

전작물 재배에 의한 마늘 흑색썩음균핵병 억제효과*

한은정** · 최재필*** · 김용기*** · 홍성준*** · 박종호*** ·
심창기*** · 김민정*** · 김석철*** · 윤석한****

Effect of Crop Rotation Cultivation on the Suppression of Garlic White Rot Caused by *Sclerotium cepivorum*

Han, Eun-Jung · Choi, Jae-Pil · Kim, Yong-Ki · Hong, Sung-Jun · Park, Jong-Ho ·
Shim, Chang-Ki · Kim, Min-Jeong · Kim, Seok-Cheol · Yoon, Seok-Han

This study was conducted to evaluate the effect of crop rotation cultivation on the suppression of garlic white rot caused by *Sclerotium cepivorum* in the mini plot (2*1*0.5 m). Six crops, soybean, sesame, mung bean, squash, crotalaria and spring onion, were previously transplanted in the mini-plots infested with *S. cepivorum* before garlics were planted. After cultivation of the previous crops, garlic was sown in the mini-plot. Non-cultivation plots and non-infested plots with white rot pathogen were used as control. The effect of crop rotation cultivation on the suppression of garlic white rot was evaluated by investigating comparatively the disease incidence (the percentage of infected plants) and yields. As a results, infection rate of garlic white rot was recorded lower in the non-infested plot, crotalaria and soybean cultivation than in the plot of the other crop cultivation. Especially when squash was previously cultivated and garlics were planted in 2013, infection rate of garlic white was recorded the highest score. In 2014, the infection rate of garlic white were low in the garlic on soybean, crotalaria and spring onion treatment whereas it was high in squash treatment, as well. In 2013, garlic yield was the highest in no inoculation plot, followed by crotalaria, soybean, no crop cultivation, sesami, mungbean, squash cultivation plot. In 2014, the yield in the plot of crotalaria and soybean was much higher than that in no inoculation plot. Based on above-described results, it is considered that soybean-garlic and crotalaria-garlic cultivation system can be good crop rotation systems to control garlic white rot.

Key words : *crop rotation, garlic, organic farming, white rot*

* 본 연구는 2015년 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호: PJ01087904)의 연구비 지원으로 수행되었음.

** Corresponding author, 국립농업과학원 유기농업과(hejs2@korea.kr)

*** 국립농업과학원 유기농업과

**** 익산시농업기술센터 기술보급과

I. 서 론

흑색썩음균핵병은 *Sclerotium cepivorum*에 의해 유발되는 토양 전염성 병으로, 마늘과 양파를 포함한 파속작물에서 발생하여(Coley-smith & Holt, 1966), 피해가 크다(Entwistle, 1992). 흑색썩음균핵병은 우리나라에서 1989년 전남 고흥에서 처음 발생되어 양파, 파, 쪽파, 달래에서도 발생하여 피해가 급속히 확산되고 있다(Cho et al., 1996). 흑색썩음균핵병은 토양에서 균핵상태로 생존하며 전염되는 병해로 파종과 함께 씨마늘에 감염되어 겨울철에는 병 진전이 억제되고 봄에 기온이 상승함에 따라 병징이 발현된다(McLean et al., 2001). 흑색썩음균핵병에 감염된 마늘은 뿌리, 인경, 잎 등의 생육이 현저하게 감소하며, 지상부에서는 하엽부터 시들기 시작하여 잎 전체가 마르고 고사한다. 지하부 병징은 감염된 인경에서 균핵이 발아하여 균사가 자라서 뒤덮고, 균사가 뒤덮인 인경에서 다시 균핵이 형성되고 결국에는 인경이 흑색으로 부패되고 마늘 전체가 고사한다(Pinto et al., 1998).

흑색썩음균핵병의 방제는 주로 살균제에 의존해 왔으며 마늘 파종 전 tebuconazole을 토양에 처리하고, Benomyl-thiram을 종구분의 처리하는(Cha & Park, 1995) 방법이 농가에서 활용되고 있다.

