원목 표고에서 아큐레이퍼응애를 이용한 버섯파리류의 생물학적 방제

김형환^{1*} · 김동환¹ · 양창열¹ · 권선정¹ · 전성욱¹ · 송진선¹ · 조명래¹ · 이찬중² · 정종천²

¹국립원예특작과학원 원예특작환경과, ²국립원예특작과학원 버섯과

Biological control of mushroom flies using the predatory mite *Hypoaspis aculeifer* in a shiitake cultivation

Hyeon Hwan Kim^{1*}, Dong Hwan Kim¹, Chang Yeol Yang¹, Sun Jung Kwon¹, Sung Wook Jeon¹, Jin Sun Song¹, Myoung Rae Cho¹, Chan Jung Lee² and Jong Chun Cheong²

¹Horticultural & Herbal Crop Environment Division, NIHHS, RDA, Suwon 441-440

²Mushroom Research Division, NIHHS, RDA, Eumseong 369-873

(Received November 21, 2013 / Revised December 23, 2013 / Accepted December 31, 2013)

ABSTRACT – The major species of fungus gnats which caused the severe damage in shiitake farm were identified as a *Bradysia difformis*, *B. alpicola*, and *Camptomyia cortocalis* on oak log beds cultivation. The *B. difformis* occurred early in the middle of March while *B. alpicola* and *C. cortocalis* appeared since the beginning of May. The occurrence rate for adults of *B. difformis* showed highly at the end of July (11.9~1,774.2 in dong-myeon and 0.4~2,583.3 in pungse-myeon) in 2012 and mid-June (10.7~4,650 in dong-myeon and 36.8~4740 in pungse-myeon) in 2013. The counting numbers on the traps for *B. alpicola* reached highest peak in the middle of June (2.1~63.2 in dong-myeon and 1.0~21.7 in pungse-myeon) and the end of May (0.8~163.7 in dong-myeon and 0.5~280.5 in pungse-myeon) in 2012 and 2013, respectively. The number of *C. cortocalis* showed high record in the middle of May in 2012 (0.6~4.7) and in the middle of June (2.1~17.3) in 2013 in dong-myeon whereas showed the peaks in the middle of May (0.6~4.7) in 2012 and in the late of May (1.3~17.6) in 2013 in pungse-myeon. The fruiting bodies of shiitake mushroom by fungus gnats were severely damaged from mid-June to late-July and the damage rate were 0.625.5% (2012) and 0.7~30.5% (2013) in dong-myeon and 1.5~21.6% (2012) and 1.9~36.8% (2012) in pungse-myeon. To investigate the control effect for fungus gnats by *Hypoaspis aculeifer*, *H. aculeifer* (30 mixutre of nymph and adult per m²) were treated to oak log beds shiitake cultivation for six times (May 2 and 28, June 25, July 10 and 25 and August 28). The occurrence rate of adults and damage rate of fruiting bodies of 3 major species reduced 79.3% (adult numbers) and 74.8% (fruiting bodies) in dong-myeon and 64.1% (adult numbers) and 65.5% (fruiting bodies) in pungse-myeon, respectively, compared to non-treatment. Accordingly, *H. aculeifer* effectively controlled the fungus gnats on shiitake mushroom and can be used as good control agent.

KEYWORDS – Shiitake, Oak log bed, *Bradysia difformis*, *Camptomyia cortocalis*, *Hypoaspis aculeifer*

서 론

2012년 현재 산림에서 생산되는 버섯류의 생산량과 생산액은 26,281톤과 2,871억원으로 이중에서 표고버섯은 건표고가 1,551톤, 495억원, 생표고가 20,114톤, 1,588억원으로 보고하고 있다(http://www.forest.go.kr). 이는 산림에서 재배되고 있는 송이버섯, 목이버섯, 석이버섯, 느타리버섯, 능이버섯, 싸리버섯보다 표고버섯이 가장 많은 생산량과 생산액을 차지하고 있으며 전체 버섯류 생산량과 생산액의 82.4%와 72.6%를 차지하고 있다(http://www.forest.

go.kr). 이와같이 산림에서 주된 소득원으로 자리잡고 있는 원목 표고버섯은 2009년 건표고와 생표고를 합친 생산량과 생산액이 각각 27,274톤과 2,290억원을 기점으로 매년 감소하고 있는데 표고자목 수급의 어려움과 톱밥배지 표고재배로 전환하는 농가의 증가가 주된 이유라고 할 수 있다. 실제로 최근에는 산림자원의 보호 정책으로 참나무의 벌목에 관한 인허가가 어렵고, 이로인한 원목의 가격의 상승으로 향후 원목 표고 재배는 더욱더 줄어들 것으로 예상되고 있다.

