

## 박 덩굴쪄김병 저항성 검정조건 구명

김상규 · 이옥진 · 이선이 · 김대영 · 허윤찬 · 안세웅 · 장윤아 · 문지혜\*

국립원예특작과학원 채소과

# Determination of an Effective Method to Evaluate Resistance of Bottle Gourd Plant to *Fusarium oxysporum* f. sp. *lagenaria*

Sang Gyu Kim, Oak Jin Lee, Sun Yi Lee, Dae Young Kim, Yun-Chan Huh, Se Woong An, Yoon ah Jang, and Ji hye Moon\*

Vegetable division, National Institute of Horticultural and Herbal Science, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea

**Abstract.** Fusarium wilt caused by *Fusarium oxysporum* is a devastating disease limiting production of watermelon in Korea. The best way to control diseases is to use resistant gourd rootstock on watermelon. This study was conducted to establish an efficient screening method for resistant bottle gourd to *Fusarium oxysporum* f. sp. *lagenaria*. To develop an efficient inoculation method, incubation temperature after inoculation (15, 20, 25, and 30°C), inoculum concentration ( $1 \times 10^5$ ,  $5 \times 10^5$ ,  $1 \times 10^6$ , and  $5 \times 10^6$  conidia·mL<sup>-1</sup>), and growth stages of seedlings (7, 10, 13, and 16 days) was investigated. Disease development of Fusarium wilt of bottle gourd was little affected by differences in incubation temperature and growth stages of seedlings. But resistant lines were more susceptible and appeared more severe symptoms at the higher inoculation level. Taken together, we suggest that an effective screening method for resistant gourd plant to Fusarium wilt is to dip the roots of 10-day old seedlings in spore suspension of  $1 \times 10^5$  -  $1 \times 10^6$  conidia·mL<sup>-1</sup>, for 30 min, to transplant the seedlings into a non-infected soil, and then to incubate the inoculated plants in a growth room at 25°C for 3 weeks to develop Fusarium wilt.

**Additional key words :** breeding, cucurbits, disease resistance, Fusarium wilt, resistance screening

## 서론

수박 재배는 토양 전염성 병해 경감을 위해서뿐만 아니라 염, 토양의 산도, 영양분 부족, 중금속의 독성과 고온, 건조, 홍수 등의 비생물적 스트레스에 대한 저항성 증진을 위해 호박, 박, 수박 등을 이용하여 접목재배를 하고 있다(Davis 등, 2008a; Davis 등, 2008b; King 등, 2008; Lee 등, 2010; Martyn, 2014; Schwarz 등, 2010). 호박 대목은 박이나 수박 대목보다 병이나 비생물적 스트레스에 저항성이 뛰어나지만 과실의 가용성 고형물 함량 저하, 향기와 육질 열악화, 공동과, 황대과 발생 등 품질저하를 일으켜 고품질 수박생산에는 박 대목이 선호되고 있다(Karaca 등, 2012; Turhan 등, 2012; Yetişir 등, 2003). 그러나, 박 대목을 특이적으로 감염시키는 *Fusarium oxysporum* f. sp. *lagenaria*에 의한 박 덩굴쪄김병 발생으로 인해 박 대목 사용에 걸림돌이 되고 있다(Armstrong

와 Armstrong, 1978; Sakata 등, 2007). 따라서, 박 덩굴쪄김병 균 저항성인 박 대목이 선발, 육성되었고 많은 품종들이 시판되고 있다(Huh 등, 2012; Karaca 등, 2012; Kim 등, 2016; Yetişir 등, 2007). 그럼에도 불구하고, 국내 수박 시설재배단지에서 그 동안 육성되었거나 시판 중인 덩굴쪄김병 저항성 박 대목에 덩굴쪄김병이 발생하여, 과실 품질저하를 야기하는 단점에도 불구하고 호박 대목 이용이 증가하고 있는 실정이다.

한편, 수박 덩굴쪄김병에 저항성인 대목용 수박이 선발, 육성 되었지만 내저온성과 내습성 등의 환경 스트레스에 대한 적응성이 떨어져 활용되지 못하고 있다(Huh 등, 2002).

토양소독제인 메틸브로마이드의 사용이 선진국은 2005년, 개발도상국은 2015년부터 금지됨에 따라 수박재배에 있어서 접목재배의 필요성이 전세계적으로 증가하고 있다(Ristaino와 Thomas, 1997). 토양전염성 병해에 대처하기 위해 메틸브로마이드를 대체할 수 있는 토양 살균제 개발이나 저항성 품종 육성 이전에 저항성 대목을 활용한 접목재배는 단기간에 토양 전염성 병해 문제에 대처할 수 있는 강력한 대응책이 될

\*Corresponding author: jhmoon@korea.kr

Received November 06, 2019; Revised December 26, 2019;

Accepted January 23, 2020

수 있다(Bletsos, 2005; Miguel 등, 2004).

최근 수박, 멜론, 오이 등 박과채소의 덩굴쪄김병균에 대한 효율적인 저항성 검정법이 확립되어 활용되고 있다(Jo 등, 2017; Jo 등, 2015; Lee 등, 2014; Lee 등, 2015a; Lee 등, 2015b). 현재 육성되었거나 시판 중인 덩굴쪄김병 저항성 박 대목이 수박 시설재배단지에서 덩굴쪄김병이 발생되고 있어 더욱 강력한 박 덩굴쪄김병 자원 탐색과 이를 이용한 덩굴쪄김병 저항성 품종개발이 필요한 실정이다. 이를 위해서는 안정적이며 효율적인 박 덩굴쪄김병 저항성 검정조건이 확립되어야 할 것이다.

