

블루베리혹파리에 대한 기주식물 휘발성 물질과 성페로몬의 유인 효과

양창열* · 서미혜 · 윤정범 · 신용습 · 최병렬

농촌진흥청 국립원예특작과학원

Attractiveness of Host Plant Volatiles and Sex Pheromone to the Blueberry Gall Midge (*Dasineura oxycoccana*)

Chang Yeol Yang*, Mi Hye Seo, Jung Beom Yoon, Yong Seub Shin and Byeong Ryeol Choi

National Institute of Horticultural and Herbal Science, Rural Development Administration, Wanju 55365, Republic of Korea

ABSTRACT: The blueberry gall midge, *Dasineura oxycoccana* (Johnson) (Diptera: Cecidomyiidae), is an emerging pest on cultivated blueberries in Korea. To develop a sensitive tool for monitoring this pest in blueberry orchards, we compared the attractiveness of host plant volatiles and sex pheromone to *D. oxycoccana* adults. We performed gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) analysis of solid-phase microextraction (SPME)-collected volatiles that were released from blueberry ('Darrow' cultivar). The analysis revealed two major volatiles, cinnamaldehyde and cinnamyl alcohol from flowers; and three major volatiles, β -caryophyllene, germacrene D, and α -farnesene from shoots and young fruits. In field tests conducted in Gunsan, Korea in 2019, commercialized cinnamaldehyde, cinnamyl alcohol, β -caryophyllene, and α -farnesene, used singly or in quaternary combination, were unattractive to the blueberry gall midge. However, traps baited with the known sex pheromone (2*R*,14*R*)-2,14-diacetoxyheptadecane attracted significantly more males than the treatments with plant volatiles or the control. No synergistic effect was observed between sex pheromone and plant volatiles. Male *D. oxycoccana* were captured in the pheromone traps from May to August, with three peaks in mid-May, late June, and late July in Gunsan blueberry fields in 2020.

Key words: Blueberry gall midge, *Dasineura oxycoccana*, Host plant volatiles, Sex pheromone, Monitoring

조 록: 블루베리혹파리(*Dasineura oxycoccana*)(파리목: 혹파리과)는 국내에서 재배되고 있는 블루베리의 주요해충으로 알려져 있다. 우리는 이 해충을 효과적으로 예찰하기 위한 수단을 개발하고자, 블루베리 휘발성 물질과 성페로몬의 유인 효과를 검정하였다. 블루베리로부터 방출되는 휘발성 물질을 고체상미량추출법(SPME)으로 포집하여 기체크로마토그래피-질량분석기(GC-MS)로 분석한 결과, 꽃의 주요 물질은 cinnamaldehyde와 cinnamyl alcohol이었고, 신초와 어린과실의 주요 물질은 β -caryophyllene, germacrene D, 및 α -farnesene인 것으로 조사되었다. 2019년에 군산에 소재하고 있는 블루베리 포장에서 시판 중인 cinnamaldehyde, cinnamyl alcohol, β -caryophyllene, 및 α -farnesene의 효능을 시험하였는데, 이 4가지 성분을 단독 또는 혼합물로 처리하였을 때 블루베리혹파리는 유인되지 않았다. 반대로 이 종의 성페로몬으로 알려진 (2*R*,14*R*)-2,14-diacetoxyheptadecane은 수컷을 효과적으로 유인하였다. 유인효과에 있어서 성페로몬과 기주식물 휘발성 물질 사이에 시너지 효과는 관찰되지 않았다. 2020년 군산 블루베리 포장에서 블루베리혹파리 성충은 5월부터 8월까지 성페로몬 트랩에 유인되었고, 발생최성기는 3회로서 5월 중순, 6월 하순, 및 7월 하순으로 나타났다.

