

마늘 유전자원의 *Stemphylium vesicarium*에 의한 잎마름병 저항성 평가

Evaluation of Garlic Germplasm for Resistance to Leaf Blight Caused by *Stemphylium vesicarium*

*Corresponding author

Tel: +82-42-860-7434
Fax: +82-42-861-4913
E-mail: kjchoi@kricr.re.kr
ORCID
<https://orcid.org/0000-0003-1564-1487>

이진주^{1,2} · 한지원³ · 김현^{1,4} · 김진철² · 최경자^{1,4*} 

¹한국화학연구원 친환경신물질연구센터, ²전남대학교 농생명화학과,

³국립원예특작과학원 파속채소연구센터, ⁴과학기술연합대학원대학교 의약화학 및 약리생물학과

Jin Ju Lee^{1,2}, JiWon Han³, Hun Kim^{1,4}, Jin-Cheol Kim², and Gyung Ja Choi^{1,4*} 

¹Center for Eco-Friendly New Materials, Korea Research Institute of Chemical Technology, Daejeon 34114, Korea

²Department of Agricultural and Biological Chemistry, Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea

³Allium Vegetable Research Center, National Institute of Horticultural and Herbal Science, RDA, Muan 58545, Korea

⁴Department of Medicinal Chemistry and Pharmacology, University Science and Technology, Daejeon 34114, Korea

Leaf blight caused by *Stemphylium vesicarium* is one of the most important fungal diseases of garlic (*Allium sativum* L.) worldwide, which results in a reduction of quality and yield. The breeding of resistant cultivars is an efficient approach to decrease the use of chemical fungicides and minimize crop losses. In this study, to find the resistant garlic resources against *S. vesicarium*, we evaluated the resistance degree of 20 garlic germplasms. To do this, garlic seedlings at four-leaf stage were rubbed with nonabsorbent cotton and then inoculated with spore suspension (3.0×10^5 spores/ml of potato dextrose broth) of *S. vesicarium* by spray method. Three to seven days after inoculation, the infected leaf area (%) of garlic seedling was measured. 'Daeseo' and 'Namdo' were included as susceptible and resistant control cultivars, respectively. After 3 to 7 days of incubation, the infected leaf area (%) of garlic seedling was measured. Our results showed that IT245512, IT245528, and IT244068 lines exhibited the highest resistance against *S. vesicarium*, whereas IT257134 and IT253043 lines were more susceptible than the susceptible cultivar 'Daeseo'. Based on the results, the resistant genetic resources selected in this study can be used a basic material for resistant garlic breeding system against leaf blight.

Keywords: Breeding, Disease resistance, Garlic germplasm, Resistant cultivar, Screening

Received April 18, 2024

Revised May 13, 2024

Accepted May 16, 2024

서론

마늘(*Allium sativum* L.)은 쪽파(*A. schoenoprasum*), 부추(*A.*

ampeloprasum), 양파(*A. cepa*) 등과 함께 백합과(Liliaceae) 파속(*Allium* spp.)에 속하는 채소 작물이다(Egea 등, 2017; Shin 등, 2004). 마늘은 맛뿐만 아니라 향미도 풍부하여 여러 요리의 양념 재료로 널리 이용되고 있다(Kim 등, 2015; Kim, 2021; Panse 등, 2013). 또한, 마늘은 영양가도 높으며, 항혈소판, 저질 혈증, 항고혈압제, 항산화, 심혈관 질병에 대한 효능도 알려져 있

Research in Plant Disease

eISSN 2233-9191

www.online-rpd.org

© The Korean Society of Plant Pathology

© This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

다(Barboza 등, 2020; Corzo-Martínez 등, 2007; Nair 등, 2013).

마늘은 대한민국, 중앙아시아 그리고 지중해 지역에서 생산하고 있으며, 재배 중에 다양한 식물병이 발생하여 수확량과 질을 저하시킨다. 이들 식물병 중 잎마름병과 녹병 그리고 흑색썩음균핵병은 마늘 재배 시에 각각 지상부와 지하부에 발생하는 주요 병해이다(Basallote 등, 1993; Cho와 Yu, 1998; Ryu 등, 2015). 마늘 잎마름병은 *Stemphylium vesicarium*에 의해 발생하며, 강우량이 많고 공기 중의 온도가 10-25°C일 때와 잎에 습도가 유지되는 시간이 8시간에서 24시간 내에 유지될 때 쉽게 감염된다(Pattori 등, 2006; Prados-Ligero 등, 1998, 2003). *S. vesicarium*에 의한 잎마름병 발생이 심한 포장에서는 마늘 생산량이 약 70% 감소하였으며(Zheng 등, 2010), 잎마름병에 의한 손실이 80-90%라는 보고도 있다(Mishra 등, 2014). 한국에는 마늘의 생육 중기인 5월 초순부터 전국적으로 발생하기 시작하여 수확기인 6월 중하순경에 그리고 강우량이 많을 때 잎마름병이 심각하게 발생한다(Ryu 등, 2015). 특히, 1998년에는 마늘에 잎마름병이 심하게 발생하였는데, 지상부가 90% 손실된 지역도 있었다(Cho와 Yu, 1998).

