

## 마늘 흑색썩음균핵병 발생에 관여하는 여러 가지 경종적 요인

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 양파연구소

## Various Cultural 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 January 31, 2005)

This study was conducted to investigate the control possibility of garlic white rot causing severe yield losses of *Allium* species and cultivars using cultural practices such as optimal sowing date and burial depth, and lime application. Inoculum density in infested field soil was investigated at different soil depth, and that on the diseased plant debris was done. Inoculum density and recovery ratio of white rot pathogen of garlic was highly different between two species of *Sclerotium cepivorum* forming comparatively small sclerotia and *Sclerotium* sp. forming comparatively large ones. It was confirmed that *S. cepivorum* formed more sclerotia on bulbs of garlic than *S. sp.*, and sclerotial recovery of *S. cepivorum* was higher than that of *S. sp.* Inoculum density of white rot pathogen in the infested field at garlic seeding period ranged from one to thirteen sclerotia per 30 g soil. Inoculum density of white rot pathogen decreased remarkably with increasing soil depth and above 95% of sclerotia were distributed within 5 cm of soil depth. Disease severity of white rot was higher on slightly-planted garlics than deeply-planted ones. Garlic seed bulbs infected by white rot pathogens were confirmed to be one of main inoculum sources of white rot in the field and the disease incidences caused by garlic seed transmission showed big differences among garlic varieties. When nine garlic varieties harvested from infested plots were sown in the field, highly susceptible varieties, 'Wando', 'Daeseo', 'Namdo' and 'Kodang' showed high disease incidences, whereas other five varieties were not infected at all. It was confirmed that white rot occurred higher on early-sown garlics, before middle October, than on late-sown ones, after late October. Meanwhile, increasing application rate of lime ranged from 100 to 300 g reduced disease severity of white rot.

**Keywords :** *Allium*, Cultural practice, *Sclerotium cepivorum*, *Sclerotium* sp., White rot

마늘은 우리나라 식단에서 빼놓을 수 없는 중요한 조미채소로 강장작용을 하고, 매운 맛이 있기 때문에 식욕

을 돋우며, 살균작용이 강하여 이용범위가 매우 넓다. 충남, 전남, 경남, 제주 등 중남부 지역에서 집단적으로 재배되며 동일한 지역에 계속하여 재배할 경우 퇴화되는 것으로 알려져 있어 마늘종구는 다른 지역에서 생산한 마늘을 구입하여 재배하는 것이 일반적이므로 지역간 교류가 매우 많다. 따라서 흑색썩음균핵병이 종구를 통해서

\*Corresponding author

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

E-mail) yongki@rda.go.kr

전염될 경우 병 발생면적 및 지역이 증가될 가능성이 매우 높다.

흑색썩음균핵병은 전 세계적으로 파속채소를 재배하는 대부분의 지역에서 발생하여 큰 피해를 주는 병이다. 파속채소 35종 중 마늘(조선마늘, 왕마늘), 파, 양파, 부추 등 27종에서 발병되는 것으로 알려져 있으며 그 중에서도 우리나라에서 주로 재배되는 조선마늘이 가장 감수성인 것으로 알려져 있다(Mordue, 1976). 마늘은 뿌리에서 분비되어 흑색썩음균핵병균의 균핵발아에 영향을 주는 alkyl radicals의 종류에 따라 구분할 때 diallyls(2-propenyl)를 생성하는 그룹 II에 속하며, 마늘에서 분비하는 diallyl류는 다른 파속채소에서 분비하는 alkyl radicals에 비하여 균핵 발아 촉진효과가 높은 것으로 알려져 있다(Esler 등, 1983). 마늘 흑색썩음균핵병은 국내에서는 1989년 전남 고흥지방에 처음 발생한 이래, 마늘, 양파, 파, 쪽파, 달래 등 파속 식물의 주산단지를 중심으로 피해면적이 점차 확대되고 있다(김, 2003; 조 등, 1996). 이 병은 토양 전염을 하고 균핵이라는 내구체를 형성하므로 병이 일단 발생한 포장 내에서는 발병이 계속해서 증가하게 되고 파속식물을 재배하지 않더라도 병원균은 오랜 기간 생존이 가능하다(Coley-Smith 등, 1990; Crowe, 1996). 또한 이 병은 인편단위로 전파되므로 초기에 일찍 감염된 마늘은 대부분 부패되며, 생육 후기에 늦게 감염된 마늘은 겉껍질부터 썩게 된다. 우리나라에서는 겨울이 따뜻할 때에는 11~12월에도 발생되나 주로 2~3월에 발병되기 시작하여 4~5월에 이르러 기온이 상승하면 발병이 급격히 감소된다. 생육후기에 늦게 겉껍질만 병에 일부 감염된 마늘은 6월 말 수확할 때에 건진 마늘과 구별이 매우 어렵다. Crowe(1996)는 흑색썩음균핵병이 주로 토양 속 병든 조직에 잔존하는 균핵에 의해 발병된다고 보고하면서, 종구나 유묘를 통해서도 병이 발병될 가능성을 시사한 바 있다. 종구전염을 포함하여 병원균의 전파방법을 파악하는 것은 병 방제 대책 마련을 위해서 매우 중요하다.