수박, 멜론, 오이, 상추, 병아리콩 등에 *F. oxysporum* 균에 의해 발생하는 병의 발병환경에 대한 연구가 되었지만, 박 덩굴쪄김병에 대해서는 발병 조건에 대해 명확한 연구가 되어있지 않다(Jo 등, 2017; Jo 등, 2015; Landa 등, 2006; Lee 등, 2014; Lee 등, 2015a; Lee 등, 2015b; Scott 등, 2010).

박 덩굴쪄김병의 발병온도, 병원균의 밀도, 접종시기에 따른 덩굴쪄김병의 발병 등을 조사하고 확립된 덩굴쪄김병 검정법으로 수박 대목용으로 시중에 판매중인 박 대목에 대해 덩굴쪄김병 발생 정도를 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 덩굴쪄김병균 배양

박 덩굴쪄김병균은 국립원예특작과학원 원예특작 환경과로부터 박에서 분리한 *Fusarium oxysporum* f. sp. *lagenaria* 16-250 균주를 분양받아 실험에 사용하였다. 군사생장의 최적온도를 찾기 위해 균주는 PDA 배지에서 25°C에서 7일간 배양한 균의 가장자리를 8mm cork borer로 잘라 PDA 배지 가운데 접종하여 15, 20, 25 그리고 30°C 배양기에서 배양하였으며, 군사가 자라나는 지름을 접종 2일에서 9일까지 매일 측정하였다.

균주를 대량 배양하기 위해서 덩굴쪄김병 균주를 PDA 배지에서 25°C에서 7일간 배양하여, 균총에서 직경 8mm 군사 조각 5개를 떼어내어 500ml V8 Juice broth 배지에 접종하고 100rpm으로 25°C에서 5일간 배양하였다. V8 Juice broth는 V8 juice 100mL와 CaCO<sub>3</sub> 3g, 증류수 900mL를 이용하여 멸균 후 이용하였으며 V8 Juice는 4,000rpm에서 15분간 원심분리하여 침전물을 제거한 후 사용하였다. 군주 배양액은 4점의 거즈로 걸러 군사체를 제거하고 포자현탁액을 4,000rpm으로 15분간 원심분리하여 배양액은 제거하고 포자만 수거하였다. 수거된 포자는 hemocytometer로 검정하여 멸균수로 희석하여 포자 수를 맞추어 실험에 이용하였다.

### 2. 박 재배 및 덩굴쪄김병 접종

박 덩굴쪄김병에 대한 저항성 검정을 위해 국립원예특작과학원에 보유중인 박 유전자원 ‘063375’ 와 ‘963391-42K’, 2계통과 수박 대목으로 널리 이용되는 박 대목 품종인 ‘블로장생’ (Syngenta Korea, Seoul, Korea)을 구입하여 실험에 사용하였다. 각 종자는 50구 플러그트레이에 원예용 상토를 넣고 각 품종당 종자를 1립씩 파종하여 온실에서 재배하였다.

박 덩굴쪄김병의 발병조건을 구명하기 위하여 접종 후 온도, 접종 농도, 묘령에 따른 유묘의 접종시기별 덩굴쪄김병균을 접종하였고 덩굴쪄김병 발생을 조사하였다. 덩굴쪄김병 접종 방법으로 뿌리 침지법을 사용하였다. 재배한 박 유묘를 포트에서 뽑아 뿌리의 흙을 물로 세척하고 준비된 병원균 포자현탁액에 30분간 침지하였다. 50구 플러그트레이에 원예용 상토를 채우고 물을 뿌려 촉촉하게 만든 후 접종된 박 유묘를 옮겨 심었다.

온도별 덩굴쪄김병의 발병 정도를 알아보기 위해서 파종 10일된 유묘에 1X10<sup>6</sup> conidia·mL<sup>-1</sup> 농도로 뿌리 침지법을 이용하여 접종한 후 15, 20, 25, 30°C의 항온실에서 하루 16시간씩 광(광도: 150 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>), 8시간 암 조건을 유지하면서 덩굴쪄김병 발병 상황을 조사하였다.

덩굴쪄김병 접종 농도별 발병 실험을 하기위해 박 덩굴쪄김병균의 소형 분생 포자농도를 1 X 10<sup>5</sup>, 5 X 10<sup>5</sup>, 1 X 10<sup>6</sup>, 5 X 10<sup>6</sup> conidia·mL<sup>-1</sup> 로 조정하여 포자현탁액을 준비하였다. 박 종자를 파종한 후 10일된 유묘의 뿌리를 뽑아 물로 세척하여 흙을 제거하고 농도별로 준비된 덩굴쪄김병 균에 30분간 침지한 후 50구 플러그트레이에 원예용 상토를 채워 넣고 물을 뿌려 촉촉하게 만든 후 접종된 박 유묘를 심었다. 온도 25°C, 습도 80% 항온실에서 하루 16시간 광, 8시간 암조건을 유지하면서 덩굴쪄김병 발병 상황을 관찰하였다.

박의 접종시기에 따른 덩굴쪄김병 발생을 조사하기 위하여 파종 후 7, 10, 13, 16일 동안 재배한 유묘를 실험에 사용하였다. 생육 정도에 따라 재배된 모종의 뿌리를 뽑아 물로 씻어 흙을 제거하고 1 X 10<sup>6</sup> conidia·mL<sup>-1</sup> 농도로 맞추어진 포자현탁액에 30분간 침지 후 50구 플러그트레이에 원예용 상토를 채워 넣고 물을 뿌려 촉촉히 만든 후 접종된 박 유묘를 심고 25°C 항온실에서 하루 16시간 광, 8시간 암조건을 유지하면서 덩굴쪄김병 발병 상황을 관찰하였다.

