



천연 피레트린을 이용한 긴수염버섯파리 연막 방제

윤정범 · 채익수¹ · 김동환 · 양창열 · 서미혜 · 김형환*

국립원예특작과학원 원예특작환경과, ¹달마시안제충국

Control of Dark-winged Fungus Gnats (*Lycoriella ingenua*) using Mist Fogger with Natural Pyrethrum (*Tanacetum cinerariifolium*)

Jungbeom Yoon, Euisoo Chae¹, Donghwan Kim, Changyeol Yang, Mihye Seo and Hyeonghwan Kim*

Horticultural and herbal crop environment division, National Institute of Horticultural and Herbal Science, RDA, 100, Nongsaengmyeong-ro, Iseo-myeon, Wanju-gun, Jeollabuk-do, 55365, Republic of Korea

¹Dalmatian pyrethrum, 687-66, Bosanwon-ri, Gwangdeok-myeon, Dongnam-gu, Cheonan-si, Chungcheongnam-do, 31218, Republic of Korea

(Received on August 29, 2017. Revised on September 11, 2017. Accepted on September 12, 2017)

Abstract *Lycoriella ingenua* causes severe damage to the artificial sawdust beds used to cultivate mushroom, and reduce the production of button mushroom, *Agaricus bisporus*, in greenhouses. However, the chemical insecticides is difficult to control because of pesticides residue, pesticide resistance and many side effects. We sprayed pyrethrin from *Tanacetum cinerariifolium* with a heating mist fogger system for the environment-friendly natural insecticide development which can replace chemical insecticides. As a result, the fatality and knock-down phenomenon of dark-winged fungus gnats tend to increase as the concentration of the extract increases gradually. Control (only water) had a fatality rate of 0%, 25 fold (132 ppm) showed the fatality rate increased by about 46% compared with the control. Pyrethrum extract (3300 ppm) and 3 fold (1100 ppm) had 100% fatality rates, all the flies died.

Key words *Agaricus bisporus*, *Lycoriella ingenua*, mist fogger, pyrethrins, *Tanacetum cinerariifolium*,

서론

버섯을 가해하는 해충으로는 버섯파리류, 응애류, 선충류가 있으며 이러한 해충들은 재배 중에 발생하면 버섯과 배지를 모두 가해한다(Yoon et al, 2016). 이 중 긴수염버섯파리는 유기물과 균사 등이 먹이원이기 때문에 기주 범위가 넓어 여러 버섯의 주요 해충으로 알려져 있으며 생산량 감소의 주요 원인 중 하나이다. 유충은 버섯배지를 직접 가해하면서 균사를 먹어 절단시키거나 자실체를 파먹으면서 가해 흔적을 남겨 상품성 저하의 피해뿐만 아니라 유충, 성충(Fig. 1) 모두 이동 중에 각종 세균과 푸른곰팡이 등의 병원균, 버섯응애, 선충을 몸에 묻혀 매개함으로써 복합 피해를 유발하기도 한다(Menzel et al, 2003; Kwon et al, 2013;



Fig. 1. Adult (left) and larva (right) of dark-winged fungus gnat (*Lycoriella ingenua*).

Yoon et al, 2016). 그러나 버섯파리 방제용으로 등록된 약제는 충체 표피조직의 키틴 생합성을 저해하여 정상적인 변태나 탈피를 방해해서 살충효과(IGR: Insect growth regulator)를 내는 약제로 양송이버섯과 느타리버섯에 diflubenzuron, 버섯류에 teflubenzuron, 느타리버섯에 cyromazine 3종뿐이며(2017년도 작물보호제 지침서), 양송이버섯의 경우

*Corresponding author
E-mail: hkhkim8753@korea.kr

등록된 약제마저도 균 집중 후, 복토 전후에 처리하는 것이 일반적이며, 그 후에는 농약잔류문제로 약제사용에 제약이 많아 방제가 어려운 실정이다. 또한 등록 약제가 많지 않아 번갈아 살포하더라도 오랜 기간 사용해왔기 때문에 약제 저항성이 의심된다(Yoon et al, 2016).

