

## 파드득나물 균핵병균(*Sclerotinia sclerotiorum*)의 균핵 형성 및 생존에 미치는 온도의 영향

장석원\* · 이한범 · 김성기  
경기도농업기술원 북부농업시험장

### Effect of Temperature on Sclerotia Formation and Viability of *Sclerotinia sclerotiorum* Causing Sclerotium Rot of *Cryptotaenia japonica*

Seog Won Chang\*, Han Bum Lee and Sung Kee Kim

Northern Agriculture Research Station, Gyeonggi-do Agricultural Research and Services,  
Yonchon 486-830, Korea

(Received on February 20, 2003)

*Sclerotinia* rot of *C. japonica* caused by *Sclerotinia sclerotiorum* was observed through the growing season in the vinylhouse at the Namyangju, Yangju and Yangpyung areas. The disease was commonly occurred at late autumn after transplanting and continuously increased until spring in next year. The disease was especially severe at the Yangpyung area among three areas. Three isolates of *S. sclerotiorum* obtained from *C. japonica* in different geographic areas were evaluated for ability of sclerotia formation and viability under different temperature. Temperature for mycelial growth ranged from 5 to 30°C, with optimum temperature at 15-30°C. Sclerotia were fewer formed at low temperature, but their size was larger than that at high temperature. Small size of sclerotia was more viable than those of large size at high temperature. Based on the differences in viability of sclerotia, the relative ranks of sclerotia were in order ~2 mm > 3-4 mm > 5 mm~.

**Keywords :** *Cryptotaenia japonica*, *Sclerotinia sclerotiorum*, sclerotia formation, sclerotia viability

파드득나물(*Cryptotaenia japonica*)은 한국, 중국, 일본 등 동북아시아에 분포한다. 숲속에서 자라는 미나리과 채소로서 30~60 cm 정도의 크기로 향기가 있어 어린 순은 나물로서 각광받고 있다(이창복, 1980). 일본에서는 엽병에 잎이 세 개 붙어 있어 미쯔바로 불리우고 있다. 일본에서는 수경재배가, 우리나라에서는 토경재배가 주로 이루어지고 있으며, 국내에는 주로 일본 육성종자가 재배되고 있다. 파드득나물은 나물뿐 아니라 무침, 튀김, 김치, 찜 등 다양하게 이용되어 왔으며, 약리 작용으로는 지혈, 양정, 대하, 해열, 고혈압, 중풍, 거담, 정혈, 신경통 등 여러가지 효과가 있는 것으로 알려져 있다(이창복, 1980). 저온성채소인 파드득나물은 서울 근교에 재배가 늘어나고 연중 재배됨에 따라 균핵병 피해면적은 늘고 있으나,

토양병해인 관계로 방제가 어렵고 무농약 농산물 생산을 위하여 농약사용을 기피해 점차 병이 확산되고 있는 실정이다.

그동안 우리나라에서는 파드득나물(*C. japonica*)과 참나물(*Pimpinella brachycarpa*)의 명칭이 혼용되어 왔는데, 파드득나물은 참나물에 비하여 잎이 다소 작고 연해 시장에서 상대적으로 선호되기 때문에 서울 근교지역에서 주로 재배되고 있다. 한국식물병리학회에서 발간한 한국식물병명목록(1998)을 보면 기주명으로 참나물이 기록되어 있고 학명은 *C. japonica*와 *P. brachycarpa*가 함께 기록되어 있다. 따라서 우리나라에서 파드득나물 균핵병은 Kim 등(1996)에 의해 *Sclerotinia sclerotiorum*에 의한 균핵병(*Sclerotinia* rot)으로 보고된 것으로 보는 것이 타당할 것이다. 하지만 그 이후 파드득나물 균핵병은 그 피해에 비하여 더 이상의 연구가 이루어지지 않았는데, 이는 파드득나물의 재배면적이 적었기 때문으로 판단된다.