시판품종의 덩굴쪄김병 저항성 검정을 위해 *F. oxysporum* f. sp. *lagenaria* 16-250 균주를 PDA 배지에서 25°C에서 7일간 배양하였다. 군사 조각을 직경 8mm 크기로 잘라내어 500mL V8 juice broth 배지에 5개를 접종하고 25°C에서 5일간 배양하였다. 소형분생포자를 4,000rpm에서 15분간 원심

분리하여 배양액을 제거한 후 포자만 수거하여  $1 \times 10^6$  conidia·mL<sup>-1</sup> 농도로 맞추어 사용하였다.

박 종자는 파종 10일 후 뿌리의 흙을 씻어내고 포자현탁액에 30분간 침지 후 원예용 상토로 채운 50구 플러그트레이에 접종한 박 유묘를 다시 심고 25°C 항온실에서 하루 16시간 광, 8시간 암조건을 유지하면서 덩굴쪄짐병 발병 상황을 1주간격으로 조사하였다.

### 3. 발병 및 병조사

박의 덩굴쪄짐병 발생을 위해 접종한 유묘를 25°C에서 하루 16시간씩 광(광도:  $150 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) 조건, 8시간씩 암조건을 유지하면서 재배하였다. 접종 후 온도에 따른 실험의 경우 각각 15, 20, 25, 30°C 항온실에서 동일한 광주기와 광도로 재배하였다. 덩굴쪄짐병 발병 조사는 병원균 접종 후 1주일 간격으로 덩굴쪄짐병 발병정도를 조사하였다.

덩굴쪄짐병의 발병정도는 발병지수로 나타내었으며, 건전할 때를 0, 하위엽이 시들기 시작하면서 시들 정도가 약할 때를 1, 식물체의 50% 이상 심하게 시들었을 때를 2, 식물체가 고사하였을 때를 3으로 하여 총 4단계로 조사하였다(Fig. 1). 평균 발병 정도가 1.0 이하를 저항성, 1.1 이상에서 2.0 이하는 중도저항성, 2.1 이상은 감수성으로 판정하였다.

모든 실험결과는 SAS (SAS Institute, Inc., 1989, Cary, NC) 프로그램을 이용하여 ANOVA 분석을 하였으며 처리간 평균 비교를 위하여 tukey's studentized range test ( $p = 0.05$ )를 실시하였다.



Fig. 1. Scale of *Fusarium* wilt resistance response of bottle gourd to *Fusarium oxysporum* f. sp. *lagenaria* 16-250. Disease severity of the bottle gourd seedling was scored on a scale of 0-3.

## 결과 및 고찰

### 1. 접종원 생산을 위한 균 배양온도 선별

박 덩굴쪄짐병균의 배양 온도에 따른 균사의 성장 속도를 조사하였다(Fig. 2). 균사는 25°C에서 가장 잘 자랐다. 25°C 다음으로는 초기에는 30°C가 빠르게 자랐으나, 4일차 이후에는

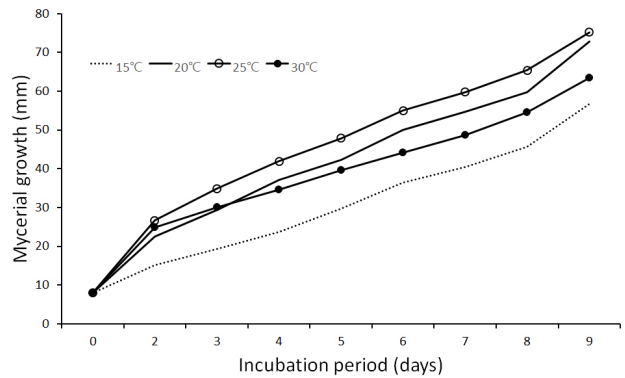


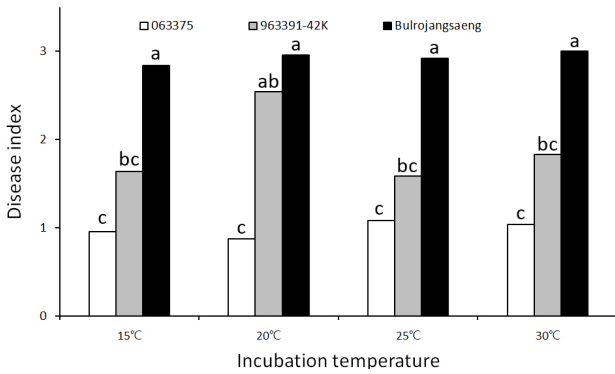
Fig. 2. Mycelial growth of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lagenaria* 16-250 on potato dextrose agar at 4 different temperatures. Each value represents the mean diameter of mycelial growth of five replicates.

20, 30 그리고 15°C 순으로 균사생장이 빠른 것으로 나타났다. Hibar 등(2006)은 *F. oxysporum* 균이 20 - 30°C에서 잘 자랐으며, 균사생장 최적 온도는 25°C라고 하여 본 실험과 같은 결과였다. 배양 8일차의 온도에 따른 균사의 길이를 회귀 분석 결과 온도에 따른 균사의 길이  $y = -0.249x^2 + 11.847x - 76.395$  ( $R^2 = 0.9836$ )로 계산되어 23°C에서 균사 성장 속도가 가장 빠른 것으로 예측되었다. 따라서, 박 덩굴쪄짐병 증식을 위해서 23°C에서 25°C로 배양하는 것이 적합할 것으로 판단되었다.