최근 들어 국내의 경우 쉽게 수확할 목적으로 마늘을 점차 얇게 심는 경향이 있다. 2002~2004년에 주산단지를 대상으로 한 발병조사 결과, 이 병은 비닐멀칭을 하지 않아 토양유실이 많고, 비교적 얇게 심은 마늘밭에서 많이 발생하는 것으로 조사된 바 있는데 이는 마늘의 파종 깊이와 병 발생과는 관련이 있을 것으로 추정된다. Pinto 등(1998)은 파종시기를 다르게 했을 때 병 발생에 있어서 큰 차이를 보인다고 하였다. 국내의 경우 마늘은 8월 말부터 11월 초까지 장기간에 걸쳐 파종되며, 지역간 또는 농가 간에 파종시기에 있어서 큰 차이를 보이므로 마늘 파종시기가 병 발생에 미치는 영향을 구명할 필요가 있

다. 또한 토양전염병의 발병정도는 토양 중 병원균의 밀도, 분포 및 활성에 좌우되는 것으로 알려져 있다(Crowe 등, 1980b). 김 등(2004)은 흑색썩음균핵병에 대한 품종 저항성 관계를 보고하였다. 따라서 토양전염성 병을 방제하기 위해서는 방제하고자 하는 병원균의 토양 중의 밀도와 분포, 생태적 특성 및 활성을 사전에 파악하는 것이 매우 중요하다. 흑색썩음균핵병은 대부분의 남부지방 마늘 재배지에서 큰 피해를 주고 있으나 이 병에 대한 발생생태 및 방제연구가 미흡하여 방제약제 살포에 의존하여 병 방제를 수행하고 있다.

따라서 본 연구에서는 병든 마늘상의 균핵밀도와 이병 포장에서 토심별 병원균의 밀도를 조사하였고, 파종깊이, 파종시기, 석회시용 등 경종적 요인이 이 병 발생에 미치는 영향을 검토하여 경종적 방법에 의한 흑색썩음균핵병 방제가능성을 모색코자 하였다.

## 재료 및 방법

**발병포장에서의 병원균 균핵밀도 조사.** 병든 마늘상에서의 병원균(균핵)의 밀도는 발병이 심한 포장에서 병든 마늘을 채취하여 부착된 균핵수를 김 등(2004)이 보고한 방법에 의해 계수하였다. 병원균 밀도조사는 흑색썩음균핵병을 일으키는 두 가지 *Sclerotium*(소균핵을 형성하는 *Sclerotium cepivorum*과 대균핵을 형성하는 *Sclerotium sp.*)을 구분하여 수행하였다. 대균핵 형성균의 균핵밀도는 창녕지역 5포장, 남해지역 3포장 및 해남지역 4포장, 그리고 소균핵 형성균 *Sclerotium cepivorum*의 균핵밀도는 무안지역 4포장, 해남과 창녕지역 각각 1포장으로부터 병든 마늘을 1개씩 채취하여 건조시킨 후 인경 전체에 부착된 균핵을 분리 조사하였다.

**발병포장에서 병원균 분포 조사.** 병든 식물체를 중심으로 병원균이 어떻게 분포하는 지를 알아보기 위하여 토심별로 0~5 cm, 5.1~10 cm, 10.1~15 cm, 15.1~20 cm 부위, 그리고 식물체와 식물체사이에서 토양을 100 g씩 채취하여 김 등(2004)의 방법에 의해 균핵밀도를 조사하였다. 분리된 균핵에 대해서 활성여부를 확인하기 위하여 Harper와 Stewart(1999)의 방법에 따라 5% 차아염소산나트륨용액(Showa Chemical Co.)으로 5분간 표면소독하고 살균증류수로 깨끗이 씻은 다음 균핵을 반으로 절단하여 스트렙토마이신(80 ppm)이 함유된 potato dextrose agar 배지에 치상하여 균사생장 및 균핵형성 여부를 조사하였다. 한편 파종기에 발병포장에서의 토심별 균핵 밀도를 조사하였다.

**발병포장 조성.** 경종적 요인이 흑색썩음균핵병 발생

에 미치는 영향을 조사하기 위하여 충남 서산군 인지면의 마늘 포장에서 이병토양 2 M/T를 채취하여 농업과학기술원 시험포장의 비닐하우스(폭 6 m×길이 28 m)에 골고루 뿌리고 경운함으로써 전 포장에 병이 골고루 발생되도록 하였다.