*S. sclerotiorum*에 의해 발생하는 균핵병은 다범성 병

\*Corresponding author  
Phone)+82-31-834-3106, FAX)+82-31-839-2938  
E-mail)changsw802@yahoo.co.kr

해로 십자화과를 포함한 채소류와 화훼류 그리고 일부 관목에도 심각한 피해를 준다. 균핵병은 전세계적으로 분포하며 유묘기, 성숙기, 수확 후 운송과 저장 중 등 모든 생육단계에 걸쳐 발생한다(Agrios, 1997). 피해는 시설 재배지에서 많이 발생하는데, 특히 엽채류에 큰 피해를 초래하고 있으며 방제에 어려움을 겪고 있다(Chang *et al.*, 2001).

균핵병은 습도가 높고 기온이 15~25°C의 서늘한 상태에서 병발생이 심하다고 알려져 있다(Abams and Ayers, 1979; Purdy, 1979; Agrios, 1997). 또한 균핵병균은 토양 내에서 균핵상태로 수년간 생존이 가능하고 기주범위가 넓어 다른 채소로 운작하더라도 피해를 일으키기 때문에 병원균의 증식을 초래하는 결과를 낳는다. 따라서 균핵병은 경엽처리제나 관주처리제 등 농약을 이용해서 만족할 만한 방제효과를 얻기가 쉽지 않다(Purdy, 1979; Boland and Hall, 1994). 이러한 어려움 때문에 최근 균핵병 방제를 위하여 저항성 품종 육성, 물리적 방법을 도입한 화학적 방제효과 개선, 생물학적 방제제 개발 등 다양한 방법이 시도되고 있다(Fly, 1982; Cassells and Walsh, 1995; Katan, 2000; Budge and Whipps, 2001.). 그 중 태양열토양소독은 최근 친환경적인 방법으로 제초 및 병방제의 효과가 높아 국내외적으로 그 가치가 높게 평가되고 있다. 또한 *Bacillus spp.*나 *Pseudomonas spp.* 등 근권 유용세균의 밀도 및 작물의 영양이용 효율을 제고시켜 고품질의 작물생산을 유도할 뿐만 아니라 식물 병원균의 밀도를 줄이고 토양내 유기물로부터 수용성 미네랄을 용출시키는 작용도 하는 것으로 알려져 있다(Katan, 1981; Ristino *et al.*, 1996; Stapleton, 1996; 김 등, 1998).

따라서 본 연구는 파드득나물 재배지에서 분리한 균핵병균에 대해 주요 전염원인 균핵형성과 사멸에 미치는 온도의 영향 등을 조사하여 균핵병 발생포장에 대하여 친환경 방제방법인 태양열토양소독에 대한 기초자료로 활용하고자 수행하였다.

## 재료 및 방법

**발생상태 조사.** 2001년부터 2002년까지 2년 동안 주재배지인 경기도 남양주시, 양주군, 양평군에서 시기별 병발생상황을 조사하였다. 조사지점은 지역별로 시군 당 2~3개 읍면, 읍면 당 3~5개의 방제약제를 살포하지 않은 하우스 재배지 포장을 선정하여 조사하였다. 병 발생 조사는 포장 당 3개 지점에서 지점 당 30주씩 발병주율을 백분율로 환산하였다. 조사시기는 작물의 전생육기간동안 월 1회 조사하였다.

**병원균 분리 및 동정.** 병원균 분리 및 동정을 위하여 재배포장에서 병징을 관찰하여 1차 진단을 한 후 병든 부위를 채집하였다. 병든 부위를 5×5 mm 크기로 자른 후 1% NaOCl 용액에 1분간 침지하여 표면 살균한 후 살균수로 3회 세척하고 무균상에서 표면의 물기를 제거하였다. 시료는 물한천배지(WA) 위에 치상하여 25°C 항온기에서 24~48시간 배양 후 형성된 콜로니로부터 균사절편을 취하여 Potato Dextrose Agar(PDA) 배지에 이식하여 배양하였다.