검색어: 블루베리혹파리, 기주식물 휘발성 물질, 성페로몬, 예찰

블루베리는 진달래과(Ericaceae) 산앵두나무속(*Vaccinium*)에 속하는 관목성 식물로서 세계적으로 로우부시블루베리(*V.*

angustifolium), 하이부시블루베리(*V. corymbosum*), 및 래빗아 이블루베리(*V. ashei*) 등 3종이 재배되고 있다. 우리나라에서는 블루베리를 2000년대 중반부터 재배하기 시작하였는데, 2010년에 재배면적이 426 ha에 불과하였으나 2019년에는 1,787 ha에 달하고 있다(2020년 농림축산식품부 행정조사). 우리나라 블루베리에 발생하는 해충에 대한 연구는 다른 과수 해충에 비

*Corresponding author: cyyang@korea.kr

Received October 10 2020; Revised November 2 2020

Accepted November 6 2020

해 상대적으로 적은데, 전북지역에서 조사된 자료에 따르면 총 37종의 해충이 피해를 주고 있으며, 그 중에서 블루베리혹파리, 목화진딧물, 갈색날개매미충, 볼록총채벌레, 미국흰불나방, 및 장수썩기나방 등이 주요 해충인 것으로 알려져 있다(Lim et al., 2016).

블루베리혹파리(*Dasineura oxycoccana* Johnson)는 파리목(Diptera) 혹파리과(Cecidomyiidae)에 속하는 소형 곤충으로서 북미가 원산이며(Sampson et al., 2006), 현재 이태리, 라트비아, 영국, 및 크로아티아에서 블루베리에 피해를 주고 있으며(Collins and Drummond, 2019), 최근에는 일본에도 침입한 것으로 보고되었다(Yoshida et al., 2017). 이 해충은 래빗아이블루베리(*V. ashei*)에서 꽃눈을 가해하기 때문에 과실 생산량에 큰 영향을 주는(Dernisky et al., 2005) 반면, 로우부시블루베리(*V. angustifolium*)와 하이부시블루베리(*V. corymbosum*)에서는 꽃눈을 가해하지 않고 잎눈만 가해하기 때문에 경제적 중요성이 상대적으로 낮은 것으로 알려져 있다(Hahn and Isaac, 2015; Collins and Drummond, 2019).

블루베리혹파리가 우리나라에 침입한 시기와 경로는 불분명하나 2010년에 경기도 화성시에 소재하고 있는 블루베리 농장에서 처음으로 피해가 확인되었고(Kang et al., 2012), 현재는 거의 전국적으로 분포하고 있을 것으로 추정하고 있다. 본 해충의 분포 지역과 시기별 발생밀도를 조사하기 위해서 간편하고 효율적인 예찰 수단이 필요하다. 지금까지 블루베리혹파리의 발생예찰은 대부분 끈끈이 트랩을 이용하여 실시되었으나(Roubos and Liburd, 2010; Kang et al., 2012; Rhodes et al., 2014), 이 방법은 끈끈이로 인해 성충의 크기가 2~3 mm로 작은 블루베리혹파리의 형태적 특징이 손상되거나 혹파리가 같이 유살된 다른 곤충 등에 가려져 확인하기 어려운 단점이 있다. 한편, 블루베리혹파리 암컷의 성페로몬이 (2R,14R)-2,14-diacetoxyheptadecane (RR-2,14-17)으로 동정되었으나(Fitzpatrick et al., 2013), 아직까지 이것을 발생예찰 수단으로 활용한 연구가 없는 실정이다. 또한, 기주 식물의 휘발성 물질은 해충을 유인하거나 페로몬과의 시너지 효과를 발휘하기 때문에 다른 여러 곤충들의 효과적인 발생예찰 수단으로 활용할 수 있는 것으로 알려져 있다(Light et al., 1993; Soroka et al., 2005; Pope et al., 2007; Hanks and Millar, 2013).

본 연구에서는 블루베리혹파리를 보다 선택적이고 효율적으로 예찰할 수 있는 수단을 탐색하고자, 야외 블루베리 포장에서 기주 식물인 블루베리에서 방출되는 주요 휘발성 물질과 성페로몬에 대한 블루베리혹파리 성충의 유인성을 조사하였다.