### 2. 재배 온도에 따른 덩굴쪄짐병의 발생

박 덩굴쪄짐병 저항성 정도가 다른 박 계통에 대해 재배 온도에 따라 저항성에 차이가 나타나는지를 조사하였다(Fig. 3). 박 유묘에 병원균을 접종한 후 유묘를 15, 20, 25 및 30°C 항온실에서 재배하였다. ‘불로장생’은 15, 20, 25 및 30°C에서 발병도 2를 넘어 모든 온도에서 감수성으로 나타났다. ‘963391-42K’는 15, 25 및 30°C에서 병 발병도 1.64, 1.58, 1.83으로 중도저항성으로 나타났지만, 20°C에서는 발병도 2.54로 감수성 반응을 나타내었다. ‘063375’ 계통은 15, 20, 25 및 30°C에서 각각의 발병도 0.96, 0.88, 1.08, 1.04로 15, 20, 30°C에서 저항성으로, 25°C에서는 중도저항성으로 나타났지만 통계적 유의성은 없었다. 15, 20, 25, 30°C 온도에서 저항성이 다른 세 계통의 박에 덩굴쪄짐병균을 접종하고 재배 온도를 달리하였을 때 각 계통과 품종들은 모든 온도에서 저항성 반응의 통계적 유의성이 없어 온도별로 저항성 반응의 차이는 없는 것으로 나타났다.

Jo 등(2015)은 수박에서 덩굴쪄짐병을 접종하고 재배온도 별로 병 발생 정도를 보고하였는데, 저항성과 감수성 품종은 재배온도에 따른 영향이 거의 없었으나 중도저항성 품종은 20°C와 30°C에서는 중도저항성 반응을 나타냈지만 25°C에

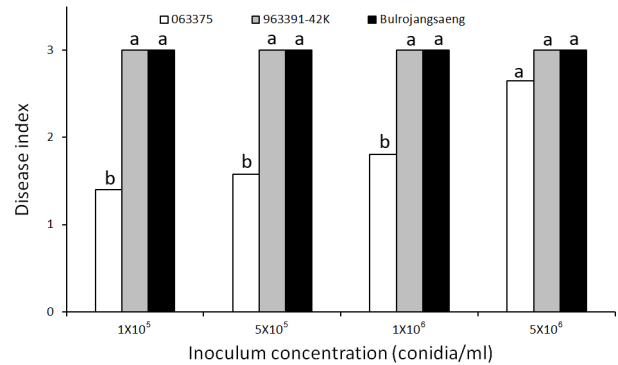


**Fig. 3.** Development of Fusarium wilt of two bottle gourd lines and one cultivar according to incubation temperature. Ten day old seedlings of bottle gourd were inoculated with *Fusarium oxysporum* f. sp. *lagenaria* 16-250 by dipping the roots of seedling in spore suspension of  $1 \times 10^6$  conidia·mL<sup>-1</sup> for 30 min. The inoculated plants were incubated at 25°C room chamber with 16h light a day. After three weeks, disease severity of the seedlings was investigated. Values labeled with the same letter are not significantly different in tukey's studentized range test at  $p = 0.05$ .

서는 더 높은 발병도를 보이면서 감수성 반응을 나타냈다고 했다. Scott 등(2010)은 상추 시들음병균 *F. oxysporum* f. sp. *lactucae*를 접종하였을 경우 감수성 품종은 저온(23/18°C), 중온(28/20°C), 고온(33/23°C)으로 온도가 높아질수록 시들음병이 심하게 발병하였지만 저항성 품종은 재배온도에 따른 병 발생 정도에 영향이 적었다고 보고하였다. Landa 등(2006)은 병아리콩에 *F. oxysporum* f. sp. *ciceris*를 접종하였을 때 Ayala 품종의 경우 24/21°C에서는 중도저항성 반응을 나타내었으나, 27/25°C에서는 감수성 반응을 나타내었고, JG-62 품종을 race 1A 와 6으로 접종했을 때는 온도에 영향을 받지 않았다고 하였다. 같은 Fusarium wilt라 하더라도 작물과 균의 종류에 따라 병 발생에 적절한 재배 온도가 다르다는 것을 알 수 있었다. 비록, '963391-42K'는 20°C에서 병 발생이 많았으나, 15, 25, 30°C에서와 통계적 유의성은 없었다. '063375'와 '불로장생'은 모든 온도에서 온도의 영향이 없었다. 박 덩굴쪄김병균의 균사생장은 25°C에서 가장 잘 자라는 점을 감안하여 박 덩굴쪄김병 저항성 검정은 박 덩굴쪄김병균 접종 후 25°C에서 재배하는 것이 좋을 것으로 생각되었다.

### 3. 접종 농도에 따른 덩굴쪄김병 발생

덩굴쪄김병 접종농도 선발을 위해 박 덩굴쪄김병균 *F. oxysporum* f. sp. *lagenaria* 16-250 균주를 소형분생포자 4가지( $1 \times 10^5$ ,  $5 \times 10^5$ ,  $1 \times 10^6$  및  $5 \times 10^6$  conidia·mL<sup>-1</sup>) 농도로 접종하였다. 저항성 정도가 다른 박 두 계통과 한 품종을 대상으로 파종 10일된 유묘에 단근침지법으로 시들음병균을 접종



**Fig. 4.** Development of Fusarium wilt of two bottle gourd lines and one cultivar. Ten-day old seedling of bottle gourd were inoculated with *Fusarium oxysporum* f. sp. *lagenaria* 16-250 by dipping the roots of seedling in spore suspension of four each concentration for 30 min. The inoculated plants were incubated at 25°C room chamber with 16h light a day. After three weeks, disease severity of the seedlings was investigated. Values labeled with the same letter are not significantly different in tukey's studentized range test at  $p = 0.05$ .