원목 표고버섯은 종균의 종류, 봄과 여름의 기후조

*Corresponding author: hhkim8753@korea.kr

건 등도 생산량을 감소시키는 이고 병해충의 발생도 생산량을 감소시키는 원인이 되고 있다. 특히 해충 중에서도 버섯파리는 표고버섯에 발생하여 골목의 겹질 속에서 유충이 골목을 갉아먹거나, 집중한 종균, 균사, 자살체 등도 가해를 하여 피해를 준다. 최근까지 표고버섯에 발생하는 주요 해충으로는 버섯파리, 응애, 털두꺼비하늘소, 선충류가 보고되었는데(Hyssey, 1972, 김과 황, 1996), 이들 해충 중에서 원목 표고버섯 재배지에서 가장 피해가 많은 것이 버섯파리이다. 원목 표고버섯 재배지에서 발생하는 버섯파리류로는 작은뿌리파리(*Bradysia difformis*), *B. alpicola*(가칭, 표고큰검정버섯파리), *B. trispinifera*, *longimentula*, *B. chlorocornea* 등이 있으며(권 등, unpublished data), 작은뿌리파리, 표고큰검정버섯파리, *Camptomyia cortocalis*(가칭, 표고버섯혹파리)가 표고버섯과 골목을 직접 가해하였다(김, personal communication).

이와같이 다양한 버섯파리가 원목 표고버섯 재배지에서 발생하고 피해를 유발함에도 불구하고 버섯파리의 방제를 위해서 등록된 약제는 diflubenzuron(느타리, 양송이), teflubenzuron(버섯) 등 이 전부이다(<http://www.koreacpa.org/korea/index.php>). 그러나 버섯파리 방제용으로 등록된 약제마저도 표고버섯 재배 특성상 버섯이 생성된 이후에는 잔류 문제로 사용에 제약이 많아 방제효과가 떨어질 수 있다. 그렇기 때문에 표고버섯이 재배되는 전 기간에 안정적으로 사용할 수 있고 효과도 우수한 방제수단의 개발 및 연구가 절실히 필요한 상황이다. 이러한 조건을 충족하는 것이 토양에 서식하면서 버섯파리의 알과 유충을 포식하는 토착천적 아큐레이퍼응애(*Hypoaspis aculeifer*)이다. 또한 김 등(2012)이 톱밥배지로 표고버섯을 재배하는 농가에서 아큐레이퍼응애를 활용하여 효과적으로 버섯파리의 일종인 *Lycoriella ingenua*를 방제하였으며, 곤충병원성 선충(*Steinernema feltiae*)와 포식성 천적 마일즈응애(*Hypoaspis miles*)를 동시에 이용하여 양송이버섯에 피해를 주는 버섯파리 *Lycoriella solani*와 *L. ingenua*를 방제하는 데 성공하였다(Jess and Kilpatrick, 2000, Jess and Schweizer, 2009). 이와같이 국내외적으로 느타리버섯과 양송이버섯에서는 천적을 이용한 버섯파리의 친환경 관리기술에 관한 다양한 연구가 다양하게 수행되고 있지만, 원목으로 재배되고 있는 표고버섯에 발생하는 버섯파리의 생물학적 방제에 대한 연구는 거의 수행되지 않아 연구의 필요성이 절실히 요구되고 있다.

따라서 본 연구는 원목으로 표고버섯을 재배농가에서 발생하여 피해를 주는 주요 버섯파리의 발생 중,

연간 발생밀도 및 피해를 조사하고 이를 토대로 국내 토착 천적인 아큐레이퍼응애를 이용하여 생물학적 방제 가능성을 알아보기 위하여 수행되었다.

재료 및 방법

버섯파리의 발생 종과 소장 및 피해 조사

표고버섯을 원목으로 재배하는 충남 천안시 동면의 유기농 재배 1농가와 풍세면의 무농약 재배 1농가를 대상으로 주요 버섯파리의 종과 발생소장 및 피해를 조사하였다. 조사는 2012년부터 2013년까지 2년에 걸쳐 2월부터 11월까지 농가를 방문하여 수행하였다. 충남 천안시 동면 농가는 1동이 3660 m² 면적으로 4동을 재배하고 있었고, 풍세면 농가는 1동이 1,980 m²로 1동, 660 m²로 4동을 재배하고 있었다. 두 농가 모두 직접 원목을 벌채하여 유기농으로 표고를 재배하고 있었다. 그리고 비닐하우스 등을 이용한 간이 비가림 시설재배를 하고 있었으며, 지붕에는 비닐과 차광망을 씌우고 분사호수 시설을 하여 쓰러뜨리기 및 살수로 버섯을 생산하고 있었다.

