

## 온도와 토양습도가 마늘 흑색썩음균핵병 발생에 미치는 영향

김용기\* · 권미경 · 심홍식 · 김택수 · 예완해 · 조원대 · 최인후<sup>1</sup> · 이성찬<sup>2</sup> · 고숙주<sup>3</sup> · 이용환<sup>3</sup> · 이찬중<sup>4</sup>농업과학기술원 농업생물부 식물병리과, <sup>1</sup>작물과학원 목포시험장, <sup>2</sup>난지농업연구소 난지환경과,<sup>3</sup>전라남도농업기술원 식물환경과, <sup>4</sup>경상남도농업기술원 양파연구소Environmental Factors Associated with Disease Development of Garlic White Rot Caused by Two Species of *Sclerotium*Yong-Ki Kim\*, Mi-Kyung Kwon, Hong-Sik Shim, Tack-Soo Kim, Wan-Hae Yeh, Weon-Dae Cho, In-Hu Choi<sup>1</sup>, Seong-Chan Lee<sup>2</sup>, Sug-Ju Ko<sup>3</sup>, Yong-Hwan Lee<sup>3</sup> and Chan-Jung Lee<sup>4</sup>

Plant Pathology Division, National Institute of Agricultural Science of Technology, RDA, Suwon 441-707, Korea

<sup>1</sup>Mokpo Experimental Station, National Institute of Crop Science, RDA, Muan 534-840, Korea<sup>2</sup>Subtropical Environmental Division, National Institute of Subtropical Agriculture, Jeju 690-850, Korea<sup>3</sup>Jeonnam Agricultural Research & Extension Service, Naju 520-715, Korea<sup>4</sup>Onion Research institute, Gyeongnam Agricultural Research and Extension Services, Changnyeong 635-821, Korea

(Received on October 12, 2005)

This study was conducted to elucidate effect of environmental factors on the development of white rot. In order to identify the causal agents causing white rot of *Allium* crops, we compared DNA profiles of a representative isolate, *Sclerotium cepivorum*, introduced from foreign country with Korean isolates using UP-PCR. As a result, *Sclerotium* isolates forming round-shaped sclerotia were identified as *Sclerotium cepivorum* pertaining in UP-PCR b group and *Sclerotium* isolates forming anamorphic-shaped sclerotia presumed to be a novel species of *Sclerotium* based on DNA profiles of UP-PCR. There was a big difference in DNA band pattern between two species of *Sclerotium* isolated in Korea. Electron micrographs of scanning electron microscope and transmission electron microscope showed morphological differences in sclerotial surface structure and rind layers between two species of *Sclerotium*. There were more wrinkles and pore spaces on sclerotial surface of *Sclerotium* sp. forming anamorphic-shaped sclerotia than that of *Sclerotium cepivorum* forming round-shaped sclerotia. Both of two white rot pathogens grew well at the temperature range of 10-25°C with optimal temperature of 20°C. Sclerotia of the two pathogens were well formed at 20°C and well germinated at the temperature range of 20-24°C. Effect of pre-incubation of sclerotia on destruction of sclerotial dormancy of two pathogens was evaluated through storing sclerotia under different temperature condition. The sclerotia of the two pathogens showed an increased capacity to germinate on potato dextrose agar when the sclerotia were incubated for 7 days at 10°C after pre-treatment at 35°C for 7 days. At that time, germination rate of *Sclerotium* sp. and *S. cepivorum* was 100% and 70%, respectively. Flooding period and treatment temperature had an effect on sclerotial survival rate of the two pathogens. As flooding period and treatment temperature increased, sclerotial germination rate of the two pathogens decreased. It was confirmed that soil humidity played an important role on development of white rot. It was the highest disease incidence of garlic white rot when garlic were sown at potted soils infested with the two pathogens and adjusted soil humidity to 15% (field moisture capacity, about -300 mb). As soil humidity increase or decrease based on 15% of soil humidity, disease incidence decreased more and more.

