

Original article

흰점박이꽃무지에 발생하는 병원성 곰팡이 *Metarhizium anisopliae*에 대한 옷나무 추출액의 항진균 효과

김남희^{1,2} · 송명하¹ · 김은선¹ · 김용순^{1,*} · 박관호¹ · 김선영¹

¹국립농업과학원 곤충산업과, ²국립생태원 외래생물연구팀

The Antifungal Effect of *Rhus verniciflua* Stokes against *Metarhizium anisopliae* on the Edible Insect, *Protaetia brevitarsis* (Coleoptera). Nang-Hee Kim^{1,2} (0000-0001-6369-5813), Myung-Ha Song¹ (0000-0003-3709-0612), Eunsun Kim¹ (0000-0002-5497-4260), Yongsoon Kim^{1,*} (0000-0001-5310-2201), Kwan-Ho Park¹ (0000-0002-3147-8651) and Sunyoung Kim¹ (0000-0002-9953-0110) (¹Industrial Insect Division, National Institute of Agricultural Science, Rural Development Administration, Wanju, Jeonbuk 55365, Republic of Korea; ²Invasive Alien Species Research Team, National Institute of Ecology, Maseo, Seochon 33657, Republic of Korea)

Abstract The white-spotted flower chafer (*Protaetia brevitarsis*) larva is one of the insects widely-used for edible and medicinal purposes in Eastern Asia. As a result of increasing demand for *P. brevitarsis*, mass-rearing systems in domestic farms have become necessary. However, the mass-rearing of larvae under confined rearing conditions could provide conditions unsuitable for preventing entomopathogenic diseases. *Metarhizium anisopliae* is the strongest fatal entomopathogenic fungus against *P. brevitarsis*. For inhibition of *M. anisopliae*, we used a *Rhus verniciflua* Stokes extract that has antifungal components. We investigated the inhibitory effect of the *R. verniciflua* extract at 1%, 5%, and 10% concentrations. The results showed that a 1% *R. verniciflua* extract added to sawdust produced a significantly low *P. brevitarsis* mortality rate. Moreover, extract-treated groups were heavier and had a shorter larval period than those of the untreated group. Consequently, we suggest that using an *R. verniciflua* extract can reduce the *P. brevitarsis* fatality rate from entomopathogenic fungi (e.g. *M. anisopliae*), resulting in more effective mass-rearing systems for *P. brevitarsis*.

Key words: *Rhus verniciflua*, *Protaetia brevitarsis*, entomopathogenic fungi, antifungal component

서 론

흰점박이꽃무지(*Protaetia brevitarsis*)는 딱정벌레목(Coleoptera)에 속하는 곤충으로 한국, 중국, 동아시아, 유럽 등 온대지역에 널리 분포하고 있다(Park *et al.*, 1994). 유충 시기

에는 고사된 나무나 퇴비, 유기물질이 풍부한 부엽토 등을 먹이원으로 이용하며 그 속에서 번데기가 될 때까지 서식한다. 우리나라에서는 오래 전부터 흰점박이꽃무지 유충을 굼벵이(white grubs)라 하였으며 식용 및 약용으로 가장 많이 이용되고 있는 곤충 중 하나이다(Kim and Kang, 2005). 유충은 구내염, 파상풍, 중풍 등을 치료하는 데 효과가 있는 것으로 알려져 있으며 다양한 연구를 통해 감염, 간경화, 피로회복, 항암효과 등이 입증되었다(Lee *et al.*, 2001; Kim *et al.*, 2005; Yoo *et al.*, 2007). 흰점박이꽃무지 유충은 장수풍뎅

Manuscript received 21 September 2020, revised 5 December 2020, revision accepted 5 December 2020
* Corresponding author: Tel: +82-63-238-2992,
E-mail: kaiko0214@korea.kr

이 유충, 백강잠, 누에, 메뚜기, 갈색거저리 유충, 쌍별귀뚜라미 등과 함께 2016년에 식품의약품안전처(Ministry of Food and Drug Safety) 인증을 통해 일반식품 원료로 등록되었으며 이에 따라 흰점박이꽃무지 유충에 대한 관심과 수요가 증가하고 있다. 국내의 흰점박이꽃무지 사육농가는 430여 곳 이상으로 사육 농가 수 또한 꾸준히 증가하고 있는 추세이다 (Song *et al.*, 2017b).