버섯파리의 형태적 종 동정을 위하여 각 농가마다 전체 동에 황색 끈끈이트랩(150×250 mm, 그린아그로텍)을 2 m 간격으로 10개를 원목 위 20 cm 위치에 설치한 다음 2주 간격으로 트랩에 붙은 버섯파리 성충을 채집하여 현미경을 이용하여 형태적 분류를 수행하였다. 그리고 연중 주요 버섯파리 3종의 종별 발생소장은 각 조사지역에서 1개의 동을 고정조사구로 정하고 황색 끈끈이트랩(150×250 mm, 그린아그로텍)을 2 m 간격으로 10개 끈끈이트랩을 골목 위 20 cm 지점에 설치하였다. 그리고 2주 간격으로 농가를 방문하여 끈끈이트랩을 교체하면서 유인된 성충의 마리수를 조사하였다. 피해는 유충이 골목이나 자살체를 가해하여 자살체의 끊어짐 증상이나 기형화된 것을 피해로 간주하고 조사하였다. 또한 버섯파리의 종별 피해를 나누어 조사를 하기에 어려움이 있어 3종의 버섯파리에 의한 피해를 합하여 피해율을 조사하였다. 조사는 각 농가의 1개 동에서 100개의 자살체를 대상으로 하였으며 3반복으로 조사하여 피해율을 산정하였다.

아큐레이퍼응애를 이용한 버섯파리의 포장 방제 효과 조사

아큐레이퍼응애를 버섯파리의 방제에 이용한 이유는 주로 토양에 서식하고 버섯파리의 어린 유충이나 알을 포식하며, 특히 알을 포식하는 것을 선호하기

Fig. 1. *Hypoaspis aculeifer* is feeding on fungus gnat larva.

때문이다(Fig. 1). 또한 발육 최적온도가 22°C이며, 12~32°C의 온도에서도 생존이 가능하고 먹이가 없을 경우 조류 또는 식물체 부수러기 등을 먹고 사는 특징이 있어 시험에 이용하였다(농업과학술원, 2005). 시험 대상 버섯파리류는 작은뿌리파리, 표고큰검정버섯파리, 표고버섯흑파리였으며, 생물적 방제 시험을 위하여 천적회사로부터 아큐레이퍼응애(*Hypoaspis aculeifer*)를 구입하여 이용하였다. 천적 제품은 한 병(1,000 ml)에 아큐레이퍼응애 약충과 성충이 10,000마리가 들어있는 제품으로 동부팜세레스(주)에서 구입하여 방제에 사용하였다. 각 시험포장에서 아큐레이퍼응애는 제품 구입시 표준처리밀도인 m² 당 30마리로 처리하였다. 아큐레이퍼응애는 천안시 동면과 풍세면의 농가에서 각각 2013년 5월 2일, 5월 28일, 6월 25일, 7월 10일, 7월 25일, 8월 28일에 처리하였다. 처리방법은 제품을 구입하여 뚜껑을 열고 병 안의 내용물을 조금씩 손위에 올려놓고 골목 위나 지면에 골고루 뿌려주었다. 버섯파리의 방제효과 조사에서 황색 끈끈이트랩을 이용한 발생소장 조사는 3종

의 버섯파리를 합하여 조사하였고 피해 조사는 버섯파리 종별 피해 조사와 동일하였다. 재배사 내의 환경관리는 농가에서 일반적으로 관리하는 상태에서 시험을 수행하였다. 아큐레이퍼응애의 방제효과는 황색 끈끈이트랩을 이용하여 버섯파리의 성충 유인수와 자실체의 피해율을 조사하여 무처리구와 비교하였다.

결 과

버섯파리의 발생 종과 소장 및 피해

2012~2013년 동안 2년에 걸쳐 참나무 원목을 이용하여 표고버섯을 재배하는 농가에서 황색 끈끈이트랩을 이용하여 버섯파리의 성충을 유인하여 형태학적으로 분류 및 동정하였다. 그 결과 다양한 버섯파리류가 발생하고 있었지만, 골목 및 자실체에 피해를 주는 주요 버섯파리는 작은뿌리파리(*Bradysia difformis*), *B. alpicola*(가칭, 표고큰검정버섯파리), *Camptomyia cortocalis*(가칭, 표고버섯흑파리) 등이 조사되었다(Fig. 2). 이들 3종의 버섯파리가 월동을 하고 초 발생하는 시기를 조사한 결과 작은뿌리파리는 3월 중순, 표고큰검정버섯파리와 표고버섯흑파리는 5월 초순에 각각 발생하는 것으로 조사되었다(Fig. 3, 4, 5). 작은뿌리파리의 발생밀도를 조사한 결과 2012년 동면의 표고농가에서는 트랩 당 11.9~1,774.3마리가 발생하였으며, 발생최성기는 7월 26일이었다. 동면농가에서는 4월 19일에 처음으로 11.9마리가 트랩에 유인되었으며, 11월 7일까지 전체 유인된 평균수가 499.3마리였다(Fig. 3). 풍세면에서는 트랩 당 0.4~2,583.3마리가 발생하였고, 발생최성기는 7월 26일이었다. 풍세면에서는 4월 4일에 처음으로 0.4마리가 트랩에 유인되었고, 11월 7일까지 전체 유인된 평균수는 807.5마리였다. 2013년 조사에서는 동면과 풍세면에서 각각 동일하게 3월 15일에 처음으로 성충 10.7마리,

Bradysia difformis

Bradysia alpicola

Camptomyia cortocalis

Fig. 2. Major mushroom flies occurred in a in the oak log beds of a shiitake cultivation.