재료 및 방법

휘발성 물질 포집 및 동정

2019년 4월 13일에 전북 완주군 이서면에 소재하고 있는 국립원예특작과학원 노지 블루베리 포장에서 하이부시블루베리(*V. corymbosum*)에 속하는 Darrow 품종의 꽃을 잘라 500 mL 유리병 속에 절반 정도 채운 후 뚜껑을 닫아 실험실로 운반하였다. 고체상 미량추출법(Solid-phase microextraction, SPME)을 이용하여 꽃에서 방출되는 휘발성 물질을 포집하기 위하여, 꽃이 든 유리병 뚜껑에 작은 구멍을 뚫고 SPME fiber (100- μ m polydimethylsiloxane coating, Supelco, Bellefonte, PA, USA)를 삽입하여 3시간 후에 제거하고 분석하였다. 블루베리 신초와 어린 과실에서 방출되는 물질은 2019년 5월 18일에 꽃에서 사용한 동일한 방법으로 포집하고 분석하였다.

SPME fiber로 포집된 휘발성 물질은 기체크로마토그래피-질량분석기(Gas Chromatograph-Mass Spectrometer, GC-MS)를 이용하여 분석되었다. 분석에 이용된 GC 모델은 6890N (Agilent, Santa Clara, CA, USA)이었고 MS 모델은 5975C (Agilent)이었다. 시료는 DB-5MS 칼럼(60 m \times 0.25 mm \times 0.25 μ m film; J&W Scientific, Folsom, CA, USA)으로 분리하였다. GC 주입구 온도는 250°C이었고, 운반 가스는 He이었다. 질량 분석기의 이온화 전압은 EI 70 eV이었고, 이온 소스 온도는 230°C이었다. 오븐 온도 프로그램은 80°C에서 1분, 그 후 150°C까지 분당 10°C 상승, 및 그 후 250°C까지 분당 5°C 상승으로 설정하였다. 휘발성 물질은 Wiley MS database를 통해 임시로 동정하였고, GC 머무름시간 및 질량스펙트럼을 시판중인 표준물질과 비교하여 동정을 확인하였다.

시험 물질 확보

블루베리에서 동정한 주요 휘발성 물질 중에서 상업적으로 이용 가능한 β -caryophyllene (순도 >80%, CAS no. 87-44-5), cinnamyl alcohol (순도 98%, CAS no. 104-54-1), cinnamaldehyde (순도 95%, CAS no. 104-55-2), 및 farnesene (mixture of isomers)을 Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA)에서 구입하였다. 블루베리혹파리 발생예찰용 성페로몬(RR-2,14-17) 루어는 Russell IPM (Deeside, Flintshire, UK)에서 구입하였다.

야외 유인 시험

블루베리에서 방출되는 주요 휘발성 물질과 성페로몬에 대

한 블루베리혹파리 성충의 유인효과는 2019년 6월 12일부터 7월 5일까지 전북 군산시 대야면에 소재하고 있는 친환경 블루베리 포장에서 조사되었다. 구입한 4가지 기주 식물 유래 휘발성 물질을 폴리에틸렌 파우치(2.5 × 6.0 cm, 100 μm wall thickness; AD Corp., Andong, Korea)에 10 mg 씩을 주입한 후 열로 밀봉하여 시험에 사용하였다. 각 물질이 처리된 파우치를 델타트랩(Green Agro Tech, Gyeongsan, Korea)에 매달은 후 묘목지지대를 이용하여 블루베리 수관 상부에 설치하였다. 또한 성페로몬 루어를 동일한 트랩과 방식으로 설치하였다. 트랩은 서로의 간격이 10 m 이상이 되도록 배치하였으며, 처리 당 5 반복으로 설치하였다. 트랩의 밑판(끈끈이)을 약 1주일 간격으로 수거한 후 해부현미경 하에서 유인수를 조사하였다.