최근 유기 농산물 수요의 증가와 환경농업의 중요성이 강조되면서 유기농업적 재배기술에 대한 수요가 증가하고 있다. 특히 마늘은 특유의 향기가 있어 생식 및 조미용으로 지속적으로 소비되고 있는 채소이기 때문에 점차 친환경 마늘에 대한 수요가 증가되고 있다. 유기농으로 마늘을 재배하기 위해서는 마늘에서 크게 문제가 되고 있는 흑색썩음균핵병의 친환경적 관리기술 개발이 시급하다. 현재까지 흑색썩음균핵병의 친환경적 방제 기술 개발은 길항균이나 기생균을 활용한 생물적 방제를 중심으로 진행되어 왔다. *S. cepivorum*을 분해하는 곰팡이인 *Trichoderma viride*가 흑색썩음균핵병을 포트와 포장시험에서 효과적으로 억제한 결과가 보고된 바 있으며(Clarkson et al., 2002), 국내에서도 *Trichoderma harzianum* (Lee et al., 2006), *Paraconiothyrium minitans* (Lee et al., 2012) 등의 흑색썩음균핵병 억제를 위한 미생물로 선발되어 제품 개발단계에 있다.

윤작은 유기재배에서 매우 중요하고 기본적인 기술이라 할 수 있다. 윤작의 장점으로는 토양의 양분을 확립할 수 있고(Havlin et al., 1990), 병(Kim et al., 2012; Kim et al., 2009), 해충(Kim et al., 2014), 잡초(Lee et al., 2012)의 방제에 도움을 준다. 윤작을 활용한 병해충 관리의 경종적 방제 방법의 범주 안에서 병해충을 예방하는 중요한 기술로 인식되어 연구되고 있다. 감자 더듬이병 발생 포장에서 파, 콩, 옥수수, 배추를 3년 윤작하였을 때 감자 연작구에 비교하여 더듬이병의 발생이 상당히 낮춰진다고 보고가 되어 있으며(Kim et al., 2012), 배추 재배 시 양파, 감자, 콩 등의 작물을 재배했을 때 배추 뿌리혹병의 발생을 경감시키고 휴면포자의 밀도도 감소시킨다고 보고(Kim et al., 2009) 등이 윤작을 활용한 병 방제 기술의 가능성을 보여주고 있다.

본 연구는 마늘 전작으로 활용 가능한 작물을 재배하여 마늘 흑색썩음균핵병의 방제가
능성을 모색하고자 수행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 시험마늘

2012년 영월에서 수확되어 건조된 한지형 마늘(육쪽 마늘)을 시험 마늘로 공시하였다.

2. 윤작작물(전 작물) 재배

마늘 전작물로 농가에서 많이 재배되고 있는 콩, 참깨, 녹두, 호박과 여름녹비로 활용될
수 있는 네마장황, 마늘과 같은 속인 대파를 정식하였다. 대조구로 잡초가 발생한 휴경 처
리구와 흑색썩음균핵병 무접종 처리구를 두었다. 무접종 처리구에서도 후작물을 재배하지
않고 잡초가 발생하도록 처리되었다.

3. 발병포장 조성 및 포장검정

이병포장을 조성하기 위하여 2 m * 1 m * 0.5 m 크기의 미니플랏에 마늘을 재배하지 않
은 사질토양을 채워 넣었다. 2012년 서산시 인지면에 위치한 흑색썩음균핵병 발병 포장에
서 표토 5 cm 부분의 토양과 이병 마늘을 채집하였다. 무접종구를 제외하고 처리구 당 14
kg의 이병토양과 10개의 이병마늘을 조성된 미니플랏 표면에 살포하고 토양에 혼화하였다.
2012년에는 마늘을 정식하기 전 재배된 전작물을 뽑아내고 처리 구당 5 kg의 가축분 퇴비
를 시용 후 비닐 피복하였으며, 2013년에는 마늘을 정식하기 전 재배된 전작물을 잘게 썰
어 토양에 혼화하고 비닐을 피복하여 포장을 조성하였다. 마늘은 2012년 10월 12일과 2013
년 10월 24일에 파종하였다. 마늘은 한지형 마늘을 사용하였으며, 처리구당 90주씩 파종하
고 이듬해 처리별 마늘 흑색썩음균핵병 발병주율 및 수량을 조사하였다. 흑색썩음균핵병
발생조사는 2013년에는 4월 1일부터 6월 2일까지, 2014년에는 4월 1일부터 6월 28일까지
각각 5회에 걸쳐 조사되었다. 마늘을 수확한 후 처리별 건전주를 수거하여 구근만 잘라 모
아 처리별 총 무게와 구당 무게를 조사하였다. 시험은 3반복으로 수행되었으며, 시험구는
완전임의배치법으로 배치되었다.