**Keywords :** Garlic, *Sclerotium cepivorum*, *Sclerotium* sp., Soil humidity, Temperature, White rot

\*Corresponding author

Phone) +82-31-290-0430, Fax) +82-31-290-0406

E-mail) yongki@rda.go.kr

마늘흑색썩음균핵병은 1998년 전남고흥지방에서 처음 발생한 이래 백합과 채소작물을 중심으로 계속해서 발생되고 있고 피해지역도 점차 확대되고 있다(김, 2003; 조와 김, 1996). 2001년까지 흑색썩음균핵병은 부정형의 소립균핵을 형성하는 *Sclerotium* sp.에 의해서 발생하는 것으로 알려져 왔으나 2002년에 일부 마늘주산단지에서 형태적, 배양적 특성이 현저하게 다른 작은 구형의 균핵을 형성하는 *Sclerotium cepivorum*에 의한 병이 발생되고 있다(Cho 등, 2002; 김 등, 2004; 농촌진흥청, 2005). 파속 채소에 발생하는 흑색썩음균핵병은 전 세계적으로 *S. cepivorum*에 의해 발생하는 것으로 알려져 있는데 우리나라에서만 분리되는 *Sclerotium* sp.에 대해서는 아직까지 전 세계적으로 보고된 바 없다. 흑색썩음균핵병의 발생은 주발생시기인 12월~3월경의 강우나 기온 등의 환경요인과 병원균의 병원학적 특성 등에 의해 차이가 있을 것으로 생각되나 이에 대한 연구결과에 대해서는 국내에서 아직 보고된 바 없다. 마늘흑색썩음균핵병균은 환경이 불리할 경우 휴면상태로 되어 토양 중에 장기간 생존하게 되는데(Coley-Smith 등, 1990; Crowe, 1996), *S. cepivorum*에 의한 흑색썩음균핵병의 발생은 온도와 토양습도와 관련이 매우 높은 것으로 알려져 있다. Crowe(1996)는 흑색썩음균핵병은 9°C 이하에서는 극히 천천히 자라고, 14~18°C에서 매우 잘 자라며 24°C 이상이 되면 급격히 생장이 저하되는 것으로 보고한 바 있다. 병든 부위에 형성된 흑색썩음균핵병균의 균핵은 계절이 바뀌면서 기온이 상승함에 따라 휴면을 하게 되는 데 휴면을 타파하는 데에는 온도가 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 왔다(Gerbrandy, 1989). 그러나 국내에서만 피해를 주고 있는 *Sclerotium* sp.에 대해서는 알려진 바가 전혀 없다. 또한 토양습도는 균핵의 발아와 상관이 매우 높은 것으로 보고된 바 있다(Crowe, 1996; Lee 등, 1997; Gerbrandy, 1992; Punja 등, 1984). 외국에서는 백합과채소의 흑색썩음균핵병의 원인균으로 *S. cepivorum*만이 보고된 것과는 달리 우리나라에서는 *S. cepivorum*을 포함한 2종의 *Sclerotium* 균이 관여하여 큰 피해를 주고 있다. 국내에서 발생하는 흑색썩음균핵병의 발생도 외국에서 기 보고된 *S. cepivorum*처럼 온도와 토양습도에 의해서 큰 영향을 받을 것으로 추정되나 이에 대한 연구결과가 전무한 실정이다. 특히 국내에서는 본 병이 밭 마늘 재배지에서만 문제가 될 뿐 논 마늘 재배지에서 전혀 발병이 없을 정도로 토양 중 습도는 병 발생과 밀접한 관계가 있다(허와 오, 1999).

따라서 본 연구에서는 환경적, 병원학적 요인이 병 발생에 미치는 영향을 알아보기 위하여 온도 및 습도가 병원균의 균사생장, 균핵발아 및 휴면타파에 미치는 영향을

조사하였고, 흑색썩음균핵병을 일으키는 두 가지 병원균의 형태적 특징을 전자현미경을 이용하여 관찰하는 한편 토양 중 동태를 비교 조사하였다.

## 재료 및 방법

**분자생물학적 기법(RAPD/URP primer)에 의한 병원균 동정.** 형태적, 균학적 특성에서 큰 차이를 보인 두 가지 병원균의 정확한 동정을 위하여 Tyson 등(2002)이 보고한 방법에 의해 유전형(DNA banding profile)을 비교 조사하였다. PCR은 URP-primer를 이용하여 RAPD(random amplified polymorphic DNA)분석법에 의해서 수행하였다. *Sclerotium cepivorum*에 대해서는 L15 primer/UP-PCR 기법을 활용하여 외국에서 보고된 UP-PCR 그룹(a, b)과 유전자 profile을 비교 조사하였다.

**Scanning electron microscope(SEM) 및 Transmission electron microscope (TEM)을 이용한 흑색썩음균핵병균(균핵)의 미세구조 관찰.** 형태적, 균학적 특성에 있어서 큰 차이를 보이는 2가지 병원균을 비교 조사하기 위하여 균핵의 미세구조를 관찰하였다. 균핵의 표면은 SEM(scanning electron microscope)을 사용하여 주름 형성정도와 공극량을 비교 조사하였고, 균핵의 외피층(rind)의 밀도 및 두께 등은 TEM(transmission electron microscope)을 사용하여 비교 조사하였다. 흑색썩음균핵병을 일으키는 두 가지 병원균의 균핵 표면은 SEM을 이용하여 125배와 800배로 촬영하였고, 균핵의 외피층(rind)은 TEM을 이용하여 외피구조를 비교 조사하였다.