분리된 균의 동정을 위하여 아래와 같은 방법으로 저항반 형성을 유도하였다. 1000 ml 삼각플라스크에 모래를 800 ml 넣고 수분조절을 한 후 실리콘 마개로 막은 다음 121°C 고온에서 30분간씩 3일 간격으로 2회 고압 살균하였다. 크린베크안에서 살균이 끝난 삼각플라스크의 실리콘 마개를 꺼내고 미리 준비한 20°C 조건의 항온기에 PDA배지 상에서 12일간 배양 후 형성된 균핵을 모래위에 적당한 간격으로 떨어뜨렸다. 이것을 긴 핀셋으로 균핵위를 조금 눌러 모래속으로 1 cm 정도 깊이로 묻어두었다. 다시 실리콘 마개로 잘 막은 후 15°C 항온기 안에 광조건에서 배양(1~3개월)하였다. 분리된 병원균의 배양 및 형태적 특성은 해당 문헌(Kohn, 1979; Saito, 1997)을 참조하여 동정하였다. 실내에서의 균핵병균 배양 및 생존을 시험은 지역별로 분리한 균주를 이용하여 실시하였다. Ss-21004는 남양주에서, Ss-21006은 양평에서, Ss-21013는 양주에서 수집하였다. 시험내용 중 균사생장량과 균핵형성량은 Ss-21004, Ss-21006, Ss-21013균주, 균핵크기는 Ss-21004, Ss-21006균주를 공시하여 수행하였다.

**온도별 균사생장 및 균핵 형성량 조사.** 온도별 균사생장 및 균핵 형성량을 조사하기 위하여 균주별로 PDA 배지에 접종하고 20°C 항온기에서 배양한 후 균사의 선단을 직경 7 mm의 cork borer로 떼어서 9 cm의 샐레에 미리 준비한 PDA배지 중앙에 이식하였다. 그리고 5°C에서 30°C까지 5°C간격으로 조절되는 항온기에서 70시간 배양 후 균사생장량을 조사하였고, 균핵 형성량은 명·암 조건에서 20일간 배양 후 조사하였다.

**사멸온도 조사시험.** 균핵의 사멸에 미치는 온도시험은 PDA배지에서 21일간 배양 후 형성된 균핵을 이용하여 시험하였다. 균주별로 균핵의 크기에 따라 2 mm이하, 3~4 mm, 5 mm이상으로 분류한 후 멸균된 튜브에 넣고 40°C에서 70°C까지 5°C간격으로 조절되는 오븐(LABOSTAR, ADO-900)에서 1~3시간동안 정치하였다. 온도처리 후 무균상에서 균핵을 꺼내 물한천배지(WA)에 치상하여 사멸 여부를 조사하였다. 1회 처리에 10개의 균핵이 사용되었으며 3반복으로 수행되었다.

## 결과 및 고찰

**병징.** 파드득나물 균핵병의 병징은 다른 작물과 유사하게 주로 감염부위가 누렇게 변색되어 마르고 흰 균사가 자라면서 표면에 부정형의 검은 균핵이 형성되었다. 식물체의 감염부위 위쪽으로는 시들고, 후에 말라죽었다. 병원균은 병든 식물체의 조직 및 토양내에서 균핵의 형태로 월동하거나 감염된 식물체내에서 균사상태로 월동한 다음, 발아하여 자낭반과 공기전염성인 자낭포자를 형성하기도 하였다. 자낭포자는 식물체의 약한 부위에 부착하여 침입하며, 균핵 및 균사체로부터 발아하여 뿔어나온 균사가 식물체를 직접 침해하여 주로 피해를 유발하였다

**발생생태 조사.** 남양주, 양주, 양평지역에서 2001년부터 2002년까지 2년동안 조사된 파드득나물 재배지 균핵병 발생 정도는 양주지역에 비하여 남양주와 양평지역에서 발생이 심하였으며, 양평지역이 전체 조사 포장 중 83.3%가 발생되어 가장 심하였다(Table 1). 주로 가을부터 이듬해 봄까지 지속적으로 발생하였다. 이와 같이 피해포장이 많았던 것은 *S. sclerotiorum*의 기주가 되는 작물로 연작을 함에 따라 토양 중 병원균의 밀도가 점차 높아져 왔고, 수확확보를 위해 초밀식 상태에서 동절기 저온으로 인해 환기를 제대로 실시하지 못함에 따라 발병에 적합한 환경이 조장됨에도 불구하고 농가에서는 잔류 문제로 인한 약제의 사용기피로 적기에 방제가 이루어지지 않아 피해가 더욱 늘어난 것으로 추측된다.