대부분의 농가에서 곤충 사육 시 공간 효율성을 높이기 위해 좁은 공간에서 대량으로 유충을 사육한다(Riddick and Wu, 2015; Kim *et al.*, 2020). 이러한 사육 방식은 곤충 병원성 질병 발생에 취약한 환경을 제공하며, 유충 사육 시 발생하는 곤충 병원성 질병에 의한 집단 폐사는 사육농가의 유충 생산성을 감소시킨다. 곤충에게 질병을 일으키는 곤충 병원성 곰팡이(Entomopathogenic fungi)는 전 세계적으로 700여 종이 알려져 있으며 대표적으로는 *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Lecanicillium lecanii* 등이 있다 (Goettel *et al.*, 2005). 이 중 *Metarhizium anisopliae*는 녹강병을 일으키는 곰팡이로 세계적으로 널리 분포하고 있고 식물 잎의 표면, 토양 등에서 서식한다(McGuire and Northfield, 2020). 녹강병은 유충이 먹이를 섭취할 때 또는 표피 접촉을 통해 감염되며 흰점박이꽃무지 유충 사육 시 가장 흔하게 발생하는 질병 중 하나이다. 녹강균은 곤충의 지방 세포를 파괴하여 영양분 흡성과 저장 능력을 저하시키며 녹강균에 감염된 흰점박이꽃무지 유충은 몸이 딱딱하게 굳어 죽게 되고 충체에 짙은 녹색의 녹강균 포자가 형성된다(Kim *et al.*, 2020). 이렇게 형성된 녹강균 포자는 전염성이 매우 높으며 한정된 공간에서 유충을 대량사육 시 집단 폐사를 일으킨다.

옷나무(*Rhus verniciflous* Stokes)는 옷나무과에 속하는 교목으로 우리나라를 비롯한 동북아시아에 널리 분포하고 있으며 우리나라에서는 한약재, 염료, 염료, 천연도료 등으로 사용되고 있다(Kim and Jo, 1997). 옷나무에는 우루시올(urushiol), 고무질, 합질소물질, 효소, 수분 등을 포함하며 우루시올, 플라보노이드(flavonoid), 갈산(gallic acid) 등의 성분을 함유하고 있다(Kim *et al.*, 2002). 옷나무의 성분은 항암, 항산화, 항균 및 항진균 효과 등이 입증되었으며 대장균(*Escherichia coli*), 비브리오균(*Vibrio anguillarum*), *Edwardsiella tarda*에 대한 억제 효과가 보고되었다(Min *et al.*, 2013).

이 연구에서는 흰점박이꽃무지 유충을 대상으로 항균 및 항진균 효과가 있는 옷나무 추출액을 먹이원에 첨가하여 녹강균 발생 억제 효과 여부를 규명하였다. 또한 옷나무 추출액을 첨가하여 굵어 시 유충의 체중 증가에 어떠한 영향을 미치는지 밝히고자 수행되었다.

재료 및 방법

1. 실험 균주 및 곤충

실험에서 사용된 녹강병의 원인균인 녹강균(*Metarhizium anisopliae*)은 국립농업과학원 미생물은행(Korean agricultural culture collection, KACC)에서 분양받아 사용하였다(KACC 40969). 배양 받은 녹강균은 SDAY (Sabouraud Dextrose Agar Yeast) 배지에 배양하였으며 25±2°C 조건에서 3주 이상 배양한 뒤 포자 형성 여부를 확인 후 실험에 사용하였다. 곰팡이의 포자가 형성되면 0.02% tween 20에 희석하여 포자현탁액으로 만들어 사용하였다. 포자현탁액은 참나무 발효 톱밥 100g당 1×10⁷ conidia/mL의 농도로 처리하였으며 대조구에는 0.02%의 tween 20 (sigma aldrich)을 처리하였다. 곰팡이 처리 후 10주 동안 녹강병에 의한 유충의 치사율을 확인하였다. 녹강병 감염 여부는 죽은 유충의 표피에 녹강균 포자 형성이 확인되면 녹강균에 의해 치사한 것으로 판단하였다(Fig. 1).