하고 3주 후에 덩굴쪄김병 발생 정도를 조사하였다(Fig. 4). 접종 농도와 관계없이 '963391-42K' 계통과 '불로장생' 품종은 모든 처리구에서 발병도 3.0으로 감수성을 나타내었다. '063375' 계통은  $1 \times 10^5$ ,  $5 \times 10^5$  및  $1 \times 10^6$  conidia·mL<sup>-1</sup>에서는 발병도 각각 1.4, 1.6 및 1.8로 중도저항성을 나타내었으나  $5 \times 10^6$  conidia·mL<sup>-1</sup>에서는 발병도 2.7로 감수성 반응을 나타내었다.

Jo 등(2015)은 저항성이 다른 세 가지 수박 품종에 수박 덩굴쪄김병균을 접종하였을 때 각 품종 내의 접종원 농도( $1.1 \times 10^5 - 9.0 \times 10^6$  conidia·mL<sup>-1</sup>) 간에 유의성 있는 차이를 보이지 않았으며, 농도를 더 낮추어  $1 \times 10^3$ ,  $1 \times 10^4$  conidia·mL<sup>-1</sup> 농도로 접종을 하였더라면 접종 농도 증가에 따라 병 발생이 증가할 수도 있다고 보고하였다.

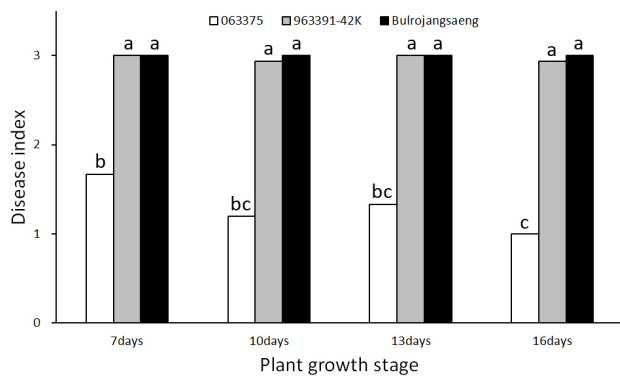
Lee 등(2015b)은 덩굴쪄김병에 저항성이 다른 6개 품종의 멜론에 다섯 가지 농도로 덩굴쪄김병균을 접종하였을 때 감수성 품종은 접종원 농도와 관계없이 모두 높은 감수성으로 나타났으며, 저항성 품종은 대부분 품종에서 접종원의 포자 농도가 증가함에 따라 덩굴쪄김병의 발병도도 증가했다고 하였다. 이는 본 실험의 박 덩굴쪄김병 접종농도와 식물체 저항성에 대한 병 발생 정도와 일치하였다.

'963391-42K'와 '불로장생'의 경우 모든 농도에서 감수성 반응을 보였으며, '063375'의 경우 농도가 높을수록 발병률이 높았으나,  $1 \times 10^5 - 1 \times 10^6$  conidia·mL<sup>-1</sup> 농도에서 유의미한 차이가 없었다. 따라서 박 덩굴쪄김병 저항성 검정에는  $1 \times 10^5 - 1 \times 10^6$  conidia·mL<sup>-1</sup> 농도가 적절할 것으로 생각된다.

#### 4. 접종시기에 따른 덩굴쪄김병의 발생

덩굴쪄김병에 저항성 정도가 다른 박 두 계통과 한 품종에 대해 접종시기에 따른 덩굴쪄김병의 발생정도를 조사하기 위하여 파종 후 7, 10, 13, 16일 동안 재배한 유묘에 *F. oxysporum* f. sp. *lagenaria* 16-250 균주를  $1.0 \times 10^6$  conidia·mL<sup>-1</sup> 농도로 단근 침지법을 이용하여 접종하고 3주 후에 덩굴쪄김병의 발병 정도를 조사하였다(Fig. 5). ‘963391-42K’와 ‘불로장생’은 접종시기에 관계없이 모두 감수성으로 나타났다. 그러나, ‘063375’는 파종 후 7, 10, 13일 된 묘는 병 발병도 1.33에서 1.67로 중도저항성을, 16일 된 묘는 발병도 1.0으로 저항성을 나타냈다. 파종 7일된 묘는 파종 16일된 묘와 접종 3주 후에는 유의한 차이를 나타내었다.

수박의 경우 파종 후 접종시기별(7, 10, 13, 16일) 덩굴쪄김병을 접종하여 발병도를 조사하였을 때 중도저항성과 감수성 품종에서 생육 기간이 길수록 덩굴쪄김병의 발생이 줄어드는 경향을 보였다(Jo 등, 2015). 본 실험에서는 ‘963391-42K’와 ‘불로장생’은 접종시기와 관련 없이 감수성으로 나타났지만, ‘063375’ 계통은 생육 기간이 길어 질수록 덩굴쪄김병 발생이 줄어드는 것을 확인할 수 있어 수박 덩굴쪄김병과 같은 경향을 나타내었다. 멜론의 경우도 묘령이 오래될수록 덩굴쪄김병의 발생이 줄어드는 것이 보고되었다(Latin와 Snell, 1986). Lee 등 (2015b)은 멜론의 생육 시기별로 덩굴쪄김병을 접종하여 병 발생을 조사한 결과 감수성과 저항성 품종 모두 접종시기에 관계없이 저항성, 감수성, 중도저항성 반응을 보여 유묘의 생육 시기에 따른 덩굴쪄김병의 발생차이가 저항성의 검