*S. vesicarium*은 마늘 등의 *Allium* 속 식물 이외에도 알파파, 아스파라거스, 토마토, 콩, 배, 망고 등에서도 병을 일으킨다(Falloon 등, 1987; Koike 등, 2013; Lamprecht 등, 1984; Llorente와 Montesinos, 2006; Mehta, 1998; Miller 등, 1978). 하지만 *S. vesicarium* 균주들은 기주 간에 다른 병원성 및 기주 특이성을 나타낸다(Hay 등, 2021). 마늘의 잎마름병은 주로 잎에 발생하고 심해지면 꽃대에도 발생하는데, 구근으로는 진행하지 않는다(Miller와 Schwartz, 2008). 잎마름병 병반은 초기에는 작고, 수침상의 진행형 황갈색의 병반이 나타나고, 점차 심해짐에 따라 병반의 중앙이 연한 고동색에서 황갈색을 띠며, 더 심해지면 괴사 병반이 지상부 전체로 확산되고 결국 마르게 된다(Basallote 등, 1993; Mishra 등, 2014). 이러한 잎마름병 발생으로 구근의 크기와 무게가 감소하게 된다(Miller와 Schwartz, 2008; Ryu 등, 2015; Zheng 등, 2010).

마늘의 잎마름병 방제를 위해서 주로 합성 작물보호제를 사용하여 왔으나 저항성 균 출현으로 방제 효과가 낮아지고 있으며, 작물보호제 오남용에 따른 토양과 수질의 오염 그리고 생태계 교란 등의 부작용 우려가 있다(Alberoni 등, 2010; Grinstein 등, 1988; Hay 등, 2019; Kumar 등, 2020). 최근에는 소비자들도 안전한 농산물에 대한 요구가 커지고 있어, 친환경적 방제에 대한 관심이 증가하고 있다(Ryu 등, 2015). 마늘 잎마름병에 대한 친환경적 방제 방법으로는 재식 밀도 감소하기, 질소 비료 과용하지 않기, 생물적 방제제 및 저항성 품종 이용이 있다(Mishra 등, 2014). 이 중에서도 저항성 품종의 재배는 식물 병을 방제하

는 데 있어 환경 오염을 최소화하며, 농생태계에 생물 다양성을 보존시켜 주는 가장 효과적인 방제 방법이다(Zheng 등, 2010).

저항성 품종 개발을 위해서는 병에 대한 저항성 유전자원의 발굴이 선행되어야 한다(Wang 등, 2019). 이러한 유전자원들은 새로운 저항성 품종을 개발하는 육종 시스템에 활용될 수 있다(Sharma 등, 2018). 지금까지 많은 마늘 유전자원에 대하여 형태학적, 생산적, 화학적 성질을 탐색하여 왔다(Egea 등, 2017; Figliuolo 등, 2001; Papaioannou 등, 2023; Sultan과 Raina, 2020). Basallote-Ureba 등(1999)은 마늘 품종에 따라 잎마름병에 대한 저항성에 차이가 있으며, 일반적으로 흰색 마늘은 보라색 마늘보다 더 감수성이라고 보고하였다. 하지만 잎마름병에 대한 저항성 마늘 육종 소재는 거의 알려지지 않았다(Hassan 등, 2020; Mishra와 Singh, 2019). 따라서 잎마름병에 대한 마늘 저항성 유전자원을 탐색하는 것은 매우 중요하다.

본 연구는 잎마름병에 대한 저항성 마늘 품종 육성을 위한 저항성 유전자원을 발굴하기 위하여, 농촌진흥청 농업유전자원 정보센터로부터 마늘 유전자원 20점을 분양받고, 이들의 *S. vesicarium* KACC 44530 균주에 대한 저항성 정도를 조사하였다.

재료 및 방법

식물체 재배. 잎마름병에 대한 저항성 마늘 유전자원을 탐색하고자, 농촌진흥청 농업유전자원센터로부터 마늘 유전자원 20점을 분양받았다(Table 1). 이들 마늘 유전자원의 학명은 *A. sativum* for. *pekinense* 혹은 *A. sativum* var. *sativum*이었으며, 이들의 원산지는 우즈베키스탄이 11점, 중국이 6점, 스페인이 1점, 홍콩이 1점 그리고 일본이 1점이었다.

마늘 유전자원의 잎마름병에 대한 저항성을 검정하기 위하여, 플라스틱 포트(직경 5.5 cm, 토양 90 ml)에 원예용 상토(원예용 2호; Punong, Gyeongju, Korea)를 넣고, 마늘 인편 1개씩 파종하였다. 파종한 포트는 온실(25°C±5°C)에서 수분을 공급하면서 재배하였으며, 마늘의 생장에 맞추어 새로운 포트(직경 6.8 cm, 토양 160 ml)로 이식하여 재배한 4엽기 식물체를 실험에 사용하였다(Lee 등, 2022b). 모든 실험에는 잎마름병에 대한 감수성 대조 품종 '대서'와 저항성 대조 품종 '남도'를 함께 실험하였으며(Lee 등, 2022b), 대조 품종도 유전자원과 동일한 방법으로 재배한 4엽기 식물체를 실험에 사용하였다. 마늘 유전자원 및 대조 품종 마늘은 생육 시기를 4엽기에 맞추기 위하여 파종하고 20-40일 동안 재배하였다.