흰점박이꽃무지 유충은 국립농업과학원 곤충산업과에서 분양받아 사용하였다. 흰점박이꽃무지 사육 시 발생하는 녹강병에 대한 옷나무 추출액의 효과를 검증하기 위해 3령 초기 유충을 사용하였고 무게가 균일한 유충(1.1~1.2 g)을 선별하였다. 유충의 사육 환경은 온도 25°C, 상대습도 60%, 톱밥의 수분함량 60% 조건에서 사육하였다. 직사각형의 사육 용기(210×120×130 mm, 서원플라스틱)에 발효톱밥(굽라이프)과 흰점박이꽃무지 유충을 10개체씩 사육하였다.

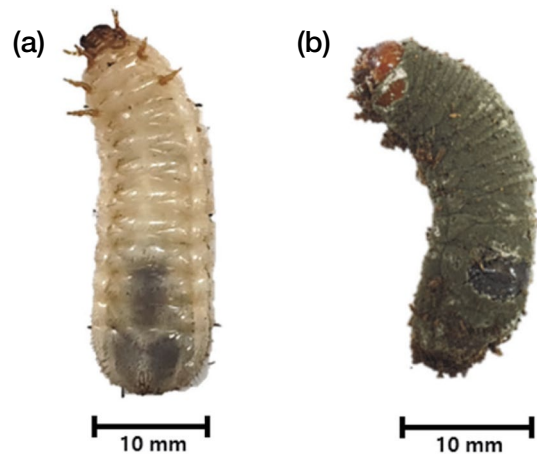


Fig. 1. Third instar larvae of *Protetaia brevitarsis*. (a) Non-infected larva and (b) larva infected by *Metarhizium anisopliae* fungus. Infected larvae appear to stiffen and show dark green spores on their epidermis.

2. 옷나무 추출액 처리

실험에서 사용된 옷나무 추출액은 시중에서 판매되고 있는 제품으로 피부에 알레르기를 일으키지 않는 제품을 사용하였다(참옷생, 형성바이오). 옷나무 추출액 첨가 농도는 1%, 5%, 10%로 처리하였으며 처리 방법은 3차 증류수에 옷나무 추출액을 희석하여 건조된 참나무 발효톱밥에 섞어 톱밥 수분함량을 60%로 맞춘 후 급여하였다. 실험은 1주 간격으로 수행되었으며 처리구별 추가적인 톱밥 급여는 실험 시작 이후 2주 간격으로 기존에 있는 톱밥에서 분변을 제거한 뒤 첨가하였다. 실험은 대조구와 실험구에 대해 각각 5반복 실험하였다.

3. 통계 분석

흰점박이꽃무지 사육 시 발생하는 녹강병에 대해 옷나무 추출액의 녹강병 발생 억제 효과와 증체량 증가를 검정하기 일원분산분석(one-way ANOVA)을 통해 각 평균 간의 유의성을 비교하였다(PAST, version 2.17c. Hammer *et al.*, 2001). 일원분산분석 결과 통계적 유의성이 있는 경우 Tukey's HSD test를 이용하여 $p < 0.05$ 수준에서 그룹 간의 유의성 차이를 검증하였다. 결과에 흰점박이꽃무지 유충의 치사율은 평균 \pm 표준오차(SE), 체중은 평균 \pm 표준편차(SD)로 표기하였다.

