성장상에서 재배한 멜론 흰가루병 race 판별계통 및 국내 15품종의 본엽을 채취하여 70% 에탄올을 이용하여 잎 표면을 살균하였다. 살균한 엽은 약 1 cm<sup>2</sup>의 엽절편으로 작성하여 페트리디쉬에 분주된 배지(10 g/L sucrose, 20 g/L

D-mannitol, 6 g/L agar)에 치상한 후 이쑤시개를 이용하여 수집한 흰가루병균을 하나의 엽절편 2곳에 접종한 후 페트리디쉬를 덮고 25°C (16/8 hr, 주/야) 조건으로 배양하였다. 감수성과 저항성은 접종 후 7~14일에 육안으로 관찰하였으며, 이병성 계통(SCNU-M-1154)과 같은 발병의 양상을 나타내면 감수성(Susceptible: S표기), 발병이 전혀 보이지 않으면 저항성(Resistant: R표기), 그리고 발병이 확인되었지만 병징이 경미하거나 발병의 지연, 반복 실험결과의 불안정일 때는 중간형(Intermediate: I 표기)으로 평가하였다. 이들 실험은 3반복 수행하였다.

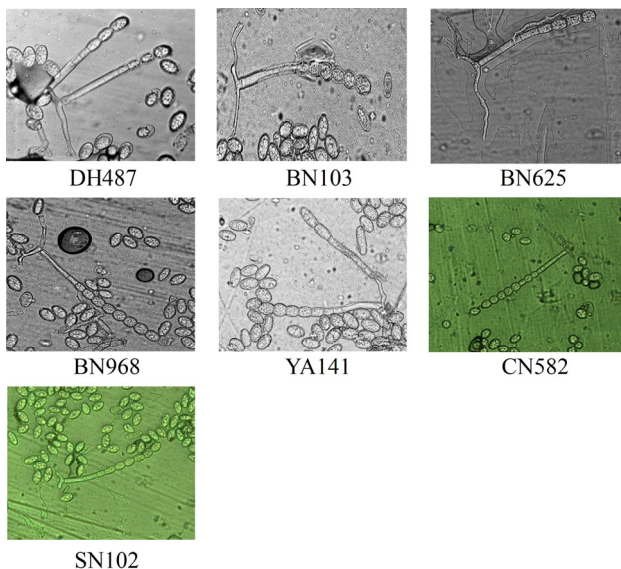
### 분자마커에 의한 흰가루병 저항성 검정

국내에 시판되고 있는 멜론 15 품종과 race 1에 대한 이병성 계통 SCNU-M-1154, 저항성 계통 SCNU-M-1159의 어린 엽 조직으로부터 DNeasy Plant Mini Kit (Qiagen, Tokyo, Japan)를 이용하여 게놈DNA를 추출하였다. 분자마커는 Fukino 등(2008)이 발표한 멜론 흰가루병 race 1저항성에 관련된 마커 정보를 바탕으로 DNA 마커 KPMR1M-1, KPMR1M-2를 제작하였다. PCR 증폭 및 단편분석은 Fukino 등(2008)이 사용한 방법으로 수행하였다.

## 결과 및 고찰

### 국내 멜론 흰가루병원균 유형 구분

멜론 흰가루병의 병원균은 *Podosphaera xanthii*와 *Golovinomyces cichoracearum* 2종으로 발아관의 형태, 피브로신(fibrosin)체



**Fig. 1** Light microscopic views of conidiophore and conidia of 7 isolates of powdery mildew fungi in melon

의 유무를 관찰함으로써 차이점을 판별할 수 있다(Ballantyne B. 1963). 국내에서 채집한 멜론 흰가루병 7 균주(DH487, BN103, BN625, BN968, YA141, CN582, SN102)를 광학현미경을 이용하여 관찰한 결과, 모든 균주의 발아관 형태가 *Podosphaera xanthii*로 유사하였으며, 성숙한 분생포자(conidia) 내에 피브로신(fibrosin)체를 포함하고 있는 것을 확인하였다(Fig. 1). 따라서, 국내에서 발생하고 있는 흰가루병의 병원균 종류는 *Podosphaera xanthii*와 동종으로 판단되었다.