4. 통계분석

처리간의 흑색썩음균핵병 이병주율, 생산량, 구당 무게의 차이는 SAS 통계패키지의 PROC GLM을 이용하여 일원분산분석하였으며 처리평균간 비교를 위하여 Turkey's multiple range test를 실시하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

마늘의 전작물 재배에 의한 마늘의 흑색썩음균핵병 발생 억제 효과를 검증하기 위하여 흑색썩음균핵병 이병 토양에 콩, 참깨, 녹두, 호박, 네마장황을 전작물로 재배한 뒤 마늘을 파종하여 병발생을 조사한 결과(Fig. 1a), 2013년에는 재배 초기에 흑색썩음균핵병에 의한 피해주율이 처리 간에 유의한 차이를 보이지 않았으나 파종 후 232일 이후부터 유의한 차이를 보이기 시작하였다(파종 후 232일: $p=0.0384$; 파종 후 260일: $p=0.0007$). 2014년에는 전 조사시기에 걸쳐 처리간의 유의한 차이를 보였다(파종 후 180일: $p=0.0007$; 파종 후 198일: $p < 0.0001$; 파종 후 211일: $p < 0.0001$; 파종 후 222일: $p < 0.0001$). 2012년 전작물을 재배하고 마늘을 파종하여 2013년 마늘을 수확한 시험에서는 파종 후 208일부터 흑색썩음균핵병의 병징이 보이기 시작하였으며, 시간이 경과함에 따라 서서히 흑색썩음균핵병의 이병주율이 증가하는 경향을 보였다. 호박을 전작물로 재배한 처리구에서 병 발생 초기부터 수확할 때까지 흑색썩음균핵병의 발생이 가장 높았으며 수확할 때 50.37%의 이병주율을 보였다. 전작물로 네마장황, 콩, 대파를 재배한 처리구에서 흑색썩음균핵병의 발생이 적었다. 2013년 전작물을 재배하고 마늘을 파종하여 2014년 마늘을 수확한 시험에서는 파종 후 180일부터 흑색썩음균핵병에 의한 병징이 보이기 시작하여 2013년 보다 흑색썩음균핵병의 발생이 빠른 경향을 보였다. 2년차 시험에서 역시 1년차와 비슷한 경향을 보였다. 마늘 흑색썩음균핵병에 대한 발병주율은 전작물로 호박을 재배한 처리구에서 83.4%로 가장 높았고, 그다음 참깨(72.7%), 녹두(69.1%)로 대조구인 휴경(56.2%) 처리구 보다 높았다(Fig. 1b). 한편 콩(23.5%), 네마장황(28.9%), 대파(32.2%) 처리구에서 흑색썩음균핵병의 발생이 낮은 것으로 나타나 2013년 수행되었던 실험과 유사한 경향을 보였다. 대파는 흑색썩음균핵병의 기주로 알려져 있으며, 양파, 마늘, 달래, 파를 대상으로 한 병원성 검증에서 파가 흑색썩음균핵병에 가장 감수성인 것으로 보고된 바 있다(농업과학기술원, 2005). 흑색썩음균핵병에 감수성인 작물임에도 불구하고 대파를 전작물로 재배했을 때 흑색썩음균핵병의 발생이 억제되는 원인으로 두 가지를 생각해 볼 수 있다. 첫 번째로 전작물 재배 시기인 여름에는 흑색썩음균핵병의 생육적온 보다 높기 때문에 대파에서 발병되지 않았을 것이다. McLean 등(2001)은 흑색썩음균핵병균의 균핵을 온도를 달하여 처리했을 때 20℃에서는 처리 28일 후에도

균핵이 10.7~96% 생존한 반면, 30°C에서는 처리 16일 후에 100% 사멸된다고 하였다. 따라서 마늘 전작물로 대파를 재배할 시기에는 흑색썩음균핵병의 생육에 불리한 조건이 형성되고, 대파에 감염되거나 대파 재배로 인한 균핵의 밀도 증가로 이어지지 않은 것으로 생각된다.

