

양송이버섯 재배사에서 *Steinernema carpocapsae*를 이용한 긴수염버섯파리 생물적 방제

최용석 · 서화영 · 황인수 · 이대홍^{1*}

충남농업기술원 친환경농업과, ¹경농 중앙연구소

Biological Control of the Sciarid Fly, *Lycoriella mali* (Diptera: Sciaridae) Using *Steinernema carpocapsae* in a Button Mushroom Cultivation House

Yong-Seok Choi, Hwa-Young Seo, In-Su Whang and Dae-Hong Lee^{1*}

Chungnam Agricultural Research & Extension Services, Yesan 32418, Korea

¹Central Research Institute, Kyung Nong Corporation, Gyeongju 38175, Korea

ABSTRACT: We used the entomopathogenic nematode, *Steinernema carpocapsae*, for the effective biological control of *Lycoriella mali* during *Agaricus bisporus* cultivation. The concentrations of two *S. carpocapsae* products distributed in Korea were 6×10^4 and 2.5×10^5 m⁻² respectively. As a result of investigating the density of *A. bisporus* larvae in a rice straw medium and soil in an *A. bisporus* cultivation house, the mean numbers per 30 cm² were 0.8 and 22.2, respectively, and *A. bisporus* larvae were detected mainly in the soil. The control effects after once spraying *S. carpocapsae* at 6×10^4 and 2.5×10^5 m⁻² was higher at the 14th day than at the 7th day. Therefore, we investigated the control effect after twice spraying of 6×10^4 and 2.5×10^5 m⁻² at the 14th day. The control effects after this spraying were 51.9% and 96.8%, respectively, and the control effect of spraying at 2.5×10^5 m⁻² was better than at 6×10^4 m⁻². The control effect of diflubenzuron WP was lower than 50%.

Key words: *Agaricus bisporus*, *Lycoriella mali*, *Steinernema*, Biological control

조 록: 양송이 버섯재배 시 발생하는 긴수염버섯파리(*Lycoriella mali*)의 효과적인 생물학적 방제를 위하여 곤충병원성 선충인 *Steinernema carpocapsae*를 이용하였다. 국내에 유통되고 있는 두 제품의 농도는 각각 m² 당 6×10^4 과 2.5×10^5 이었다. 양송이 버섯시설 내 버섯배지와 상토에서의 긴수염버섯파리 유충 밀도를 조사한 결과 각각 30 cm² 내 평균 마리 수는 0.8마리와 22.2마리로 상토에서 주로 서식하였다. *S. carpocapsae* 1회 처리 후 방제효과는 처리 14일 후에 가장 높았다. *S. carpocapsae* 6×10^4 농도 제품의 2회 처리에 따른 긴수염버섯파리 방제효과는 51.9%였으며 2.5×10^5 농도 제품의 2회 처리 후 방제효과는 96.8%로서 2.5×10^5 농도가 6×10^4 농도 보다 방제효과가 우수하였다. 살충제인 diflubenzuron 수화제의 방제효과는 50% 이하로 낮은 수준이었다.

검색어: 양송이버섯, 긴수염버섯파리, *Steinernema carpocapsae*, 생물적 방제

우리나라 버섯재배지에 발생하는 것으로 알려져 있는 버섯파리류는 긴수염버섯파리(*Lycoriella mali*), 버섯벼룩파리(*Megaselia tamiladuensis*), 털파리붙이(*Coboldia fuscipes*), 버섯혹파리(*Mycophila speyeri*), *Bradysia* sp. 등 6속 6종이 보고되어 있다(Lee et al., 1998, 1999a, 2001). 이들 중 긴수염버섯파리는

표고 톱밥재배 시 연중 대량 발생할 뿐만 아니라 양송이버섯과 느타리버섯 재배 시 가장 많이 발생하는 것으로 알려져 있다. 긴수염버섯파리는 균사체 및 자실체 조직을 직접 가해함으로써 버섯의 수확량 감소를 초래하고 각종 병원체를 매개하여 자실체 오염으로 상품가치를 저하시키는 피해를 일으킬 뿐만 아니라(White, 1986; Lee et al., 1999; Kim et al., 1999), 버섯응애, 선충을 몸에 묻혀 매개함으로써 복합적인 피해를 유발하기도 한다(Menzel et al., 2003; Kwon et al., 2013; Yoon et al., 2016).