이렇듯 작물 생산에서 필수불가결한 해충방제 수단으로 오랜 기간 사용해온 유기합성농약의 연용과 남용은 저항성 해충 출현, 토양 및 식품의 잔류, 인축에 대한 독성, 천적 및 유용곤충의 밀도저하, 환경오염과 생태계 교란 등의 부작용을 유발할 수 있어 최근 유기합성농약을 대체할 있는 병해충 방제법이 절실히 요구되고 있는 실정이다(Ahn et al., 1989).

피레트린(pyrethrin)을 함유한 달마시안제충국(*Tanacetum cinerariifolium*, Pyrethrum) 분말은 2천년전 고대로부터 페르시아지역에서 생산되어 실크로드를 따라 전 세계로 알려졌으며, 1804년 나폴레옹 전쟁 때 프랑스 군인들이 이와 벼룩을 제거하기 위해 사용되었고 지금은 가정용 살충제, 유기농재배용 해충방제제, 반려동물의 구충제 등으로 이용되고 있다(Casida, 1980; Chae and Yang, 2014). 달마시안제충국의 생리활성물질인 피레트린에는 피레트린(pyrethrin) I 과 II, 시네린(cinerin) I과 II, 자스몰린(jasmolin) I과 II, 6가지 성분이 포함되어 있으며, 이 중 피레트린 II, 시네린 II, 자스몰린 II를 포함하는 피레트린 용액이 해충을 기절시키는 역할을 하고 피레트린 I, 시네린 I, 자스몰린 I을 포함하는 chrysanthemum monocarboxylic acid 성분이 해충을 죽이는 역할을 한다(Head, 1973; Antonious, 2004; Gunasekara, 2004; Chae and Yang, 2014). 피레트린은 신경축색 전달을 저해하거나 해충 신경계 내 외부자극이 축색막을 통해 전달되는 과정에서 신경세포의 나트륨 채널을 오랫동안 열리게 해서 연속적 탈분극 상태를 유도하여 신경신호 전달을 억제(축색막단에 자극 전달)하는 신경독이다. 즉 충의 기문, 피부 등으로 유입하자마자 신경을 마비시켜 죽게 한다(Boo et al, 2005; Aldana, 2013). 이러한 살충작용은 곤충과 어류에 대해서는 강력한 운동신경 마비작용을 일으키지만 온혈동물에는 독성이 아주 약하므로 사람과 가축에는 해가 없다고 알려져 있다. DDT와 BHC 등 잔류독성이 강한 유기염소계 화학살충제의 사용이 금지된 이후 최근까지 사용되고 있는 살충제는 피레트린 살충성분을 화학적으로 합성한 피레스로이드계(페메트린, 사이페메트린, 테트라메트린, 델타메트린 등) 합성살충제이다.

그러나 천연 피레트린은 살포 후 광(UV), 기온 등에 노출되어 5시간이 경과되면 1%까지 함량이 낮아져 피레스린 성분의 잔류가 없어 농약기준이 엄격한 미국에서도 유기농 농약으로 인증되었으며, 반면 암조건에서는 30시간이 지나도 성분의 80%대의 수준을 유지한다(Aldana, 2013; Chae and Yang, 2014; Crosby, 1995). 이러한 피레트린의 특징에 착안

하여 차광 및 밀폐 환경조건에서 재배되는 버섯을 가해하는 긴수염버섯파리 성충을 대상으로 달마시안제충국을 이용한 가열 연막식 살포의 방제 효과를 조사하여 긴수염버섯파리 방제를 위한 친환경적 천연살충제 개발을 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

재료 및 방법

달마시안제충국 추출물과 연막 확산제

천안 광덕면에서 무농약 재배로 생산한 백화종 달마시안제충국(*Tanacetum cinerariifolium*)을 알코올 추출법으로 추출하였다.