**Fig. 5.** Development of Fusarium wilt on two bottle gourd lines and one cultivar according to growth stage of bottle gourd seedlings. 7, 10, 13 and 16 days old seedlings of each cultivar were inoculated with *Fusarium oxysporum* f. sp. *lagenaria* 16-250 by dipping the roots of seedlings in spore suspension of  $1.0 \times 10^6$  conidia·mL<sup>-1</sup> for 30 min. The inoculated plants were incubated at 25°C room chamber with 16h light a day. After three weeks, disease severity of the seedlings was investigated. Values labeled with the same letter are not significantly different in tukey’s studentized range test at  $p = 0.05$ .

정에 영향을 미칠 만큼 크지 않다고 하였다. 이는 멜론 품종의 차이에 의한 것으로 생각된다.

본 실험에서 사용한 감수성 자원인 ‘963391-42K’와 ‘불로장생’은 접종시기별 접종 결과에서 모두 감수성으로 판정이 되었다. 중도저항성인 ‘063375’ 계통의 경우 파종 후 7, 10, 13, 16일 후에 덩굴쪄김병균을 접종하였을 때에는 병 발병도 1.67, 1.20, 1.33 그리고 1.0을 보여 유의한 차이가 없었지만 16일 후에 접종한 경우 저항성 반응으로 나타나 7, 10, 13일 후 접종하는 것이 좋을 것으로 판단된다. 그렇지만 파종 후 7일 된 유묘는 너무 어려서 발아율이 낮은 종자나 늦게 발아하는 종자는 접종하기가 어려웠으며, 유묘가 클수록 접종 후 이식할 경우 뿌리 활착이 어려운 점을 감안하면 파종하고 10일 동안 재배한 유묘를 사용하는 것이 적당할 것으로 판단된다.

#### 5. 박 품종의 덩굴쪄김병 저항성 검정

시판 중인 14종류 박 종자에 대해 박 덩굴쪄김병 저항성 검정을 실시하였다(Table 1). 현재 시판 중인 대부분의 대목용 박은 덩굴쪄김병 저항성 품종으로 표기되어 있었다. 14품종 중 접종 1주일 후에 10개 품종이 덩굴쪄김병에 대해 중도저항성으로 판별되었으며, 4개 품종이 저항성으로 판별되었다. 그러나, 접종 2주 후에는 14개 품종이 모두 박 덩굴쪄김병균에 감수성 반응을 나타내었다. 대조 품종으로 사용한 수박 품종은 두 품종 모두 박 덩굴쪄김병 균주에 저항성으로 나타나 사용한 박 덩굴쪄김병 *F. oxysporum* f. sp. *lagenaria* 16-250 균주는 수박에는 병원성이 없는 것을 알 수 있었다. Kim 등 (2016)은 박 덩굴쪄김병 저항성 계통과 조합을 선발하였으며, 사용한 시판 중인 박 품종이 박 덩굴쪄김병에 저항성 반응을 나타냈었다. 그러나, 본 연구에서는 대부분 박 품종이 박 덩굴쪄김병에 감수성 반응을 나타내어 당시 사용한 박 덩굴쪄김병 균주의 병원성 차이에 의한 것인지 새로운 레이스의 출현에 의한 것인지는 더 많은 연구가 수행되어야 할 것으로 보인다.

본 연구에서 덩굴쪄김병 검정을 위한 온도, 병원균의 농도, 접종 시의 묘령 등 환경조건의 최적 조건을 확립하고자 하였다. 건전한 육묘와 재배를 위해서는 덩굴쪄김병 발병을 제어하기 위한 조건으로 활용될 수 있을 것이다.

*F. oxysporum* f. sp. *lagenaria* 16-250 균주는 기존에 사용 중인 박 덩굴쪄김병 균주 보다 강한 병원성을 나타내었으며, 수박에는 병원성이 없었다. 박 대목을 사용한 수박 시설재배 단지에서 덩굴쪄김병이 발생되고 있다고 한다. 현재 우리나라 수박 재배에서 90% 이상이 접목재배를 하고 있다. 우수한 품질의 수박 생산을 위해 수박이나 호박 대목보다 박 대목을 선호하고 있으나, 박 덩굴쪄김병의 발생으로 박 대목을 이용

**Table 1.** Resistance degree of commercial bottle gourd rootstock and watermelon cultivars to *Fusarium oxysporum* f. sp. *lagenaria* 16-250 at 1, 2 and 3 weeks after inoculation.