*Corresponding author: dhlee1@dongoh.co.kr

Received October 1 2018; Revised November 7 2018

Accepted November 22 2018

버섯파리 방제용으로 등록된 약제는 충체 표피조직의 키틴 생합성을 저해하여 정상적인 변태나 탈피를 방해해서 살충효과를 나타내는 약제(Insect growth regulation, IGR)로 양송이버섯과 느타리버섯에 diflubenzuron, 버섯류에 teflubenzuron, 느타리버섯에 cyromazine 3종뿐이며, 양송이버섯의 경우 등록된 약제마저도 균 접종 후 복토 후에 2일 간격 관주처리하는 것이 일반적인데, 그 이후에는 농약잔류문제로 약제사용에 제약이 많이 따르는 실정이다. 또한 등록 약제가 많지 않아 번갈아 살포하더라도 오랜 기간 사용해왔기 때문에 약제 저항성이 우려되고 있다(Yoon et al., 2016). 따라서 농작물의 생산을 위한 병해충 방제 수단으로 오랜 기간 사용해온 유기합성농약의 잦은 사용은 병해충의 저항성 출현 가능성을 높이고, 토양과 농작물의 잔류나 인축에 대한 독성 등 환경 오염과 생태계 교란 등의 부작용을 유발할 수 있고(Ahn et al., 1989) 무엇보다도 버섯은 식용으로 이용되기 때문에 건강에 대한 우려와 안전농산물 생산에 대한 소비자의 욕구증대 등으로 인하여 살충제 살포는 많은 제한이 되고 있다(Kim et al., 2004). 또한 버섯파리류는 버섯 재배기간 동안 지속적으로 발생하기 때문에 반복적인 살충제의 사용이 제한적이다. 따라서 살충제를 대체할 수 있는 방제방법의 개발이 절실한 실정이다.

버섯파리의 생물학적 방제인자로 *Hypoaspis miles* 응애, 곤충병원성 선충, *Bacillus thuringiensis* 등을 이용할 수 있다(Duso and Vettorazzo, 1991; Kim et al., 2001). 특히 버섯파리류 방제에 활용할 수 있는 곤충병원성 선충은 우수한 생물적 방제 인자이다(Richardson and Grewal, 1991; Gouge and Hague, 1994, 1995). 버섯파리류들 중에서도 검정날개버섯파리과(Sciaridae)에 속하는 *Bradysia* sp. 나 *Lycoriella* sp. 등은 곤충병원성 선충들 중에 *Steinernema feltiae*가 효과적(Tomalak and Lipa, 1991; Grewal et al., 1993)인 반면, 흑파리과(Cecidomyiidae)의 경우는 *Heterorhabditis heliothidae*가 *S. feltiae* 보다 효과적인 것으로 나타나(Richardson and Hughes, 1986) 버섯파리의 종에 따른 선충의 효과가 다를 수 있다. 국내의 경우 긴수염버섯파리에는 *S. carpocapsae*가 *H. bacteriophora* 보다 효과적이며, 버섯흑파리에는 *H. bacteriophora*가 *S. carpocapsae*보다 효과적이라고 보고된 바 있다(Kim et al., 2001, 2004).

따라서 본 연구는 양송이버섯 재배농가를 대상으로 긴수염버섯파리 방제를 위하여 화학적 방제방법을 대체할 수 있는 곤충병원성 선충인 *S. carpocapsae*를 사용하였으며 방제 효율을 극대화하기 위한 이용기술 탐색에 주안점을 두고 시험을 수행하였다.