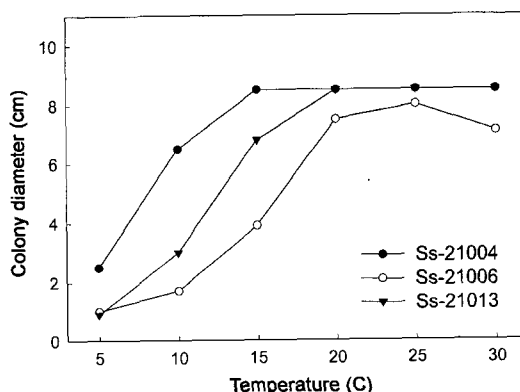
**병원균 분리 및 동정.** 농가 재배포장에서 분리한 균주의 균학적 특성은 다음과 같다. *Sclerotinia* sp.는 자연계 혹은 배지상에서 균핵, 자낭반을 형성하고, 자낭반내에 자낭과 자낭포자를 형성하므로 이들의 크기나 색깔에 의해서 종의 구별이 가능하다. 또한 *S. sclerotiorum*균도 다른 *Sclerotinia* sp.보다 균핵, 자낭반 등의 기관이 큰 것으로 알려져 있다(Kohn, 1979; Saito, 1997). 본 연구에서 분리된 병원균의 균핵은 흑색, 부정형이며 크기는 3~10 mm 이고 휴면 후 2~12 mm 크기의 자낭반을 형성하였다. 자낭은 자낭반위에서 형성되며 곤봉형 내지 원통형이고 단일막으로 구성되어 있으며 크기는 120~185×8~10 μm이

**Table 1.** Incidence of *Sclerotinia* rot on *Cryptotaenia japonica* from 2001 to 2002 in Namyangju, Yangju, and Yangpyung

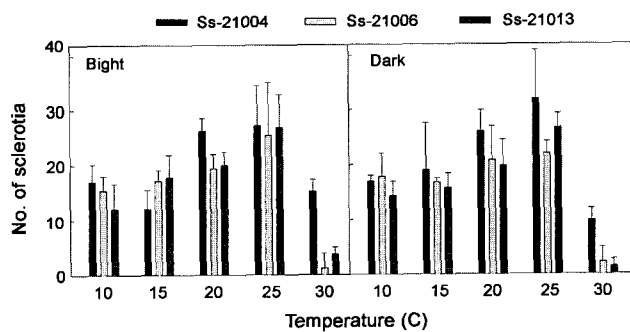
Location	No. of fields surveyed	No. of fields infected	% infected plants
Namyangju	11	9	5~45
Yangju	9	6	3~15
Yangpyung	12	10	5~70

다. 자낭내에서는 8개의 자낭포자가 형성되며 자낭포자는 무색, 단세포, 타원형이며, 크기는 10~17×5~8 μm이다. 이러한 균학적 특성은 Kohn(1979) 및 Saito(1997)의 연구결과와도 거의 일치하여 *S. sclerotiorum*으로 동정하였다.

**온도별 균사생장 및 균핵 형성량 조사.** 파드득나물로부터 분리한 *S. sclerotiorum*의 배양온도별 균사생장은 Fig. 1과 같이 10~30°C에서 양호한 성장을 하였고, 적정 온도는 15~30°C였다. 이러한 결과는 신과 이(1987)가 상추 균핵병의 균사생장 적정온도가 25°C였으나, 균사생장 범위가 5~30°C라고 보고한 결과와 유사한 경향이였다. 그러나 Phipps와 Porter(1982)는 *S. sclerotiorum*의 균사생장에 있어서 20°C에서 가장 양호하였고, 30°C에서는 균사생장이 되지 않았다는 보고와 Abai와 Grogan (1975)은 15~20°C에서 균사생장이 양호하였고, 5°C에서는 경미한 균사생장을 하였으나 30°C에서 10일간의 배양에서도 측정할만한 균사생장은 없었다고 한 보고에 견주어 볼 때 균주간에 다소 차이를 보인 것으로 판단된다.



**Fig. 1.** Effects of different temperature on mycelial growth of *S. sclerotiorum* for 70 hrs on PDA. The data are means of three replications.



**Fig. 2.** Effect of temperature on the sclerotia formation of *Sclerotinia sclerotiorum* isolated from some vegetables in the field. Number of sclerotia was measured on PDA 21 days after inoculation. Bars represent standard errors.