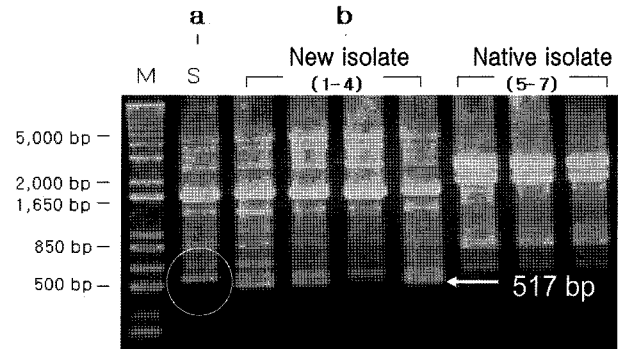
**온도가 흑색썩음균핵병균 생장에 미치는 영향 조사.** 온도가 병원균의 균사 생장에 미치는 영향을 알아보기 위하여 감자한천배지에 7일간 배양한 다음 직경 5 mm cork borer를 사용하여 가장자리에서 균총을 취하여 감자한천배지에 치상한 다음, 10, 15, 20, 25, 28, 30°C 인큐베이터에서 5일간 배양한 다음 균사생장 정도를 조사하였다. 시험은 5반복으로 수행하였다. 또한 온도별 균핵 형성 정도를 알아보기 위하여 5°C부터 35°C까지 5°C 간격으로 온도조건을 두고 감자한천배지에서 배양한 병원균의 균총을 5 mm cork borer를 사용하여 가장자리에서 취하여 감자한천 배지상에 병원균을 접종한 다음 경과 후 일수별로 균핵형성 여부를 조사하여 조사하였다. 시험한 병원균은 *S. cepivorum*과 *Sclerotium* sp.을 대상으로 수행하였다. 온도가 균핵 발아에 미치는 영향을 알아보기 위하여 2, 4, 8, 20, 22, 24, 26, 28°C의 온도 조건을 두고 *S. cepivorum*과 *Sclerotium* sp.의 균핵을 직경 10 cm 사레당 10개씩 치상한 다음 경과 후 일수별로 균핵 발아 여부

를 조사하여 균핵 발아 소요일수를 산정하였다. 온도가 휴면타파에 미치는 영향을 알아보기 위하여 처리온도와 처리일수를 달리하여 균핵의 발아율을 조사하였다. 처리 방법은 온도별 처리시간을 4°C에서 7일 처리 후 30°C에서 7일 처리, 30°C에서 7일 처리 후 10°C에서 7일 처리, 35°C에서 7일 처리 후 10°C에서 7일 처리를 두고 그리고 4°C에서 14일 처리를 대조로 하여 시험을 수행하였다. 온도가 병 발생에 미치는 영향을 알아보기 위하여 마늘 인편을 절단면이 가장 크도록 이등분되게 자른 다음, 코르크보라(직경 5 mm)를 사용하여 균핵이 왕성하게 형성되기 시작하는 흑색썩음균핵병의 군사절편을 잘라 마늘절단면에 접종하였다. 접종된 마늘은 10, 15, 20, 25, 30°C 인큐베이터에서 5일간 배양한 다음 병반직경을 조사하였다.

**토양습도가 흑색썩음균핵병균 성장에 미치는 영향 조사.** 담수처리기간이 균핵의 생존에 미치는 영향을 알아보기 위하여 두 가지 병원균(*S. cepivorum*과 *Sclerotium* sp.)을 공시하여 처리온도를 10, 15, 20, 25, 30°C로 하고 담수기간을 10, 20, 30, 60, 80, 100, 140일로 하여 각 처리별 균핵의 발아유무를 조사하였다. 균핵은 각 처리별로 10개씩 공시하였다. 토양습도가 병 발생에 미치는 영향을 알아보기 위하여 전년도에 심한 발병을 보인 토양을 채취하여 20×20×12 cm 플라스틱 포트에 500 g씩 담은 후 토양수분을 무게비로 11, 13, 17, 19, 20%로 조절 한 후 마늘인편을 포트당 5개씩 파종하였다. 토양수분을 20% 이상되게 조절할 경우 포화용수량이상이 되어 본 시험에는 공시하지 않았다. 마늘이 자라면서 잎 끝이 포트에 닿지 않도록 하기 위하여 동일한 크기의 포트를 마늘이 파종된 포트 위에 덮은 후 20°C 항온실에 넣고 2개월 간 키운 다음 병 발생정도를 조사하였다.

## 결과 및 고찰

**분자생물학적 기법(RAPD/URP primer)에 의한 병원균 동정.** Cho 등(2002)이 새로 보고한 대균핵을 형성하는 병원균과 기존에 보고된 병원균을 공시하여 국내에서 분리되는 병원균이 유전적으로 어느 그룹에 속하는지를 확인하고자 KACC에서 분양받은 *S. cepivorum*를 대조로 하여 Tyson 등(2002)이 사용한 UP-PCR/DNA banding profiles를 비교한 결과, Cho 등(2002)이 보고한 소균핵을 형성하는 병원균은 *S. cepivorum*으로 동정되었고 모두 UP-PCR 그룹 b(517bp DNA 밴드를 갖는 그룹)에 속하는 것이 확인되었다(Fig. 1). Tyson 등(2002)의 보고에 따르면 UP-PCR 그룹 b에 속하는 *S. cepivorum*이 분리되는 나라는



**Fig. 1.** L15 banding profiles for a representative isolate of *Sclerotium cepivorum* (a) introduced from Korean Agricultural Culture Collection, seven isolates of *Sclerotium* species (b) isolated from Korea. M, molecular weight marker; S, introduced isolate (*Sclerotium cepivorum*); 1-7, Isolates collected from Korea.

