



## 농림지의 목화진딧물 개체군에 대한 농자재 살충효과 모니터링

김미현<sup>1†</sup> · 임재성<sup>2\*</sup> · 안율균<sup>1</sup> · 권해연<sup>3</sup> · 박윤미<sup>4</sup> · 권덕호<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>한국농수산대학교 원예학부 채소전공, <sup>2</sup>㈜솔뫼 기업부설연구소,  
<sup>3</sup>국립산림과학원 산림약용자원연구소, <sup>4</sup>국립산림과학원 특용자원연구과

## Insecticidal Efficacy Monitoring of Agricultural Materials Against *Aphis gossypii* Populations Collected at Agricultural and Forestry Area

Mi Hyeon Kim<sup>1†</sup>, Jae Seong Im<sup>2\*</sup>, Yul Kyun Ahn<sup>1</sup>, Hae-Yun Kwon<sup>3</sup>, Yunmi Park<sup>4</sup>, Deok Ho Kwon<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Major in Vegetable Crops, Department of Horticulture, Korea National University of Agriculture and Fisheries, 1515, Kongjipatjwi-ro, Deokjin-gu, Jeonju-si, Jeollabuk-do, Republic of Korea

<sup>2</sup>Solvum Co., Ltd., R&D Center, 75 Techno 1-ro, Yuseong-gu, Daejeon 34014, Republic of Korea

<sup>3</sup>Forest Medicinal Resource Research Center, National Institute of Forest Science, 2009 Sobaek-ro, Yeongju 36040, Korea

<sup>4</sup>Special Forest Resources Division, National Institute of Forest Science, 39, Onjeong-ro, Suwon 16631, Korea

(Received on March 31, 2023. Revised on May 8, 2023. Accepted on May 9, 2023)

**Abstract** Monitoring the insecticidal effect of agricultural materials used to control agricultural and forestry pests is an essential strategy for efficient pest management. In this study, insecticidal efficacy was evaluated on four strains of *Aphis gossypii* in 33 registered organic agricultural materials, two synthetic chemical insecticides, and five trace-element fertilizers. As a result of the efficacy evaluation, it was confirmed that the test materials had statistically significant efficacy variations by strain ( $F_{3, 160} = 6.43, P = 0.0004$ ) and material types ( $F_{40, 451} = 19.02, P < 0.0001$ ). Based on the weighted average insecticidal rate, ten organic agricultural materials showed more than 80% efficacy against four strains of *Aphis gossypii*, and the efficacy was statistically significantly higher in the composite active ingredient product than in the product derived from a single one. Some of the agricultural materials were shown to have excellent efficacy regardless of the *Aphis gossypii* strain, and it is judged to have the potential to replace synthetic chemical insecticides. JB\_04, a strain that showed low efficacy against synthetic chemical insecticides, also showed low efficacy against other organic agricultural materials. This suggests that it is necessary to establish an agricultural material management system to control pests along with the careful use of organic materials for which research on resistance expression is insufficient. This result might be utilized as the information on the insecticidal efficacy of agricultural materials against *Aphis gossypii* occurring in agricultural and forestry areas and it will be helpful to understand the current status of the medicinal effect of organic materials.

**Key words** *Aphis gossypii*, Organic agricultural material, Insecticidal efficacy, Pest control, Bioassay

### 서 론

목화진딧물은 흡즙을 통하여 식물 생장을 저하시킬 뿐만

아니라 식물병원성 바이러스 전파를 통해 농작물의 생산에 심각한 영향을 미치는 전세계적으로 심각한 해충이다(Ebert and Cartwright, 1997). 국내에서는 농작물과 관목을 오가는 생활사를 가지며(Shim et al., 1979), 약 130 종의 식물에서 약 75 종의 식물바이러스병을 매개하는 것으로 보고되어 있다(Paik, 1972). 목화진딧물의 피해가 심한 농작물로는 오이,

<sup>†</sup>These authors were equally contributed.

\*Corresponding author

E-mail: dhkwon1315@gmail.com

딸기, 멜론, 수박, 호박 등이 있으며 무궁화와 같은 소고목 관상수에서도 목화진딧물의 피해가 보고된 바 있다(Jung et al., 2021). 이들 농림지에서 발생하는 목화진딧물을 방제하기 위해 관행적으로 사용되는 농자재는 화학합성 살충제로써, 2022년을 기준으로 약 1,373 개의 품목이 국내에 등록되어 있다(RDA, 2022).