배양기 상에서 온도별 명배양시 형성된 균핵수는 배양 온도별로 세 균주 모두 25°C에서 22.0~32.0개로 가장 많이 형성되었다(Fig. 2). 30°C의 고온에서는 균핵 형성수가 급격히 줄었으나 다소 저온인 10, 15°C에서도 14.4~17.8 개의 형성량을 보여 저온기간인 가을과 겨울에도 균핵형성이 많을 수 있음을 나타내었다. 균주별로는 Ss-21004 균주가 다른 두 균주에 비하여 균핵을 많이 형성하여 균주간에 다소 차이를 보였다. 암배양시 대체로 명배양에 비하여 균핵수가 많이 형성되었으나 비슷한 경향이었다. Abai와 Grogan(1975)은 10~15°C의 비교적 낮은 온도에서는 25°C에서 보다 적은 수의 균핵을 형성하였으나, 25°C에서 형성된 균핵보다 크고 무거웠다고 하였는데 이는 이 실험의 결과와 유사한 경향이었다. 이러한 원인은 균핵병이 균사의 형태로 식물체를 가해하다가 영양분이 소실되는 등 주변 환경이 열악해지면 몽쳐서 균핵으로 형성되는데, 배양기 상의 최적온도에서는 빠른 성장으로 인해 균핵형성이 많아지는 것으로 판단된다.

배양기 상에서 배양온도별로 형성된 균핵의 크기를 조사한 결과, 시험균주별 큰 차이는 없었으며, Ss-21004와 Ss-21013 균주 모두 배양온도가 높을수록 균핵의 크기가 작아지는 것으로 나타났다(Fig. 3). 신과 이(1987)도 균핵 크기에 있어서는 5, 10, 15°C의 온도에서 큰 균핵을 형성하였고, 건물중도 높은 것으로 보고하여 본 실험결과와 같은 경향을 보였다. 이러한 경향은 온도가 낮을수록 균사생장이 느리므로(Fig. 1), 낮은 온도에서 균핵형성이 상대적으로 서서히 이루어져 균핵크기가 컸던 것으로 판단된다.

**균핵 사멸온도 조사시험.** 균핵의 크기별 사멸에 미치는 온도 및 시간의 영향은 Fig. 4와 같다. 균핵생존율은 균핵크기가 작을수록 높았으며, 치상온도에서의 정치시간이 길수록 높게 나타났다. 균핵 크기가 2 mm이하인 것은 65°C에서 3시간 경과시 사멸하였고, 3~4 mm의 균핵은 50°C이상에서 사멸하였다. 그러나 5 mm이상의 균핵은

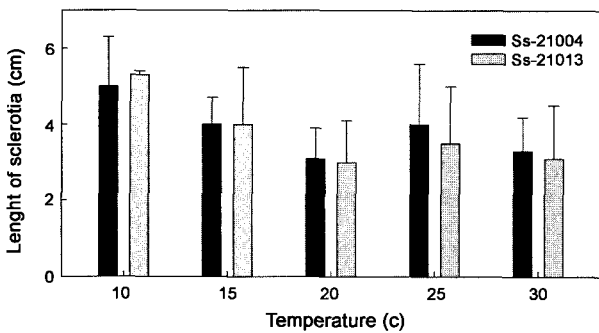


Fig. 3. Effect of temperature on size of the sclerotia of *Sclerotinia sclerotiorum* isolate Ss-21004. Sclerotia size was measured on PDA 21days after inoculation. Bars represent standard errors.