뉴질랜드, 캐나다 그리고 스위스인 것으로 알려져 있는데, 이들 나라로부터의 파속채소 유입은 그 가능성이 희박하므로, 이들 나라보다는 현재 정보가 부족한 이웃나라(일본, 대만, 중국 등)로부터 유입되었을 가능성이 더 큰 것으로 추정된다. 그러나 대균핵을 형성하는 병원균의 DNA banding profile은 KACC에서 분양받은 *Sclerotium cepivorum*이나 국내에서 분리한 구형의 균핵을 형성하는 병원균의 DNA banding profile과 전혀 다른 것으로 나타나 부정형의 균핵을 형성하는 병원균은 아직 보고되지 않은 새로운 균으로 추정되었다.

**전자현미경을 이용한 흑색썩음균핵병균(균핵)의 미세구조 관찰.** 형태적, 균학적 특성에 있어서 큰 차이를 보이는 2가지 병원균을 비교 조사하기 위하여 균핵의 미세구조를 관찰하였다. 흑색썩음균핵병을 일으키는 두 가지 병원균의 균핵 표면은 SEM으로 관찰한 결과 *S. cepivorum*은 대균핵을 형성하는 *Sclerotium* sp.에 비해 표면에 잔주름이 적고 비교적 까칠까칠하였으며 내부로부터 포자와 유사한 구조가 발달되는 특징을 보였다. 반면에 대균핵을 형성하는 *Sclerotium* sp.는 잔주름이 많고 표면에 많은 공극이 있어 다른 미생물과 상호작용을 할 경우 영향을 받기 쉬운 구조인 것으로 추정되었다(Fig. 2). Harper와 Stewart (2000)에 따르면 위상차현미경으로 검경할 경우 균핵 표면은 건전한 것처럼 보이나 대부분의 균핵은 주름지거나 심할 경우 표면이 함몰되기도 한다고 보고한 바 있다. 본 연구자 등이 관찰한 결과에서도 Harper 등이 보고한 바와 같이 두 가지 병원균 모두 균핵 표면이 주름지고 빈 공간이 많은 것을 관찰할 수 있었다. 한편 두 가지 병원균의 외부구조를 비교한 결과 균핵의 외피층(rind layer)은 두 가지 병원균간에 큰 차이를 보이지 않았으나 소균핵을 형성하는 *S. cepivorum*의 외피층이 대균핵을 형성하는

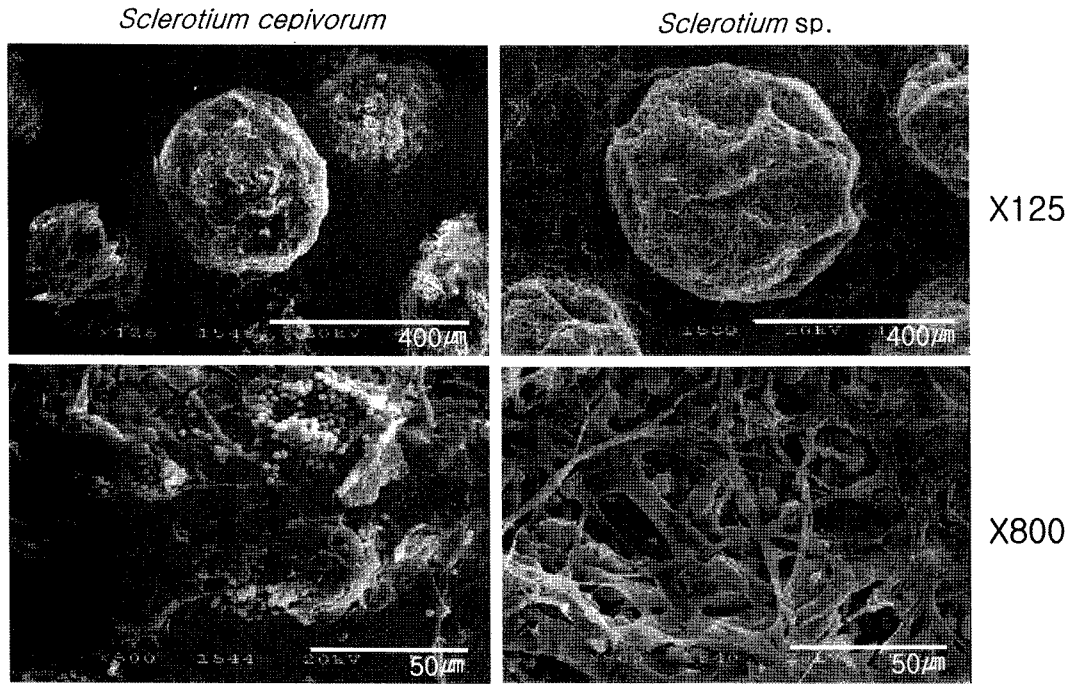


Fig. 2. Electromicrograph of sclerotial surface structure of two species of *Sclerotium* observed by SEM.