Cultivar	Species	Disease index <sup>y</sup> and response <sup>z</sup>					
		1 week		2 weeks		3 weeks	
Bulrojangsaeng	<i>Lagenaria siceraria</i>	1.3 ± 0.4	MR	3.0 ± 0.0	S	3.0 ± 0.0	S
RS-dongjanggoon	<i>L. siceraria</i>	2.0 ± 0.0	MR	3.0 ± 0.0	S	3.0 ± 0.0	S
Sinhoachangjo	<i>L. siceraria</i>	1.3 ± 0.4	MR	3.0 ± 0.0	S	3.0 ± 0.0	S
Gangse	<i>L. siceraria</i>	1.3 ± 0.4	MR	3.0 ± 0.0	S	3.0 ± 0.0	S
Anjeonjidae	<i>L. siceraria</i>	1.3 ± 0.4	MR	3.0 ± 0.0	S	3.0 ± 0.0	S
Super FR-power	<i>L. siceraria</i>	0.3 ± 0.4	R	3.0 ± 0.0	S	3.0 ± 0.0	S
FR dantos	<i>L. siceraria</i>	0.9 ± 0.3	R	3.0 ± 0.0	S	3.0 ± 0.0	S
FR Seotaeja	<i>L. siceraria</i>	1.3 ± 0.4	MR	3.0 ± 0.0	S	3.0 ± 0.0	S
FR health	<i>L. siceraria</i>	0.9 ± 0.8	R	3.0 ± 0.0	S	3.0 ± 0.0	S
FR strong	<i>L. siceraria</i>	0.9 ± 0.8	R	3.0 ± 0.0	S	3.0 ± 0.0	S
FR meongga	<i>L. siceraria</i>	1.8 ± 0.4	MR	3.0 ± 0.0	S	3.0 ± 0.0	S
Seonbongjang	<i>L. siceraria</i>	1.9 ± 0.3	MR	3.0 ± 0.0	S	3.0 ± 0.0	S
FR Homerun	<i>L. siceraria</i>	2.0 ± 0.0	MR	3.0 ± 0.0	S	3.0 ± 0.0	S
FR Boolsajo	<i>L. siceraria</i>	1.5 ± 0.8	MR	3.0 ± 0.0	S	3.0 ± 0.0	S
Speedgool	<i>Citrullus lanatus</i>	0.0 ± 0.0	R	0.0 ± 0.0	R	0.0 ± 0.0	R
Soknoranggol	<i>C. lanatus</i>	0.6 ± 0.9	R	0.4 ± 1.0	R	0.4 ± 1.0	R

<sup>y</sup>Each value represents the mean disease index ± standard deviation of eight replicates each.

<sup>z</sup>Resistance response, R = resistant, MR = moderately resistant, S = susceptible.

한 수박 생산이 어려운 실정이다. 덩굴쪄김병에 저항성으로 알려진 박 대목의 덩굴쪄김병 발병원인에 대한 연구가 수행되어야 할 것이다.

현재 수박 재배지에서 박 덩굴쪄김병의 발생으로 수박 생산에 걸림돌이 되고 있어 본 연구에서 제안된, 효율적인 박 덩굴쪄김병 저항성 검정법이 박 덩굴쪄김병 저항성 유전자원 선별과 품종육성에 이용되길 기대한다.

## 적 요

*Fusarium oxysporum*에 의한 덩굴쪄김병은 수박 재배에 큰 피해를 일으키는 중요한 병이다. 이 병을 방제하기 위해 덩굴쪄김병 저항성 박 대목을 이용하는 것이 가장 좋은 방법이다. 본 연구는 박 덩굴쪄김병 저항성 자원을 선별할 수 있는 방법을 확립하기 위해 수행하였다. 효과적인 접종법을 개발하기 위해 접종 후 온도(15, 20, 25, 30°C), 접종 농도(1 X 10<sup>5</sup>, 5 X 10<sup>5</sup>, 1 X 10<sup>6</sup> and 5 X 10<sup>6</sup> conidia · mL<sup>-1</sup>), 접종 시기(파종 7, 10, 13, 16일 후)를 조사하였다. 박 덩굴쪄김병을 접종하였을 때 접종 후 배양 온도나 파종 후 접종 시기의 영향이 적었다. 그러나, 덩굴쪄김병에 저항성인 박의 경우 접종농도가 높을수록

발병이 심하게 나타났다. 따라서, 박 덩굴쪄김병에 대한 효과적인 접종법으로 파종 10일 된 유묘 뿌리를 1 X 10<sup>5</sup> - 1 X 10<sup>6</sup> conidia · mL<sup>-1</sup> 농도로 30분간 접종한 후 감염되지 않은 토양에 옮겨 심고 25°C에서 3주 동안 재배하는 것을 제안한다.

**추가 주제어:** 육종, 박과, 병 저항성, 시들음병, 저항성 탐색

## 사 사

본 연구는 농촌진흥청 시험연구사업(PJ01262201)의 지원으로 이루어 졌습니다.

박 덩굴쪄김병 균주를 분양해 주신 국립원예특작과학원 백창기 박사님께 감사 드립니다.

## Literature Cited

- Armstrong, G. M. and Armstrong, J. K. 1978. Formae speciales and races of *Fusarium oxysporum* causing wilts of Cucurbitaceae. *Phytopathology* 68:19-28.
- Bletsos, F. A. 2005. Use of grafting and calcium cyanamide as alternatives to methyl bromide soil fumigation and their