**마늘 파종깊이가 병 발생에 미치는 영향 조사.** 마늘 파종 깊이에 따른 흑색썩음균핵병의 발생정도를 알아보기 위하여 2002년도와 2003년도에 상기한 방법으로 이병토양을 혼화 처리한 다음 마늘 종구를 2.0~3.0 cm, 3.1~5.0 cm, 5.1~7.0 cm 깊이로 처리구(폭 90 cm×길이 1.5 m)당 45개씩(3줄×15마늘) 3반복으로 파종하였다. 발병조사는 이듬해(2004년) 3월 초부터 1주일 간격으로 병든 식물체를 30 cm 크기의 플라스틱 대를 사용하여 표시하면서 5월 27일까지 수행하였다. 시험마늘은 남도마늘(난지형)을 공시하여 종구소독을 하지 않고 외관상 건전해 보이는 것을 사용하였고, 관행시비하였으며, 시험은 난괴법 3반복으로 수행하였다.

**마늘품종별 흑색썩음균핵병의 종구전염을 조사.** 흑색썩음균핵병이 종구를 통하여 전염이 되는지 그리고 품종간에 차이가 있는지 알아보기 위하여 직경이 30 cm되는 플라스틱파이프를 40 cm 크기로 자른 다음 비닐하우스 내에 묻고 건전토양을 담은 다음, 전년도에 발병포장에서 채취한 마늘 종구를 한지형은 품종별로 포트 당 5~10개, 난지형은 10~25개씩 파종하였다. 시험은 완전임의배치법 3반복으로 수행하였다. 시험품종으로 난지형 마늘(대서종, 남도종, 완도종, 고흥종, 고당종) 5종과 한지형 마늘(단양종, 서산종, 예천종, 의성종) 4종을 시험에 사용하였다.

**마늘 파종시기가 병 발생에 미치는 영향 조사.** 마늘 파종시기에 따른 흑색썩음균핵병 발생정도를 조사하기 위하여 직경이 30 cm되는 플라스틱파이프를 40 cm 크기로 잘라서 비닐하우스 내에 묻고 토양을 채운 다음 이병토양 100 g을 첨가하여 골고루 혼화하고 마늘 종구를 9월 28일부터 11월 27일까지 10일 간격으로 처리구당 10개씩 3반복으로 7회 파종하였다. 발병조사는 이듬해(2004년) 3월 초부터 1주일 간격으로 병든 식물체를 30 cm 크기의 플라스틱 대를 사용하여 표시하면서 5월 27일까지 수행하였다. 시험마늘은 서산종(한지형)을 공시하여 종구소독을 하지 않고 외관상 건전해 보이는 것을 사용하였으며, 시비는 관행에 준하였다. 시험은 완전임의배치법 3반복으로 수행하였다.

**석회처리수준별 병 발생정도 조사.** 토양의 이화학성 개선을 위하여 일부 농가에서 사용되는 석회가 병 발생에 미치는 영향을 알아보기 위하여 직경이 30 cm되는 플라스틱파이프를 40 cm 크기로 자른 다음 비닐하우스 내

에 묻고 토양을 3/5까지 담은 다음, 소석회를 각각 100 g, 300 g, 500 g씩 첨가하여 골고루 섞어 준 토양 2 kg을 채우고, 발병토양을 100 g씩 골고루 뿌려준 다음 소석회를 포함하는 토양층과 잘 섞이도록 수차례 혼화하였다. 마늘 종구는 처리구당 10개씩 3반복으로 파종하였다. 발병조사는 이듬해(2004년) 3월 초부터 1주일 간격으로 병든 식물체를 30 cm 크기의 플라스틱 대를 사용하여 표시하면서 5월 27일까지 수행하였다. 시험마늘은 서산종(한지형)을 공시하여 종구소독을 하지 않고 외관상 건전해 보이는 것을 사용하였으며, 시비는 관행에 준하였다. 시험은 완전임의배치법 3반복으로 수행하였다.

## 결과 및 고찰

**발병포장에서의 병원균 밀도분포.** 마늘 파종 전 재배포장내 병원균의 밀도는 이듬해 병 발생에 직접적인 영향을 미치므로 토양 중의 밀도를 파악하는 것이 매우 중요하다.

마늘 수확기에 병든 마늘 상의 균핵수를 지역별, 병원균별로 구분하여 조사한 결과 병원균의 종류에 따라 차이를 보였다. *Sclerotium cepivorum*에 감염된 마늘 인경상에서는 외부 요인에 의해 균핵이 거의 부패되지 않은 경우에 병든 마늘 한개 당 14,723개의 균핵이 분리되었고 외부의 여러 가지 요인에 의해 부패가 많이 진행된 마늘에서는 40~86개가 분리되었다(Table 1). 한편 대균핵을 형성하는 *Sclerotium* sp.는 *S. cepivorum*에 비하여 구당 균핵 형성수가 적고 부패가 심한 것으로 조사되었다. 마늘 생육기중에 발병 마늘 상에 형성된 균핵은 대부분 토양 중 발병 잔재물에 존재하다가 경운을 하는 과정 중에 계속해서 전파된다. 토양 중 균핵들은 뿌리분비물, 근권미생물상, 균핵의 대사활성, 토양건조 또는 다습, 토양온도 등 여러 가지 요인의 영향을 받아 발아되고 분해되기 때