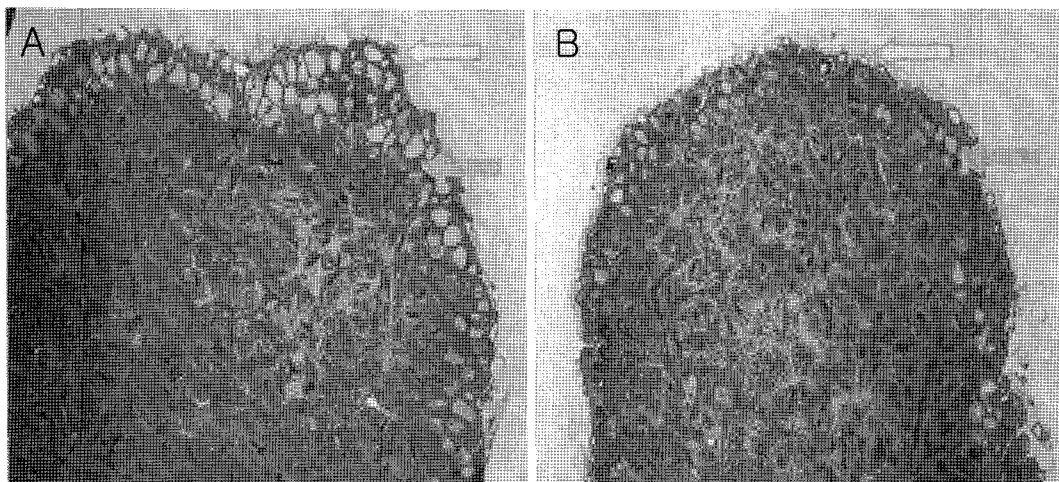


Fig. 3. Electromicrograph of Sclerotial structures of *Sclerotium* sp. (A) and *Sclerotium cepivorum* (B) observed with TEM. Arrows indicate rind layer.

*Sclerotium* sp.에 비해 조밀한 것으로 관찰되었다(Fig. 3).

**온도가 흑색썩음균핵병균 성장에 미치는 영향.** 온도가 병원균 군사생장에 미치는 영향을 알아보기 위하여 감자한천배지에 7일간 배양한 다음 직경 5 mm cork borer를 사용하여 가장자리에서 균층을 취하여 감자한천배지에 치상한 다음, 10, 15, 20, 25, 28, 30°C 인큐베이터에서 5일간 배양한 다음 군사생장 정도를 조사한 결과, 10°C에서는 극히 낮은 군사생장을 보였고 온도가 증가됨에 따라 군사생장이 증가되어 20°C에서 가장 왕성한 군사생장을

보였다(Fig. 4). 20°C 이상일 때에는 온도가 증가함에 따라 군사생장이 억제되어 28°C 이상일 경우에는 군사생장이 전혀 되지 않는 것으로 조사되었다. Crowe와 Hall(1980)의 의하면 *S. cepivorum*은 14~18°C에서 가장 잘 자라는 것으로 보고되었으나 국내에서 분리되는 *S. cepivorum*은 20°C를 전후하여 가장 잘 자라는 것으로 나타나 국내에서 분리되는 병원균은 온도반응에 있어서 Crowe와 Hall(1980)에 의한 보고와는 다소 차이를 보였다. 온도별 균핵 형성 정도를 알아보기 위하여 5°C부터 35°C까지 5°C

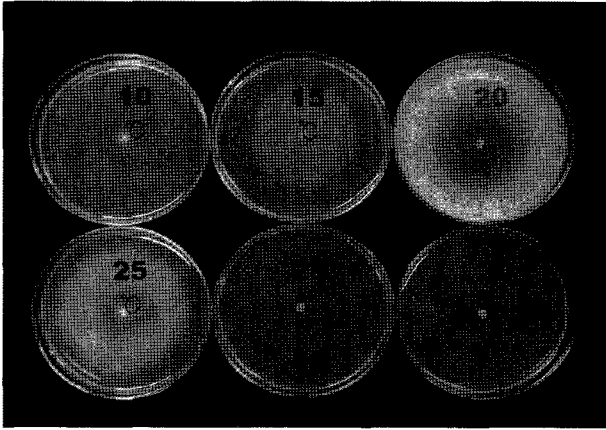


Fig. 4. Mycelial growth of white rot pathogen, *Sclerotium cepivorum*, cultured for 5 days after inoculation on PDA at different temperatures.