블루베리 포장에서 블루베리혹파리 성충의 연간 발생소장을 조사하기 위하여, 2020년 4월 29일부터 9월 29일까지 전북 군산시 미룡동에 소재하고 있는 친환경 블루베리 포장에 성페로몬 트랩 3개를 10 m 간격으로 설치하였다. 트랩은 전년도와 마찬가지로 묘목지지대를 이용하여 블루베리 수관 상부에 설치하였다. 트랩의 밑판(끈끈이)을 약 1주일 간격으로 수거한 후 해부현미경 하에서 유인수를 조사하였고, 성페로몬 루어는 약 1개월 마다 새로운 것으로 교체하였다.

결과 및 고찰

블루베리(Darrow 품종)의 꽃, 신초, 및 어린과실로부터 방출되는 휘발성 물질을 SPME로 포집하여 GC-MS를 이용하여 분석한 결과는 Fig. 1과 같다. 꽃의 주요 휘발성 물질은 cinnamaldehyde와 cinnamyl alcohol이었고, 신초에서 방출된 물질 중에서 주요 성분은 β-caryophyllene, germacrene D, 및 α-farnesene이었다. 한편 어린과실의 주요 휘발성 물질은 신초에서 방출된 물질과 동일하였다. 야외 블루베리 포장에서 시판중인 4가지 휘발성 물질(cinnamaldehyde, cinnamyl alcohol, β-caryophyllene, α-farnesene)과 성페로몬(RR-2,14-17)에 대한 블루베리혹파리 성충의 유인효과를 조사한 결과, 4가지 휘발성 물질은 단독 또는 혼합 처리되었을 때 무처리보다 블루베리혹파리를 더 많이 유인하지 못하였다(Fig. 2). 성페로몬은 기주식물 휘발성 물질이나 무처리에 비해 성충에 대한 유인효과가 우수하였으며, 4가지 휘발성 물질의 혼합물을 성페로몬과 함께 처리했을 때 유인제 간의 시너지 효과는 발견되지 않았다.

많은 곤충은 서식처 발견의 단서나 생식 격리의 수단으로써 기주식물로부터 방출되는 휘발성 물질을 이용하는 것으로 알려져 있다. 다시 말하면 곤충은 기주식물 휘발성 물질을 활용하여 교미할 짝의 탐색과 조우의 기회를 높이고(Light et al.,