***S. vesicarium* 균주.** 마늘 잎마름병원균인 *S. vesicarium* 균주는 농촌진흥청 농업유전자원센터(KACC, Rural Develop-

Table 1. List of twenty garlic germplasms used in this study

IT number ^a	Origin	Scientific name
244015	China	<i>Allium sativum</i> for. <i>pekinense</i>
244023	China	<i>Allium sativum</i> for. <i>pekinense</i>
244068	Japan	<i>Allium sativum</i> var. <i>sativum</i>
244071	China	<i>Allium sativum</i> var. <i>sativum</i>
245512	Spain	<i>Allium sativum</i> var. <i>sativum</i>
245528	Hongkong	<i>Allium sativum</i> var. <i>sativum</i>
253042	Uzbekistan	<i>Allium sativum</i> for. <i>pekinense</i>
253043	Uzbekistan	<i>Allium sativum</i> for. <i>pekinense</i>
254006	China	<i>Allium sativum</i> for. <i>pekinense</i>
254007	China	<i>Allium sativum</i> for. <i>pekinense</i>
254013	China	<i>Allium sativum</i> for. <i>pekinense</i>
257133	Uzbekistan	<i>Allium sativum</i> var. <i>sativum</i>
257134	Uzbekistan	<i>Allium sativum</i> var. <i>sativum</i>
257160	Uzbekistan	<i>Allium sativum</i> var. <i>sativum</i>
257163	Uzbekistan	<i>Allium sativum</i> var. <i>sativum</i>
257168	Uzbekistan	<i>Allium sativum</i> var. <i>sativum</i>
257176	Uzbekistan	<i>Allium sativum</i> var. <i>sativum</i>
257181	Uzbekistan	<i>Allium sativum</i> var. <i>sativum</i>
257189	Uzbekistan	<i>Allium sativum</i> var. <i>sativum</i>
257191	Uzbekistan	<i>Allium sativum</i> var. <i>sativum</i>

^aIntroduction number of gene bank of Rural Development Administration (RDA), Korea.

ment Administration, Jeonju, Korea)로부터 분양받은 KACC 44530 균주를 -80°C에 저장하면서, 균주의 병원성이 떨어지지 않도록 사면배지에서 1회만 평판배지로 이식하여 증식하는 방법으로 계대배양을 최소화하면서 실험에 사용하였다.

접종원 준비. 재배한 마늘 유전자원에 접종할 *S. vesicarium* KACC 44530 균주의 포자를 생산하기 위하여, 직경 8.5 cm petri dish에 준비한 potato dextrose agar (Becton, Dickinson and Co., Franklin Lakes, NJ, USA) 배지에 KACC 44530 균주를 접종하고 25°C에서 7일간 전배양한 균총으로부터 균사 조각을 떼어내어 직경 8.5 cm petri dish의 rice bran agar 배지에 3조각씩 올려놓고 25°C에서 11일 동안 배양하였다. 포자 형성을 유도하기 위하여, 배양한 *S. vesicarium* 균주의 균총을 멸균한 붓으로 긁어주고, 25°C 항온항습실(상대습도 80%)에서 petri dish 뚜껑을 열어놓고 하루에 12시간씩 광(55 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)을 조사하면서 48시간 동안 배양하였다. 여기에 멸균한 1/2 농

도의 potato dextrose broth (PDB; Becton, Dickinson and Co.) 용액을 부어주고, 멸균한 붓으로 포자를 수확한 후에, 이를 4겹 가제로 걸러 병원균의 균사체를 제거하여 포자현탁액을 준비하였다(Lee 등, 2022a). 그리고 광학현미경(BX53F; Olympus, Tokyo, Japan) 하에서 hemocytometer (Paul Marienfeld GmbH & Co.KG, Lauda-Konigshofen, Germany)를 이용하여 ml당 포자 수를 조사하고, 멸균수로 희석하여 접종원 농도를 3.0×10^5 spores/ml로 조정된 후에 실험에 사용하였다(Lee 등, 2022b).

접종 및 발병. 마늘잎마름병균을 접종하기 직전에 마늘 잎의 큐티클에 상처가 생기도록 하기 위하여 탈지하지 않은 비흡수성 재질의 솜으로 마늘의 잎을 가볍게 문지른 후에, 준비한 KACC 44530 균주의 포자현탁액을 스프레이를 사용하여 흘러내리기 직전까지 분무 접종하였다(Shishkoff와 Lorbeer, 1989). 잎마름병균을 접종한 마늘 유묘는 20°C 습실 상에서 48시간 습실 처리하고, 항온항습실(25°C, 상대습도 80%)로 이동하여 하루에 12시간씩 광(55 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)을 조사하면서 저면관수로 재배하였다(Lee 등, 2022b).

병 조사. 감수성 대조 품종 '대서'의 잎마름병 발생 정도를 관찰하면서, 마늘 유전자원 20점의 잎마름병 발생을 조사하였다. 접종 3일, 4일, 5일, 6일, 7일 후에 1, 2, 3엽에 발생한 잎마름병 병반면적률(%)을 조사하고, 아래와 같은 수식에 따라 병진전곡선하면적(area under disease progress curve, AUDPC)을 계산하였다(Jeger와 Viljanen-Rollinson, 2001): $AUDPC = \sum_{i=1}^n [t(i+1) - t_i] \times [DS(i \times 1) + DS_i] / 2$; n =병 조사 수, t_i = i 병 조사일의 접종 후 경과 일수, DS_i = i 병 조사일의 병반면적률(%).