간격으로 온도조건을 두고 감자 한천 배지상에서 병원균의 균핵형성 소요일수를 조사한 결과, 20°C에서 균핵형성 소요일수가 10일로 가장 적게 소요되었으며 20°C를 기준으로 온도가 증가하거나 감소할수록 소요일수가 증가되었다. 이는 20°C에서 병원균의 생장이 가장 빠르기 때문에 배지 중에 있는 영양원을 가장 빠르게 이용하게 되고 그 결과 균핵이 빨리 형성되는 것으로 추정된다. 온도가 균핵 발아에 미치는 영향을 알아보기 위하여 두 가지 병원균의 균핵을 감자한천배지상에 접종 후 2, 4, 8, 20, 22, 24, 26, 28°C 인큐베이터에서 경과일수별로 균핵 발아 여부를 조사한 결과, 두 가지 병원균 모두 20~24°C 범위에서 균핵의 발아가 가장 잘 이루어지는 것으로 나타났다. 20°C 이하에서는 온도가 낮아질수록, 그리고 24°C 이상에서는 온도가 높아질수록 균핵발아에 소요되는 일수가 증가하였다. 흑색썩음균핵병균의 휴면타파는 온도가 주요한 요인 것으로 알려져 있다(Brix 등, 1992). 따라서 처리온도와 처리일수를 달리하여 휴면 상태로 4°C에 보관 중인 균핵의 발아율을 조사한 결과, 저온 전처리한 후 고온으로 처리할 경우보다 고온 전처리한 후 저온으로 처리할 때 균핵이 가장 잘 발아되는 것으로 나타났다(Table 1). 이는 흑색썩음균핵병은 생태적으로 파속채소 근권에 형성된 다음 여름이라는 고온을 경과하게 되고 가을과 겨울을 거치게 되는데 이러한 일련의 온도 변화가 마늘흑색썩음균핵병균의 균핵 발아에 적당하도록 자연적으로 적응된 것과 관련이 큰 것으로 판단된다. 병원균의 병원성은 온도별로 큰 차이를 보였다. 마늘흑색썩음균핵병은 20°C에서 가장 높은 발병을 보였다(Fig. 5). 이는 병원균 균핵의 발아는 토양온도에 따라 크게 차이를 보이며 토양온도가 15~18°C일 때 발아가 가장 잘되고 토양온도가

Table 1. Germination of sclerotia of two *Sclerotium* species on potato dextrose agar under different incubation temperature scheme

Treatment	Germination of sclerotia (%)	
	<i>Sclerotium</i> sp.	<i>S. cepivorum</i>
Incubation at 4°C for 7 days and then at 30°C for another 7 days	27	0
Incubation at 30°C for 7 days and then at 10°C for another 7 days	75	60
Incubation at 35°C for 7 days and then at 10°C for another 7 days	100	70
Continuously incubation at 4°C for 14days	0	0

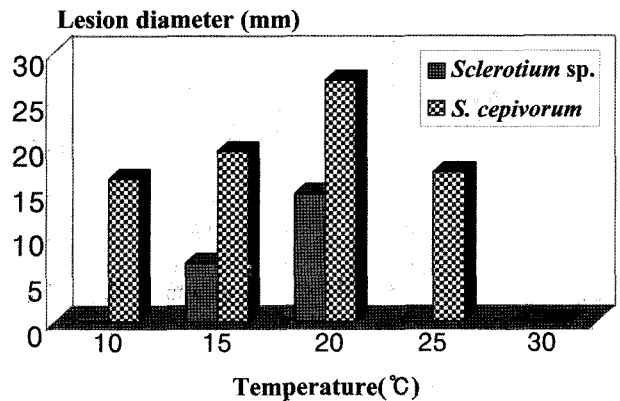


Fig. 5. Effect of temperature on the development of garlic white rot caused by two *Sclerotium* species *in vivo*.

21~24°C일 때 가장 발병이 높았다고 보고한 Crowe 등 (1980)의 연구결과와 유사한 것으로 판단된다.

**토양습도가 흑색썩음균핵병균 생장에 미치는 영향.** 담수처리기간이 균핵의 생존에 미치는 영향을 알아보기 위하여 두 가지 병원균(*S. cepivorum*과 *Sclerotium* sp.)을 공시하여 처리온도와 담수기간을 달리하여 균핵의 발아유무를 조사한 결과 담수시 온도가 높아질수록 균핵의 발아정도가 감소되는 것으로 나타났다(Table 2). *S. cepivorum*의 경우에는 10°C와 15°C에서는 140일간 담수처리를 하여도 병원균이 생존한 반면, 20°C에서는 처리 후 60일, 25°C에서는 처리 후 20일, 30°C에서는 처리 후 10일이 경과하면 균핵이 사멸되는 것으로 나타났다. 대균핵을 형성하는 *Sclerotium* sp.는 10°C에 처리할 경우에는 140일간 담수처리하여도 병원균이 생존하는 데 반하여, 15°C에서는 80일, 20°C에서는 처리 후 20일, 25°C에서는 처리 후 30일, 30°C에서는 처리 후 60일이 경과하면 균핵이 사멸되는 것으로 나타났다. 20°C에서 80일과 100일간 담수 처리하였을 때 그리고 25°C에서 80일간 담수하였을 때 균핵이 생존된 것에 대해서는 추가적인 검토가 요구된다.