Fig. 3. Mean number of *Bradysia difformis* adult attracted to yellow sticky trap in the oak log beds of a shiitake cultivation from 2012 to 2013 years in Dong-myeon and Pungse-myeon, Cheonan.

Fig. 4. Mean number of *Bradysia alpicola* adult attracted to yellow sticky trap in the oak log beds of a shiitake cultivation in Dong-myeon and Pungse-myeon, Cheonan from 2012 to 2013.

36.8마리가 트랩에 유인되었으며, 동면에서 트랩 당 10.7~4,650마리가 발생하였고 발생최성기는 6월 12일이였다(Fig. 3). 풍세면에서는 트랩 당 36.8~4,740마리가 발생하였고, 발생최성기는 6월 12일이였다.

동면과 풍세면에서 2013년 3월 15일부터 11월 8일까지 전체 유인된 버섯파리 성충의 평균수는 각각 981.1마리, 1,160.6마리였다.

표고큰검정버섯파리의 연중 발생소장을 조사한 결

Fig. 5. Mean number of *Camptomyia corticalis* adult attracted to yellow sticky trap in the oak log beds of a shiitake cultivation in Dong-myeon and Pungse-myeon, Cheonan from 2012 to 2013.

Fig. 6. Percentage damage of a fruit body by mushroom flies, *Bradysia difformis*, *Bradysia alpicola* and *Camptomyia corticalis* in the oak log beds of a shiitake cultivation in Dong-myeon and Pungse-myeon, Cheonan from 2012 to 2013.

과 동면에서는 2012년과 2013년에 각각 5월 3일에 3.6마리, 5월 2일에 3.0마리의 성충이 처음으로 유인되었다. 풍세면에서는 성충이 각각 5월 3일에 1.2마

리, 5월 2일에 4.5마리가 처음으로 유인되었다. 동면의 표고농가에서 2012년 3월 5일에서 11월 7일까지 발생소장을 조사한 결과 2.1~63.2마리가 발생하였고

Fig. 7. Mean number of *Bradysia difformis* adult attracted to yellow sticky trap(A) and percentage damage of a fruit body(B) in the oak log beds of a shiitake cultivation in Dong-myeon, Cheonan in 2013. The arrows represent the point of treatment by *Hypoaspis aculeifer* nymph and adult.

발생최성기는 6월 14일이었다(Fig. 4). 풍세면에서는 1.0~21.7마리가 발생하였고 발생최성기는 6월 1일이었다. 2013년 동면에서는 5월 2일부터 11월 8일까지 트랩 당 성충 유인수가 0.8~163.7마리가 발생하였고 발생최성기는 5월 28일이었다(Fig. 4). 풍세면에서는 0.5~280.5마리가 발생하였고 발생최성기는 5월 28일이었다.

2012년과 2013년에 표고버섯혹파리의 발생소장을 조사한 결과 동면에서는 각각 5월 3일에 1.3마리, 5월 2일에 2.1마리의 성충이 처음으로 유인되었다. 풍세면에서는 성충이 각각 5월 3일에 0.3마리, 5월 2일에 1.3마리가 처음으로 유인되었다(Fig. 5). 동면의 표고농가에서 2012년 3월 5일에서 11월 7일까지 발생소장을 조사한 결과 0.6~4.7마리가 발생하였고 발생최성기는 5월 15일이었으며, 2013년 5월 2일부터 11월 8일까지 트랩 당 성충 유인수는 2.1~17.3마리가 발생하였고 발생최성기는 6월 12일이었다. 풍세면에서는 2012년 3월 5일에서 11월 7일까지 발생소장을 조사한 결과 0.3~1.5마리가 발생하였고 발생최성기는 5월 15일이었으며, 2013년 5월 2일부터 11월 8일까지 트랩 당 성충 유인수는 1.3~17.6마리가 발생하였고 발생최성기는 5월 28일이었다.