통계 분석. 모든 실험은 처리당 5개 식물체를 접종하였으며, 실험은 3회 반복하여 수행하였다. 그리고 이들 결과는 SAS 프로그램(SAS 9.1; SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 analysis of variance 분석을 하고, 처리 평균 간 비교를 위하여 Duncan's multiple range test ($P=0.05$)를 실시하였다.

결과 및 고찰

농촌진흥청 농업유전자원센터로부터 분양받은 마늘 유전자원 20점의 잎마름병에 대한 저항성을 검정한 결과, 실험한 유전자원 중 IT244068, IT245512 및 IT245528은 잎마름병이 가장 적게 발생하였고, 유전자원 IT257134와 IT253043는 잎마름병이 가장 많이 발생하였다(Table 2, Fig. 1).

S. vesicarium KACC 44530 균주를 접종하고 7일 후에 병 조사

Table 2. Disease severity and area under the disease progress curve (AUDPC) of twenty garlic germplasms caused by *Stemphylium vesicarium* KACC 44530^a

IT number ^b	Days after inoculation					AUDPC ^c
	3	4	5	6	7	
245512	15.5±8.8 ^d	17.8±10.0	27.9±11.9	36.5±16.2	44.4±15.0c ^e	112c ^e
245528	18.9±8.8	24.2±12.5	30.0±14.5	32.7±15.0	36.1±13.8c	114c
244068	7.3±3.6	13.3±5.9	33.7±12.6	46.7±14.4	49.3±14.0c	122c
257168	36.4±10.6	49.3±7.1	53.8±9.7	56.4±10.3	58.9±12.1b	207b
257163	30.0±14.1	47.2±12.5	56.7±13.3	73.7±16.0	79.3±16.1b	232b
257160	44.0±18.3	55.0±11.1	61.3±10.8	66.9±12.5	72.4±11.7b	241b
244015	42.1±13.2	51.3±13.4	64.9±14.2	69.2±13.8	71.5±12.9b	242b
257191	40.7±18.3	50.7±16.4	66.0±13.0	70.3±13.3	75.3±14.6b	245b
254006	39.0±19.2	55.6±20.5	62.5±15.9	71.3±13.2	73.1±12.9b	246b
244023	47.0±8.9	58.4±8.9	63.7±10.0	69.0±11.2	71.3±11.5b	250b
253042	45.3±15.4	56.3±15.7	64.0±14.6	75.3±18.1	83.0±9.2ab	260ab
254013	48.0±16.6	56.7±14.9	68.7±14.9	73.1±14.7	78.2±14.2b	262ab
257189	51.1±19.6	61.9±12.8	66.4±13.1	70.8±12.8	75.0±14.0b	262ab
254007	48.6±11.2	58.9±12.4	65.6±12.5	74.5±14.1	78.9±14.1b	263ab
257133	53.3±16.2	69.7±9.3	73.1±10.5	76.1±10.6	80.0±11.3b	286ab
257176	44.6±8.0	57.1±11.4	81.7±12.9	86.7±9.4	93.4±11.2a	295ab
257181	49.4±22.8	71.5±17.2	77.9±15.4	80.4±14.5	82.6±13.4ab	296ab
244071	51.4±20.0	72.6±8.7	77.9±8.7	81.8±8.6	85.5±8.5ab	301ab
257134	77.0±15.7	81.2±15.3	85.5±12.2	88.5±10.2	91.8±8.7a	340a
253043	68.1±13.9	85.3±14.7	88.3±12.8	93.0±10.8	94.0±9.5a	348a
Daeseo	49.0±18.7	58.2±20.3	63.5±17.7	69.4±15.9	73.8±16.2b	253b
Namdo	6.1±6.3	12.6±10.1	17.6±11.4	30.9±13.0	38.7±16.3c	84c

^aSeedlings (four-leaf stage) of garlic cultivars were inoculated with a spore suspension (3.0×10⁵ spores/ml) of *S. vesicarium* KACC 44530 by spray method. The plants were incubated in a humidity chamber at 20°C for 48 hr and then transferred to a growth chamber at 25°C and 80% RH with a 12-hr light/dark cycle. From 3 to 7 days after inoculation, the percent disease severity of plant was measured.

^bIntroduction number of gene bank of Rural Development Administration (RDA), Korea.

^cAUDPC (area under the disease progress curve) = $\sum_{i=1}^n [t(i+1) - ti] \times [DS(i \times 1) + DSi] / 2$; n=number of assessments, ti=number of days after inoculation on assessment date i, DSi=disease severity on assessment date i.

^dEach value represents the mean disease severity (±standard deviation) of three runs with five replicates each.

^eValues labeled with the same letter are not significantly different based on Duncan's multiple range test at P=0.05.