**Table 2.** Survival of sclerotia of two *Sclerotium* species treated under different temperatures and flooding period conditions

Flooding period (days)	Germination of sclerotia treated at										
	10°C		15°C		20°C		25°C		30°C		
	Sc <sup>a</sup>	Ss	Sc	Ss	Sc	Ss	Sc	Ss	Sc	Ss	
10	○ <sup>b</sup>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
20	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	○
30	○	○	○	○	○	×	×	○	×	○	○
60	○	○	○	○	○	×	×	×	×	×	○
80	○	○	○	○	×	○	×	○	×	×	×
100	○	○	○	×	×	○	×	×	×	×	×
140	○	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×

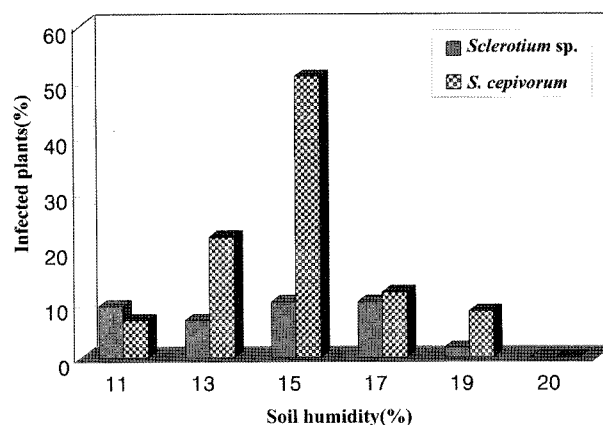
<sup>a</sup>Sc, *Sclerotium cepivorum*; Ss, *Sclerotium* sp.

<sup>b</sup>○, germination; ×, no germination.

*S. cepivorum*은 처리온도가 증가할수록 균핵의 생존율이 감소한 반면, *Sclerotium* sp.는 20°C와 25°C에서의 생존율이 30°C에 비해 다소 낮은 것으로 나타났으나, 전반적인 경향은 담수처리온도가 증가할수록 균핵의 생존율은 감소되는 것으로 사료된다. 담수처리온도에 따른 두 가지 병원균의 생존에 대한 반응은 저온에서는 병원균 간 차이를 보이지 않았으나 20°C 이상에서는 *Sclerotium* sp.에 비해 *S. cepivorum*이 담수처리에 의한 영향을 크게 받는 것으로 평가되었다. 흑색썩음균핵병을 일으키는 두 가지 병원균은 모두 토양습도에 따라 병원성에 있어서 큰 차이를 보였다. 마늘흑색썩음균핵병은 토양수분함량이 15%일 때(-300 mb, 포장용수량) 가장 높은 발병을 보였다. 특히 소균핵형성균인 *S. cepivorum*은 토양 내 습도가 17% 이상 되거나 13%이하일 경우에는 토양습도 15%일 때에 비해 병 발생이 현저히 감소되었다(Fig. 6). Crowe 등(1980)도 병원균의 균핵 발아정도는 토양 습도에 의해 좌우되는데 토양 중 습도가 포화된 상태에서는 전혀 발아되지 않는 반면 포장용수량인 -300 mb에서는 균핵이 왕성하게 발아한다고 보고한 바 있다. 반면 대균핵형성균인 *Sclerotium* sp.는 소균핵형성균인 *S. cepivorum*과는 달리 토양수분함량이 11~17% 범위일 때 병 발생에 있어서 차이를 보이지 않았는데 그 원인에 대해서는 차후에 자세한 검토가 필요하다고 생각된다. 이상의 종합하여 고찰할 때 마늘재배기간 중 토양 내 습도를 마늘흑색썩음균핵병 발생에 불리하도록 조절할 경우 병 발생을 줄일 수 있을 것으로 사료된다.

## 요 약

파속채소에 발생하여 큰 피해를 주는 흑색썩음균핵병



**Fig. 6.** Effect of moisture contents on the development of garlic white rot. Garlics were sown in the potted soils infested with two *Sclerotium* species and adjusted at different soil moisture contents.