재료 및 방법

긴수염버섯파리 유충의 서식처 조사

충청남도 논산시 등화동에 위치한 양송이버섯 재배농가를 선정하였고 벧짚배지를 활용하고 있었으며 재배경력은 10년 이상이였다. 양송이버섯에서 발생하는 긴수염버섯파리 유충의 서식처 조사를 위하여 4월경 발효된 벧짚을 넣고 5월 10일 상토가 상치된 후 5월 16일 균상굵기를 실시하였다. 5월 17일 첫 관주가 행해진 포장을 대상으로 3번째 관주가 끝나는 5월 21일 이후인 5월 30일에 30 × 30 cm² 내의 벧짚배지와 상토를 구분하여 균상내 5개 지점에서 임의로 채취하였고 비닐팩에 담아서 실험실 내로 옮겨와 토양해충분리기를 이용해 상토로부터 유충을 분리하였다. 토양해충분리기는 2단 선반으로 단의 높이는 20 cm이고 상단에는 백열등이 30 cm 간격으로 켜지도록 제작하였다. 백열등(60 W) 아래에는 토양을 담을 수 있는 컵포트(지름 10 cm, 높이 12 cm) 2개를 겹치게 하여 아래 컵포트에는 굵은 자갈과 덩어리 흙이 빠져나가지 않도록 2 × 2 mm 격자의 스텐망을 깔아둔 컵포트를 제작하였다. 채취한 시료는 컵포트에 담고 1% 포르말린액이 담긴 지름 15 cm의 페트리디쉬에 상치시켰으며 백열등 아래에 두어 2일간 유지시켜 상토가 마르면서 포르말린액으로 모여든 긴수염버섯파리 유충의 밀도를 조사하였다.

곤충병원성 선충을 이용한 긴수염버섯파리 유충의 밀도억제 효과

긴수염버섯파리 방제용으로 사용되고 있는 곤충병원성 선충인 *S. carpocapsae*는 2개 회사에서 생산되고 있는 A사와 B사의 제품을 사용하였으며 A사 제품은 500 m² 당 2.5 × 10⁸마리의 농도로 사용하도록 권장하고 B사 제품은 330~660 m² 당 2 × 10⁷마리의 농도로 사용하도록 권장하고 있었다. B사 제품의 경우 사용 농도가 넓어 정확한 농도를 제시해야 할 필요가 있어서 가장 방제효과가 우수할 것으로 생각되는 높은 농도로 사용하였다. m² 당 A사 제품의 농도는 2.5 × 10⁵, B사 제품의 농도는 6 × 10⁴였으며 두 가지 농도를 실험에 활용하였다. 제품은 받은 즉시 사용하기 전까지 3°C에서 냉장보관 하였고 사용 전까지 냉장에 보관된 기간은 15일이었다. 대조약제로는 diflubenzuron WP를 4 g/m²의 추천농도로 사용하였다.

8월 1일 벧짚배지 위에 상토를 상치하였고 8월 7일 균상굵기가 끝난 후 8월 9일 첫 관주가 시작되는 버섯재배사에서 시험을 수행하였다. 양송이버섯을 재배하는 농가는 공통적으로 균상

규모가 끝난 후 2일 간격으로 3회 관주처리를 하기 때문에 이 시기에 곤충병원성 선충을 1회 관주처리와 2회 관주처리하는 방법을 선택하여 농가의 방제부담을 줄일 수 있는 방법을 선택하였다. 첫 관주를 제외하고 1회 관주는 마지막 관주 시기인 8월 13일에 실시하였고, 2회 관주는 8월 11일과 8월 13일에 각각 실시하였다. 모든 처리는 동일한 재배사에서 실시하였고 50평당 150리터의 관주량으로 환산하여 처리하였다. 시험면적은 구당 $1.5 \times 8 \text{ m}^2$ 로 하였고 처리구당 3반복 완전임의 배치하여 실시하였다. 방제효과를 조사하기 위한 시료채취 시기는 Kim et al.(2004)의 결과를 반영하여 *S. carpocapsae* 최종 처리 후 14일째에 실시하였다. 반복 당 $30 \times 30 \text{ cm}^2$ 내의 상토를 3지점에서 채취하여 실내로 옮겨 왔으며 토양곤충분리기를 이용하여 $23 \pm 5^\circ\text{C}$, 상대습도 $60 \pm 10\%$ 의 실험실 내에서 2일간 분리하여 반복 당 평균 생충 수를 조사하였다.