작은뿌리파리, 표고큰검정버섯파리 및 표고버섯혹

파리에 의한 표고버섯의 연중 피해를 조사한 결과 2012년에는 동면과 풍세면에서 각각 0.6~25.5%, 1.5~21.6%였으며, 피해최성기는 7월 11일과 7월 26일이었다(Fig. 6). 피해는 두 지역 모두 4월 19일부터 나타나기 시작하였고, 전체 피해율은 동면이 11.7%, 풍세면이 15.9%를 보였다. 2013년에는 동면과 풍세면에서 각각 0.7~30.5%, 1.9~36.8%였으며, 피해최성기는 두 지역 모두 6월 12일이었다. 피해는 두 지역 모두 4월 19일부터 나타나기 시작하였고, 전체 피해율은 동면이 14.3%, 풍세면이 17.4%를 보였다.

아큐레이퍼응애를 이용한 버섯파리의 포장 방제 효과

2013년 참나무 원목 표고버섯을 재배하는 충남 천안시의 동면과 풍세면에서 작은뿌리파리, 표고큰검정버섯파리, 표고버섯혹파리 등 버섯파리의 유충을 포식하는 토착 천적인 아큐레이퍼응애의 방제효과와 피해율 감소 효과를 조사하였다. 동면의 표고버섯 재배농가에서 황색 끈끈이트랩에 유인된 성충수를 조사한 결과 무처리구는 평균 981.1마리(10.7~4.650마리)가 유인된 반면에 아큐레이퍼응애 처리구는 평균 202.8마리(9.77~336.57마리)로 유인수가 훨씬 적었다(Fig. 7). 또한 표고버섯 자실체의 피해율도 무처리구

Fig. 8. Mean number of *Bradysia difformis* adult attracted to yellow sticky trap(A) and percentage damage of a fruit body(B) in the oak log beds of a shiitake cultivation in Pungse-myeon, Cheonan in 2013. The arrows represent the point of treatment by *Hypoaspis aculeifer* nymph and adult.

는 평균 14.2%(0.7~30.5%) 였으나, 아큐레이퍼응에 처리구는 평균 3.7%(0.9~7.2%)로 무처리구와 천적 처리구간에 큰 차이를 보였다(Fig. 7). 풍세면 농가에서는 아큐레이퍼응에 처리구에서 트랩에 유인된 성충수가 평균 417.1마리(40.2~689.3마리)를 나타내어 무처리구에서 트랩 당 평균 1,160.6마리(36.8~4,740마리) 보다 훨씬 적었다(Fig. 8). 그리고 자실체의 피해율도 무처리구는 평균 17.4%(1.9~36.8%) 였으나, 아큐레이퍼응에 처리구는 평균 6.0%(1.8~9.2%)로 무처리구에 비하여 피해률이 매우 낮았다(Fig. 8).

고 찰

참나무 원목으로 표고버섯을 재배하는 농가는 대단히 집약적이면서 고소득을 보장받고 있지만, 톱밥배지 표고버섯 보다 1년 이상의 재배기간이 더 길어 최근에는 톱밥배지 재배로 전환하는 농가가 늘어나고 있으며, 2014년 표고버섯 재배규모를 전망한 결과에서도 원목 재배는 6.4%가 감소하는 반면 톱밥배지 재배는 37.9%가 증가할 것으로 예측하고 있다(한국농촌경제연구원, 2013). 또한 원목 표고버섯은 재배기간이 더 길고, 재배사가 대부분 야산이나 깊은 산속에 위치하고 있기 때문에 병해충의 발생과 피해가

늘어나고 있는 추세에 있다. 특히, 버섯파리는 10여종이 발생하고 있으며 작은뿌리파리(*Bradysia difformis*), *B. alpicola*(가칭, 표고큰검정버섯파리) 및 *Camptomyia cortocalis*(가칭, 표고버섯혹파리)가 골목의 껍질 속이나 균사, 자실체 등을 갉아먹어 피해를 주는 대표적인 종으로 조사되었다. 이들 중 중에서 작은뿌리파리와 표고큰검정버섯파리는 톱밥배지 표고버섯에서도 발생하였으며(권 등, unpublished data), 표고버섯혹파리는 원목재배에서만 발생하였다.

원목 표고버섯 재배사나 인근의 야산에서 월동한 버섯파리가 처음 발생하는 시기는 작은뿌리파리는 3월 중순이었으며, 표고큰검정버섯파리와 표고버섯혹파리는 5월 초순이었다. 특히, 작은뿌리파리는 2012년과 2013년에 각각 초 발생일이 각각 4월 4일과 3월 15일이었는데 2012년의 경우 영상 기온이 시작되는 날이 3월 14일이었고, 2013년에는 3월 4일이었으며 이후에는 영하로 떨어지지 않았다(<http://www.kma.go.kr/index.jsp>). 이와같이 초봄의 일평균기온의 차이에 따라 작은뿌리파리와 같은 버섯파리의 초 발생일이 달라지는 것으로 보인다. 자실체의 피해는 주로 6월 초순부터 7월 하순 사이에 많이 발생하였고 천안시 동면에서는 0.7~30.5%, 평균 11.7~14.3%, 풍세면에서는 1.5~36.8%, 평균 15.9~17.4%로 초 발생일이