화학합성 살충제의 의존도가 높은 우리나라에서는 약제 저항성 및 환경오염 문제가 꾸준히 대두되어 왔다. 이러한 문제점을 해결하고자 고독성 화학합성 살충제 품목 퇴출, 보통독성 및 저독성 농약의 품목 등록 증가, 농업 유관기관의 전문 교육증가 그리고 PLS 제도와 같은 화학합성 농약 사용의 가이드라인 등이 제정되었으며, 이로 인해 화학합성 농약의 사용 기준 준수를 통한 안전한 농산물 생산이 증가하고 있다. 그럼에도 불구하고 화학합성 살충제의 사용은 해충 저항성 개체군의 발달을 초래할 수 있기 때문에(Georghiou, 1994), 지속적인 저항성 모니터링 및 다양한 해충관리 방안이 필요하다. 국내에서 2000년 중반 시설재배 작물에 발생하는 목화진딧물을 채집하여 약제 저항성 모니터링을 행한 결과, 저항성 수준이 추천농도 비해 매우 낮아 방제가가 높음을 확인한 바 있으며(Choi et al., 2005), 2012년 호박, 고추, 오이 등의 목화진딧물을 대상으로 12종의 약제 저항성 모니터링 결과에서는 네오니코티노이드계, 피레스로이드계, 다이아미드계 살충제에 대해 최대 약 13,756배의 저항성이 발생한 것이 확인되었다(Koo et al., 2014). 이러한 화학합성 살충제 저항성 발현은 사용가능한 방제수단을 무용화 시킴으로써 농작물 생산의 지속성을 위협하는 심각한 문제점을 발생시키기 때문에 이를 보완하기 위해서는 농림현장에서 사용되는 해충 방제용 농자재의 모니터링 및 이를 기반으로 한 효과적인 대체제 선발이 필요하다.

농림현장에서 목화진딧물을 방제하기 위하여 사용되는 또 다른 농자재로는 유기농업자재가 있다. 유기농업자재는 화학합성 물질 및 제조 과정을 엄격히 규제하고 있기 때문에 유기농업의 토양개량 및 작물생육 또는 병해충 관리에 사용이 가능할 뿐만 아니라 화학합성 살충제의 문제점을 보완할 수 있는 대체제로 주목받고 있다. 유기농업자재는 다양한 해충군이 포함되는 나비목(Choi et al., 2013; Kim et al., 2013; Han et al., 2015; Choi et al., 2018), 벌목(Cho et al., 2016), 딱정벌레목(Kim et al., 2013; Ryu et al., 2013), 노린

재목(Kwon et al., 2011; Ryu et al., 2013; Lee et al., 2019; Park et al., 2019; Lee et al., 2022), 그리고 응애류(Ryu et al., 2013; Kang et al., 2018)등에 살충 효과가 있는 것으로 보고된 바 있다. 이 중 노린재목에 속하는 진딧물류에 대한 유기농업자재의 살충 효과 연구결과는 화학합성 살충제를 대체 및 보완할 수 있는 가능성 사례를 제시하고 있다. Kim 등(2010)은 에탄올로 추출한 제충국을 유화제와 희석하여 목화진딧물에 살포한 결과, 특정 용매 추출 구간에서 약 50%의 방제효과를 확인하였으며, Lee 등(2019)은 친환경 오이 재배지에 발생한 목화진딧물 방제를 위해 송진·테리스·계피 추출물 및 시트로넬라 오일 혼합제로 구성된 유기농업자재를 처리하여 각각 69%와 99%의 살충효과를 확인하였다.

농림현장에서 발생하는 목화진딧물의 효율적인 관리를 위해서는 농자재에 대한 살충활성 모니터링 및 고효성 제품군의 선별을 통한 우수약제 추천이 필요하나, 최근 사용되고 있는 농자재에 대한 연구결과는 미흡한 실정이다. 또한 약제에 대한 반응 정보를 도식화하여 신속하게 정보를 제공해주는 것이 필요하다. 본 연구는 무궁화를 비롯한 오이, 고추에서 채집한 목화진딧물을 대상으로 이들을 방제하기 위하여 농림현장에서 실제 사용되는 농자재를 선별하여 살충효과를 모니터링하여, 농민 및 연구자가 목화진딧물의 농자재에 대한 약효 현황을 이해하고 방제 체계 설정에 기여하는데 초점을 맞추었다.