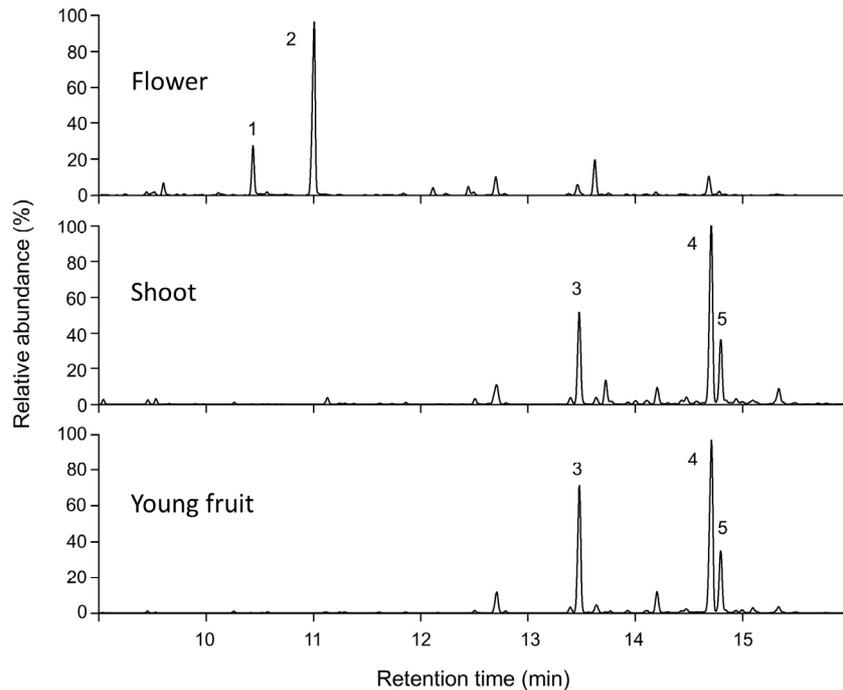


Fig. 1. Gas chromatography–mass spectrometry (GC–MS) total ion chromatograms of volatiles collected from the blueberry ('Darrow' cultivar) on a DB-5MS column. Compound identities: 1 cinnamaldehyde; 2 cinnamyl alcohol; 3 β-caryophyllene; 4 germacrene D; and 5 α-farnesene.

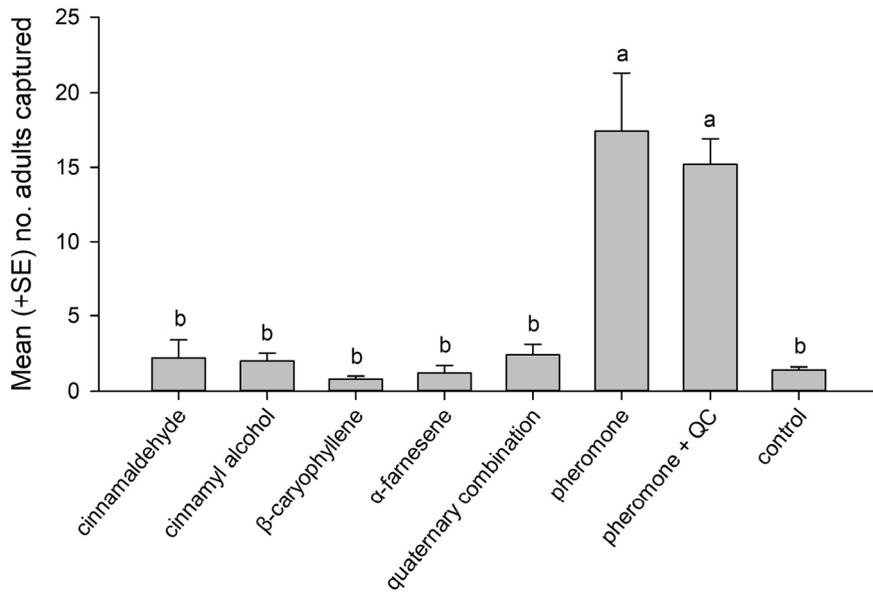


Fig. 2. Catches of adult *Dasineura oxycoccana* in traps baited with host plant volatiles and sex pheromone (RR-2,14-17) in blueberry fields in Gunsan, Korea; June 12 to July 5, 2019 (n = 5). Bars with the same letter are not significantly different at P < 0.05 according to Tukey's honest significant difference (HSD) test (F = 17.69; df = 7,28; P < 0.0001). The quaternary-combination (QC) treatment contained 10 mg cinnamaldehyde, 10 mg cinnamyl alcohol, 10 mg β -caryophyllene, and 10 mg α -farnesene.