### 국내 멜론 흰가루병 race 동정

멜론 흰가루병균 race 판별계통을 이용하여 국내에서 채집한 멜론 흰가루병균의 race 검정 결과를 Table 1에 나타내었다. 창녕지역의 멜론재배 농가에서 채집한 흰가루병균 CN582는 Pitrat 등(1998)이 발표한 race 1과 동일하게 SCNU-M-1154에 대해서만 이병성을 나타내었으며, 다른 판별계통에서는 저항성을 나타내었다. 순천지역의 박과 채소 재배농가에서 채집한 흰가루병균 SN102는 SCNU-M-1154와 SCNU-M-1159에서 이병성을 나타내었으며, SCNU-M-1157에 대해서는 중간형을 나타내었고 다른 계통에는 저항성을 나타내었다. 이것은 Hosoya 등(1999)이 발표한 race N2의 검정 결과와 일치하였다. 그리고 영암지역의 멜론재배 농가에서 채집한 흰가루병균 YA141와 이천 박과 채소 재배농가에서 채집한 흰가루병균 BN103은 Izumikawa 등(2008)이 보고한 race A와 동일한 검정 결과를 나타내었다.

그러나 안성지역의 멜론 재배농가에서 채집한 흰가루병균 DH487의 검정 결과는 Kim 등(2015)이 보고한 race 1, N1, N2, 5, A, S와는 다른 새로운 균주로 판별되었으며, 이천지역의 멜론 재배농가에서 채집한 흰가루병균 BN968 및 BN625는 동일한 균주로 판별되었지만 이들 균주 또한 기존에 보고된 race들과 다른 새로운 race로 판별되었다(Table 1). 흥미로운 점은 이천 지역내의 서로 다른 멜론 재배농가에서 채집한 BN103과 BN968 균주가 서로 다른 race를 나타내었다. 이러한 결과는 한 지역 내에 여러 개의 race가 혼재되어 있을 가능성 및 국내에 발병하고 있는 멜론 흰가루병균이 race 1 이외에 다른 race들이 다수 존재한다는 것을 시사하였다. 따라서 여러 개의 흰가루병 race들에 대한 저항성을 갖는 저항성 품종을 육성하기 위해서는 더 많은 멜론 재배지역으로부터 흰가루병균을 채집하여 체계적인 race 분리 및 동정 연구가 필요하다고 판단된다.

### 국내 시판 멜론 품종을 이용한 흰가루병균 race별 저항성 검정

국내에서 채집하여 분리 및 새롭게 동정된 총 5개의 흰가루병균에 대하여 현재 국내에서 시판되고 있는 멜론

**Table 1** Response to disease development of melon cultigens to seven isolates of *Podosphaera xanthii*

Cultigen	Isolates of <i>Podosphaera xanthii</i>						
	CN582	SN102	YA141	BN103	BN968	BN625	DH487
SCNU-M-1154	S <sup>z</sup>	S	S	S	S	S	S
SCNU-M-1159	R	S	R	R	R	R	R
SCNU-M-1158	R	R	R	R	R	R	R
SCNU-M-1151	R	R	S	S	S	S	R
SCNU-M-1160	R	R	R	R	S	S	S
SCNU-M-1163	R	R	R	R	S	S	S

<sup>z</sup>S: susceptibility, R: resistance

**Table 2** Response to disease development of 15 commercial melon cultivars (8 developed by the company ‘A’ and 7 developed by ‘B’, Korea) to five races of *Podosphaera xanthii*

Company	Cultivar	Races of <i>Podosphaera xanthii</i>				
		CN582	SN102	YA141	BN968	DH487
A	a	R <sup>z</sup>	S	S	S	S
	b	R	R	S	S	R
	c	S	S	S	S	S
	d	S	S	S	S	S
	e	R	R	S	S	S
	f	S	S	S	S	S
	g	S	S	S	S	S
	h	R	S	S	S	R
B	i	I	R	S	S	S
	j	R	I	S	S	R
	k	R	I	S	S	R
	l	R	R	S	S	I
	m	R	R	I	S	I
	n	R	S	I	S	S
	o	S	S	I	S	S

<sup>z</sup>R: resistance, I: intermediated, S: susceptibility

품종들의 저항성 정도를 확인하기 위하여 A회사에서 판매되고 있는 8품종, B회사에서 판매되고 있는 7품종 총 15품종에 대하여 3반복의 저항성 검정을 수행하였고, 그 결과를 Table 2 및 Figure 2, 3에 나타내었다.