## 재료 및 방법

### 실험 대상 해충의 계통 및 증식

약효 평가에 사용한 목화진딧물 계통은 무궁화, 시설 고추 및 오이 재배지에서 채집한 3개 야외 계통(JB01, JB02, JB04)과 실내 누대 사육계통(Lab)을 사용하였다(Table 1). 실험 대상 계통은 아크릴케이지(400 × 450 × 500 mm) 내에 실내에서 재배한 오이(백다다기, (주)팜한농)를 기주로 각 개체군을 증식하였으며, 증식 및 약효 평가를 위한 환경 조건은 온도 25 ± 2°C, 상대습도 60-70%로 유지하였다.

### 실험 농자재 선정

실험에 사용된 농자재는 국내 농업인 면담 및 농림현장에서 주로 사용되는 농자재를 중심으로 구성하였다. 선정된

**Table 1.** Strains used in this study

Strains	Collection date	Collection site	Host plant	Host plant for proliferation
Lab	Feb., 2020	nd	nd	Cucumber
JB_01	Apr. 30, 2021	Jeonju-si, Jeollabuk-do	Rose of sharon	Cucumber
JB_02	Jun. 08, 2021	Jeonju-si, Jeollabuk-do	Pepper	Cucumber
JB_04	Aug. 12, 2021	Jeongeup-si, Jeollabuk-do	Cucumber	Cucumber

**Table 2.** Organic materials used in this study

Names	Classification level 1	Classification at level 2	Major components and its amount	Dilution factor	Remark
Test_00	Water	Water	Water as control	-	-
Test_01	ME	ME_01	Paraffin oil (98%), Detergent (2%)	1,000	Single
Test_02	MO	MO_01	Microorganism ( <i>Bacillus thuringiensis</i> )	1,000	Single
Test_03	MO	MO_02	Microorganism ( <i>Isaria javanica</i> )	500	Single
Test_04	PSM	PSM_01	$\alpha$ -cedrene	500	Single
Test_05	PSM	PSM_01	Eucalyptus oil	1,000	Single
Test_06	PSM	PSM_02	Azadirachtin	500	Single
Test_07	PSM	PSM_02	Matrine (60%)	660	Single
Test_08	PSM	PSM_02	Matrine	1,000	Single
Test_09	PSM	PSM_02	Matrine	2,000	Single
Test_10	PSM	PSM_02	Matrine	1,000	Single
Test_11	PSM	PSM_02	Matrine	1,000	Single
Test_12	PSM	PSM_02	Matrine (0.0474%)	1,000	Single
Test_13	PSM	PSM_03	Potassium soap	100	Single
Test_14	PSM	PSM_03	Oleic acid	1,000	Single
Test_15	PSM	PSM_03	Castor oil (45%), Sesame oil (47%)	1,000	Single
Test_16	PSM	PSM_03	Oleic acid, Linoleic acid, Linolenic acid	500	Single
Test_17	PSM	PSM_04	Cinnamaldehyde (7.0%)	1,000	Single
Test_18	PSM	PSM_04	Camphor (above 2.39%)	1,000	Single
Test_19	PSM	PSM_04	Rotenone	1,000	Single
Test_20	PSM	PSM_04	Derris extract (90%), Detergent (10%)	1,000	Single
Test_21	PSM	PSM_05	Quillaia extract (33%)	2,000	Single
Test_22	PSM	PSM_05	Crude saponin (35%)	1,000	Single
Test_23	PSM	PSM_05	Crude saponin, Karanja oil (95%), Detergent (5%)	1,000	Single
Test_24	PSM	PSM_06	Diallyl disulfide (0.16%)	1,000	Single
Test_25	PSM+PSM+PSM	PSM_01+PSM_04+PSM_04	Cinnamon extract (10%), Derris extract (20%), Citronella oil (30%)	1,500	Mixture
Test_26	PSM+ME	PSM_02+ME_01	Matrine (65%), Paraffin oil (10%), Detergent (25%)	1,000	Mixture
Test_27	PSM+PSM+PSM	PSM_02+PSM_01+PSM_01	Matrine, Eugenol, Geraniol	1,000	Mixture
Test_28	PSM+PSM	PSM_02+PSM_05	Azadirachtin, Pyrethrin	500	Mixture
Test_29	PSM+PSM	PSM_02+PSM_05	Matrine (0.045%), Pyrethrin (5.0%)	1,000	Mixture
Test_30	PSM+PSM	PSM_03+PSM_04	Oleic acid (4.794%), Cinnamaldehyde (2.198%)	1,000	Mixture
Test_31	PSM+ME	PSM_04+ME_01	Rotenone (2.0%) + Paraffin oil (8.5%)	1,000	Mixture
Test_32	PSM+PSM+ME	PSM_04+PSM_02+ME_01	Matrine (0.2%), Cinnamaldehyde (20%), Paraffin oil (0.8%)	500	Mixture
Test_33	PSM+PSM+ME	PSM_04+PSM_06+ME_01	Rotenone, Diallyl disulfide, Paraffin oil	1,000	Mixture
Test_34	MI	MI_01	Soluble boron (0.05%), Soluble molybdenum (0.0005%)	500	MI
Test_35	MI	MI_01	Soluble boron (0.05%), Soluble molybdenum (0.0005%)	1,000	MI
Test_36	MI	MI_01	Soluble boron (0.05%), Soluble molybdenum (0.0005%)	1,000	MI
Test_37	MI	MI_01	Soluble boron (0.05%), Soluble molybdenum (0.0005%)	1,000	MI
Test_38	MI	MI_01	Soluble boron (0.05%), Soluble molybdenum (0.0005%)	2,000	MI
Test_39	NM	4a*	Imidacloprid suspension concentrate, 8%	2,000	Insecticide
Test_40	NM	4a*	Thiacloprid suspension concentrate, 10%	4,000	Insecticide