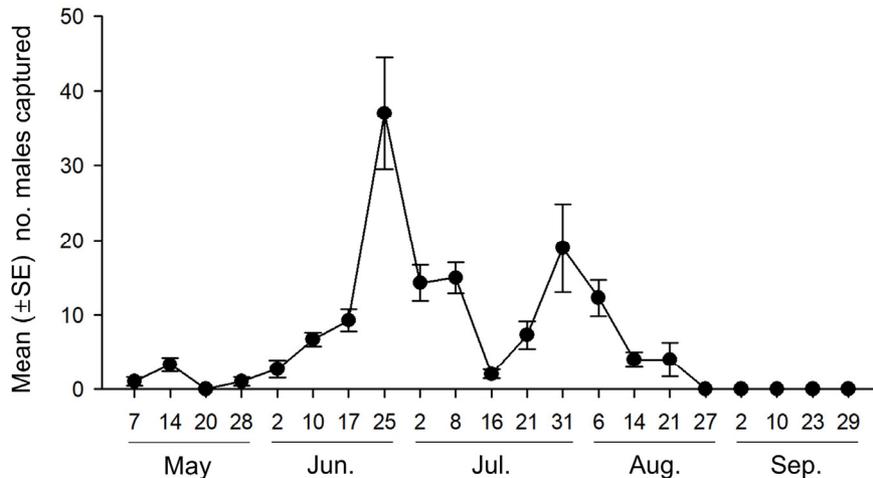


Fig. 3. Seasonal occurrence pattern of adult *Dasineura oxycoccana* investigated with sex pheromone traps in a blueberry field in Gunsan, Korea, in 2020.

1993), 페로몬 성분을 공유하는 유사종과의 생식격리를 위해 기주유래 휘발성 물질에 선택적으로 반응하는 것으로 알려져 있다(Pope et al., 2007; Hanks and Millar, 2013). 그러나 우리의 결과는 블루베리로부터 방출되는 휘발성 물질이 블루베리 흑파리 성충에 대한 유인효과가 없음을 보여주었다. 또한 이들 성분은 성페로몬에 대한 시너지 효과도 없는 것으로 나타났다. 이것은 블루베리흑파리가 기주 식물과 가까운 토양 속에서 용화하고(Rhodes et al., 2014), 몸 크기가 2 ~ 3 mm로 작아서 기

주 식물과 짝을 찾기 위한 장거리 비행이 다른 곤충에 비해 덜 중요하기 때문일 수도 있다. 또한, 블루베리흑파리는 성페로몬인 RR-2,14-17을 유사종과 공유하지 않을 뿐만 아니라 이 종의 수컷은 입체이성질체에 대한 반응이 매우 엄격하기 때문에 (Fitzpatrick et al., 2013), 성페로몬 자체만으로 유사종과의 생식 격리가 충분하여 기주 식물 휘발성 물질의 역할이 불필요할 수 있다. 그럼에도 불구하고, 본 연구에서는 블루베리 신초와 어린과실로부터 가장 풍부하게 방출되는 성분인 germacrene D

를 이용한 조사가 이뤄지지 않았기 때문에 추후 이 물질이 상업적으로 이용이 가능해진다면 이 물질에 대한 블루베리혹파리의 유인효과 연구가 필요할 것으로 본다.

군산의 노지 블루베리 포장에서 성페로몬 트랩을 이용하여 2020년 5월부터 9월까지 블루베리혹파리 성충의 발생소장을 조사한 결과는 Fig. 3과 같다. 성충은 5월 상순부터 8월 중순까지 약 3개월 동안 트랩에 유인되었으며, 발생최성기는 5월 중순, 6월 하순, 및 7월 하순이었다. 전북지역에서 블루베리혹파리의 유충에 의한 신초 피해는 5월부터 9월까지 지속적으로 발생하며 노지재배에서는 6월 중순에 발생최성기를 보인다고 보고하였다(Lim et al., 2016). 이러한 결과는 노지에서 성충의 발생이 6월 하순에 가장 많은 본 연구의 결과와 잘 연관된다. Lim et al. (2016)은 유충의 피해가 6~7월에 발생최성기를 보인다고 보고하였으나, 본 해충의 연간 발생 세대수에 대해 언급하지는 않았다. 예비시험에서 우리는 5월부터 9월까지 신초를 가해 중인 유충을 채집하여 실온과 자연광 하에서 사육한 결과, 8월 중순 이후에 채집한 개체들은 용화되거나 우화되지는 않는 것을 발견하였다. 이는 7월 하순에 최성기를 보이는 3세대 성충이 생산한 번데기가 월동에 들어가는 것을 암시한다. 이상의 결과를 종합해 보면, 땅 속에서 월동한 번데기가 5월 상순부터 우화하기 시작하여 5월 중순에 1세대 성충의 발생최성기를 보이며, 6월 하순에 2세대 발생최성기, 그리고 약 1개월 후인 7월 하순에 3세대 성충의 발생최성기를 만들고 3세대 성충이 낳은 알에서부터 번데기가 되어 월동에 들어가므로 성충으로 연 3세대를 경과한다고 볼 수 있다.