국내에서 광범위하게 발병하고 있다고 알려진 흰가루병균 CN582 (race 1)를 이용하여, A회사에서 판매되고 있는 8개의 품종에 대해 흰가루병 저항성 검정을 한 결과, 4개의 품종은 저항성을 나타내었지만 나머지 4개의 품종은 이병성을 나타내었다. 또한 B회사에서 판매되고 있는 7개의 품종 중 5품종이 흰가루병균 CN582 (race 1)에 저항성을 나타내었고, 2개의 품종은 이병성 및 중간형을 나타내었다. SN102 (race N2)에 대해서는 A회사 2 품종, B회사 3품종이 저항성을 나타내었으며, YA141 (race A)는 A회사는 8품종 모두 이병성을 나타냈으며, B회사 7품종

중 4품종이 이병성을 나타냈다. 또한 새롭게 동정된 흰가루병균 DH487 (new race)은 A회사와 B회사 각각 2품종에서 저항성을 나타내었다. 그러나 흰가루병균 BN968 (new race)에서는 A회사 및 B회사의 모든 품종에서 이병성을 나타내었다. 따라서 국내 종묘회사들의 멜론 육종에 있어서 race 1뿐만이 아니라 다른 race들에 대해서도 저항성을 갖는 품종개발이 요구된다.

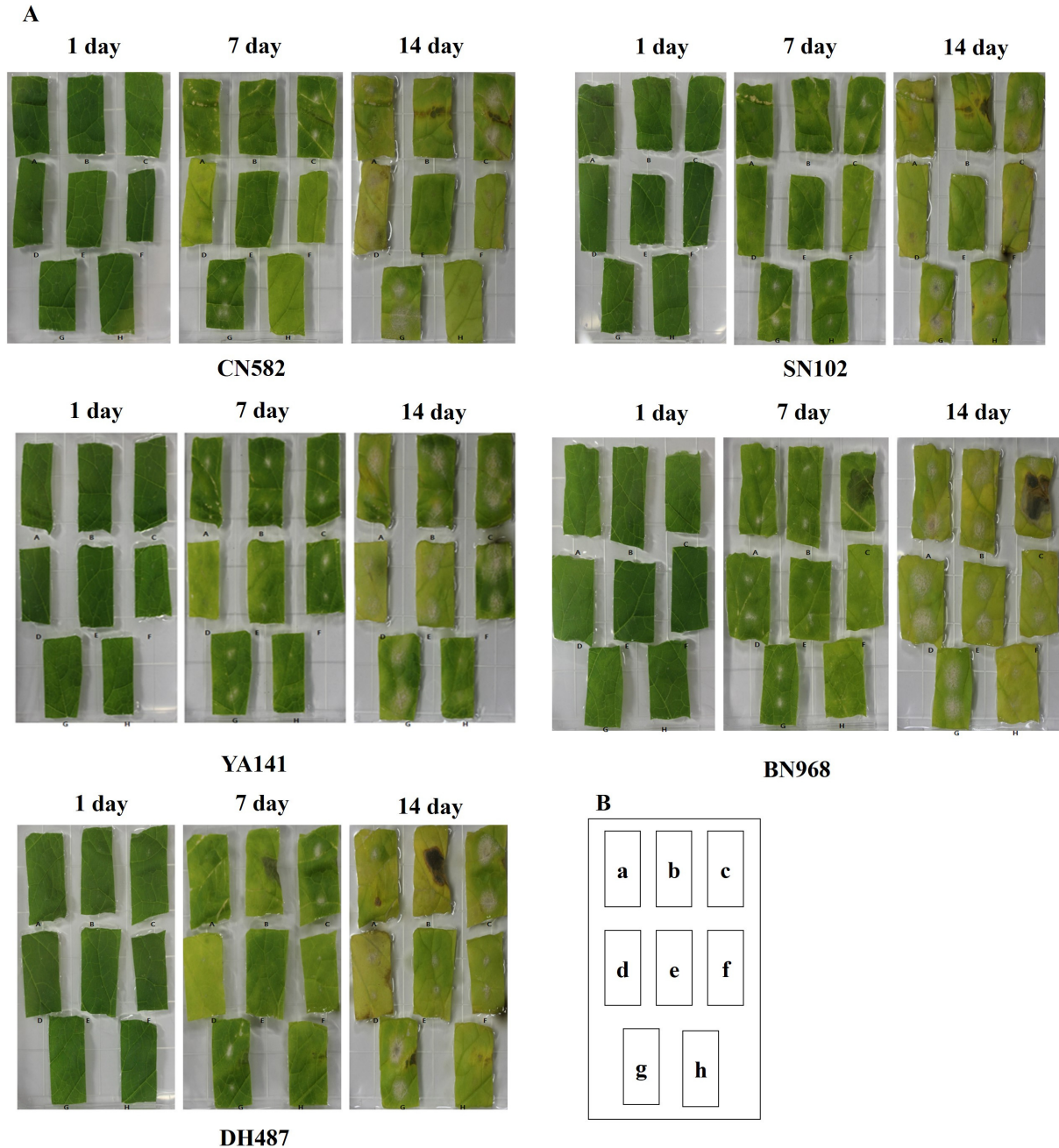
분자 마커를 이용한 국내 시판 멜론 품종의 멜론 흰가루병 race 1 저항성 검정