균을 대상으로 외국 도입균주와 국내 분리균주간의 유전형질을 UP-PCR을 이용하여 Tyson 등이 보고한 방법으로 조사한 결과, 국내에서 분리되는 *Sclerotium cepivorum*은 UP-PCR 그룹 b에 속하는 것으로 확인되었으며, 대균핵형성균과 DNA profile에 있어서 현저한 차이를 보였다. 두 가지 병원균의 균핵 표면구조를 전자현미경을 이용하여 확인한 결과, *S. cepivorum*은 대균핵형성균에 비해 잔주름이 적고 내부에 포자와 유사한 구조가 관찰되었다. 흑색썩음균핵병을 일으키는 두 가지 병원균은 모두 10~25°C에 범위에서 생장되었고 생장 최적온도는 20°C이었으며, 28°C 이상에서는 전혀 자라지 않았다. 두 가지 병원균의 균핵형성정도는 20°C에서 배양시 가장 높았고 균핵 발아정도는 20~24°C 범위에서 높았다. 처리온도를 달리하여 처리일수별로 휴면중인 병원균 균핵의 발아정도를 조사한 결과, 35°C에서 7일간 전처리한 후 10°C에서 7일간

배양했을 때 발아가 가장 잘 되었으며 *S. cepivorum*은 70%, 대균핵 형성균은 100% 발아되었다. 담수기간 및 처리온도가 병원균의 생존에 미치는 영향을 조사한 결과 처리온도가 높아질수록 균핵 발아 정도가 감소되는 것으로 나타났다. 흑색썩음균핵병을 일으키는 두 가지 병원균은 토양습도에 따라 발병정도에 있어서 큰 차이를 보였다. 마늘흑색썩음균핵병은 토양습도가 15%(-300 mb)일 때 가장 높은 발병을 보였으며 17% 이상되거나 13% 이하로 되었을 때에는 토양습도가 15%일 때에 비해 병 발생이 현저히 감소되었다.

## 참고문헌

- Brix, H. D. and Zinkernagel, V. 1992. Effects of cultivation, conditioning and isolate on sclerotium germination in *Sclerotium cepivorum*. *Plant Pathology* 41: 13-19.
- 조원대, 김완규. 1996. 백합과 채소작물에서의 흑색썩음균핵병 발생. *한국식물병리학회지* 12: 251-254.
- Cho, W. D., Kim, W. G., Hong, S. K. and Kim, W. S. 2002. *Sclerotium* sp. associated with occurrence of a new disease, globular *Sclerotium* rot of garlic. *Plant Pathol. J.* 18: 372 (Abstract).
- Coley-Smith, J. R., Mitchel, C. M. and Sanford, C. E. 1990. Long-term survival of sclerotia of *Sclerotium cepivorum* and *Stromtinia gladioli*. *Plant Pathology* 39: 58-69.
- Crowe, F. 1996. White rot. In: *Compendium of onion and garlic diseases*, ed. by H. F. Schwartz and S. K. Mohaneds. The APS Press, St. Paul, Minnesota, USA.
- Crowe, F. J. and Hall, D. H. 1980. Soil temperature and moisture effects on sclerotium germination and infection of onion seedlings by *Sclerotium cepivorum*. *Ecology and Epidemiology* 70: 74-78.
- Gerbrandy, S. J. 1989. The effects of various temperatures during storage in soil on subsequent germination of sclerotia of *Sclerotium cepivorum*. *Neth. J. Pl. Path.* 95: 319-326.
- Gerbrandy, S. J. 1992. Effect of different temperature treatment on dormancy of sclerotia of ten isolates of *Sclerotium cepivorum*. *Neth. J. Pl. Path.* 98: 269-276.
- Harper, G. E. and Stewart, A. 2000. Magnetic separation technique for the isolation of sclerotia of *Sclerotium cepivorum* from iron-rich soil particles. *Soil Biol. Biochem.* 32: 135-137.
- 허노열, 오한중. 1999. 마늘흑색썩음균핵병 발생소장과 방제에 관한 연구. *농약연구소 시험연구보고서*: 129-141.
- 김충희. 2003. 2002년 농작물 병해 발생개황. *식물병연구* 9: 10-17.
- 김용기, 권미경, 조원대, 김택수, 심홍식, 이용환, 이찬중, 이성찬. 2004. 마늘의 흑색썩음균핵병에 대한 품종저항성의 역학적 평가. *식물병연구* 10: 105-111.
- Lee, Y. H., Lee, D. K. and Lee, W. H. 1997. Effect of water potential on mycelial growth and production of sclerotia of *Sclerotium cepivorum*. *Korean J. Plant Pathol.* 13: 200-204.
- 농촌진흥청. 2005. 마늘·양파흑색썩음균핵병 발생생태 및 방제대책 연구. *산학연공동연구보고서*. 112 pp.
- Punja, Z. K. and Jenkins, S. F. 1984. Influence of temperature, moisture, modified gaseous atmosphere, depth in soil on eruptive sclerotial germination of *Sclerotium rolfsii*. *Phytopathology* 74: 749-754.
- Tyson, J. L., Ridgway, H. J., Fullerton, R. A. and Stewart, A. 2002. Genetic diversity in New Zealand populations of *Sclerotium cepivorum*. *New Zealand J. Crop Hort. Sci.* 30: 37-48.