Test\_01 ~ Test\_38 is identical with O\_Test\_01 ~ O\_Test\_38 of Table 3 by Kwon et al. (2022).

농자재 중 유기농업자재는 제품 주성분 별 단계 또는 2개 이상의 주성분이 포함된 혼합제 그룹으로 재편성하였다 (Table 2). 화학합성 살충제는 국내 농업인 면담 및 유관기관을 통해 얻은 정보를 바탕으로 목화진딧물 방제를 위해 관행적으로 사용되는 품목을 선정하였다. 또한, 영농 현장에서 해충류 방제에 활용하고 있는 미량요소복합비료를 실험 농자재에 포함하였다.

### 엽침지법을 이용한 생물활성 평가

선정된 농자재의 추천농도를 기준으로 엽침지법을 이용한 생물활성을 수행하였다. 먼저, 지름 46 mm의 오이엽 절편을 각 제품의 추천농도 희석액에 10초간 침지 후, 후드 내에서 약 30-35분간 음건하였다. 음건된 오이엽 절편은 Insect Breeding Dish (50 × 15 mm, SPL Life Sciences, 경기도)에 상처하였는데, 이때 용기 바닥에는 필터페이퍼(42.5 mm, Cytiva Korea, 서울) 2장을 깔고 증류수 1 mL를 공급하여 오이엽을 유지하였다. 상처된 오이엽 절편에 미세붓을 이용하여 목화진딧물 무시충 15마리를 접종한 후, 24시간 간격으로 96시간 동안 현미경 하에서 사충수를 조사하였다. 생사충 판단은 접종된 목화진딧물을 미세붓으로 자극하였을 때 충체만큼 이동하지 못한 개체를 사충으로 기록하였다. 조사기간 동안 건조에 의한 잎의 시듦을 방지하기 위하여 24시간, 48시간, 72시간 별로 각각 증류수 0.4 mL, 0.3 mL 그리고 0.2 mL를 각 처리구의 필터페이퍼에 추가적으로 공급하였다. 모든 실험은 3반복으로 수행되었으며 대조구로는 동일한 량의 증류수를 처리하였다.