수확 후 말린 달마시안제충국 꽃을 햇빛에 5시간 정도 노출시킨 후, 피레트린 성분의 파괴를 막기 위해 열풍건조기를 이용하여 50°C에서 5-6시간 정도 건조하였다. 말린 달마시안제충국 꽃 100 g을 분쇄(SMX-M41KP, 신일) 후 500 ml의 발효주정(95% 에탄올)에 넣고 3주 이상 침지하면 3,300 ppm의 추출원액을 수득할 수 있었다. 추출원액을 증류수로 100배(33 ppm), 50배(66 ppm), 25배(132 ppm), 10배(330 ppm), 5배(660 ppm), 3배(1,100 ppm) 희석하여 실험에 사용하였다. 연막 확산제는 제충국 성분의 전착성을 높이기 위하여 식물성 글리세린과 물을 1:4의 중량비로 혼합한 용액을 사용하였다.

가열 연막식 살포

양송이 톱밥 균상 재배사(부여 석성면 증산리)에서 흡식 포충기(SI13014, 신일사이언스)를 사용하여 긴수염버섯파리(*Lycoriella ingenua*) 성충(Yoon et al, 2016) 100개체를 채집하였다(Fig. 2).

실험에 사용한 소형 가열식 연막기(KB-100, Kyeong bu)는 부탄가스를 연료로 하며 달마시안제충국 추출물과 연막 확산제를 각각 따로 넣을 수 있게 연료 탱크가 2개 설치되어 있다. 50 × 50 × 50 cm의 투명한 밀폐 아크릴 사육 상자(Fig. 3) 안을 달마시안제충국 추출물 희석별 용액을 연막 살포로 충만시킨 후, 아크릴 상자로부터 비상하여 도주하는 긴수염버섯파리 성충 개체를 막기 위하여 연막 살포 후 즉시 성충이 채집된 흡식 포충기의 흡입병(Ø26×H67 mm)을 아크릴 상자 안에서 개봉하여 방사하였다(Fig. 2). 방사 30분 후 치사한 성충 개체수를 관찰하였으며 실험은 각 시험구마다 3반복하였다. 피레트린은 충의 기문, 피부 등으로 유입하자마자 신경을 마비시키기 때문에 치사하기까지의 시간이 필요하거나 치사 전에 기절(knock-down) 단계를 거치기도 한다(Aldana, 2013; Hedayat, 2009). 본 연구에서 기절한 개체들은 치사 개체수에 포함시켰다. 모든 실험은 양송이 재배사 내(온도 20 ± 3°C, 습도 80% 이상)에서 이루어졌다.



Fig. 2. Adult of dark-winged fungus gnats (left), cage (center) and mist fogger (right) for experiments.

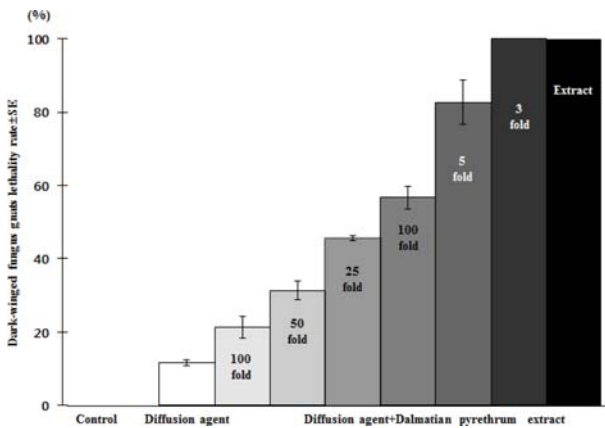


Fig. 3. The insecticidal effect of adult dark-winged fungus gnats according to concentration-dilution with pyrethrum using mist fogger. Control : Only water treatment, Diffusion agent : Only diffusion agents treatment, 100~3 fold : Pyrethrum water dilution solutions + diffusion agents treatments, Extract : Pyrethrum extracts + diffusion agents treatment. Each bar represents average dark-winged fungus gnats (*Lycoriella ingenua*) lethality rate with SE bars.