결과 및 고찰

1. 옷나무 추출액 처리에 따른 녹강병 발생 억제 효과

옷나무 추출액 처리에 따른 흰점박이꽃무지의 녹강병 감염에 의한 치사율을 확인한 결과 옷나무의 녹강병 감염 억제 효과를 확인할 수 있었다(Fig. 2). 흰점박이꽃무지에 1%, 10% 옷나무 추출액을 처리구한 경우 녹강병 감염율이 대조구에 비해 유의미하게 낮았고, 1% 옷나무 처리구에서 녹강균 감염에 의한 치사율이 가장 낮게 나타났다(Tukey HSD test $p < 0.05$). 흰점박이꽃무지 유충의 녹강균 감염에 의한 최종 치사율은 대조구 74 (± 8.1)%, 1% 옷나무 추출액 처리구에서 34 (± 7.5)%, 5% 옷나무 추출액 52 (± 13.2)%, 10% 옷나무 추출액 38 (± 11.1)%로 나타났다. 녹강균에 의한 유충의 치사가 나타난 시기는 1%와 5% 옷나무 추출액 처리구에서 녹강균 처리 후 4주 이후, 대조구와 10% 옷나무 추출액에서 5주 이후부터 나타나기 시작하였으며 대조구에서 6주 이후 유충의 치사율이 급격히 증가하였다(Fig. 3). 1%, 5%, 10% 옷나무 추출액 처리구는 녹강균에 의한 유충 치사율이 서서히 증가하는 경향을 보여 옷나무 추출액의 녹강균 성장 억제 효

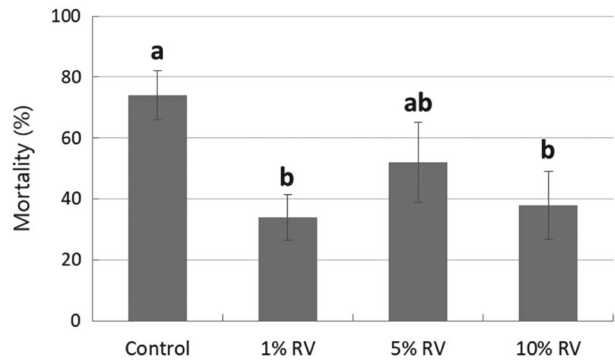


Fig. 2. Mortality rate of third instar *Protactia brevitarsis* larvae infected by *Metarhizium anisopliae* and reared under different concentration (%) of *Rhus verniciflua* Stokes extract (1% RV, 5% RV and 10% RV). Bars indicate mean \pm standard error values. Different letters on the bars indicate significant difference among treatments based on Tukey's HSD multiple comparison test ($p < 0.05$).

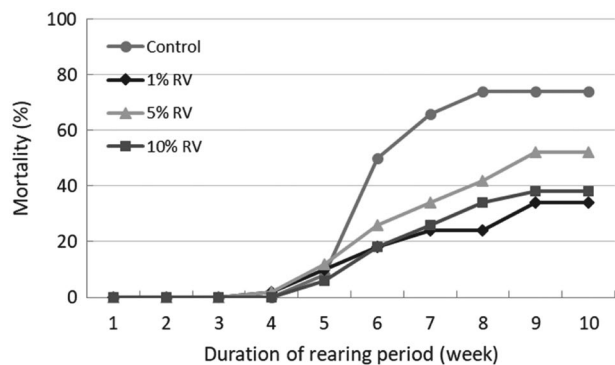


Fig. 3. Mortality rate change in 3rd instar *Protactia brevitarsis* larvae reared with different concentrations (%) of *Rhus verniciflua* Stokes extract (1% RV, 5% RV and 10% RV). Larva mortality was observed over 10 weeks in each group.

과를 확인하였다.

옷나무 추출액의 세균 및 곰팡이 성장 억제 효과는 다른 연구에서도 확인되었다. Song *et al.* (2012)의 연구에서는 고추에 발생하는 곰팡이균인 탄저균(*Colletotrichum gloeosporioides*)에 대해 옷나무 추출액의 항진균 효과와 병 발생 억제 효과를 확인하였다. 옷나무 추출액은 우루시올, 플라보노이드 등을 함유하고 있다. 옷나무의 생리활성은 주로 우루시올 성분에 의한 것으로 알려져 있으나(Na *et al.*, 1998) 일부 동물 실험에서 독성이 확인되었다(Kim *et al.*, 2002). 이 연구에서는 알레르기를 유발시키는 성분인 우루시올 성분이 제거된 옷나무 추출액을 사용하였다. 우루시올 성분 이외에 식물에서 추출된 플라보노이드와 같은 페놀(phenol)성 물질 또한 항균활성이 있는 것으로 밝혀졌다(Kang *et al.*, 2010; Lee