### 통계 분석

농자재별 약효평가 실험 결과는 Kwon 등(2022)이 제시한 가중평균사충률을 기준으로 분석하였다. 가중평균사충률이란 일일 사충률의 변화량을 통해 산출된 가중치를 각 일차별 사충률에 곱한 후, 각 기간별 가중치의 합으로 나누어서 산출한 값을 의미한다. 가중평균사충률을 기반으로 계통, 관찰시간 및 약제별 평균값을 산출하여 종합적인 약효반응 정보를 산출하였다. 또한 통계프로그램 R (R Development Core Team, 2020) 내의 pheatmap 패키지를 이용하여 행과 열의 사충률 값을 유클리디안 거리로 측정 후 클러스터링 분석하여 시각화하였다. 통계적 차이는 R을 이용하여 일원배치분산분석을 수행하였으며, 표본의 크기가 동일하지 않은 그룹은 Wilcoxon-Signed Rank Test를 병행하여 수행하였다. 사후검정은 Tukey's HSD test를 이용하였으며 일원배치분산분석에서 통계적 유의성 구분을 위한 compact letter display 값은 R library 내의 multcomp를 이용하였다. 약제 그룹 별 가중평균사충률의 비교는 Table 2에 제시한 기준(살충제, 단계, 합제, 비료)으로 구분하여 평균값을 산출하였다.

## 결 과

### 농자재 별 목화진딧물 생물활성 비교

농자재 별 추천농도를 기반으로 엽침지법을 수행하여 목화진딧물의 계통 별 생물활성 차이를 확인하였다. 일원배치분산분석 결과, 4개의 목화진딧물 계통은 농자재에 대한 감수성 차이가 나타남을 확인하였으며(Fig. 1A,  $F_{3,160} = 6.430$ ,  $P = 0.0004$ ), Tukey's HSD 검정을 통한 사후검정 결과를 통하여 Lab 계통이 가장 높은 가중평균사충률을, JB\_04계통이 가장 낮은 가중평균사충률을 나타냄을 확인하였다(Fig. 1A). 농자재 처리에 따른 조사시간대 별 생물활성 차이를 확인한 결과, 처리 시간 경과에 따라 사충률의 변화가 확인되었으나(Fig. 1B,  $F_{3,1964} = 38.75$ ,  $P < 0.0001$ ), 처리 72시간 이후에는 통계적 유의차를 확인할 수 없었다(Fig. 1B).