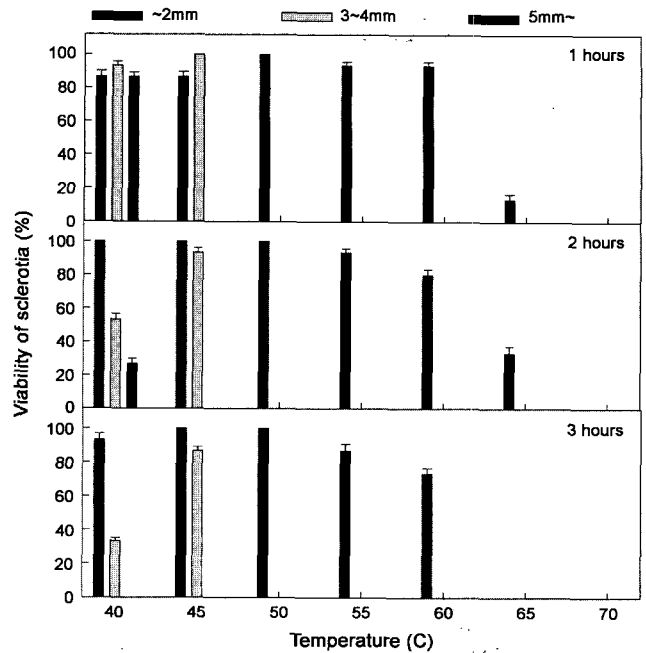


Fig. 4. Percentage of sclerotia survival by different temperature conditions. Sclerotia survival was measured on PDA medium. Bars represent standard errors.

40°C이상에서 3시간만 경과해도 사멸하여 가장 낮은 사멸온도를 나타냈다. Huang과 Kozub(1994)에 따르면 *S. sclerotiorum*에 의해 형성된 균핵은 온도가 높을수록, 기형이 심할수록 사멸기간이 짧아지는 것으로 나타났다. 기형이 심할수록 사멸기간이 빠른 것은 비정상적인 모양을 지닌 균핵의 영양원 손실이 정상적인 모양의 균핵보다 심해서 나타난 결과로 해석(Huang, 1983)된다. 또한 크기가 작았던 균핵의 사멸온도가 높았던 것은 균핵형성시 온도가 높고 시간이 짧아 균핵의 밀도가 조밀해서 나타난 결과로 추정할 수 있는데, 이에 대한 연구가 추후 필요할 것으로 판단된다.

이상의 결과는 시사하는 바가 크다. *S. sclerotiorum*의 균핵은 건조상태에서 10년간 생존하나, 35°C에서 3주이상 처리하면 균핵의 생존력이 저하되며, 담수토양에서 26~31 일간의 처리하면 100%의 균핵사멸을 나타낸다고 보고되고 있다(Abai and Grogan, 1975). 김 등(1998) 등에 의하면 '98년 장마전 하우스 내부의 온도가 50~60°C이고 토양 10 cm의 온도가 40°C이상을 보여 상추 시들음병을 일으키는 *Fusarium oxysporum* 방제에 효과적이었다고 보고하였다. 또한 홍 등(2001)에 의하면 상추 시들음병에 대한 태양열토양소독 효과가 장마 후 25일간의 처리를 통하여 익년 4월까지의 방제효과를 유지할 수 있다고 보고하였다. 따라서 Fig. 4에서 보듯 균핵의 크기에 따라 사

떨온도가 상이하였지만 균핵병 발생이 주로 동계기간에 이루어지고, 토양내 균핵의 크기가 주로 3 mm 이상인 점 (신과 이, 1987)에 비추어 볼 때 파드득나물 뿐 아니라 *S. sclerotiorum*에 의한 균핵병 방제에 태양열토양소독 방제법을 도입하면 큰 효과가 기대된다.

## 요 약

남양주, 양주, 양평에서 파드득나물 균핵병의 발생생태를 조사한 결과, 균핵병은 늦가을부터 초봄까지 주로 동계기간에 발생했으며, 지역별로는 양평에서 발생이 심했다. 포장에서 분리한 파드득나물 균핵병균은 기보고된 *Sclerotinia sclerotiorum*의 균학적 특성과 일치하였고, 균사생장은 5~30°C에서 이루어졌으며, 15~30°C에서 활발하게 성장하였다. 균핵형성은 20~25°C에서 많이 형성되었으며, 낮은 온도에서 형성된 균핵의 크기가 큰 경향이 있었다. 균핵생존율은 균핵크기가 작을수록(~2 mm > 3~4 mm > 5 mm~) 높았으며, 치상온도에서의 정치시간이 길수록 높게 나타났다.