하였을 때, IT245528과 IT245512는 각각 36.1%와 44.4%의, 그리고 IT244068은 49.3%의 가장 낮은 병반면적률을 나타냈다 (Table 2, Fig. 1). 반면에 IT253043과 IT257134는 각각 94.0%와 91.8%의 가장 높은 병반면적률을 보였다 (Table 2, Fig. 1). 감수성 대조구로 사용된 품종인 '대서'는 73.8%의 병반면적률을 나타냈으며, 중도저항성 품종인 '남도' 품종은 38.7%의 병반면적률을 보였다. 실험한 유전자원 중 IT244068은 일본에서 수집한

자원이고, IT245512와 IT245528은 각각 스페인과 홍콩으로부터 수집한 자원으로, 중도저항성 대조 품종인 '남도'와 유사한 정도의 잎마름병이 발생하였다 (Table 1). 이와 달리 우즈베키스탄에서 수집한 유전자원인 IT257134와 IT253043는 감수성 대조 품종인 '대서'보다 잎마름병이 더 많이 발생하였다 (Table 2, Fig. 1).

KACC 44530 균주를 접종하고, 3일, 4일, 5일, 6일, 7일 후에 잎

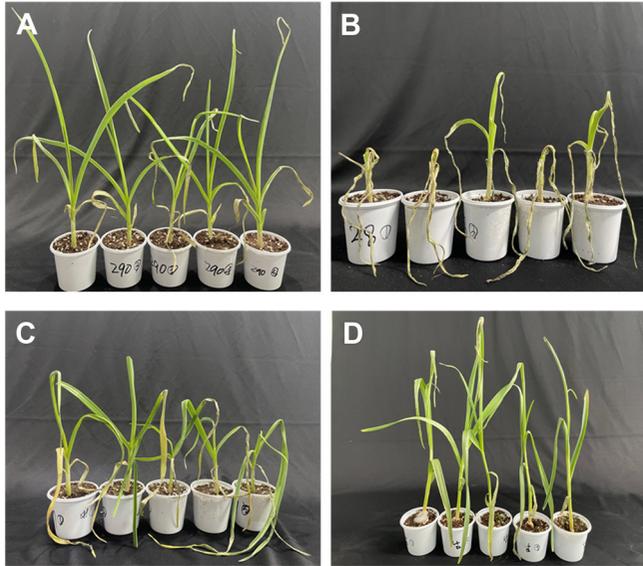


Fig. 1. Development of *Stemphylium* leaf blight on seedlings of two garlic germplasms and two control cultivars 7 days after inoculation of *Stemphylium vesicarium* KACC 44530. (A) 'IT245528'; (B) 'IT253043'; (C) 'Daeseo'; and (D) 'Namdo'.

마름병 발생을 조사한 병반면적률(%) 결과를 바탕으로 각 유전자원의 AUDPC를 계산한 결과, 접종 7일 전 병반면적률(%)이 가장 적었던 IT245512, IT245528 및 IT244068은 각각 112와 114 그리고 122의 AUDPC 값을 보여 실험한 유전자원 중 가장 낮은 AUDPC 값을 나타내었다(Table 2). 반면에 IT257134와 IT253043은 340과 348의 AUDPC 값을 보여 실험한 유전자원 중 가장 높은 값을 나타냈다(Table 2).

유전자원 IT245512와 IT245528는 접종 7일 후의 잎마름병 병반면적률(%)은 중도저항성 대조 품종인 '남도'와 유사하나, 이들의 AUDPC 값은 '남도'의 AUDPC 값보다 다소 높았는데, 이는 접종 3-5일 후의 잎마름병 발생이 '남도'보다 다소 높았기 때문이었다(Table 2). 하지만 대부분 유전자원의 접종 7일 후에 조사한 병반면적률(%)은 AUDPC 값과 유사한 결과를 나타낼 수 있었다. 따라서 검정할 유전자원의 수가 많을 경우에는 접종 후에 여러 번 병 조사를 하고 얻은 AUDPC 값을 사용하기에는 어려움이 있으므로, 접종 7일 후의 잎마름병 발생을 조사하는 것만으로도 마늘 유전자원의 잎마름병 저항성을 검정할 수 있을 것으로 생각되었다. 그리고 대조 품종으로 사용된 '대서'와 '남도'의 AUDPC 값은 각각 253과 84를 나타냈다. 반면에 실험한 유전자원 중 IT253043, IT257134 등 10종 유전자원은 감수성 대조 품종인 '대서'보다 높은 AUDPC 값을 보여, 이들은 잎마름병에 대하여 매우 감수성인 것으로 생각되었으며, 특히 유전자원 IT253043과 IT257134는 향후 잎마름병 저항성 검정에 감수성 대조 품종으로 사용할 수 있을 것으로 생각되었다.

마늘은 생태형에 따라 크게 한지형과 난지형으로 구분되며, '대서'와 '남도' 품종은 난지형 품종으로, 제주와 다소 온난한 남부지방에서 주로 생산된다. 휴면 기간이 짧고 파종 후 어느 정도 자란 상태에서 월동하며, 한지형 마늘에 비해 단위면적당 수확량이 우수하여 널리 재배되고 있다(Bae 등, 2008; Kim 등, 2015). 조속 다수성 마늘인 '남도'는 1977년에 중국 마늘인 '가정백'을 최초로 도입하여 명명하여 보급한 난지형 품종이다(Song 등, 2001). 또한, 극난지형 마늘인 '대서'는 인편수가 12-13쪽으로 많고, 저장성이 낮은 경향이 있다(Lee 등, 2021). 최근에는 깐 마늘 판매가 늘어남에 따라 '대서' 마늘의 재배 면적이 증가하고 있다. 따라서 기후 온난화와 더불어 잎마름병에 대하여 감수성인 '대서' 품종의 재배 확대에 잎마름병 발생이 크게 증가할 것으로 생각된다.