국내 시판 15품종에 대하여 흰가루병 race 1 저항성 관련 DNA 마커 KPMR1M-1 및 KPMR1M-2를 이용하여 접종 결과와 일치하는 지를 확인하였다. DNA 마커 KPMR1M-1

는 흰가루병 race 1에 이병성 계통인 SCNU-M-1154에서 100 bp의 단편이 검출되었으며, 저항성 계통인 SCNU-M-1159에서는 102 bp의 단편이 검출되었다. 또한 DNA 마커 KPMR1M-2에서는 SCNU-M-1154에서 172 bp의 단편이 검출되었으며, SCNU-M-1159에서는 174 bp의 단편이 검출되었다.

접종 실험 결과 15 품종 중 흰가루병 race 1에 이병성을 나타낸 5 품종은 이병성 계통 SCNU-M-1154과 동일하게

DNA 마커 KPMR1M-1 및 KPMR1M-2에서 이병성 특이적인 단편 100 bp와 172 bp만이 각각 검출되었다. 그러나 race 1에 대하여 저항성을 나타낸 9 품종은 저항성 계통 SCNU-M-1159의 특이적인 단편 102 bp, 174 bp뿐만아니라 이병성 계통/품종에서 검출된 100 bp와 172 bp도 함께 검출되었다(Table 3). 멜론 흰가루병 race 1은 단일우성으로 유전하므로(Pitrat et al. 1991), 9 품종에 대한 저항성 및 이병성의 유전자형이 헤테로로 존재하더라도 멜론 흰가루