**Table 1.** Natural inoculum densities of *Sclerotium* spp. on diseased garlic bulbs collected infested field

Pathogen	Soil origin	Number of sites sampled	Range of inoculum densities (sclerotia/garlic bulb)
<i>Sclerotium</i> sp.	Chanyeong	5	1-3,402
"	Namhae	3	66-94
"	Haenam	4	26-95
<i>S. cepivorum</i>	Muan	4	646-14,723
"	Haenam	1	40
"	Changnyeong	1	86

문에(Crowe 등, 1980, 1980a, 1980b; Gerbrandy, 1989; Somerville와 Hall, 1987; Punja와 Jenkins, 1984) 발병에 영향을 주는 균핵의 밀도는 재배포장에 따라 차이가 크다. Coley-Smith 등(1990)은 발병토양에서의 배수여부가 토양 특성에 따라 다소 차이는 있었으나 균핵의 생존에 영향을 크게 주기 때문에 배수를 잘한 시험토양에서는 80~100%의 균핵이 회수된데 비하여 담수처리를 한 시험토양에서는 단지 0~26%의 균핵만이 회수되는 것으로 보고한 바 있다. 병든 마늘에 형성된 균핵은 생육기 중에 토양중의 미생물이나 여러 가지 환경요인에 분해되기도 하고 농작업 중 토양 중에 매몰되기도 하므로 실제로 마늘재배 중에 병을 일으키는 전염원량을 파악하기 위해서는 경작층에 분포되는 균핵의 밀도를 파악하는 중요하다. 따라서 마늘파종기에 전작기에 발병된 5개 포장에 대상으로 토심별 균핵 밀도를 조사하였다. 그 결과 토심이 깊어질수록 병원균의 밀도가 감소되는 경향이었고 대부분의 병원균은 표토 5 cm 이내에 분포된다는 것이 확인되었다(Table 2). 발병토양의 표토 중 병원균 밀도는 토양 30 g당 1~3 개 수준이었으나, 발병이 심한 포장에서 수확 후 이병마늘을 그대로 방치할 경우에는 병원균의 밀도가 토양 30 g당 13개에 이르는 것으로 나타나 병원균의 밀도는 포장간 차이를 보였으며, 흑색썩음균핵병에 의한 피해를 줄이기 위해서는 마늘 수확시 병든 마늘을 제거하는 것이 매우 중요할 것으로 판단되었다. Crowe 등(1980b)에 따르면 병원균의 접종농도를 높게 하면 병 발생도 빠르고 발병도 매우 심하며, 병 발생에 적당한 환경에서는 토양 1 g당 균핵 밀도가 0.001개 이상되면 병이 50% 이상 발생할 수 있고 0.01개 이상 되면 거의 100% 발병될 수 있

**Table 2.** Sclerotial population of white rot pathogen, *Sclerotium* sp., at three different soil depths in infested garlic fields at garlic seeding period

Soil sample <sup>a</sup>	Inoculum density (sclerotia/30 g soil) at different soil depths		
	0~3 cm	3~5 cm	3~7 cm
<b>Infested fields</b>			
Taeon A	3	2	1
Taeon B	1	2	1
Taeon C	13	1	0
Taeon D	1	0	0
Haenam	3	0	0
Average	4.2	1.0	0.4
<b>Healthy field</b>			
Taeon E	0	0	0

<sup>a</sup>Soil samples were collected from infested garlic fields at Taeon gun, Chungnam province and Haenam gun, Jeonnam province in 2002.

다. 따라서 이상의 결과를 기준으로 판단할 때 흑색썩음균핵병이 일단 발생되어 균핵이 토양 중에 장기간 생존하면 큰 피해를 줄 수 있으므로 병 피해를 줄이기 위해서는 반드시 사전에 병원균이 포장에 유입되지 않도록 유의하여야 한다.