결과 및 고찰

희석별 달마시안제충국 가열 연막 살포의 긴수염버섯파리 성충 방제 효과를 조사한 결과는 Fig. 3에 나타내었다.

물만을 살포한 무처리구의 성충 치사율은 0%이었으며 아크릴 상자 안을 비상하는 개체들, 상자 안쪽 벽면으로 기어 올라가는 개체들, 바닥에서 움직이는 개체들이 관찰되었다. 확산제만을 살포한 경우 무처리구 대비 치사율이 약 10% 증가하였으며, 비상하는 개체는 관찰되지 않았으며 대부분의 개체가 벽면으로 기어 올라가거나 바닥에서 움직였다. 연막 확산제와 함께 달마시안제충국 추출물을 살포한 경우 농도가 높을수록 성충의 치사율은 증가하는 경향을 보였다. 100배 희석액에서는 무처리구 대비 치사율이 20% 증가하였고, 50배 희석액에서는 31%, 25배 희석액에서는 반수치사량에 못 미치는 46%를 보였으나, 10배 희석액에서는 57%, 5배 희석액에서는 83%로 증가하였다. 3배 희석액과 달마시안제충국 추출원액을 살포한 경우에는 100% 치사하여 농도 의존적으로 살충력이 증가함을 확인하였다.

가정용 살충제, 기피제를 비롯하여 각종 살충제로 이용되

고 있는 피레스로이드계(pyrethroids) 합성살충제의 독성에 관한 보고(Hubert, 1991; Morgana, 2007; Hernández, 2013; Viel 2015)와 더불어 합성물질인 페메트린(permethrin)이 발암물질로서 내분비장애를 일으킬 수 있다는 언론보도로 인해 합성살충제의 위해성 논란이 제기되고 있다. 국제암연구소(IARC)에서는 페메트린이 사람에게 대한 암 유발 가능성이 있는 물질(발암성 물질 등급 2B)로 분류하고 있다. 이러한 합성살충제의 안전성에 관한 우려가 커져 최근에는 제충국을 원료로 사용한 천연 피레트린 살충제가 시판되고 있으나 천연 피레트린의 효력을 높이기 위한 증강제(synergist)로서 합성화학물질인 피페로닐부톡시드(Piperonyl butoxide, PBO)가 많이 사용되고 있다. 이 성분은 미국 환경보호청(EPA)이 그룹 C 발암물질로 지정(그룹 C 발암물질 : 발암물질일 가능성이 없지만 충분한 증거는 확보되지 않은 단계)되어 있으며 아직까지 안정성에 대한 연구가 미흡한 실정이며, 국내에서도 2016년도 10월 식품의약품안전처에서 식품의 농약잔류허용기준(Pesticide MRLs in Food)을 기존의 20.0 mg/kg을 건조과일류 0.2 mg/kg b.w.l/day, 기타농산물 0.05 mg/kg b.w.l/day, 아몬드 0.8 mg/kg b.w.l/day 등을 재설정하였다. 또한 천연 피레트린 성분을 사용한 살충제라도 피페로닐부톡시드와 같이 합성화학물질이 함유되어 있으면 유기농 재배농가에서는 사용 할 수 없다.

효력증강제는 자체만의 살충 효과는 부족할 수 있지만 피레트린 활성 성분의 살충 속성을 향상시키는 물질이다. 고가의 살충원제를 적게 사용하더라도 큰 효과를 보기 위함이나, 고농도 살충원제의 사용으로 인해 발생하는 여러 부작용을 줄이기 위하여 과거 여러 천연 및 합성증강제의 연구 보고가 있었으나 현재에는 피페로닐부톡시드와 같은 합성화학증강제가 사용되어지고 있다(Chae and Yang, 2014). 따라서 향후 천연 피레트린의 효과 증진을 위하여 우리나라에서 재배, 생산이 용이한 식물유래물질, 안전성이 확보된 천연 효력증강제의 추가 연구와 아울러 무농약 및 유기농 재배에서도 사용 가능한 친환경 살충제 개발이 필요하다.