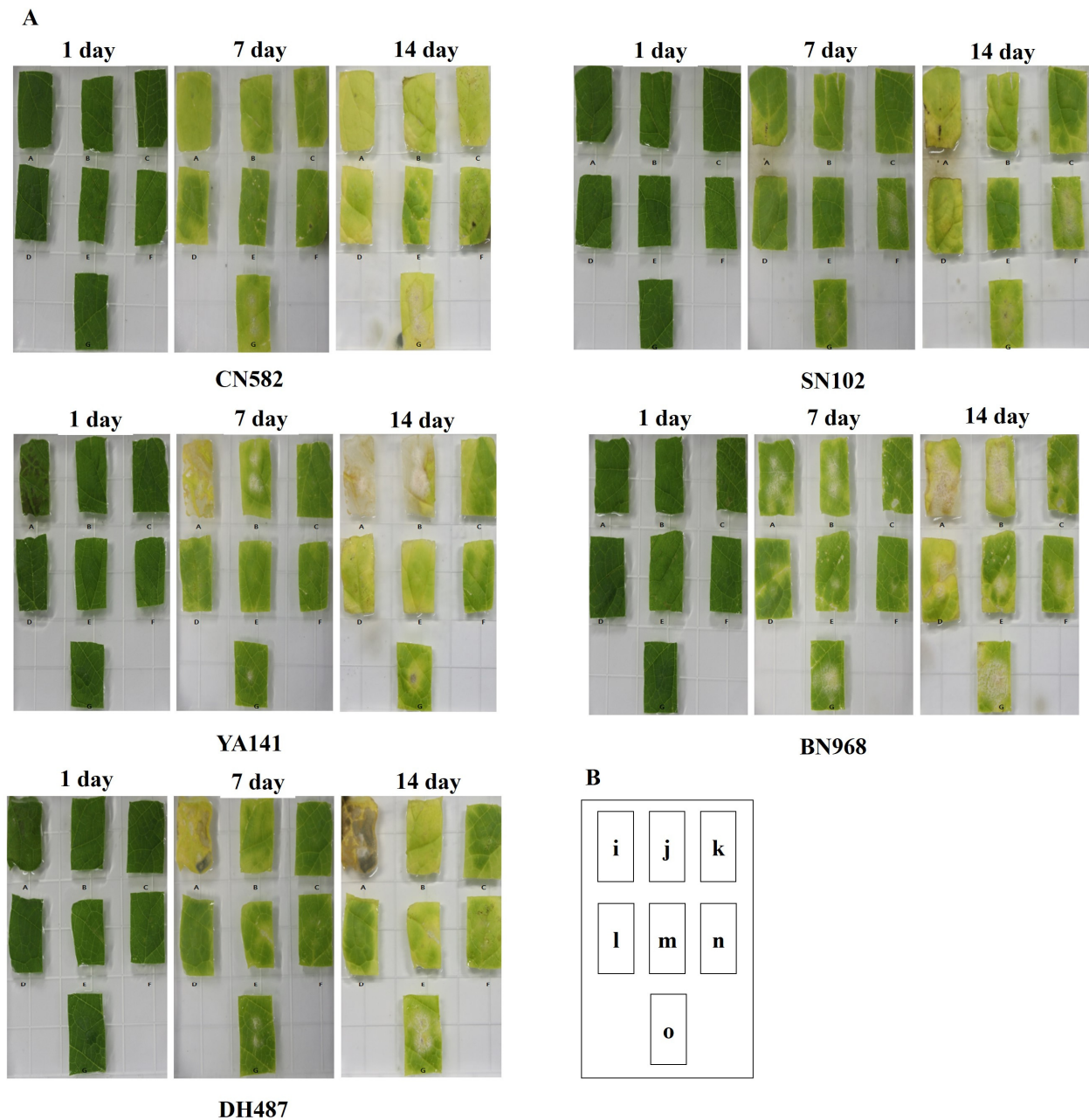


**Fig. 2** Response to disease development of five races of powdery mildew fungi to eight melon cultivars developed by ‘A’ company using the leaf disc test of inoculation. Different responses of races to the genotypes on 7 and 14 days after inoculation (A) and eight leaf disc positions of the genotypes inside the petri dish (B); a-h represent the corresponding eight genotypes evaluated using this inoculation test

병에 대한 표현형은 저항성을 나타내게 되므로 흰가루병 균 접종 결과와 DNA 마커 검정 결과는 정확히 일치하였다. 따라서, 이 2개의 DNA 마커는 국내에서 광범위하게 발병하고 있다고 알려진 흰가루병 race 1 저항성 계통 육성에 매우 유용하게 활용될 것으로 기대된다.

멜론 흰가루병균 race는 28종 정도가 보고되어 있으며 (McCreight 2006), SSR, AFLP, CAPS, dCAPS 등의 공우성 및 우성 분자마커, 5개의 race 에 대한 저항성 계통을 이용한 연관지도 작성 및 QTL 분석에 의한 race 1, 3, N1이

LG II, race 1, 2, 5가 LG V, race 1, 5, N1이 LG XII에 저항성 QTL이 위치한다고 보고되었다(Perchepped et al. 2005; Fukino et al. 2008; Yuste-Lisbona et al. 2011, Fazza et al. 2013). 그러나 국내에서 채집한 균 중 기존에 보고된 race N2 (SN102) 및 A (YA141)에 대한 연구결과는 아직 보고되어 있지 않으므로 이들 2종의 race 및 새롭게 동정된 2종의 new race (BN968, DH487)에 대한 분자마커 개발 연구가 필요하다고 판단된다. 특히 국내시판 15개 품종 중 새롭게 동정된 멜론 흰가루병 race BN968에 대하여 모두



**Fig. 3** Response to disease development of five races of powdery mildew fungi to seven melon cultivars developed by ‘B’ company using the leaf disc test of inoculation. Different responses of races to the genotypes on 7 and 14 days after inoculation (A) and seven leaf disc positions of the genotypes inside the petri dish (B); i-o represent the corresponding seven genotypes evaluated using in this inoculation test