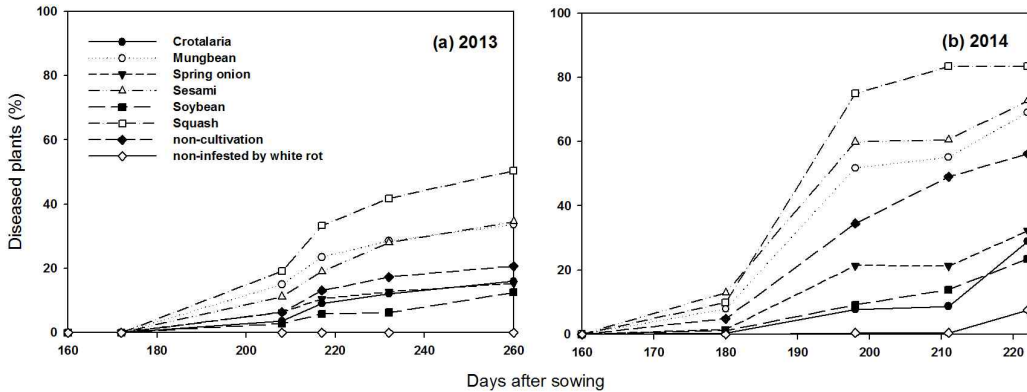


Fig. 1. Effect of crop rotation cultivation on the development of white rot caused by *Sclerotium cepivorum* in the mini plot in 2013 (a) and 2014 (b).

두 번째로 대파 재배 후 토양 혼화 과정 대파의 식물체로부터 나온 휘발성물질에 의해 균핵의 발아가 촉진되어 오히려 흑색썩음균핵병의 밀도를 낮추는 요인이 될 수 있다. 흑색썩음균핵병은 파속식물에서 분비되는 휘발성물질인 diallyl disulfide에 균핵이 발아되어 병을 일으키는 것으로 알려져 있다(Davis et al., 2007). 이러한 흑색썩음균핵병의 생태를 활용하여, 양파 오일이나 diallyl disulfide를 마늘을 수확한 이후에 발병포장에 뿌려주어 균핵의 발아를 유도하여 기주가 없는 상태에서 사멸하게 하는 방법으로 활용하고 있다(Davis et al., 2007). 대파를 재배하고 토양에 혼화하는 것이 마늘 분말이나 diallyl disulfide를 살포하는 것과 같은 역할을 했을 것으로 생각이 된다. 하지만 이에 대한 상세한 작용기작은 연구가 더 필요하다.

흑색썩음균핵병을 접종하지 않은 처리구에서 2013년 조사결과 흑색썩음균핵병 이병주가 발생하지 않은 반면 2014년에는 작기 후기에 발생하여 7.6%의 이병주율을 보였다. 흑색썩음균핵병은 주로 토양에 존재하는 균핵에 의해 전염되지만 중구나 작업했던 농기구, 작업자의 신발, 식물 잔사 등을 통해서도 전파되는 것으로 알려져 있어(Crowe, 1996), 본 시험에서 흑색썩음균핵병을 접종하지 않았어도 농작업 및 조사 활동을 통해 전염되었을 것으로 추정된다. 따라서 마늘 농가에서 농 작업 시 농기구의 소독을 철저히 해야 할 필요가 있다.

연차별로 비교한 결과 모든 처리구에서 2013년 보다 2014년 흑색썩음균핵병이 증가하였다. 이병주율이 높은 호박, 참깨, 녹두 처리구의 이병주율은 2013년에 비교하여 2014년 큰

폭으로 증가하였으며, 네마장황, 콩 등 2013년 이병주율이 높지 않았던 처리구는 2014년에도 이병주율이 크게 증가하지 않았다(Fig. 2).