**파종깊이별 병 발생정도.** 마늘흑색썩음균핵병의 토양중의 밀도는 토심이 깊어질수록 점차 감소하는 것으로 나타났다(Table 3). 마늘의 파종 깊이를 달리하여 마늘을 재배할 경우 병 발생정도는 마늘을 깊게 파종할수록 감소되는 것으로 조사되었다(Table 4). 이는 토심이 깊어짐에 따라 전염원량이 비례하여 감소되고 그 결과 발병이 감소되기 때문으로 사료된다. 마늘은 농작업의 편리성을 높일 목적으로 최근 과거에 비해 점차 얕게 파종되는 경향이 있다. 결과적으로 마늘을 얕게 파종하면 대부분의 마늘이 병원균의 균핵 밀도가 높은 부위에 위치하기 때문에 쉽게 병원균에 노출되어 발병 가능성이 증가된다. McLean과 Stewart(2000)는 양파 흑색썩음균핵병에 대하여 유사한 연구결과를 보고하면서 양파묘를 토심 1 cm에 파종했을 때 5주 이내에 병이 발생되었고, 10 cm 깊이로 파종할 경우에는 7주 경과된 후에 발병된 반면, 20 cm 깊이로 파종할 경우에는 파종 후 13주가 되어서야 병이 발생된다고 하였다. Punja와 Jenkins(1984)에 따르면 토심이 깊어질수록 균핵의 발아정도가 급격히 감소되는 것으로

**Table 3.** Spacial distribution of white rot pathogen based on diseased garlic plant at four different soil depths in the garlic field

Soil depth (cm)	Inoculum density (sclerotia/30 g soil)	Distribution ratio (%)
On garlic bulb	1,324 <sup>a</sup>	78.4
0~5.0	289 <sup>b</sup>	17.1
5.1~10.0	55 <sup>c</sup>	3.3
10.1~15.0	13 <sup>d</sup>	0.8
15.1~20.0	7 <sup>d</sup>	0.4
Total	1,688	100

<sup>a</sup>Values followed by same letter do not differ significantly (p=0.05) according to Duncan's multiple range test.

**Table 4.** Effect of seeding depth on the disease severity of white rot when garlics were sown and cultivated in infested field soil during 2003 and 2004

Seeding depth (cm)	Infected plants (%)
2.0-3.0	85.8 <sup>a</sup>
3.1-5.0	65.8 <sup>ab</sup>
5.1-7.0	58.5 <sup>b</sup>

<sup>a</sup>Values followed by same letter do not differ significantly (p=0.05) according to Duncan's multiple range test.

나타났다. 2.5 cm 이내에서는 처리한 균핵 중 80% 이상이 발아한 반면, 토심 5 cm에서는 40%가 발아하였고, 7 cm 이하에서는 거의 발아되지 않는 것으로 나타났다. 따라서 토심이 깊어질수록 마늘흑색썩음균핵병의 균핵밀도가 적은데다가 비록 균핵이 존재한다하더라도 발아율이 현저히 저하되므로 마늘흑색썩음균핵병의 발생을 줄이기 위해서는 가능한 한 깊게 파종하는 것이 바람직할 것으로 판단되었다.

**품종별 종구전염 정도.** 흑색썩음균핵병에 감염된 마늘에는 무수히 많은 균핵이 생기고 그 균핵은 토양 중에 존재하면서 계속해서 병을 일으킨다. 또한 발병포장에서 작업했던 농기구를 이용하여 건전포장에서 작업을 하면 흑색썩음균핵병이 전파되는 것으로 알려져 있다(Crowe, 1996). 최근 들어 종구이동이 빈번한 전남, 경남, 충남 등 마늘주산단지를 중심으로 병 발생이 점차 증가되고 발생 지역이 확대되고 있는 추세이다. 그런데 만약 흑색썩음균핵병이 발병포장 내에 오염된 균핵 또는 농기구에 의해서만 전파된다면 병 발생지역에 국한되어 국부적으로 병 발생이 증가되어야 함에도 불구하고 최근 들어 그 동안 병이 발생되지 않았던 경남 창녕, 영천지역에도 병이 발생되어 큰 피해를 주고 있다(김, 2003). 따라서 병 방제 대책 마련을 위하여 병 발생의 지역적인 전파 원인에 대한 해석이 필요하였다. 따라서 병 발생지역 확대원인 중 하나로 종구를 통한 전염가능성을 검토하기 위하여 국내에서 주로 재배되고 있는 한지형 마늘 4품종과 난지형 마늘 5품종을 발병포장에서 재배하여 발병을 유도하고 발병포장에서 수확한 마늘을 건전포장에 재배하면서 품종별 종구전염 정도를 조사한 결과, 한지형 마늘에서는 종