결과

긴수염버섯파리 유충의 서식처 조사

양송이버섯재배 시설 내에서 발생하는 긴수염버섯파리 유충의 서식처를 조사하는 것은 방제제인 곤충병원성 선충의 관주량을 결정해주는 중요한 요소이다. 따라서 양송이버섯 재배 시 사용되는 벚짚배지와 배지에서 뿌러지는 상토를 구분하여 밀도를 조사한 결과(Fig. 1), 긴수염버섯파리 유충은 대부분 상토에서 서식하고 있음을 확인하였다($F = 5.046$, $t = -6.808$, $df = 8$, $P < 0.001$).

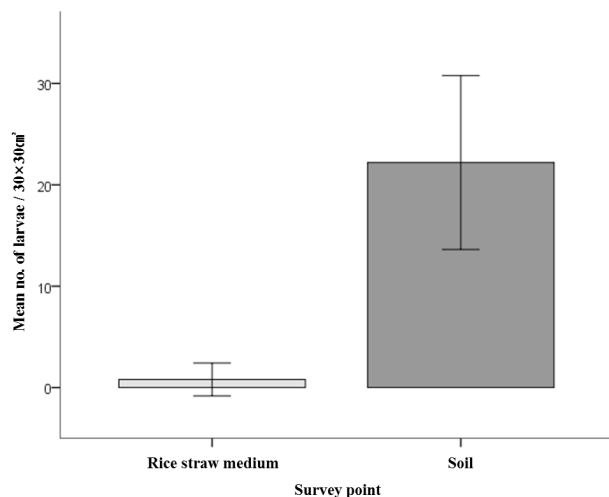


Fig. 1. Average density of *Lycoriella mali* larvae in the rice straw medium and soil in the button mushroom cultivation house (T-test, $P < 0.001$).

곤충병원성 선충을 이용한 긴수염버섯파리 유충의 밀도억제 효과

양송이버섯 재배사에서 발생하는 긴수염버섯파리 유충에 대한 *S. carpocapsae*의 1회 처리에 따른 방제효과는 Tables 1, 2와 같다. 1회 처리 후 긴수염버섯파리 유충에 대한 *S. carpocapsae*의 방제효과는 농도에 따라 방제효과에 차이가 있음을 알 수 있었다. 긴수염버섯파리 유충에 대한 *S. carpocapsae* 2.5×10^5 농도의 방제효과는 1회 살포 후 7일째와 14일째에서 각각 57.2%와 65.4%로 6.0×10^4 농도보다 높은 방제효과를 보였다. 화학약제인 diflubenzuron WP의 방제효과는 1회 살포 후 7일째와 14일째 모두 50% 이하로 낮았다.

양송이버섯 재배사에서 발생하는 긴수염버섯파리 유충에 대한 *S. carpocapsae*의 2회 처리에 따른 방제효과는 Table 3과 같다. 1회 관주처리 대비 2일 간격 2회 처리에서 긴수염버섯파리 유충에 대한 *S. carpocapsae*의 방제효과는 두 농도 처리 모두 높아졌으나 6.0×10^4 농도에서는 66.7%의 방제효과를 보인 반면 2.5×10^5 의 농도에서는 96.8%로 90% 이상의 방제효과를 보였다. 살충제인 diflubenzuron WP의 방제효과는 50% 이하로 낮았다.

본 실험을 수행한 양송이버섯농가도 10년 이상 버섯을 재배하면서 사용한 화학약제에 대한 저항성이 의심될 정도로 화학약제에 대하여 긴수염버섯파리 유충의 감수성이 낮았던 것으로 추정되었다.