외국의 경우, 블루베리혹파리는 신초 피해와 유충의 발생소장을 토대로 캐나다 British Columbia에서 3세대(Cook et al., 2012), 미국 Michigan에서 3 ~ 4세대(Hahn and Isaacs, 2012), 및 미국 Maine에서 3세대(Collins and Drummond, 2019)를 경과한다고 보고하였다. 특히, 미국 Michigan에서 양동이 모양의 우화 트랩으로 조사된 성충의 발생최성기는 5월 하순, 7월 상순, 8월 상순이라고 하였는데(Hahn and Isaacs, 2012), 이것은 Michigan의 위도(43.8°N)가 군산의 위도(35.9°N)보다 높다는 점을 감안하면, 본 연구에서 성페로몬 트랩으로 조사된 성충의 발생소장 자료와 비교적 잘 연관된다.

이러한 결과를 토대로, 우리나라 노지에서 재배되고 있는 블루베리에서 블루베리혹파리는 성충의 발생밀도가 높고 알이 많이 부화하는 5월 중하순, 6월 하순~7월 상순, 및 7월 하순~8월 상순에 방제를 실시하는 것이 바람직할 것으로 보인다. 그러나 블루베리는 다양한 품종이 시설 하우스와 노지에서 재배되고 있기 때문에 블루베리혹파리의 발생양상에도 큰 차이가 있을 것으로 추정된다. 또한 블루베리 신초를 가해하는 혹파리류

가 여러 종일 가능성도 배제할 수 없다(Sampson et al., 2006). 따라서 블루베리를 가해하는 혹파리류 유충을 다양한 지역에서 채집하여 종을 동정하고, 각 종에 대한 발생 생태를 구명하여 체계적인 방제전략을 수립해야 할 것으로 본다.

사 사

야외 포획시험을 도와준 임유리 연구원, 권해경 연구원, 전은정 연구원께 감사드립니다. 본 연구는 농촌진흥청 공동연구 과제 ‘블루베리혹파리의 예찰 및 방제를 위한 유인제 개발(과제번호 PJ01353802)’의 지원에 의해 수행되었습니다.

저자 직책 & 역할

양창열: 국립원예특작과학원, 연구사; 실험설계 및 논문작성
서미혜: 국립원예특작과학원, 연구사; 물질 분석
윤정범: 국립원예특작과학원, 연구사; 야외 조사
신용습: 국립원예특작과학원, 연구관; 자료 정리, 자료 해석
최병렬: 국립원예특작과학원, 연구관; 자료 해석

모든 저자는 원고를 읽고 투고에 동의하였습니다.

Literature Cited

- Collins, J.A., Drummond, F.A., 2019. The blueberry gall midge (Diptera: Cecidomyiidae): a recent pest of wild blueberry (*Vaccinium angustifolium*; Ericales: Ericaceae) and its impact on potential yield. *J. Econ. Entomol.* 112, 1151-1161.
- Cook, M.A., Fitzpatrick, S.M., Roitberg, B.D., 2012. Phenology of *Dasineura oxycoccana* (Diptera: Cecidomyiidae) on cranberry and blueberry indicates potential for gene flow. *J. Econ. Entomol.* 105, 1205-1213.
- Dernisky, A.K., Evans, R.C., Liburd, O.E., Mackenzie, K., 2005. Characterization of early floral damage by cranberry tipworm (*Dasineura oxycoccana* Johnson) as a precursor to reduced fruit set in rabbiteye blueberry (*Vaccinium ashei* Reade). *Int. J. Pest Manag.* 51, 143-148.
- Fitzpatrick, S.M., Gries, R., Khaskin, G., Peach, D.A.H., Iwanski, J., Gries, G., 2013. Populations of the gall midge *Dasineura oxycoccana* on cranberry and blueberry produce and respond to different sex pheromones. *J. Chem. Ecol.* 39, 37-49.
- Hahn, N.G., Isaacs, R., 2012. Distribution and phenology of *Dasineura oxycoccana* (Diptera: Cecidomyiidae) in Michigan blueberries. *Environ. Entomol.* 41, 455-462.
- Hahn, N.G., Isaacs, R., 2015. Assessing the economic importance