본 연구에서 마늘 유전자원의 잎마름병에 대한 저항성 검정에 사용한 *S. vesicarium* KACC 44530 균주는 충남 예산에서 채집한 마늘(*A. sativum*)로부터 분리한 균주로, Lee 등(2022a)에 따르면 이 균주는 실험한 6개 균주 중 가장 높은 병원력을 나타낸 균주이다. 그런데 질적 저항성의 경우에는 병원균의 병원력에 마늘의 저항성이 거의 영향을 받지 않으나, 잎마름병에 대해 질적 저항성으로 보고된 마늘 유전자원이 없는 실정이다. 그리고 양적 저항성의 경우에는 균주의 병원력에 반비례하게 작물이 저항성을 나타낸다는 보고들이 있으므로(Foster와 Hausbeck, 2010; Jo 등 2014, 2016; Lee 등 2018, 2020, 2024), 선발된 유전자원 IT245512와 IT245528 그리고 IT244068은 KACC 44530 균주보다 병원력이 더 낮은 *S. vesicarium* 균주들에 대해서는 더 높은 저항성을 보일 것으로 생각되었다. 따라서 유전자원 IT245512, IT245528 및 IT244068은 향후에 마늘 잎마름병 저항성 육종에서 이용될 수 있을 것으로 생각되며, 이를 위해서는 이들 유전자원의 단위 면적당 수확량, 인편 수, 저장성 등의 연구가 필요할 것이다.

요 약

*Stemphylium vesicarium*에 의해 발병하는 잎마름병은 마늘 재배에 있어 전 세계적으로 가장 중요한 곰팡이 병 중 하나이며, 종자의 품질과 수확량을 감소시킨다. 병 저항성 품종의 재배는 화학 농약의 사용을 감소시키고, 작물 손실을 최소화하는데 효율적인 방법이다. 본 연구는 잎마름병 저항성 마늘 유전자원을 발굴하기 위하여, 20점의 마늘 유전자원의 잎마름병에 대한 저항성을 조사하기 위하여 실험하였다. 온실에서 재배한 4엽기 유묘의 잎을, 접종 직전에 탈지하지 않은 비흡수성 재질의 솜으로 문지른 후에 멸균한 1/2 농도의 PDB 용액으로 수

확한 *S. vesicarium* KACC 44530 균주의 포자현탁액(3.0×10^5 spores/ml)을 분무하여 접종하였다. 그리고 접종 3-7일 후에 잎에 발생한 잎마름병의 병반면적률(%)을 조사하였다. 이때 저항성 및 감수성 대조 품종으로 ‘남도’와 ‘대서’ 마늘이 사용되었다. 실험한 유전자원 중에서, IT245512, IT245528 및 IT244068은 잎마름병에 가장 높은 저항성을 보였으며, 유전자원 IT257134와 IT253043은 잎마름병에 대하여 가장 높은 감수성을 나타내었다. 본 연구에서 선발한 저항성 유전자원은 잎마름병 저항성 육종 시스템에 유용한 자원으로 이용될 수 있을 것이다.

Conflicts of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

Acknowledgments

This study was carried out with the support of the Cooperative Research Program for Agriculture Science and Technology Development (Project no. PJ01481604), the Rural Development Administration, Republic of Korea.