본 결과는 국내에서 원료 재배 생산이 가능한 달마시안제충국을 이용한 천연 연막 살충제 개발을 목적으로 유기합성 농약을 사용할 수 없는 버섯재배 환경에서 피해를 주는 긴수염버섯파리 예방 및 방제법에 대한 가능성을 제시하였으

며, 환경친화적 천연 살충제의 원료로서 피레트린을 재조명하였다. 또한 피레트린을 함유한 달마시아제충국의 이용은 친환경적 해충방제 수단으로서 농업, 축산 등 다양한 분야에서 활용이 가능할 것이다.

사 사

이 연구는 2016년도 농촌진흥청 국립원예특작과학원의 공동연구비(PJ011125 022015)로 수행된 연구결과입니다.

Literature cited

- Ahn, J. W., J. S. Kim and K. Y. Cho (1989) The search for naturally occurring herbicidal compounds. I. Screening search for herbicidal substances in higher plants. *The Korean Journal of Weed Science*. 9(1):69-75.
- Aldana, R. (2013) Pyrethrum secondary metabolism: Biosynthesis, localization and ecology of defence compounds. Wageningen University, Aula. Netherlands pp. 187.
- Antonious, G. F. (2004) Residues and half-lives of pyrethrins on field-grown pepper and tomato. *Journal of Environmental Science and Health, Part-B Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*. B39(4):491-503.
- Boo, K. S., Y. G. Kim, G. C. Park and M. Y. Choi (2005) *Insect hormones and physiology*. Seoul University Press. Seoul, Korea. pp. 875.
- Casida, J. E. (1980) Pyrethrum flowers and pyrethroid insecticides. *Environmental Health Perspectives*. 34:189-202.
- Casida, J. E. and G. B. Quistad (1995) Pyrethrum; A benefit to human welfare. In "Pyrethrum flowers; Production, chemistry, toxicology, and uses". Casida, J. E., Quistad, G. B. Eds; Oxford University Press: New York, NY. pp. 345-350.
- Chae, E. S. and Y. T. Yang (2014) *Pyrethrum*. Gongok Publishing Company Ltd: Seoul, Korea, pp. 332.
- Crosby, D. G. (1995) Environmental fate of pyrethrins. In "Pyrethrum flowers; Production, chemistry, toxicology, and uses". Casida, J. E., Quistad, G. B. Eds; Oxford University Press: NY, USA. pp. 194-213.
- Gunasekara, A. S. (2004) Environmental fate of pyrethrins. Environmental monitoring branch department of pesticide regulation. http://cdpr.ca.gov/docs/emon/pubs/fatememo/pyrethrin_efate2.pdf. (Revised 2005) (November 2014).
- Head, S. W. (1973) Composition of pyrethrum extract and analysis of pyrethrins. In "Pyrethrum; The natural insecticide". Casida J. E. Eds; Academic Press: New York, NY. pp. 25-49.
- Hedayat, M., G. H. Abdi and M. Khosh-Khui (2009) Regeneration via direct organogenesis from leaf and petiole segments of pyrethrum [*Tanacetum cinerariifolium* (Trevir.) Schultz-Bip.]. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*. 6(1):81-87
- Hernández, A. F., T. Parrónb, A. M. Tsatsakisd, M. Requenab, R. Alarcónc and O. López-Guamidoa (2013) Toxic effects of pesticide mixtures at a molecular level: Their relevance to human health. *Toxicology*. 307:136-145.
- Hubert, L. S. (1991) Permethrin transfer from treated cloth to the skin surface: Potential for exposure in humans. *Journal of Toxicology and Environmental Health*. 35:91-105.
- Joffe, T. (2011) Evaluation of potential pyrethrum synergists on agriculturally significant insect species. University of Tasmania, Australia, pp. 263.
- Kwon, S. J., H. H. Kim, J. S. Song, D. W. Kim, M. R. Cho, C. Y. Yang, T. J. Kang, S. T. Ahn and S. W. Jeon (2013) Molecular identification of fungus gnats from shiitake mushroom in Korea. *Journal of Mushrooms*. 11(4):201-207.
- Menzel, F., J. E. Smith and N. B. Colauto (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. *Annals of the Entomological Society of America*. 96:448-457.
- Morgana, M. K., L. S. Sheldona, C. W. Croghana, P. A. Jonesa, J. C. Chuangb and N. K. Wilson (2007) An observational study of 127 preschool children at their homes and daycare centers in Ohio: Environmental pathways to cis- and trans-permethrin exposure. *Environmental Research*. 104:266-274.
- Soderlund, D. M. and D. C. Knipple (2003) The molecular biology of knockdown resistance to pyrethroid insecticides. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*. 33:563-577.
- Viel, J. F., C. Warembourg, G. Le, Maner-Idrissi, A. Lacroix, G. Limon, F. Rouget, C. Monfort, G. Durandd, S. Cordier and C. Chevrierr (2015) Pyrethroid insecticide exposure and cognitive developmental disabilities in children: The Pelagie mother-child cohort. *Environment International* 82:69-75.
- Yoon, J. B., H. H. Kim, C. R. Jung, M. G. Kang, S. J. Kwon, D. H. Kim, C. Y. Yang and M. H. Seo (2016) Molecular identification of the dominant species of dark-winged fungus gnat (Diptera: Sciaridae) from button mushroom (*Agaricus bisporus*) in Korea. *Korean Journal of Applied Entomology*. 55(4):471-475.