- of *Dasineura oxycoccana* (Diptera: Cecidomyiidae) in Northern highbush blueberries. J. Econ. Entomol. 108, 1910-1914.
- Hanks, L.M., Millar, J.G., 2013. Field bioassays of cerambycid pheromones reveal widespread parsimony of pheromone structures, enhancement by host plant volatiles, and antagonism by components from heterospecifics. Chemoecology 23, 21-44.
- Kang, T.J., Cho, M.R., Ahn, S.J., Kim, H.H., Kim, S.J., Lee, S.C., Lee, H.S., 2012. Monitoring and environment-friendly management of blueberry gall midge, *Dasineura oxycoccana* (Diptera: Cecidomyiidae), on blueberry. Korean J. Organic Agri. 20, 607-618.
- Light, D.M., Flath, R.A., Buttery, R.G., Zalom, F.G., Rice, R.E., Dickens, J.C., Jang, E.B., 1993. Host-plant green-leaf volatiles synergize the synthetic sex pheromones of the corn earworm and codling moth (Lepidoptera). Chemoecology 4, 145-152.
- Lim, J.R., Kim, E.J., Moon, H.C., Cho, C.H., Han, S.G., Kim, H.J., Song, Y.J., 2016. Patterns of insect pest occurrences and *Dasineura oxycoccana* Johnson in blueberry farms in Jeonbuk province. Korean J. Appl. Entomol. 55, 45-51.
- Pope, T.W., Campbell, C.A.M., Hardie, J., Pickett, J.A., Wadhams, L.J., 2007. Interactions between host-plant volatiles and the sex pheromones of the bird cherry-oat aphid, *Rhopalosiphum padi* and the damson-hop aphid, *Phorodon humuli*. J. Chem. Ecol. 33, 157-165.
- Rhodes, E.M., Benda, N.D., Liburd, O.E., 2014. Field distribution of *Dasineura oxycoccana* (Diptera: Cecidomyiidae) adults, larvae, pupae, and parasitoids and evaluation of monitoring trap designs in Florida. J. Econ. Entomol. 107, 310-318.
- Roubos, C.R., Liburd, O.E., 2010. Evaluation of emergence traps for monitoring blueberry gall midge (Diptera: Cecidomyiidae) adults and within field distribution of midge infestation. J. Econ. Entomol. 103, 1258-1267.
- Sampson, B.J., Rinehart, T.A., Liburd, O.E., Stringer, S.J., Spiers, J.M., 2006. Biology of parasitoids (Hymenoptera) attacking *Dasineura oxycoccana* and *Prodiplosis vaccinii* (Diptera: Cecidomyiidae) in cultivated blueberries. Ann. Entomol. Soc. Am. 99, 113-120.
- Soroka, J.J., Bartelt, R.J., Zilkowski, B.W., Cosse, A.A., 2005. Responses of flea beetle *Phyllotreta cruciferae* to synthetic aggregation pheromone components and host plant volatiles in field trials. J. Chem. Ecol. 31, 1829-1843.
- Yoshida, K., Elsayed, A.K., Matsura, H., Horigome, M., Aizawa, T., Tokuda, M., 2017. Occurrence of *Dasineura oxycoccana* (Diptera: Cecidomyiidae) infesting cultivated blueberry in Japan. Jpn. J. Appl. Entomol. Zool. 61, 25-28.