곤충병원성 선충은 기주의 입과 항문 또는 기문과 같은 자연 개구부나 표피를 뚫고 침입한다(Woodring and Kaya, 1988). 나비목 유충에 대한 곤충병원성선충의 감수성은 노숙 유충일수록 낮아지는(Kim et al., 2001; Kang et al., 2004) 반면, 작은 뿌리파리와 긴수염버섯파리 유충의 경우는 노숙 유충에 가까울수록 곤충병원성 선충의 기생률이 더 높은 것으로 알려져 있다(Kim et al., 2001; Kim et al., 2003). 이러한 차이는 나방류의 경우 충체의 크기가 증가할수록 곤충병원성 선충의 공생세균에 대한 면역력이 증가하기 때문이고(Park et al., 2003), 작은뿌리파리나 버섯파리류의 경우 충체의 크기가 증가할수록 곤충병원성 선충의 침입과 증식에 유리하게 작용하기 때문이다(Kim et al., 2004). Kim et al.(2004)은 검정날개버섯파리과인 긴수염버섯파리보다 현저히 작은 충체 크기를 가지는 버섯혹파리의 경우 자연개구부를 통한 선충의 침입에 있어 *Steinernema* sp.는 제한적이며 표피침입이 가능한 *Heterorhabditis* sp.는 효과적일 것이라 하였다.

*S. carpocapsae*를 이용한 느타리버섯 긴수염버섯파리 생물적 방제효과 조사에서 2.25×10^5 농도와 4.5×10^5 의 농도로 처

Table 1. Control effects of two formulations of *Steinernema carpocapsae* to *Lycoriella mali* larvae on the 7th day after once spraying in the button mushroom cultivation house

Treatment contents	Concentration (Ijs/m ²)	Survival density (Mean ± SD)	Control effect (%)
<i>Steinernema carpocapsae</i> (A ^b)	2.5 × 10 ⁵	11.8 ± 2.6 b ^a	57.2
<i>Steinernema carpocapsae</i> (B)	6.0 × 10 ⁴	13.8 ± 3.3 b	50.0
Diflubenzuron WP	4 g	24.6 ± 8.7 a	10.9
Control	-	27.6 ± 4.7 a	-

^aWithin columns, means followed by the same letters are not different significantly (One-way ANOVA, P = 0.05).

^bManufacturing company.

Table 2. Control effects of two formulations of *Steinernema carpocapsae* to *Lycoriella mali* larvae on the 14th day after once spraying in the button mushroom cultivation house

Treatment contents	Concentration (Ijs/m ²)	Survival density (Mean ± SD)	Control effect (%)
<i>Steinernema carpocapsae</i> (A ^b)	2.5 × 10 ⁵	12.4 ± 2.7 c ^a	65.4
<i>Steinernema carpocapsae</i> (B)	6.0 × 10 ⁴	17.2 ± 2.6 bc	51.9
Diflubenzuron WP	4 g	24.6 ± 8.7 b	31.3
Control	-	35.8 ± 6.8 a	-

^aWithin columns, means followed by the same letters are not different significantly (One-way ANOVA, P = 0.05).

^bManufacturing company.

Table 3. Control effects of two formulations of *Steinernema carpocapsae* to *Lycoriella mali* larvae on the 14th day after twice spraying every two days in the button mushroom cultivation house

Treatment contents	Concentration (Ijs/m ²)	Survival density (Mean ± SD)	Control effect (%)
<i>Steinernema carpocapsae</i> (A ^b)	2.5 × 10 ⁵	1.0 ± 2.2 d ^a	96.8
<i>Steinernema carpocapsae</i> (B)	6.0 × 10 ⁴	10.4 ± 3.9 c	66.7
Diflubenzuron WP	4 g	19.8 ± 3.0 b	36.5
Control	-	31.2 ± 12.2 a	-

^aWithin columns, means followed by the same letters are not different significantly (One-way ANOVA, P = 0.05).

^bManufacturing company.