천연 피레트린을 이용한 긴수염버섯파리 연막 방제

윤정범 · 채의수¹ · 김동환 · 양창열 · 서미혜 · 김형환*

국립원예특작과학원 원예특작환경과, ¹달마시안제충국

요 약 버섯을 가해하는 긴수염버섯파리는 배지, 자실체를 직접 가해하고 각종 병원균, 버섯응애, 선충을 몸에 묻혀 매개함으로써 복합 피해를 유발하기도 한다. 본 연구는 국내에서 원료 재배 생산이 가능한 달마시안제충국 (*Tanacetum cinerariifolium*, pyrethrum)을 이용한 천연 살충제 개발을 위하여 유기합성농약을 사용할 수 없는 버섯재배 환경조건에서 피해를 주는 긴수염버섯파리 성충을 대상으로 달마시안제충국 추출물을 이용한 가열 연막 살포의 살충효과를 조사하였다. 그 결과 연막 확산제만을 살포한 경우 무처리구 대비 치사율이 10% 증가하였고 연막 확산제와 함께 달마시안제충국 추출물을 살포한 경우 농도가 높을수록 성충의 치사율은 증가하는 경향을 보였다. 100배 희석액에서는 치사율이 20% 증가하였고, 50배 희석액에서는 31%, 25배 희석액에서는 반수치사량 LD₅₀에 약간 못미치는 46%, 10배 희석액에서는 57%, 5배 희석액에서는 83%로 증가하였다. 3배 희석액과 달마시안제충국 추출원액을 살포한 경우에는 전 개체가 치사하였다. 따라서, 달마시안제충국 추출물을 가열 연막식으로 살포할 경우 농도가 진할수록 긴수염버섯파리에 대한 살충력이 증가함을 확인하였다. 피레트린을 함유한 달마시안제충국의 이용은 친환경적 해충방제 수단으로서 농업, 축산 등 다양한 분야에서 활용이 가능할 것이다.

색인어 달마시안제충국, 피레트린, 가열 연막, 양송이, 긴수염버섯파리