## 참고문헌

- Abai, G. S. and Grogan, R. G. 1975. Source of primary inoculum and effects of temperature and moisture on infection of beans by *Whetzelinia sclerotiorum*. *Phytopathology* 65: 300-309.
- Abams, P. B. and Ayers, W. A. 1979. Ecology of *Sclerotinia* species. *Phytopathology* 69: 896-899.
- Agrios, G. N. 1997. *Plant Pathology*. Fourth edition. Academic Press. pp. 355-358.
- Anonymous. 1998. *List of Plant Disease in Korea*. 3rd ed. Korean Society of Plant Pathology. 141 pp.
- Boland, G. J. and Hall, R. 1994. Index of plant hosts of *Sclerotinia sclerotiorum*. *Can. J. Plant Pathol.* 16: 93-108.
- Budge, S. P. and Whipps, J. M. 2001. Potential for integrated control of *Sclerotinia sclerotiorum* in glasshouse lettuce using *Coniothyrium minitans* and reduced fungicide application. *Phytopathology* 91: 221-227.
- Cassells, A. C. and Walsh, M. 1995. Screening for *Sclerotinia* resistance in *Helianthus tuberosus* L. (*Jerusalem artichoke*) varieties, lines and somaclones, in the field and in vitro. *Plant Pathol.* 44: 428-437.
- Chang, S. W., Kim, S. K. and Yi, E. S. 2001. Occurrence of *Sclerotinia* rot caused *Sclerotinia sclerotiorum* on some vegetable crops in Korea. *The Plant Pathology Journal.* 17(6): 380.
- Fly, W. E. 1982. Physical and chemical techniques to suppress initial disease. In: *Principles of Plant Disease Management*, pp. 151-174. Academic Press, New York.
- 홍순성, 김진영, 박경열. 2001. 비닐하우스 태양열 토양소독 효과에 관한 시험. *경기도농업기술원 시험연구보고서*. 375-391.
- Huang, H. C. 1983. Histology, amino acid leakage, and chemical composition of normal and abnormal sclerotia of *Sclerotinia sclerotiorum*. *Can. J. Bot.* 61: 1443-1447.
- Huang, H. C. and Kozub, G. C. 1994. Longevity of normal and abnormal sclerotia of *Sclerotinia sclerotiorum*. *Plant Dis.* 78: 1164-1166.
- Katan, J. 1981. Solar heating (solarization) of soil for control of soilborne pests. *Annual Review of Phytopathology.* 19: 211-236.
- Katan, J. 2000. Physical and cultural methods for the management of soil-borne pathogens. *Crop Prot.* 19: 725-731.
- 김완규, 지형진, 조원대. 1996. 국내 미기록 작물 균핵병 발생. *한국식물병리학회지* 12(2): 269.
- 김성기, 홍순성, 박은우, 양장석. 1998. 상추 시들음병 방제법 구명시험. *경기도농업기술원 시험연구보고서*. pp 373-378.
- Kohn, L. M. 1979. Delimitation of the economically important plant pathogenic *Sclerotinia* species. *Phytopathology* 69: 881-890.
- 이창복. 1980. *대한식물도감*. 향문사. p 580
- Phipps, P. M. and Porter, D. M. 1982. *Sclerotinia* blight of soybean caused by *Sclerotinia minor* and *Sclerotinia sclerotiorum* : *Plant Dis.* 66: 163-165.
- Purdy, L. H. 1979. *Sclerotinia sclerotiorum* : History, diseases and symptomatology, host range, geographic distribution, and impact. *Phytopathology* 69: 875-880.
- Ristaino, J. B., Perry, K. B., and Lumsden, R. D. 1996. Soil solarization and *Gliocladium virens* reduce the incidence of southern blight (*sclerotiorumsclerotiorum rolfisii*) in bell pepper in the field. *Biocontrol Science and Technology.* 6(4): 583-593.
- Saito, I. 1997. *Sclerotinia nivalis*, sp. nov., the pathogen of snow mold of herbaceous dicots in northern Japan. *Mycoscience* 38: 227-236.
- 신동범, 이준탁. 1987. 담리작 상치 시설재배지에서의 균핵병 발생생태에 관한 연구. *한국식물병리학회지* 3(4): 252-260.
- Stapleton, J. J. 1996. Fumigation and solarization practice in plasticulture systems. *HortTechnology.* 6(3): 189-192.