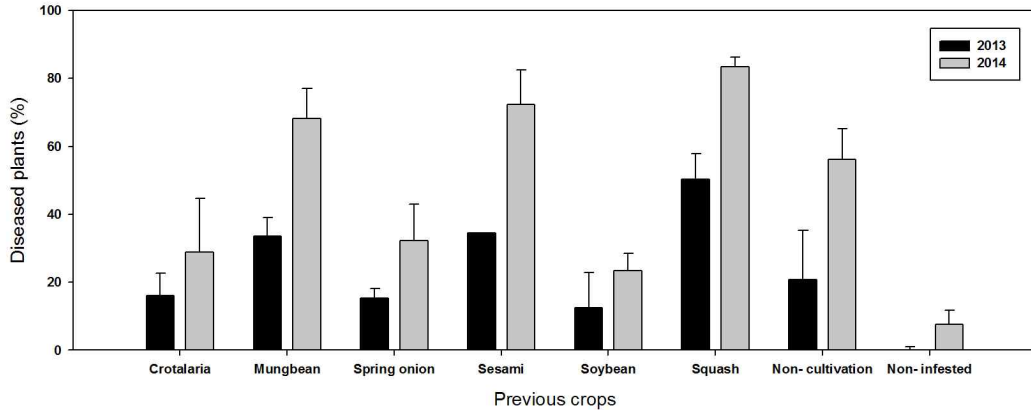


Fig. 2. Suppressive effect of crop rotation cultivation on the development of white rot in 2013 and 2014.

처리구별 마늘 수확량을 비교해 본 결과 2013년의 경우 흑색썩음균핵병 무접종구가 총 수확량이 가장 많았으며, 네마장황, 콩, 휴경, 대파, 참깨, 녹두, 호박처리구의 순으로 많았다(Table 1). 2014년의 경우 콩, 네마장황 처리구의 수량이 무접종구 보다 높았으며, 병이 많이 발생했던 호박, 참깨, 휴경 처리구에서 생산량이 가장 적었다. 여름에 재배되는 두과 녹비작물인 네마장황은 32 g/kg으로 높은 질소함량을 가지고 있으며(Lim et al., 2012), 콩 역시 대표적인 질소 고정식물이다(Salvagiotti et al., 2007). 이러한 특징 때문에 전작물로 네마장황이나 콩을 재배하였을 때 전작물이 병 발생을 억제하고 추가적인 질소를 공급해 주어 수량이 증가한 것으로 생각되며 추가 연구가 필요하다.

본 연구에서는 시험 연도에 따라 처리별 수확량에 차이를 보였다. 2013년의 경우 흑색썩음균핵병 무접종처리구에서 마늘의 생산량이 가장 많았으나, 2014년의 경우 흑색썩음균핵병 무접종 처리구 보다 콩이나 네마장황을 전작물로 재배한 처리구에서 수량이 더 많았다. 이러한 수확량의 차이는 마늘 파종 전 재배되던 전작물의 토양 혼화여부에 따른 것으로 판단되며, 이러한 연구결과는 마늘 전작물로 녹비식물이나 콩을 재배 시 토양에 혼화시켰을 때 더 많은 질소 공급효과를 가져올 수 있음을 시사한다.

또한 마늘 인경 당 무게를 조사한 결과도 처리간의 차이를 보였다. 2013년 인경 당 무게를 조사한 결과 무접종 구에서 인경이 가장 무거웠고 네마장황, 콩, 참깨처리구 순으로 인경의 무게가 무거웠다. 2014년 인경 무게를 조사한 결과 총 수량과 마찬가지로 콩과 네마장황 처리구에서 가장 높았다. 마늘과 같은 속에 속한 대파의 경우 이병주율이 낮아 총 수

량은 높은 편이었으나, 인경 당 무게는 크지 않은 것으로 조사되었다. 이에 대한 원인에 대해서는 추가적인 연구가 필요하다. 본 연구를 통하여 마늘 전작물로 네마장황과 콩을 재배하는 것이 흑색썩음균핵병의 발생을 경감시키고 병의 진행을 늦추는 효과가 있었으며, 또한 질소 공급효과를 통하여 수량 증가에도 영향을 주는 것으로 조사되었다. 한편 전작물로 호박을 재배한 경우 흑색썩음균핵병의 발생을 조장하는 역할을 하는 것으로 조사되어 마늘 전작물 선택에 있어서 흑색썩음균핵병 발병 포장에서는 호박재배를 지양해야 할 것으로 판단된다. 앞으로 흑색썩음균핵병의 발생을 경감하는 요인 및 그 작용기작에 대하여 연구가 추후 수행되어야 할 것이며, 흑색썩음균핵병과 이 병의 발생을 경감 또는 조장하는 작물들 간의 상호작용에 대한 연구가 수행되어야 할 것이다.