빠른 2013년에 피해율이 높게 나타나는 경향을 보였다. 국내에서 버섯재배지에서 연중 버섯파리의 발생 소장을 조사한 연구는 이 등(1999)이 느타리버섯 재배지에서 긴수염버섯파리(*Lycoriella mali*) 이외에는 거의 수행된 바가 없다. 느타리버섯 재배지에서 긴수염버섯파리는 3월부터 6월 하순까지의 봄 재배시에 가장 높은 밀도를 나타내며 반면 여름재배 기간인 8~9월에는 발생밀도가 낮았다고 하여 본 조사에서 나타난 3종의 버섯파리 발생소장과는 많은 차이가 있었다. 이러한 차이는 원목 표고버섯은 외부의 환경에 많은 영향을 받을 수 밖에 없는 비가림 형태로 재배되지만, 느타리버섯은 온도와 습도가 자동적으로 조절되는 재배사에서 재배되기 때문에 나타나는 것이라 볼 수 있다. 원목 표고버섯 재배지에 발생하는 버섯파리류는 골목의 껍질 속에서 유충이 골목을 갉아먹거나, 종균의 균사나 자실체를 갉아먹어 자실체의 생육을 둔화시키거나 버섯의 갓을 기형화시켜 상품성을 저하시키는 피해를 주고 있었다. 이러한 버섯파리의 표고버섯 피해는 이 등(1999)이 느타리버섯에서 버섯파리의 유충이 균사를 끊어먹음으로써 균사결합을 파괴하고 배지로 파괴 들어가게 되므로 수량 감소와 품질저하를 유발한다는 증상과 유사하였다. 또한 톱밥재배 표고버섯에서 버섯파리의 유충이 자실체를 직접 가해하여 상품성을 떨어뜨리거나, 배지 속에서 유충이 서식하면서 배지의 영양분을 먹고 심하면 배지를 스폰지화하여 표고버섯 자실체의 성장을 둔화시키는 피해를 유발한다고 하였다. 따라서 원목재배 표고는 향후 재배방법의 개선, 병해충 관리 방법의 개발 등이 체계화되고 보급되지 못하면 버섯파리에 의한 피해 증가는 불가피할 것으로 본다.

원목 표고 재배지에서 많은 종류의 버섯파리가 발생하고 그 중에서도 작은뿌리파리, 표고큰검정버섯파리, 표고버섯혹파리 등이 피해를 주고 있음에도 불구하고 현재로서는 버섯파리의 밀도와 피해를 효과적으로 줄일 수 있는 방법이 없는 실정이다. 다만 현재로서는 느타리버섯과 양송이버섯에 등록된 2개 제품 밖에 없는 전용약제로 버섯파리를 방제한다는 것은 한계가 있으므로 전용약제를 늘리는 것이 중요하다고 할 수 있다. 그러나 특히 원목 표고버섯의 경우 자실체의 생육이 시작되면 살충제의 잔류 문제로 인하여 적용시기가 제한적이어서 효과를 기대하기도 어렵다. 따라서 원목 표고 재배지에서 버섯파리가 발생하는 연중 즉 4월부터 11월 사이에 효과적이면서 버섯에 영향이 없이 안정적으로 사용할 수 있는 방제수단이 필요한 데 이를 만족시키는 것이 토양서식성