구전염을 확인할 수 없었으나, 난지형 마늘의 경우에는 고흥종을 제외한 모든 품종에서 종구를 통해 전염됨이 확인되었다. 난지형 마늘 중에서 특히 완도종에서 평균 종구전염율이 62.2%로 높게 나타났으며(Table 5), 대서종, 고당종, 남도종 순으로 높았으며 난지형 마늘 중 고흥종과 한지형 마늘에서는 종구전염이 확인되지 않았다. 한지형과 난지형에서 차이를 보이는 이유는 첫째로 한지형 마늘은 인편을 싸고 있는 겉껍질이 얇고 한 겹으로 되어 있어 파종을 하기 위해 쪽을 분리할 경우 겉껍질에 포함되어 있던 병원균(균사)이 쉽게 제거되는 반면, 난지형 마늘은 겉껍질이 두껍고 여러 겹으로 되어 있어 쪽 분리를 할 경우에도 일부 껍질에 병원균이 그대로 오염된 상태로 존재하므로 파종 후 발병을 일으키기 때문으로 추정된다. 또한 난지형 마늘은 한지형 마늘에 비해 1개월 이상 일찍 파종함으로써 생육기간이 길게 되어 병원균에 노출되는 기간이 상대적으로 긴 것도 난지형 마늘에서 종구 전염율이 높은 이유 중의 하나로 추정된다. 실제로 이 병이 난지형 마늘이 재배되고 있는 전남, 경남, 충남 및 제주지역을 중심으로 주로 발생되고 발생면적이 점차 증가되고 있다는 사실이 이를 간접적으로 증명해 준다고 생각된다.

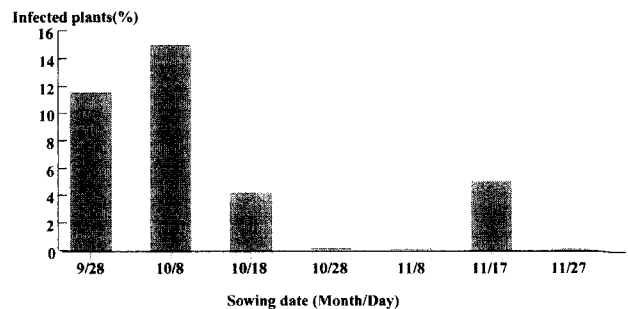
**파종시기별 병 발생정도.** 마늘파종시기가 병 발생에 미치는 영향을 알아보기 위하여 병 발생 포장에 9월 말부터 11월 말까지 10일 간격으로 마늘을 파종한 다음 5월 초에 병 발생 정도를 조사하였다. 9월 말부터 10월 중순까지 파종된 마늘에서는 4~14.3%의 발병을 보인 반면 10월 말 이후에 파종한 처리에서는 11월 중순에 파종한 마늘에서 일부 발병되었을 뿐 일찍 파종한 마늘에 비하여 병 발생이 적었다(Fig. 1). 흑색썩음균핵병은 마늘뿌리에서 분비되는 휘발성 물질 중 diallyl disulfide(DADS), dipropyl disulfide(DPDA) 등에 의해서 휴면이 타파되어 발아한 균핵들이 관부(stem plate)를 통해 침입함으로써 병을 일으키게 된다. Hovious와 McDonald(2002)는 마늘

**Table 5.** Percentage of infected plants of nine garlic varieties by seed transmission

Ecological type	Variety <sup>a</sup>	Infected plants (%)
Warm type	Wando	62.2a <sup>b</sup>
	Daeseo	19.3b
	Kodang	17.5b
	Namdo	14.6b
	Koheung	0c
Cold type	Seosan	0c
	Danyang	0c
	Euisung	0c
	Yechon	0c

<sup>a</sup>Garlic seeds of each variety harvested from the infested field were sown in healthy potted soil and seed transmission rates of each variety were evaluated.

<sup>b</sup>Values followed by same letter do not differ significantly ( $p=0.05$ ) according to Duncan's multiple range test.