**Table 3** Amplified fragment size of molecular markers in response to race 1 of *Podosphaera xanthii* using 2 lines and 15 commercial melon cultivars

	Cultigen	Heterogeneity of marker		Race of <i>P. xanthii</i>
		KPMR1M-1	KPMR1M-2	Race 1(CN582)
Genetic resource	SCNU-M-1154	100/100 <sup>Z</sup>	172/172	S <sup>y</sup>
	SCNU-M-1159	102/102	174/174	R
A	a	100/102	172/172	R
	b	100/102	172/174	R
	c	100/100	172/172	S
	d	100/100	172/172	S
	e	100/102	172/174	R
	f	100/100	172/172	S
	g	100/100	172/172	S
	h	100/102	172/172	R
B	i	100/100	172/174	I
	j	100/102	172/174	R
	k	100/102	172/174	R
	l	100/102	172/174	R
	m	100/102	172/174	R
	n	100/102	172/174	R
	o	100/100	172/172	S

<sup>Z</sup>Amplification fragment size (bp)<sup>y</sup>S: susceptibility, I: intermediated, R: resistance

이병성을 나타내었다. 따라서 이 race에 대한 저항성 소재 탐색 및 분자마커의 개발이 매우 시급하다고 생각된다. 결론적으로 흰가루병균 race들에 대한 저항성 멜론 품종을 육성하기 위하여 국내에 발생하고 있는 흰가루병균에 대한 체계적인 race분리, 각각의 race들에 대한 저항성 계통 탐색, 그리고 저항성 계통 및 품종을 정확하게 선별할 수 있는 분자마커 개발이 절실히 요구된다.

## 적 요

국내 멜론 및 박과채소 재배농가(안성, 이천, 영암, 창녕, 순천)에서 발병하고 있는 멜론 흰가루병균을 채집한 후 흰가루병균의 형태학적 특성을 이용한 종류 구분 및 멜론 race 판별계통을 이용한 국내에서 발병하고 있는 흰가루병균의 race를 확인하였다. 그 결과 국내 멜론 흰가루병균의 종류는 *Podosphaera xanthii* (syn. *Sphaerotheca fuliginea*)였으며, 기존에 보고된 race 1, N2, A와 판별결과가 일치하는 3 종류의 균주가 분리되었다. 또한 기존에 보고된 race (1, N1, N2, A, S, 5)와 검정 결과가 다른 새로운 race의 흰가루병균 2종이 동정되었다. 그리고 5개의 분리 및 동정된 흰가루병균을 이용하여 국내 시판중인 멜론 15품종에 대한 저항성을 조사한 결과, race1에 대해서는 15품

종 중 9품종이 저항성을 보였다. Race N2와 A 대해서는 소수의 품종에서 저항성을 보였으며, 새로운 race BN968에서는 15품종 모두가 이병성을 나타내었다. 또한 멜론 흰가루병 race 1 저항성 DNA 마커 KPMR1M-1과 KPMR1M-2에 의한 이병성 및 저항성 판별 결과와 race 1 접종 결과는 일치하였다. 따라서 국내 멜론 품종 육종에 있어서 다양한 race 특이적 마커 개발 및 이를 활용한 복합 race 저항성 품종 개발이 요구된다.

## 사 사

본 연구는 농림축산식품부의 수출전략기술개발사업(312065-05-4-HD030) 및 Golden Seed 프로젝트(213003-04-4-SB110) 지원에 의해 이루어졌다.

## References

- Ballantyne B (1963) A preliminary note the identity of cucurbit powdery mildews. Aust Jour Sci 25:360-361
- Cohen Y, Eyal H, Thomas CE (1984) Stabilizing resistance in *Cucumis melo* against downy and powdery mildews in Israel