해충의 천적인 아큐레이퍼응애이다. 본 시험에서 천안시 동면과 풍세면에서 아큐레이퍼응애를 m^2 당 30.3마리 밀도로 5월 2일, 5월 28일, 6월 25일, 7월 10일, 7월 25일, 8월 28일 등 6회 처리한 결과 동면의 표고재배 농가에서는 무처리구와 비교하여 평균 성충 유인수와 자실체 피해율이 각각 79.3%, 74.8%, 풍세면에서는 64.1%, 65.5%가 감소하였다. 2013년 현재 국내에서는 표고버섯 재배지에서 버섯파리를 천적인 아큐레이퍼응애로 생물적 방제한 사례는 김 등(2012)이 톱밥재배 표고버섯에서 적용한 것이 유일하다. 외국에서는 양송이버섯(*Agaricus bisporus*)에서 종균 접종 초기에 마일즈응애(*Hypoaspis miles*)를 m^2 당 710마리를 방사한 결과 버섯파리(*Lycoriella solani*)의 성충 밀도를 87% 감소시켰다고 하였다(Jess and Kilpatrick, 2000). 그리고 양송이의 종균을 접종하는 초기나 복토를 할 때 마일즈응애를 m^2 당 830마리를 처리하는 것이 수확기에 처리하는 것 보다 버섯파리(*Lycoriella ingenua*)의 밀도 감소효과에 있어 유의적인 차이가 있었다고 하였다(Jess and Schweizer, 2009). Castilho 등(2009)은 아큐레이퍼응애와 유사한 토양서식성 포식성 응애인 스키미투스응애(*Stratiolaelaps scimitus*)를 양송이 종균 접종 혹은 복토 후 즉시 투입하여 버섯파리(*Bradysia matogrossensis*)를 효과적으로 방제하였다고 하였다. 이와같이 표고버섯과 양송이버섯 재배지에서 아큐레이퍼응애와 같은 포식성 천적들은 버섯의 재배시기와 버섯파리의 초 발생기에 적용한다면 살충제의 사용이 제한적인 버섯재배지에서 효과적으로 버섯파리를 친환경적으로 방제할 수 있을 것으로 생각된다. 또한 버섯재배지가 아닌 오이 재배지에서도 토양서식성 포식응애, *Geolaelaps* sp. nr. *aculeifer*를 방사하여 버섯파리의 일종인 *Bradysia* 속 파리 유충과 성충수를 10주 동안 성공적으로 감소시켰다(Gillespie and Quiring, 1990). 한편 아큐레이퍼응애가 아닌 다른 천적으로 버섯파리류를 방제한 사례로는 느타리버섯 재배지에서 긴수염버섯파리와 버섯혹파리(*Mycophila speyeri*)를 생물적 방제하기 위하여 곤충병원성 선충(김 등, 2001; 김 등, 2004)을 이용한 경우가 있다. 또한 원예작물 재배지에서는 육묘장, 초화류 및 포인세티아 재배지에서 피해가 많은 작은뿌리파리를 생물학적으로 방제하기 위하여 곤충병원성 선충(*Steinernema carpocapsae*)를 이용하여 우수한 효과를 거둔바 있다(김 등, 2003; 김 등, 2004; 전 등, 2007).

이상의 결과를 종합하면 원목 표고버섯 재배지에서 발생하여 연중 높은 발생밀도를 보이며 17.4%의 자

실체 피해를 유발하는 작은뿌리파리, 표고큰검정버섯파리, 표고버섯혹파리를 토양 서식성 토착천적인 아큐레이퍼응애를 이용하면 발생밀도도 줄이고, 자실체의 피해를 6% 이내로 줄일 수 있어 무농약, 유기농 친환경 원목 표고버섯의 생산에 일조할 수 있을 것으로 기대된다.

적 요

원목 표고버섯 재배지에서 발생하여 피해를 주는 주요 버섯파리 중은 작은뿌리파리(*Bradysia difformis*), *B. alpicola*(가칭, 표고큰검정버섯파리) 및 *Camptomyia cortocalis*(가칭, 표고버섯혹파리)로 조사되었다. 원목 표고재배 농가에서 이들 3종의 버섯파리는 1년 중에서 작은뿌리파리는 3월 중순, 표고큰검정버섯파리와 표고버섯혹파리는 5월 초순에 초발생 하였다. 표고버섯 재배지에서 황색 끈끈이트랩을 이용한 작은뿌리파리의 성충 발생수를 조사한 결과 2012년에는 동면에서 11.9~1,774.3마리, 풍세면에서 0.4~2,583.3마리로 두 지역에서 7월 하순에 발생최성기를 보였다. 2013년에는 동면에서 10.7~4,650마리, 풍세면에서 36.8~4,740마리로 두 지역에서 6월 중순에 발생최성기를 보였다. 표고큰검정버섯파리의 성충 발생수는 동면에서 2012년과 2013년에 각각 2.1~63.2마리, 0.8~163.7마리였고, 발생최성기는 각각 6월 중순과 5월 하순이었다. 풍세면에서는 성충 발생수가 각각 1.0~21.7마리, 0.5~280.5마리가 발생하였고, 발생최성기는 6월 초순과 5월 하순이었다. 표고버섯혹파리는 2012년과 2013년에 각각 성충 발생수가 동면에서 0.6~4.7마리, 2.1~17.3마리였고, 발생최성기는 5월 중순과 6월 중순이었다. 풍세면에서는 0.3~1.5마리, 1.3~17.6마리가 발생하였고, 발생최성기는 5월 중순과 5월 하순이었다. 버섯파리의 표고버섯 자실체 피해율은 동면에서 2012년과 2013년에 각각 0.6~25.5%, 0.7~30.5%였고, 풍세면에서 각각 1.5%~21.6%, 1.9~36.8%로 6월 중순 7월 하순에 피해가 많았다. 원목 표고버섯을 재배하는 천안시 동면과 풍세면에서 천적인 아큐레이퍼응애를 이용하여 버섯파리(작은뿌리파리 + 표고큰검정버섯파리 + 표고버섯혹파리)의 방제 효과를 알아본 결과 m^2 당 아큐레이퍼응애의 약충과 성충을 30마리 밀도로 5월 2일, 5월 28일, 6월 25일, 7월 10일, 7월 25일, 8월 28일 등 6회 처리하여 우수한 방제효과를 얻었다. 동면의 표고재배 농가에서는 아큐레이퍼응애 처리구에서 버섯파리의 성충 발생수가 끈끈이트랩 당 평균 202.8마리, 자실체 피해율은