**Fig. 1.** Disease incidence of white rot at harvest on garlic bulbs planted at different times.

뿌리에서 분비되는 물질 중 균핵 발아에 가장 큰 영향을 주는 것은 diallyl disulfide(DADS)인 것으로 보고하였다. Brix와 Zinkernagel(1992)에 따르면 토양 중에 단지 0.02%의 DADS 용액을 처리하더라도 대부분의 균핵이 발아되는 것으로 나타났으며, McLean과 Stewart(2000)는 인경의 stem plate 및 뿌리 부위별로 병원균을 접종하였을 때, 뿌리 끝에 접종했을 때는 전혀 발병되지 않았고 뿌리 중간 부분에 접종했을 때는 23% 발병된 반면 stem plate에 접종했을 때에는 77%가 발병되는 것을 확인하여 이를 증명한 바 있다. 그는 균핵을 부위별로 접종했을 때 stem plate에 접종했을 때 가장 발병이 높았던 이유를 뿌리가 형성될 때 분비하는 disulfides와 같은 균핵 발아촉진 물질의 생성정도에 기인된 것으로 추정하였다. 결국 마늘을 일찍 파종할 경우 마늘뿌리가 성장하면서 분비되는 물질에 의해 토양 중의 균핵 발아를 촉진함으로써 일찍 파종된 마늘은 늦게 파종한 마늘에 비해 오랫동안 병원균에 노출되기 때문에 병 발생가능성이 높을 것으로 추정된다. 따라서 마늘의 파종시기는 마늘과 병원균과의 상호작용과 관련하여 매우 중요한 요인 중의 하나로 생각된다. Somerville와 Hall(1987)은 포장 내에서의 병원균 균핵의 발아정도는 allyl sulfides의 농도와 밀접한 관련이 있다고 보고하였다. 또한 Pinto 등(1998)은 파종시기를 달리했을 때 병 발생정도가 큰 차이를 보이며 가장 피해가 심한 경우는 관행 파종시기에 파종하였을 때라고 보고하면서 발병적응의 중요성을 강조한 바 있다. 그에 따르면 마늘 흑색썩음균핵병은 주로 파종 60일 후에 발생하는데 브라질에서 마늘을 고온기인 1월에 일찍 파종할 경우 저온기인 3~5월에 파종할 때보다 병 주 발생시기(마늘 파종 60일 후)에 고온으로 경과되므로 병 발생이 현저히 저하되었다. 그러나 우리나라의 경우에는 남반구 나라인 브라질과는 다르게 9월 말 이후부터 11월까지는 마늘흑색썩음균핵병이 발생하기에 적당한 온도를 보인다. 게다가 마늘흑색썩음균핵병균의 균핵 발아는 전처리 온도에 따라 영향을 크게 받는다고 한다(Gerbrandy, 1989). 즉 비교적 고온인 10~20°C에서 전처리된 병원균의 균핵은 저온(5°C)에 노출되었을 때 발아가 잘 되고, 저온(5°C)에서 전처리된 것은 비교적 고온인 10~20°C에서 잘 발아된다. 생육기간 중에 마늘인경에 형성된 병원균이 병을 일으키기 위해서 균핵의 발아가 선행되어야 하며, 이를 위해서는 균핵이 비교적 고온인 10~20°C와 비교적 저온인 5°C 전후의 온도에 노출되어야 한다. 이 시기에 우리나라의 경우에는 가을부터 초겨울까지의 기온이 자연적으로 병 발생에 필요한 온도조건과 일치하게 된다. 따라서 Fig. 1처럼 마늘을 일찍 파종하면 할수록 병 발생에 적당한 환경 하에서

토양 중의 균핵이 마늘뿌리에서 분비되는 ally sulfides에 장기간에 걸쳐 노출됨으로써 병 발생이 증가되었던 것으로 판단된다.

**석회혼화처리가 병 발생에 미치는 영향.** 마늘흑색썩음균핵병은 유기물이 부족하고 척박한 약 산성토양(pH 5.0~6.0)에서 많이 발생되는 것으로 알려져 있다(자료 생략). 석회가 병 발생에 미치는 영향을 알아보기 위하여 석회를 토양 2 kg당 100, 200, 300 g씩 혼화하고 병원균을 접종하여 병 발생정도를 조사한 결과 석회를 사용하지 않은 처리에서는 14.4%의 발병을 보인 반면 석회를 100, 200, 300 g씩 혼화한 처리구에서는 각각 6.9, 2.3 그리고 2.1%의 이병주율을 보여 석회 사용량을 증가할수록 병 발생이 현저히 감소됨을 확인할 수 있었다. 이는 석회를 첨가할 경우 토양이 알카리화되어 병 발생에 불리하게 작용하였기 때문으로 생각된다. 토양 내에 석회를 처리할 경우 토양 내 산도교정에 따른 병 발생억제 효과 이외에 마늘생장에 필요한 인산을 가용화시켜 줌으로써 흡수를 용이하게 해주는 효과도 함께 얻을 수 있으며, 게다가 석회를 처리하면 마늘흑색썩음균핵병의 발생을 조장하는 뿌리 응애의 밀도가 현저히 감소되는 부수적인 효과도 얻을 수 있다(농촌진흥청, 1996). 이는 뿌리 응애가 산성토양에서 잘 자라는 데 반해 석회를 사용하면 토양의 pH가 증가되어 뿌리 응애가 증식하기에 불리한 환경이 조성되기 때문이다. 석회처리시 산도교정에 따른 병 억제효과 이외의 병 억제기작과 관련한 부분에 대해서는 추후 보다 심도있는 검토가 필요하다고 생각된다.