References

- Alberoni, G., Cavallini, D., Collina, M. and Brunelli, A. 2010. Characterisation of the first *Stemphylium vesicarium* isolates resistant to strobilurins in Italian pear orchards. *Eur. J. Plant Pathol.* 126: 453-457.
- Bae, R.-N., Choi, S.-Y. and Hong, Y.-P. 2008. The qualities of northern and southern ecotype garlic bulbs at different storage temperature. *Korean J. Food Preserv.* 15: 635-641. (In Korean)
- Barboza, K., Salinas, M. C., Acuña, C. V., Bannoud, F., Beretta, V., Garcia-Lampasona, S. et al. 2020. Assessment of genetic diversity and population structure in a garlic (*Allium sativum* L.) germplasm collection varying in bulb content of pyruvate, phenolics, and solids. *Sci. Hortic.* 261: 108900.
- Basallote, M. J., Prados, A. M., Perez de Algaba, A. and Melero-Vara, J. M. 1993. First report in Spain of two leaf spots of garlic caused by *Stemphylium vesicarium*. *Plant Dis.* 77: 952.
- Basallote-Ureba, M. J., Prados-Ligero, A. M. and Melero-Vara, J. M. 1999. Aetiology of leaf spot of garlic and onion caused by *Stemphylium vesicarium* in Spain. *Plant Pathol.* 48: 139-145.
- Cho, H. S. and Yu, S. H. 1998. *Stemphylium vesicarium* on garlic and other *Allium* spp. in Korea. *Korean J Plant Pathol.* 14: 567-570.
- Corzo-Martínez, M., Corzo, N. and Villamiel, M. 2007. Biological properties of onions and garlic. *Trends Food Sci. Technol.* 18: 609-625.
- Egea, L. A., Mérida-García, R., Kilian, A., Hernandez, P. and Dorado, G. 2017. Assessment of genetic diversity and structure of large garlic (*Allium sativum*) germplasm bank, by diversity arrays technology “Genotyping-by-Sequencing” Platform (DArTseq). *Front. Genet.* 8: 98.
- Falloon, P. G., Falloon, L. M. and Grogan, R. G. 1987. Etiology and epidemiology of *Stemphylium* leaf spot and purple spot of asparagus in California. *Phytopathology* 77: 407-413.
- Figliuolo, G., Candido, V., Logozzo, G., Miccolis, V. and Spagnoletti Zeuli, P. L. 2001. Genetic evaluation of cultivated garlic germplasm (*Allium sativum* L. and *A. ampeloprasum* L.). *Euphytica* 121: 325-334.
- Foster, J. M. and Hausbeck, M. K. 2010. Resistance of pepper to *Phytophthora* crown, root, and fruit rot is affected by isolate virulence. *Plant Dis.* 94: 24-30.
- Grinstein, A., Frankel, H., Austerweil, M. and Kritzman, G. 1988. Air-assisted placement spraying for *Stemphylium* control in seed onions. *Crop Prot.* 7: 356-360.
- Hassan, M., Yousuf, V., Shah, T. A., Bhat, N. A., Bhat, Z. A., Majeed, M. et al. 2020. *Stemphylium* blight of onion: a review. *Agric. Rev.* 41: 51-58.
- Hay, F., Stricker, S., Gossen, B. D., McDonald, M. R., Heck, D., Hoepfing, C. et al. 2021. *Stemphylium* leaf blight: a re-emerging threat to onion production in eastern North America. *Plant Dis.* 105: 3780-3794.
- Hay, F. S., Sharma, S., Hoepfing, C., Strickland, D., Luong, K. and Pethybridge, S. J. 2019. Emergence of *Stemphylium* leaf blight of onion in New York associated with fungicide resistance. *Plant Dis.* 103: 3083-3092.
- Jeger, M. J. and Viljanen-Rollinson, S. L. H. 2001. The use of the area under the disease-progress curve (AUDPC) to assess quantitative disease resistance in crop cultivars. *Theor. Appl. Genet.* 102: 32-40.
- Jo, E. J., Jang, K. S., Choi, Y. H., Ahn, K. G. and Choi, G. J. 2016. Resistance of cabbage plants to isolates of *Plasmodiophora brassicae*. *Hortic. Sci. Technol.* 34: 442-452. (In Korean)
- Jo, S.-J., Shim, S.-A., Jang, K. S., Choi, Y. H., Kim, J.-C. and Choi, G. J. 2014. Resistance of chili pepper cultivars to isolates of *Phytophthora capsici*. *Hortic. Sci. Technol.* 32: 66-76. (In Korean)
- Kim, J.-S. 2021. Phytochemical composition and physiological activity of the new garlic (*Allium sativum*) cv. ‘Jangsaemi’. *Korean J. Food Sci. Technol.* 53: 701-705. (In Korean)
- Kim, J.-S., Ra, J. H. and Hyun, H.-N. 2015. Comparison of biochemical composition and antimicrobial activity of southern-type garlic grown in the eastern and western regions of Jeju. *Hortic. Sci. Technol.* 33: 763-771. (In Korean)
- Koike, S. T., O’Neill, N., Wolf, J., Van Berkum, P. and Daugovish, O. 2013. *Stemphylium* leaf spot of parsley in California caused by *Stemphylium vesicarium*. *Plant Dis.* 97: 315-322.
- Kumar, U., Naresh, P. and Kumar, S. 2020. Epidemiology and management of *Stemphylium* blight of garlic caused by *Stemphylium vesicarium* (Wallr.). *J. Entomol. Zool. Stud.* 8: 1006-1011.