- effects on growth, yield, quality and fusarium wilt control in melon. *J. Phytopathology* 153:155-161.
- Davis, A. R., Perkins-Veazie, P., Hassell, R., Levi, A., King, S. R. and Zhang, X. 2008a. Grafting effects on vegetable quality. *HortScience* 43:1670-1672.
- Davis, A. R., Perkins-Veazie, P., Sakata, Y., López-Galarza, S., Maroto, J. V., Lee, S.-G., Huh, Y.-C., Sun, Z., Miguel, A., King, S. R., Cohen, R. and Lee, J.-M. 2008b. Cucurbit Grafting. *Crit. Rev. Plant. Sci.* 27:50-74.
- Hibar, K., Daami-Remadi, M., Jabnoun-Khiareddine, H. and El Mahjoub, M. 2006. Temperature effect on mycelial growth and on disease incidence of *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*. *Plant Pathol. J.* 5:233-238.
- Huh, Y. C., Lee, W. M., Ko, H. C., Park, D. K., Park, K. S., Lee, H. J., Lee, S. G. and Ko, K. D. 2012. Development of Fusarium wilt-resistant F1 hybrids of bottle gourd (*Lagenaria siceraria* Standl.) for watermelon rootstocks. Adana: University of Cukurova, Ziraat Fakultesi.
- Huh, Y. C., Om, Y. H. and Lee, J. M. 2002. Utilization of citrullus germplasm with resistance to fusarium wilt (*Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*) for watermelon rootstocks. *Acta Hort.* 588:127-132.
- Jo, E. J., Choi, Y. H., Jang, K. S., Kim, H. and Choi, G. J. 2017. Development of a simple and effective bioassay method to evaluate resistance of watermelon plants to *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*. *Res. Plant Dis.* 23:168-176 (in Korean).
- Jo, E. J., Lee, J. H., Choi, Y. H., Kim, J.-C. and Choi, G. J. 2015. Development of an efficient method of screening for watermelon plants resistant to *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 33:409-419 (in Korean).
- Karaca, F., Yetişir, H., Solmaz, I., Candir, E., Kurt, Ş., Sari, N. and Güler, Z. 2012. Rootstock potential of Turkish *Lagenaria siceraria* germplasm for watermelon: plant growth, yield and quality. *Turk. J. Agric. For.* 36:167-177.
- Kim, S., Huh, Y.-C., Park, T.-S., Yang, E.-Y., Chae, S.-Y., An, S.-W., Park, D.-G. and Moon, J.-H. 2016. Symptoms of infected seedlings and screening of breeding lines and F1 hybrids for resistance to Fusarium wilt in bottle gourd (*Lagenaria siceraria* Standl.). *J. Korean Soc. Int. Agric.* 28:553-557 (in Korean).
- King, S. R., Davis, A. R., Liu, W. and Levi, A. 2008. Grafting for disease resistance. *HortScience* 43:1673-1676.
- Landa, B. B., Navas-Cortés, J. A., Del Mar Jiménez-Gasco, M., Katan, J., Retig, B. and Jiménez-Díaz, R. M. 2006. Temperature response of chickpea cultivars to races of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris*, causal agent of Fusarium wilt. *Plant Dis.* 90:365-374.
- Latin, R. X. and Snell, S. J. 1986. Comparison of methods for inoculation of muskmelon with *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*. *Plant Dis.* 70:297-300.
- Lee, J.-M., Kubota, C., Tsao, S. J., Bie, Z., Echevarria, P. H., Morra, L. and Oda, M. 2010. Current status of vegetable grafting: Diffusion, grafting techniques, automation. *Sci. Hort.* 127:93-105.
- Lee, J. H., Kim, J.-C., Jang, K. S., Choi, Y. H. and Choi, G. J. 2014. Efficient screening method for resistance of cucumber cultivars to *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum*. *Res. Plant Dis.* 20:245-252 (in Korean).
- Lee, W. J., Jang, K. S., Choi, Y. H., Kim, H. T., Kim, J.-C. and Choi, G. J. 2015a. Development of an efficient simple mass-screening method for resistant melon to *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*. *Res. Plant Dis.* 21:201-207 (in Korean).
- Lee, W. J., Lee, J. H., Jang, K. S., Choi, Y. H., Kim, H. T. and Choi, G. J. 2015b. Development of efficient screening methods for melon plants resistant to *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 33:70-82 (in Korean)
- Martyn, R. D. 2014. Fusarium wilt of watermelon: 120 years of research. *Hortic. Rev.* 42:349-442.
- Miguel, A., Maroto, J. V., San Bautista, A., Baixauli, C., Cebolla, V., Pascual, B., López, S. and Guardiola, J. L. 2004. The grafting of triploid watermelon is an advantageous alternative to soil fumigation by methyl bromide for control of *Fusarium* wilt. *Sci. Hort.* 103:9-17.
- Ristaino, J. B. and Thomas, W. 1997. Agriculture, methyl bromide, and the ozone hole: can we fill the gaps? *Plant Dis.* 81:964-977.
- Sakata, Y., Ohara, T. and Sugiyama, M. 2007. The history and present state of the grafting of cucurbitaceous vegetables in Japan. *Acta Hort.* 731:159-170.
- Schwarz, D., Roupheal, Y., Colla, G. and Venema, J. H. 2010. Grafting as a tool to improve tolerance of vegetables to abiotic stresses: Thermal stress, water stress and organic pollutants. *Sci. Hort.* 127:162-171.
- Scott, J. C., Gordon, T. R., Shaw, D. V. and Koike, S. T. 2010. Effect of temperature on severity of Fusarium wilt of lettuce caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *lactucae*. *Plant Dis.* 94:13-17.
- Turhan, A., Ozmen, N., Kuscu, H., Serbeci, M. S. and Seniz, V. 2012. Influence of rootstocks on yield and fruit characteristics and quality of watermelon. *Hortic. Environ. Biotechnol.* 53:336-341.
- Yetişir, H., Kurt, Ş., Sari, N. and Tok, F. M. 2007. Rootstock potential of Turkish *Lagenaria siceraria* germplasm for watermelon: plant growth, graft compatibility, and resistance to Fusarium. *Turk. J. Agric. For.* 31:381-388.
- Yetişir, H., Sari, N. and Yücel, S. 2003. Rootstock resistance to Fusarium wilt and effect on watermelon fruit yield and quality. *Phytoparasitica* 31:163-169.