리했을 때 7일째에는 28.3%와 41.8%의 유충감소율을 보였던 것이 14일째에는 각각 42.2%와 81.6%의 유충감소율을 보이며 그 효과가 2주간 지속되었다는 선행 연구결과가 있다(Kim et al., 2001). 하지만 농가에서 방제용으로 사용하기 위해서는 90% 이상의 방제효과를 보여야하기 때문에 양송이버섯 긴수염버섯 파리 유충 방제방법으로 90% 이상의 방제효과를 보인 복토 후 최종 2일 간격 2회 살포가 가장 적당한 처리방법인 것으로 판단 된다. 또한, 양송이버섯 재배사 내에 발생하는 버섯파리는 국내에 발생하는 5속 6종의 버섯파리가 모두 발생할 가능성이 높고 버섯파리류의 종류에 따라 *Steinernema* sp.와 *Heterorhabditis* sp.의 방제효과가 달라질 수 있기 때문에 이 두 종의 곤충병원성 선충의 동시사용에 대한 검토가 필요해 보이며, 제조회사에

서는 해충의 종에 따른 두 곤충병원성 선충의 최적 사용농도와 동시활용 재형 또는 방법을 개발하고 제시하는 것이 버섯재배 농가에 경제적인 방제방법을 제공해주는 결과가 될 것이다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원의 지원(과제번호: 012589042018)에 의해 수행한 “충청, 제주지역 돌발, 남방계 해충의 발생실태 및 피해조사” 과제로 수행되었다.