- Lamprecht, S. C., Baxter, A. and Thompson, A. H. 1984. *Stemphylium vesicarium* on *Medicago* spp. in South Africa. *Phytophylactica* 16: 73-75.
- Lee, J. H., Lee, J. and Oh, D.-G. 2018. Resistance of pepper cultivars to *Ralstonia solanacearum* isolates from major cultivated areas of chili peppers in Korea. *Hortic. Sci. Technol.* 36: 569-576. (In Korean)
- Lee, J. J., Choi, Y. H., Kim, H., Kim, J.-C. and Choi, G. J. 2022a. Development of an *in vivo* bioassay method on leaf blight of onion caused by *Stemphylium vesicarium*. *Korean J. Pestic. Sci.* 26: 83-93. (In Korean)
- Lee, J. J., Kim, H., Kim, J.-C. and Choi, G. J. 2022b. A bioassay for testing garlic resistance to leaf blight caused by *Stemphylium vesicarium*. *Hortic. Sci. Technol.* 40: 324-337. (In Korean)
- Lee, J. S., Park, Y. U., Jeong, J. H., Kwon, Y. H., Chang, W. B. and Lee, H. D. 2021. Classification of garlic germplasms based on agronomic characteristics and multivariate analysis. *Korean J. Plant Res.* 34: 79-88. (In Korean)
- Lee, S. M., Lee, J. H., Jang, K. S., Choi, Y. H., Kim, H. and Choi, G. J. 2020. Resistance of commercial radish cultivars to isolates of *Fusarium oxysporum* f. sp. *raphani*. *Hortic. Sci. Technol.* 38: 97-106. (In Korean)
- Lee, S. M., Lee, J. J., Kim, H. and Choi, G. J. 2024. Differential resistance of radish cultivars against bacterial soft rot caused by *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*. *Plant Pathol. J.* 40: 151-159.
- Llorente, I. and Montesinos, E. 2006. Brown spot of pear: an emerging disease of economic importance in Europe. *Plant Dis.* 90: 1368-1375.
- Mehta, Y. R. 1998. Severe outbreak of *Stemphylium* leaf blight, a new disease of cotton in Brazil. *Plant Dis.* 82: 333-336.
- Miller, M. E. and Schwartz, H. F. 2008. *Stemphylium* leaf blight and stalk rot. In: Compendium of Onion and Garlic Diseases and Pests, 2nd ed., eds. by H. F. Schwartz and S. K. Mohan, pp. 45-47. APS Press, St. Paul, MN, USA.
- Miller, M. E., Taber, R. A. and Amador, J. M. 1978. *Stemphylium* blight of onion in South Texas. *Plant Dis. Rep.* 62: 851-853.
- Mishra, B. and Singh, R. P. 2019. Reaction of onion varieties to *Stemphylium* blight (*Stemphylium vesicarium*). *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 8: 1875-1880.
- Mishra, R. K., Jaiswal, R. K., Kumar, D., Saabale, P. R. and Singh, A. 2014. Management of major diseases and insect pests of onion and garlic: a comprehensive review. *J. Plant Breed. Crop Sci.* 6: 160-170.
- Nair, A., Khar, A., Hora, A. and Malik, C. P. 2013. Garlic: its importance and biotechnological improvement. *Int. J. Life Sci.* 2: 77-89.
- Panse, R., Jain, P. K., Gupta, A. and Sasode, D. S. 2013. Morphological variability and character association in diverse collection of garlic germplasm. *Afr. J. Agric. Res.* 8: 2861-2869.
- Papaioannou, C., Fassou, G., Petropoulos, S. A., Lamari, F. N., Bebeli, P. J. and Papatotiropoulos, V. 2023. Evaluation of the genetic diversity of Greek garlic (*Allium sativum* L.) accessions using DNA markers and association with phenotypic and chemical variation. *Agriculture* 13: 1408.
- Pattori, E., Rossi, V., Bugiani, R. and Giosuè, S. 2006. Virulence of *Stemphylium vesicarium* isolates from pear and other host species. *IOBC/wprs Bull.* 29: 195-205.
- Prados-Ligero, A. M., Gonzalez-Andujar, J. L., Melero-Vara, J. M. and Basallote-Ureba, M. J. 1998. Development of *Pleospora allii* on garlic debris infected by *Stemphylium vesicarium*. *Eur. J. Plant Pathol.* 104: 861-870.
- Prados-Ligero, A. M., Melero-Vara, J. M., Corpas-Hervias, C. and Basallote-Ureba, M. J. 2003. Relationships between weather variables, airborne spore concentrations and severity of leaf blight of garlic caused by *Stemphylium vesicarium* in Spain. *Eur. J. Plant Pathol.* 109: 301-310.
- Ryu, Y.-H., Huh, C.-S., Kim, D.-G., Yeon, I.-K., Jo, W.-S. and Ryu, J.-A. 2015. Controlling effect of some environmentally friendly agents on garlic leaf blight in garlic. *Korean J. Organic Agri.* 23: 347-357. (In Korean)
- Sharma V, R., Malik, S., Kumar, M. and Sirohi, A. 2018. Assessment of genetic diversity in garlic (*Allium sativum* L.) genotypes based on ISSR markers. *J. Pharmacogn. Phytochem.* 7: 3119-3124.
- Shin, J.-H., Ju, J.-C., Kwon, O.-C., Yang, S.-M., Lee, S.-J. and Sung, N.-J. 2004. Physicochemical and physiological activities of garlic from different area. *Korean J. Food Nutr.* 17: 237-245. (In Korean)
- Shishkoff, N. and Lorbeer, J. W. 1989. Etiology of *Stemphylium* leaf blight of onion. *Phytopathology* 79: 301-304.
- Song, Y. S., Choi, I. H., Jang, Y. S., Ahn, Y. S., Cho, S. K. and Choi, W. Y. 2001. Relationship with major physiological characters and RAPD patterns of garlic (*Allium sativum* L.) germplasm. *Korean J. Plant Res.* 14: 139-147.
- Sultan, S. M. and Raina, S. K. 2020. Agro-morphological characterization of local garlic (*Allium sativum* L.) germplasm accessions collected from different regions of Jammu and Kashmir. *J. Appl. Nat. Sci.* 12: 124-127.
- Wang, H., Wu, Y., Liu, X., Du, Z., Qiu, Y., Song, J. et al. 2019. Resistance and clonal selection among *Allium sativum* L. germplasm resources to *Delia antiqua* M. and its correlation with allicin content. *Pest Manag. Sci.* 75: 2830-2839.
- Zheng, L., Lv, R., Huang, J., Jiang, D., Liu, X. and Hsiang, T. 2010. Integrated control of garlic leaf blight caused by *Stemphylium solani* in China. *Can. J. Plant Pathol.* 32: 135-145.