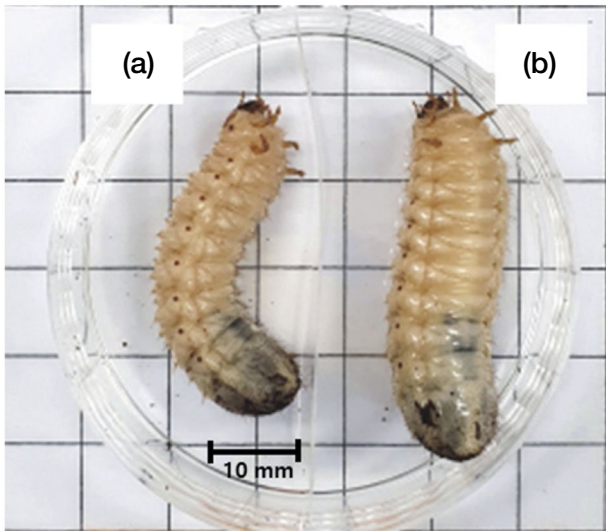


Fig. 4. Difference of body size of *Protactia brevitaris* larva showing effects of feeding *Rhus verniciflua* Stokes extract (a) control larva under normal conditions and (b) larva treated with with *R. verniciflua* extract.

et al., 2013). 옷나무에서 추출된 플라보노이드는 독성이 없으며 세포 실험을 통해 암세포 증식을 억제하여 항암효과를 나타내는 것으로 확인되었다(Kim *et al.*, 2002). 옷나무의 성분 중 하나인 메틸 갈레이트(methyl gallate)는 *E. coli*, *E. tarda*, *Streptococcus mutans*, *Salmonella typhimurium* 등에 대해 항균효과를 보이는 것으로 나타났다(Min *et al.*, 2013). 따라서 옷나무의 플라보노이드, 메틸 갈레이트 등 다양한 성분이 녹강균의 성장을 억제하여 항진균 작용에 관여할 것으로 추측된다.

2. 옷나무 추출액 처리에 따른 유충의 체중 변화

흰점박이꽃무지 유충에 옷나무 추출액을 처리한 결과 유충의 체중 증가 효과를 확인할 수 있었다(Fig. 4). 1% 옷나무 추출액 처리구에서 3령 유충의 무게가 2.883 (±0.128) g으로 가장 무거웠고 10% 옷나무 추출액, 5% 옷나무 추출액 처리구, 대조구 순으로 유충 무게가 무거웠으나 유의한 차이를 보이지 않았다(Tukey HSD test $p < 0.05$) (Fig. 5). 유충의 무게는 1% 옷나무 추출액 처리 시 1~2주차에 급격히 증가하였으며 이후에는 완만한 증가세를 보였다. 일반적으로 참나무 발효톱밥을 급여한 경우 3령 후기 유충의 무게는 2.12~2.64 g으로(Kim and Kang, 2005; Yoon *et al.*, 2016) 옷나무 추출액을 첨가하여 급여할 경우 유충의 무게가 더 무거운 것을 확인할 수 있었다.

3령 유충의 기간은 일반톱밥을 급여한 대조구에서 52.4 (±

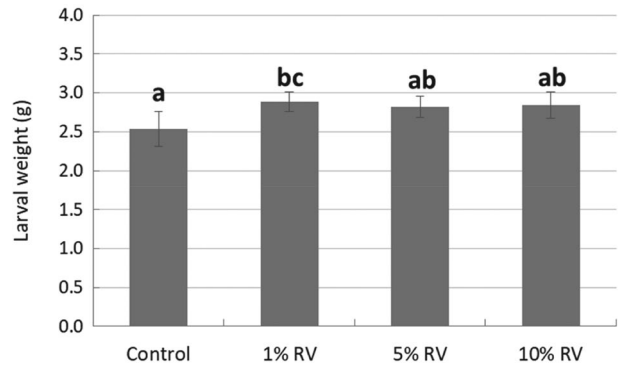


Fig. 5. Body weight of third instar *Protactia brevitaris* reared with *Rhus verniciflua* Stokes extract (1% RV, 5% RV and 10% RV). Bars indicate mean ± standard deviation values. Different letters on the bars indicate significant difference among treatments based on Tukey’s HSD multiple comparison test ($p < 0.05$).

Table 1. The larval period of the 3rd instar and pupation rate of *Protactia brevitaris* with treatment of different concentrations (%) of *Rhus verniciflua* Stokes extract. Data are presented as mean ± standard deviation.