- and the USA (abstract). *Phytopathology* 74:829
- Epinat C, Pitrat M, Bertrand F (1993) Genetic analysis of resistance of five melon lines to powdery mildews. *Euphytica* 65: 135-144
- Fazza AC, Dallagnol LJ, Fazza AC, Monteiro CC, Lima BM, Wassano DT and Camargo LEA (2013) Mapping of resistance genes to races 1, 3 and 5 of *Podosphaera xanthii* in melon PI 414723. *Crop Breed Appl Biot* 13:349-355
- Fukino N, Ohara T, Monforte A, Sugiyama M, Sakata Y, Kuniyama M, Matsumoto S (2008) Identification of QTLs for resistance to powdery mildew and SSR markers diagnostic for powdery mildew resistance genes in melon (*Cucumis melo* L.). *Theor Appl Genet* 118:165-175
- Hosoya K, Narisawa K, Pitrat M, Ezura H (1999) Race identification in powdery mildew (*Sphaerotheca fuliginea*) on melon (*Cucumis melo* L.) in Japan. *Plant Breeding* 118:259-262
- Izumikawa Y, Kuzuya M, Takazusu Y, Miyagi M (2008) Occurrence of several pathogenic strains of melon powdery mildew with different host-specificity and search for melon breeding materials resistant to these strains. The 114th Meeting of the Japanese Society of Breeding 10(Suppl 2):196
- Jagger IC, Whitaker TW, Porter DR (1938) A new biologic form of powdery mildew on muskmelons in the Imperial Valley of California. *The Plant Disease Reporter* 22:275-276
- Kim H, Park J, Nou I (2015) Development of molecular marker to select resistant lines and to differentiate the races related to powdery mildew in melon (*Cucumis melo* L.). *J Plant Biotechnol* 42:284-289
- Kuzuya M, Hosoya K, Yashiro K, Tomita K, Ezura H (2003) Powdery mildew (*Sphaerotheca fuliginea*) resistance in melon at the haploid level. *J Exp Bot* 54:1069-1074
- Kuzuya M, Yashiro K, Tomita K (2004) Melon breeding for resistance to powdery mildew in respect to its races. *Proc Vege Tea Sci* 1:39-43
- McCreight JD (2006) Melon-powdery mildew interactions reveal variation in melon cultigens and *Podosphaera xanthii* races 1 and 2. *J Am Soc Hort Sci* 131(1):59-65
- McCreight JD, Pitrat M, Thomas CE, Kishaba AN, Bohn GW (1987) Powdery mildew resistance genes in muskmelon. *J Am Soc Hort Sci* 112:156-160
- Mohamed YE, Bardin M, Nicol PC, Pitrat M (1995) Causal agents of powdery mildew of cucurbits in Sudan. *Plant Dis* 79:634-636
- Molot PM, Lecoq L (1986) Powdery mildews of cucurbits. I. Bibliographical review and preliminary experimental results. *Agronomie* 6:355-362
- Perchepe L, Dogimont C, Pitrat M (2005) Strain specific and QTL involved in the control of partial resistance to *Fusarium oxysporum* f. sp. melonis race 1,2 in a recombinant inbred line population of melon. *Theor Appl Genet* 111:65-74
- Perin C, Hagen L, De Conto V, Katzir N, Danin-Poleg Y, Portnoy V, Baudracco-Arnas S, Chadoeuf J, Dogimont C, Pitrat M (2002) A reference map of *Cucumis melo* based on two recombinant inbred line populations. *Theor Appl Genet* 104(6):1017-1034
- Pitrat M (1991) Linkage groups in *Cucumis melo* L. *J Hered* 82:406-411
- Pitrat M, Dogimont C, Bardin M (1998) Resistance to fungal diseases of foliage in melon, p. 167-173. In: J.D. McCreight (ed.). *Cucurbitaceae '98 Evaluation and Enhancement of Cucurbit Germplasm*. ASHS Press, Alexandria, VA.
- Pryor DE, Whitaker TW, Davis GN (1946) The development of powdery mildew resistant cantaloupes. *Proceedings of the American Society of Horticultural Science* 47:347-356
- Shin HD, La YJ (1993) Morphology of edge lines of chained immature conidia on conidiophores in powdery mildew fungi and their taxonomic significance. *Mycotaxon* 46:445-451
- Vakalounakis DJ, Klironomou E, Papadakis A (1994) Species spectrum, host range and distribution of powdery mildews on Cucurbitaceae in Crete. *Plant Pathol.* 43:813-818
- Yuste-Lisbona FJ, Capel C, Sarria E, Torreblanca R, Gómez-Guillamón ML, Capel J, Lozano R, López-Sesé AI (2011) Genetic linkage map of melon (*Cucumis melo* L.) and localization of a major QTL for powdery mildew resistance. *Mol Breed* 27: 181-192