## 요 약

이 연구에서는 파속채소에 발생하여 큰 피해를 주는 흑색썩음균핵병에 대하여 경종적 방법에 의한 방제가능성을 모색하기 위하여 병든 마늘상의 병원균(균핵)의 밀도와 이병포장에서 토심별로 병원균의 밀도를 조사하였고, 파종깊이, 파종시기, 석회사용 등 경종적 요인이 병 발생에 미치는 영향을 검토하였다. 마늘수확기에 토양 중 병원균의 밀도 및 분해정도는 병원균의 종류에 따라 차이를 보였는데 소균핵균 *Sclerotium cepivorum*이 대균핵균 *Sclerotium* sp.에 비해 형성 균핵수도 많고 덜 분해되었다. 마늘재배포장에서의 병원균의 밀도는 토양 30 g당 1~13 개 수준이었고 토심이 깊어질수록 병원균의 밀도가 현저히 감소되는 것으로 나타났으며, 병원균은 토심 5 cm 이내에 95% 이상 분포하는 것으로 나타났다. 마늘 재식깊이를 달리하여 파종했을 때 병 발생정도는 재식깊이를 깊게 할수록 병 발생이 적었다. 국내에서 주로 재배되고 있

는 마늘의 품종별 종구전염 정도에 있어서는 한지형 마늘에 비하여 난지형 마늘에서 훨씬 높았는데, 난지형 마늘 중에서는 완도종에서 가장 높았고, 이어 대서종, 고당종, 남도종 순이었으며 고흥종에서는 종구전염이 확인되지 않았다. 마늘파종시기를 달리하여 종구를 파종한 결과, 10월 중순이전에 일찍 파종한 처리에서 10월말 이후에 늦게 파종한 처리에 비하여 병 발생이 낮았다. 한편 석회를 토양 kg당 100, 200, 300 g 수준으로 사용할 경우 석회 사용량에 비례하여 병 발생이 감소되는 것으로 나타났다.

## 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.
- Esler, G. and Coley-Smith, J. R. 1983. Flavour and odour characteristics of *Allium* in relation to their capacity to stimulate germination of sclerotia of *Sclerotium cepivorum*. *Plant Pathology* 32: 13-22.
- 조원대, 김완규. 1996. 백합과 채소작물에서의 흑색썩음균핵병 발생. *한국식물병리학회지*. 12(2): 251-254.
- Coley-Smith, J. R., Mitchel, C. M. and Sanford, C. E. 1990. Long-term survival of sclerotia of *Sclerotium cepivorum* and *Stromatinia gladioli*. *Plant Pathology* 39: 58-69.
- Crowe, F. 1996. White rot. In: Compendium of onion and garlic diseases. Schwartz, H. F. and Mohan, S. K. eds., The APS Press, St. Paul, Minnesota, USA.
- Crowe, F. J. and Hall, D. H. 1980a. Soil temperature and moisture effects on sclerotium germination and infection of onion seedlings by *Sclerotium cepivorum*. *Ecology and Epidemiology* 70: 74-78.
- Crowe, F. J., Hall, D. H., Greathead, A. S. and Baghott, K. G. 1980b. Inoculum density of *Sclerotium cepivorum* and the incidence of white rot of onion and garlic. *Phytopathology* 70: 64-69.
- 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.*: 319-326.
- 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.
- Hovius, M. H. Y. and McDonald, M. R. 2002. Management of *Allium* white rot(*Sclerotium cepivorum*) in onions on organic soil with soil-applied diallyl disulfide and di-N-propyl disulfide. *Can. J. Plant Pathol.* 24: 281-286.
- 김충희. 2003. 2002년 농작물 병해 발생개황. *식물병연구* 9(1): 10-17.
- 김용기, 권미경, 조원대, 김택수, 심홍식, 이용환, 이찬중, 이성찬. 2004. 마늘의 흑색썩음균핵병에 대한 품종저항성의 역학적 평가. *식물병연구* 10(2): 105-111.
- Kim, Y. K., Kwon, M. K., Shim, H. S., Yeh, W. H., Kim, T. S., Cho, W. D. and Kim, C. H. 2004. A new method for sclerotial isolation of two species of *Sclerotium* from infested soil. *Plant Pathol. J.* 20(4): 240-243.
- McLean, K. L. and Stewart, A. 2000. Infection sites of *Sclerotium cepivorum* on onion roots. *New Zealand Plant Protection* 53: 118-121.
- Mordue, J. E. M. 1976. *Sclerotium cepivorum*. In: CMI description of pathogenic fungi and bacteria No. 512. The Commonwealth Mycological Institute, Ferry Lane, Kew, Surrey, England.
- 농촌진흥청. 1996. 채소재배. 375pp.
- Pinto, C. M., Maffia, L. A., Berger, R. D., Mizubuti, E. S. G. and Casali, V. W. D. 1998. Progress of white rot on garlic cultivars planted at different times. *Plant Dis.* 82: 1142-1146.
- 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.
- Somerville, P. A. and Hall, D. H. 1987. Factors affecting sclerotial germination of *Sclerotium cepivorum*, secondary sclerotia formation, and germination stimulants to reduce inoculum density. *Plant Disease* 71: 229-233.