Concentration (%) of <i>R. verniciflua</i>	Larval period (days)	Pupation rate (%)
Control	52.4 ± 7.23	48 ± 45.5
1.0 (%)	25.0 ± 7.04	52 ± 8.37
5.0 (%)	26.8 ± 6.83	44 ± 16.73
10.0 (%)	25.4 ± 4.56	52 ± 16.43

7.23)일로 가장 길었고, 1% 옷나무 추출액 처리구에서 25 (±7.04)일로 가장 짧아 처리구의 유충 기간이 단축되는 것을 확인하였다(Table 1). 이는 옷나무 추출액을 급여한 유충이 일반 참나무 발효톱밥을 급여한 유충보다 상대적으로 빠르게 성장한다는 것을 의미한다. 농가에서 유충 사육 시 옷나무 추출액을 함께 급여한다면 농가의 유충 출하 시기를 단축하는 데 도움이 될 것이다. 실험기간 동안 유충의 용화율은 44~52%로 나타났으며 1%와 10% 옷나무 추출액 처리구에서 가장 높았고 5% 옷나무 추출액 처리구에서 가장 낮았다. 유충의 용화율은 절반 정도로 비교적 낮았는데 실험 기간이 10주로 한정되었기 때문에 나타난 결과로 생각되며 사육 기간이 길어진다면 유충의 무게나 용화율이 더 높아질 가능성이 있다(Song *et al.*, 2017a). 옷나무 추출액 처리하여 유충에 급여 시 치사율은 1%, 5% 옷나무에서 2 (±2)%, 10% 옷나무 처리구에서 4 (±2.4)%로 나타나 일반톱밥(치사율 2%)과 차이가 없어 흰점박이꽃무지 유충에 대한 옷나무 추출액의 독성은 낮았다.

동물 사육 시 옷나무 추출액을 급여할 경우 육계와 산란계의 계란 내 지방 산화 억제 효과를 나타내었으며 사료 섭취량을 줄이고 증체량, 산란율과 계란 품질을 향상시키는 것으로 나타났다(Son and Kim, 2004; Kang *et al.*, 2008). 또한 소와 돼지 사료에 옷나무를 첨가하여 급여할 경우 저장 기간 중 지방 산화가 억제되어 항산화 효과가 확인되었으며 옷나무의 플라보노이드 성분 중 sulfuretin과 fustin이 관련이 있는 것으로 나타났다(Park *et al.*, 2002; Kang *et al.*, 2006; Kim *et al.*, 2006). 따라서 흰점박이꽃무지 유충 사육 시 옷나무 추출액을 첨가하여 급여할 경우 유충의 체중 증가 효과 및 유충 성장 촉진뿐만 아니라 유충 수확 이후 보관 시 항산화 효과로 인해 장기간 좋은 품질을 유지하는 데 도움이 될 것이다. 유충 사육 시 곰팡이나 세균을 제거하기 위한 살균제로 주로 락스의 성분인 차아염소산나트륨(Sodium hypochlorite, NaClO)을 사용한다. 차아염소산나트륨은 부식성이 매우 강하며 염소가스로 인해 호흡기에 문제를 발생시킨다. 이 연구에서 사용된 옷나무 추출액은 흰점박이꽃무지 유충과 인체에 안전하기 때문에 친환경 항진균제로 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

이 연구를 통해 흰점박이꽃무지 유충 사육 시 옷나무 추출액을 먹이원인 참나무 발효톱밥에 첨가하여 급여할 경우 유충의 녹강균 감염에 의한 치사율을 낮추고 증체량을 높이는 데 효과가 있는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 옷나무 추출액의 항진균 효과 기작에 대한 연구는 아직 부족하며 이에 대한 추가적인 연구가 진행된다면 옷나무 추출액을 식용곤충 사육 시 더욱 광범위하고 효과적으로 적용할 수 있을 것으로 사료된다.