Literature Cited

- Ahn, J.W., Kim, J.S., Cho, K.Y., 1989. The search for naturally occurring herbicidal compounds. I. Screening search for herbicidal substances in higher plants. Korean J. Weed Sci. 9, 69-75.
- Duso, C., Vettorazzo, E., 1991. Esperienze di lotta contro *Bradysia paupera* Tuom. (Diptera: Sciaridae) su carciofo e begonia in coltura protetta. Motiziaro Sullemalattie Deffle Piante. 112, 89-99.
- Gouge, D.H., Hague, N.G.M., 1995. The susceptibility of different species of sciarid flies to entomopathogenic nematodes. J. Helminthol. 69, 313-318.
- Gouge, D.H., Haque, N.G.M., 1994. Control of sciarids in glass and propagation houses, with *Steinernema feltiae*. Brighton Crop Protec. Conf. pp. 1073-1078.
- Grewal, P.S., Richardson, R.N., Collins, G., Edmondson, R.N., 1992. Comparative effects of *Steinernema feltiae* (Nematoda: Steinernematidae) and insecticides on yield and cropping of the mushroom *Agaricus bisporus*. Ann. Appl. Biol. 121, 511-520.
- Grewal, P.S., Tomalak, M., Keil, C.B.O., Gaugler, R., 1993. Evaluation of a genetically selected strain of *Steinernema feltiae* against the mushroom sciarid *Lycoriella mali*. Ann. Appl. Biol. 123, 695-702.
- Kang, Y.J., Lee, D.W., Choo, H.Y., Lee, S.M., Kweon, T.W., Shin, H.K., 2004. Biological control of *Spodoptera depravata* (Butler) (Lepidoptera: Noctuidae) using entomopathogenic nematodes. Korean J. Appl. Entomol. 43, 61-70.
- Kim, H.H., Choo, H.Y., Lee, D.W., Lee, H.S., Jeon, H.Y., Ha, P.J., 2004. Biological control of *Mycophila speyeri* Barnes (Diptera: Cecidomyiidae) using Korean *Steinernema* and *Heterorhabditis* Isolates in *Pleurotus ostreatus* cultivation house. Korean J. Appl. Entomol. 43, 233-239.
- Kim, H.H., Choo, H.Y., Lee, D.W., Lee, S.M., Jeon, H.Y., Cho, M.R., Yiem, S.Y., 2003. Control efficacy of Korean entomopathogenic nematodes against fungus knat, *Bradysia agrestis* (Diptera: Sciaridae) and persistence in bed soil. J. Korean Soc. Hort. Sci. 44, 393-401.
- Kim, H.H., Choo, H.Y., Lee, H.S., Park, C.G., Lee, D.W., Jin, B.R., Choo, Y.H., 2001. Biological control of *Lycoriella mali* (Diptera: Sciaridae), a pest of oyster mushroom, *Pleurotus ostreatus* using entomopathogenic nematodes. Korean J. Appl. Entomol. 40, 59-67.
- Kim, S.R., Choi, K.H., Cho, E.S., Yang, W.J., Jin, B.R., Sohn, H.D., 1999. An investigation of the major dipteran pests on the oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) in Korea. Korean J. Appl. Entomol. 38, 41-46.
- Kwon, S.J., Kim, H.H., Song, J.S., Kim, D.W., Cho, M.R., Yang, C.Y., Kang, T.J., Ahn, S.T., Jeon, S.W., 2013. Molecular identification of fungus gnats from shiitake mushroom in Korea. J. Mushroom Sci. Prod. 11, 201-207.
- Lee, C.J., Yun, H.S., Cheong, J.C., Jhune, C.S., Kim, S.H., Lee, S.J., 2009. Characteristic of Microorganism and effect analysis of spent mushroom compost after cultivation of button mushroom, *Agaricus bisporus*. Korean J. Soil Sci. Fert. 42, 123-131.
- Lee, H.S., Kim, K.C., Chung, B.K., 2001. A report on *Megaselia tamiladuensis* Disney (Diptera: Phoridae) as a pest of oyster mushroom, *Pleurotus ostreatus* in Korea. Korean J. Appl. Entomol. 40, 345-348.
- Lee, H.S., Kim, K.C., Park, C.G., Shin, W.K., 1999a. Description of gungus gnat, *Lycoriella mali* Fitch (Diptera: Sciaridae) from Korea. Korean J. Appl. Entomol. 38, 209-212.
- Lee, H.S., Lee, H.W., Shin, W.G., Park, C.G., 1998. Studies of control of pests and insect pests in mushroom. Report of Kyongnam ARES. 239-246.
- Menzel, F., Smith, J.E., Colauto, N.B., 2003. *Bradysia difformis* Frey and *Bradysia ocellaris* (Comstock): Two additional neotropical species of black fungus gnats (Diptera: Sciaridae) of economic importance: A redescription and review. Ann. Entomol. Soc. Am. 96, 448-457.
- MFAFF. 2006. Actual yield of industrial product.
- Park, C.G., Kim, G.H., Kim, Y.G., 2003. Comparative analysis of host insect immunodepression induced by two entomopathogenic bacteria, *Xenorhabdus nematophilus* and *Staphylococcus gallinarum*, with different pathogenicities. Korean J. Appl. Entomol. 42, 353-360.
- Richardson, P.N., Grewal, P.S., 1991. Comparative assessment of biological (Nematoda: *Steinernema feltiae*) and chemical methods of control for the mushroom fly *Lycoriella auripila* (Diptera: Sciaridae). Biocont. Sci. Technol. 1, 2017-228.
- Richardson, P.N., Hughes, J.C., 1986. Use of the nematode *Heterorhabditis heliothidis* to control mushroom cecidomyiid flies (Diptera: Cecidomyiidae). Atracts XVIII International Nemaology Symposium, Antibes, September, 25 pp.
- Tomalak, M., Lipa, J.J., 1991. Factors affecting entomophilic activity of neoplectana feltiae in mushroom compost. Entomol. Exp. Appl. 59, 105-110.
- White, P.F., 1986. The effect of Sciarid larvae (*Lycoriella auripila*) on cropping of the cultivated mushroom (*Agaricus bisporus*). Ann. Appl. Biol. 109, 11-17.
- Woodring, J.L., Kaya, H.K., 1988. Steinernematidae and heterorhabditid nematodes; A handbook of techniques. Southern Coop. Ser. Bull. 331, Alkansas Agri. Exp. Stn. Fayetteville, AR., 29 pp.
- Yoon, J.B., Kim, H.H., Jung, C.R., Kang, M.G., Kwon, S.J., Kim, D.H., Yang, C.Y., Seo, M.H., 2016. Molecular identification of the dominant species of dark-winged fungus gnat (Diptera: Sciaridae) from button mushroom (*Agaricus bisporus*) in Korea. Korean J. Appl. Entomol. 55, 471-475.