평균 3.7%로 무처리구와 비교하여 각각 79.3%, 74.8%가 감소되었다. 풍세면의 표고재배 농가에서는 끈끈이트랩 당 성충 유인수가 평균 417.1마리, 자실체의 피해율은 6.0%로 무처리구와 비교하여 각각 64.1%, 65.5%가 감소되었다. 따라서 포식성 천적 아큐레이퍼응애는 원목 표고버섯 재배지에 발생하는 버섯파리 3종을 효과적으로 방제하였고 피해율도 감소시켜 우수한 생물적 방제 수단이 될 것으로 기대된다.

감사의 말씀

이 연구는 2013년도 농촌진흥청 국립원예특작과학원의 원예특작시험연구비(PJ907036)로 수행된 연구 결과입니다.

참고문헌

- 김규진, 황창연. 1996. 한국 남부 표고버섯 및 느타리버섯 재배지에 분포된 해충상에 관한 연구. 한국응용곤충학회지 **35** : 45-51.
- 김형환, 전홍용, 조명래, 양창열, 추호렬, 이홍수, 이해경. 2004. 초화류의 작은뿌리파리 피해 및 방제. 원예과학기술지 **22** : 351-357.
- 김형환, 조명래, 강택준, 안승준, 이찬중, 정종천. 2012. 표고 톱밥재배에서 검정날개버섯파리 *Lycoriella ingenua*(Diptera: Sciaridae)의 피해와 생물적 방제. 한국버섯학회지 **10** : 184-190.
- 김형환, 추호렬, 이동운, 이홍수, 전홍용, 하판정. 2004. 느타리버섯 재배사에서 한국산 *Steinernema*와 *Heterorhabditis*를 이용한 버섯혹파리(*Mycophila speyeri*)의 생물적 방제. 한국응용곤충학회지 **45** : 233-239.
- 김형환, 추호렬, 이동운, 이상명, 전홍용, 조명래, 임명순. 2003. 작은뿌리파리에 대한 한국산 곤충병원성 선충의 방제 효과와 상토에서의 지속성. 한국원예학회지 **44** : 393-401.
- 김형환, 추호렬, 이홍수, 박정규, 이동운, 진병래, 추영무. 2001. 곤충병원성 선충을 이용한 느타리버섯 해충, 긴수염버섯파리(*Lycoriella mali*)의 생물적 방제. 한국응용곤충학회지 **40** : 59-67.
- 농업과학기술원. 2005. 천적 이용 가이드. 아카데미서적. 198pp.
- 이홍수, 김형환, 박정규, 신현열. 1999. 버섯재배사에서 긴수염버섯파리, *Lycoriella mali*의 발생양상. 한국곤학회지 **27** : 420-423.
- 전홍용, 김형환, 정재아, 강택준, 양창열. 2007. 작은뿌리파리에 의한 포인세티아의 피해실태와 총채가시응애를 이용한 방제. 원예과학기술지 **25** : 468-473.
- 한국농촌경제연구원. 2013. 임업관측월보 표고버섯 12월호. 문원사.
- Castilho, B. C., de Moraes, G. J., Silva, E. S. Freire, R. A. P. and Da Eira, F. C. 2009. The predatory mite *Stratiolaelaps scimitus* as a control agent of the fungus gnat *Bradysia matogrossensis* in commercial production

- of the mushroom *Agaricus bisporus*. International Journal of Pest Management **55** : 181-185.
- Gillespie, D. R. and Quiring, M. J. 1990. Biological control of fungus gnats, *Bradysia* spp. (Diptera: Sciaridae), and western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae), in greenhouses using a soil-dwelling predatory mite, *Geolaelaps* sp. nr. *aculeifer* (Canestrini) (Acari: Laelapidae). Can. Entomol. **122** : 975-983.
- Hussey, N. W. 1972. pest in perspective. Mushroom Science VIII. 183-192.
- Jess, S. and Kilpatrick, M. 2000. An integrated approach to the control of *Lycoriella solani* (Diptera: Sciaridae) during production of the cultivated mushroom (*Agaricus bisporus*). Pest Manag. Sci. **56** : 477-485.
- Jess, S. and Schweizer, H. 2009. Biological control of *Lycoriella ingenua* (Diptera: Sciaridae) in commercial mushroom (*Agaricus bisporus*) cultivation:a comparison between *Hypoaspis miles* and *Steinernema feltiae*. Pest Manag. Sci. **65** : 1195-1200.