적 요

흰점박이꽃무지(*Protaetia brevitarsis*) 유충은 동아시아에서 식용 및 약용으로 널리 사용되고 있다. 흰점박이꽃무지 수요 증가로 인해 유충의 대량 사육 방법이 필요하지만 좁은 공간에서 대량으로 유충을 사육할 경우 곤충 병원성 질병 감염에 취약해진다. *Metarhizium anisopliae*는 흰점박이꽃무지 유충에 치명적인 곤충 병원성 곰팡이 중 하나이다. 이를 저해하기 위해 항진균 성분이 함유된 옷나무(*Rhus verniciflua* Stokes) 추출액을 첨가하였고, 연구 결과 1% 옷나무 추출액을 첨가한 경우 녹강균에 의한 유충의 치사율이 유의미하게 낮았다. 또한 일반톱밥을 급여한 대조구에 비해 옷나무 추출액 처리구에서 유충의 무게가 더 무거웠고 유충 기간이 짧아지는 것을 확인하였다. 따라서 이 연구를 통해 곤충 병원성 곰팡이에 대한 옷나무 추출액의 항진균 효과를 확인할 수 있

었으며 흰점박이꽃무지 유충 사육 시 옷나무 추출액을 첨가하여 급여한다면 병원성 곰팡이에 의한 유충의 치사율을 낮추고 증체량을 높이는 데 효과가 있을 것이다.

저자정보 김남희(국립생태원 외래생물연구팀 연구원), 송명하(국립농업과학원 전문연구원), 김은선(국립농업과학원 농업연구사), 김용순(국립농업과학원 농업연구관), 박관호(국립농업과학원 농업연구사), 김선영(국립농업과학원 농업연구사)

저자기여도 개념설정: 김용순, 김남희, 연구설계: 김남희, 자료분석: 김남희, 송명하, 원고검토 및 논의: 김남희, 송명하, 김은선, 김용순, 박관호, 김선영

이해관계 본 연구에는 이해관계 충돌의 여지가 없습니다.

연구비 이 연구는 국립농업과학원의 기관고유사업(과제번호: PJ0142152020)의 지원을 받아 수행되었습니다.

REFERENCES

- Goettel, M.S., J. Eilenberg and T. Glare. 2005. Entomopathogenic fungi and their role in regulation of insect populations, pp. 361-405. *In: Molecular insect science* (Gilbert, L.K., K. Iatrou and S.S. Gill, eds.). Elsevier, New York, USA.
- Hammer, Ø., D.A.T. Harper and P.D. Ryan. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Paleaeontologica Electronica* **4**: 1-9.
- Kang, H.K., G.H. Kang, J.C. Na, D.J. Yu, D.W. Kim, S.J. Lee and S.H. Kim. 2008. Effects of feeding *Rhus verniciflua* extract on egg quality and performance of laying hens. *Korean Journal of Food Science of Animal Resources* **28**: 610-615.
- Kang, M.A., M.B. Kim, J.H. Kim, Y.H. Ko and S.B. Lim. 2010. Integral antioxidative capacity and antimicrobial activity of pressurized liquid extracts from 40 selected plant species. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition* **39**: 1249-1256.
- Kang, S.M., D.W. Kim and S.K. Lee. 2006. Effect of feeding levels and periods of dietary *Rhus verniciflua* Stokes at finishing stage on the meat quality of pigs during refrigerated storage. *Journal of Animal Science and Technology* **48**: 727-738.
- Kim, H.G. and K.H. Kang. 2005. Bionomical characteristic of *Protaetia brevitarsis*. *Korean Journal of Applied Entomology* **44**: 139-144.
- Kim, H.G., K.H. Kang and C.Y. Hwang. 2005. Effect of some environmental factors on oviposition and developmental characteristic of *Protaetia brevitarsis* and *Allomyrina dichotoma*. *Korean Journal of applied Entomology* **44**: 283-286.