Table 1. Effect of crop rotation cultivation on the garlic yield when rotation crops were previously cultivated before garlics were planted

Rotation crop	Yield parameters (g, Mean \pm SE)			
	2013		2014	
	Yield*	Bulb weight**	Yield*	Bulb weight**
Crotalaria	2154.0 \pm 83.3 ^{a****}	30.75 \pm 1.5 ^a	2176.7 \pm 536.2 ^{ab}	27.5 \pm 3.0 ^a
Mungbean	1266.0 \pm 146.0 ^{ab}	26.08 \pm 1.4 ^a	605.0 \pm 255.8 ^{dc}	16.1 \pm 2.5 ^a
Spring onion	1674.0 \pm 46.9 ^{ab}	27.20 \pm 1.2 ^a	1516.7 \pm 325.8 ^{abcd}	22.7 \pm 3.6 ^a
Sesame	1422.0 \pm 225.2 ^{ab}	30.16 \pm 0.3 ^a	686.3 \pm 236.9 ^{dc}	24.1 \pm 7.2 ^a
Soybean	1788.0 \pm 284.8 ^{ab}	27.97 \pm 1.5 ^a	2331.7 \pm 93.3 ^a	30.0 \pm 1.3 ^a
Squash	738.0 \pm 323.3 ^b	25.10 \pm 0.8 ^a	208.3 \pm 39.4 ^d	13.0 \pm 1.8 ^a
Non-cultivation	1752.0 \pm 68.6 ^{ab}	28.97 \pm 1.3 ^a	850.0 \pm 293.1 ^{bcd}	24.1 \pm 8.0 ^a
Non-infested ^{****}	2180.0 \pm 129.7 ^a	32.00 \pm 3.2 ^a	1711.7 \pm 154.7 ^{abc}	21.9 \pm 1.5 ^a

* Total weight of healthy bulbs per plot.

** Total weight of healthy bulbs / No. of healthy plants.

*** Means with different superscripts in the same column differ significantly ($p < 0.05$)

**** Plot non-infested with *Sclerotium cepivorum*

IV. 적 요

본 연구는 전작물 재배에 따른 마늘 흑색썩음균핵병 피해 경감 효과를 평가하기 위해 2년간 수행되었다. 콩 참깨 호박 네마장황, 대파를 전작물로 재배하였으며, 대조구로 휴경처

리구와 병원균 무접종구를 두었다. 전적물 재배 후 마을을 파종하고 재배하면서, 흑색썩음균핵병 이병주율과 수량을 조사하였다. 2013년 흑색썩음균핵병은 병원균 무접종구, 콩, 네마장황처리구에서 가장 낮았으며, 호박처리구에서 가장 높았다. 2014년에는 네마장황, 콩, 대파처리구에서 흑색썩음균핵병 이병주율이 낮았으며, 호박처리구에서 가장 높았다. 처리구 별 마늘의 수량은 2013년에는 콩, 네마장황, 대파 처리구에서 가장 높았고 호박처리구에서 가장 적었으며, 2014년에는 콩, 네마장황, 대파처리구에서 높았고, 호박처리구에서 가장 적어 이병주율과 유사한 경향을 보였다. 이상의 결과를 토대로 콩-마늘과 네마장황-마늘재배체계가 흑색썩음균핵병을 억제하기 위한 윤작체계가 될 수 있을 것으로 생각되었다.