- Kim, M.J. and J.O. Hyun. 1997. Genetic variantion in urushiol coponents of *Rhus verniciflua* Stokes. *Korean Journal of Breeding* **29**: 115-123.
- Kim, N.H., E. Kim, M.H. Song, K.W. Kawk, K.H. Park and Y. Kim. 2020. Pathogenicity of entomopathogenic fungus, *Metarhizium anisopliae* in *Protaetia brevitarsis seulensis*. *Korean Journal of Ecology and Environment* **53**: 73-79.
- Kim, T.H., K.M. Lee, K.R. Kwon and S.M. Choi. 2002. A literature study on lacquer poison. *Journal of Pharmacopuncture* **5**: 159-169.
- Kim, Y.S., C.Y. Liang, Y.H. Song and S.K. Lee. 2006. Effects of dietary *Rhus verniciflua* Stokes supplementation on meat quality characteristics of Hanwoo (Korean cattle) beef during refrigerated storage. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* **19**: 113-118.
- Lee, H.C., S.G. Hwang, Y.K. Kang, H.O. Sohn, J.Y. Moon, H.B. Lim, B.H. Jeon and D.W. Lee. 2001. Influence of *Protaetia brevitarsis* extract on liver damage induced by carbon tetrachloride and ethanol in rats. *Korean Society of Life Science* **11**: 405-414.
- Lee, S.H., H.S. Jeong and T.S. Kang. 2013. Antimicrobial and antioxidative activities of hot water extract from heat-air dried *Rhus verniciflua* Stokes. *Food Engineering Progress* **17**: 1-7.
- McGuire, A. and T.D. Northfield. 2020. Tropical occurrence and agricultural importance of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*. *Frontiers in Sustainable Food Systems* **29**: doi: 10.3389/fsufs.2020.00006.
- Min, Y.H., A.R. Kwon and E.S. Lee. 2013. Antibacterial activities of methanol extract of *Rhus verniciflua* Stokes bark. *The Society of Applied Oriental Medicine* **13**: 25-30.
- Na, C.S., N.C. Jung and K.I. Oh. 1998. *In vitro* cytotoxic-activity of urushiol in the sap of *Rhus verniciflua* STOCKS. *Journal of Korean Society of Forest Science* **87**: 260-269.
- Park, H.J., K.T. Lee, K.Y. Park, G.Y. Han, M.H. Jung and J. Choi. 2002. Protective mechanism of flavonoids isolated from *Rhus verniciflua* on the biliary liver fibrosis in rat. *Korean Journal of Life Science* **12**: 332-339.
- Park, H.Y., S.S. Park, H.W. Oh and J.L. Kim. 1994. General characteristics of the white-spotted flower chafer, *Protaetia brevitarsis* reared in the laboratory. *Korean Journal of Entomology* **24**: 1-5.
- Riddick, E.W. and Z. Wu. 2015. Effects of rearing density on survival, growth, and development of the ladybird *Coleomegilla maculate* in culture. *Insects* **6**: 858-868.
- Son, J.H. and S.H. Kim. 2004. Effects of drinking *Rhus* tree-extract on performance of broiler. *Korean Journal of Poultry Science* **31**: 25-31.
- Song, C.H., J.B. Chung, B.R. Jeong, S.Y. Park and Y.S. Lee. 2012. Antifungal activity of crude extract compound from *Rhus vericiflus* against anthracnose fungi (*Collectotrichum* spp.) of red-pepper. *Korean Journal of Environmental Agriculture* **31**: 60-67.
- Song, M.H., M.H. Han, S. Lee, E.S. Kim, K.H. Park, W.T. Kim and J.Y. Choi. 2017a. A field survey on edible insect farms in Korea. *Journal of Life Science* **27**: 702-707.
- Song, M.H., M.H. Han, S. Lee, E.S. Kim, K.H. Park, W.T. Kim and J.Y. Choi. 2017b. Growth performance and nutrient composition in the white-spotted flower chafer, *Protaetia brevitarsis* (Coleoptera: Scarabaeidae) fed agricultural by-product, soybean curd cake. *Journal of Life Science* **27**: 1185-1190.
- Yoo, Y.C., B.H. Shin, J.H. Hong, J. Lee, H.Y. Chee, K.S. Song and K.B. Lee. 2007. Isolation of fatty acids with anticancer activity from *Protaetia brevitarsis* larva. *Archives of Pharmacal Research* **30**: 361-365.
- Yoon, C.H., H.S. Song, B.J. Lee, D.Son, S.H. Jeon and Y.S. Cho. 2016. Effects of feeds on larval development of white-spotted flower chafer, *Protaetia brevitarsis seulensis*. *Journal of the Korean Society of International Agriculture* **28**: 541-546.