[Submitted, October. 14, 2014 ; Revised, November. 6, 2014 ; Accepted, March. 16, 2015]

Reference

1. Cha, G. H. and I. S. Park. 1995. Occurrence of white rot and chemical control. *Plant dis. and Agric.* 1(2): 29-30.
2. Clarkson, J. P., R. Payne, A. Mead, and J. M. Whipps. 2002 Selection of fungal biological control agent of *Sclerotium cepivorum* for control white rot by sclerotial degradation in a UK soil. *Plant pathol.* 51: 735-745.
3. Cho, W. D. and W. D. Kim. 1996. Occurrence of white rot on Alliaceous vegetable crops. *Korean J. Plant pathol.* 12: 251-254.
4. Coley-smith, J. R. and R. W. Holt. 1966. The effect of species of *Allium* on germination in soil of sclerotia of *Sclerotium cepivorum* Berk. *Ann. Appl. biol.* 58: 273-278.
5. Crowe F., 1996. White rot. *Compendium of onion and garlic diseases.* Schwartz, HF and Mohan, S.K. (eds). The APS Press St. Paul, Minnesota, USA. pp. 14-16.
6. Davis, R. M., J. J. Hao and M. K. Romberg. 2007. Efficacy of germination stimulants of sclerotia of *Sclerotium cepivorum* for management of white rot of garlic. *Plant dis.* 91: 204-208.
7. Entwistle, A. R. 1992. Controlling allium white rot (*sclerotium ceprivorum*) without chemicals. *Phytoparasitica* 20: S121-S125.
8. Kim, C. H. 2003. Review of disease incidence of major crops in 2002, *Res. Plant Dis.* 9: 10-17.
9. Kim, H.-H., D.-H. Kim, C.-Y. Yang, T.-J. Kang, K.-Y. Han, H.-W. Park, Y.-H. Jung, S.-W.

- Jeon, J.-S. Song, and H.-Y. Choo. 2014. Control effect of sudan grass on root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* in cucumber and lettuce greenhouses. *Res. Plant Dis.* 20: 264-269.
10. Kim, J. S., J. T. Lee, and G. J. Lee. 2009. Effect of crop rotation on control of clubroot disease of chinees cabbage caused by *Plasmodiophora brassicae*. *Res. Plant Dis.* 15: 242-247.
 11. Kim, J. S., Y. G. Lee, M. Kwon, J. I. Kim, G. J. Lee, J. T. Lee, and J. S. Lee. 2012. Control of common scab of potato caused by *Streptomyces* spp. by soil pH adjustment and crop rotation. *Res. Plant Dis.* 18: 117-122.
 12. Lee, S.-M., B.-M. Lee, Y. Lee, Y.-H. Lee, J.-K. Sung, H.-B. Yun, and H.-S. Choi. 2012. Effect of green-manure crop rotation on weed control. *Korean J. Organic Agri.* 20: 201-209.
 13. Lee, S.-Y., S.-B. Lee, Y.-K. Kim, and S. J. Hwang. 2006. Biological control of garlic white rot accused by *Sclerotium cepivorum* and *Sclerotium* sp. using *Bacillus subtilis* 122 and *Trichoderma harzianum* 23. *Res. Plant Dis.* 12: 81-84.
 14. Lee, S. Y., S. K. Hong, I. H. Choi, Y. D. Chon, J. J. Kim, J. H. Han, and W. G Kim. 2012. Biological control of *paraconiothyrium minitans* S134 on garlic white rot caused by *Sclerotium cepivorum*. *The korean J. Mycology* 40: 282-287.
 15. Lim, T. J., K. I. Kim, J. M. Park, S. E. Lee, and S. D. Hong. 2012. The use of green manure crop as a nitrogen source for lettuce and chinese cabbage production in greenhouse. *Korean J. Environ. Agric.* 31: 212-216.
 16. McLean, K. L., J. Swaminathan, and A. Stewart. 2001. Increasing soil temperature to reduce sclerotial viability of *Sclerotium cepivorum* in New Zealand soils. *Soil Biol. Biochem.* 33: 137-143.
 17. Pinto, C. M. F., L. A. Maffia, R. D., Berger, E. S. G. Mizubuti, and V. W. D. Casali. 1998. Progress of white rot on garlic cultivars planted at different times. *Plant dis.* 82: 1142-1146.
 18. Salvagiotti, F., K. G. Cassman, J. E. Specht, D. T. Walters, A. Weiss, and A. Dobermann. 2008. Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans: A review. *Field Crops Res.* 108: 1-13.
 19. Havlin, J. L., D. E. Kissel, L. D. Maddux, M. M. Claassen, and J. H. Long. 1990. Crop rotation and tillage effects on soil organic carbon and nitrogen. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54: 448-452.