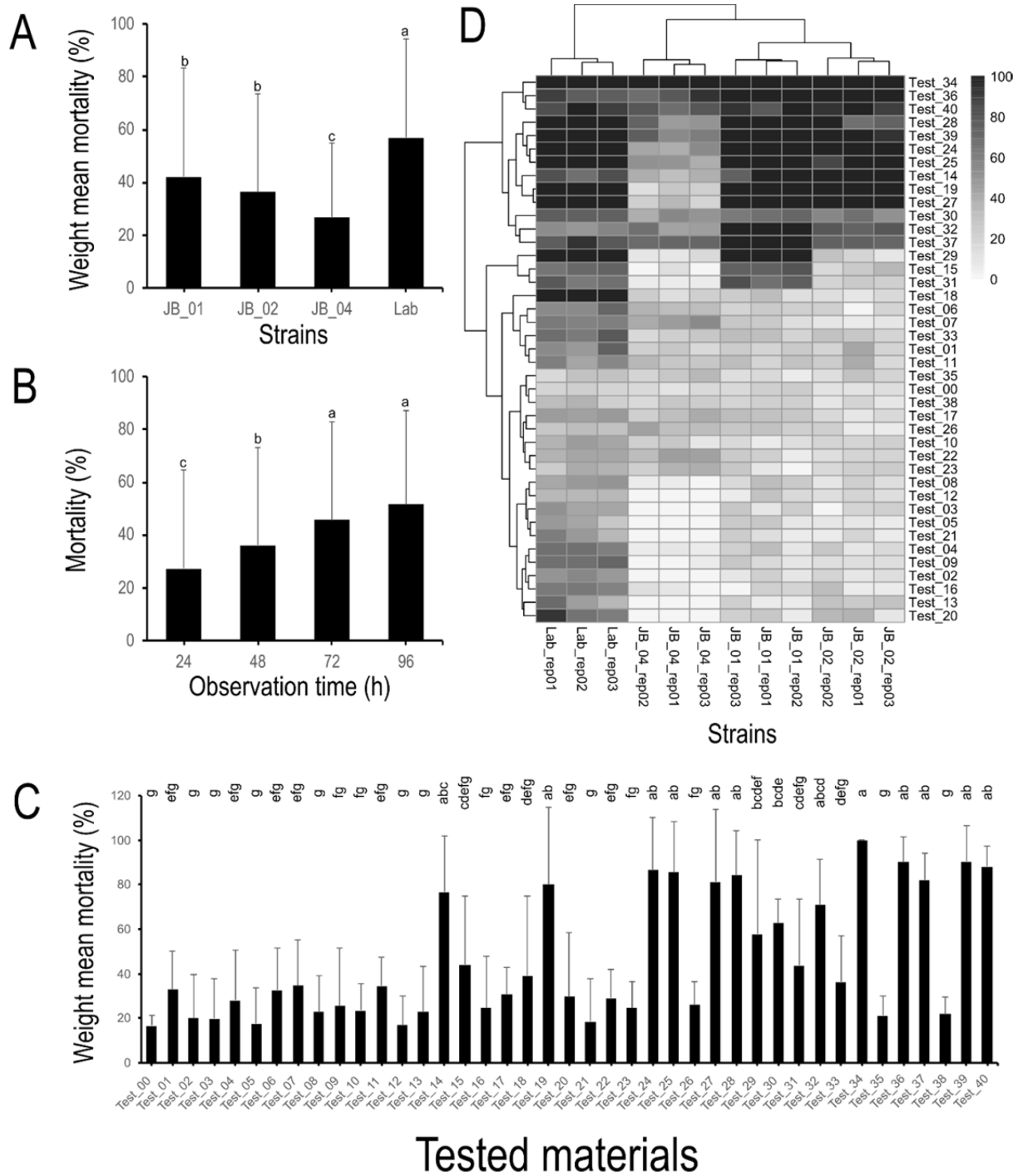
목화진딧물에 대한 40종의 생물활성 검정 결과, 농자재 별 살충활성 차이가 나타남을 확인하였으며(Fig. 1C,  $F_{40,451} = 19.02$ ,  $P < 0.0001$ ) 통계적 유의성을 확인하였다(Fig. 1C). 농자재 별 가중평균사충률을 기반으로 비교한 결과에서 농자재 별로 약효가 뚜렷이 구별되는 양상을 확인하였는데 10종의 농자재(Test\_19, Test\_24, Test\_25, Test\_27, Test\_28, Test\_34, Test\_36, Test\_37, Test\_39, Test\_40)는 80% 이상의 높은 가중평균사충률을, 4종의 농자재(Test\_03, Test\_05, Test\_12, Test\_21)에서는 20% 미만의 낮은 가중평균사충률이 확인되었다(Fig. 1C).

상관계수를 활용한 클러스터 분석 결과, 가중평균사충률 기반의 농자재 가중평균사충률 결과와 유사한 그룹을 형성함을 확인하였다(Fig. 1D). 결론적으로 농자재에 따른 목화진딧물의 약효 변이가 존재하기 때문에 목화진딧물의 효율적인 방제 및 관리를 위해서는 농림현장에서 사용되는 농자재의 활성 모니터링 및 선발이 중요하다고 할 수 있다.

### 목화진딧물 계통 별 농자재 약효 평가 비교

가중평균사충률을 기준으로 기주가 다른 목화진딧물의 계통별로 농자재에 따른 살충 활성 차이를 비교하였다. 일원배치분산분석 및 사후검정을 통하여 JB\_01계통은 농자재 별로 가중평균사충률의 차이가 있음을 확인하였으며( $F_{40,82} = 81.46$ ,  $P < 0.0001$ ) 특히, 13종의 농자재(Test\_14, Test\_19, Test\_24, Test\_25, Test\_27, Test\_28, Test\_29, Test\_32, Test\_34, Test\_36, Test\_37, Test\_39, Test\_40)에서 80% 이상의 높은 가중평균사충률이 확인되었다(Fig. 2A).

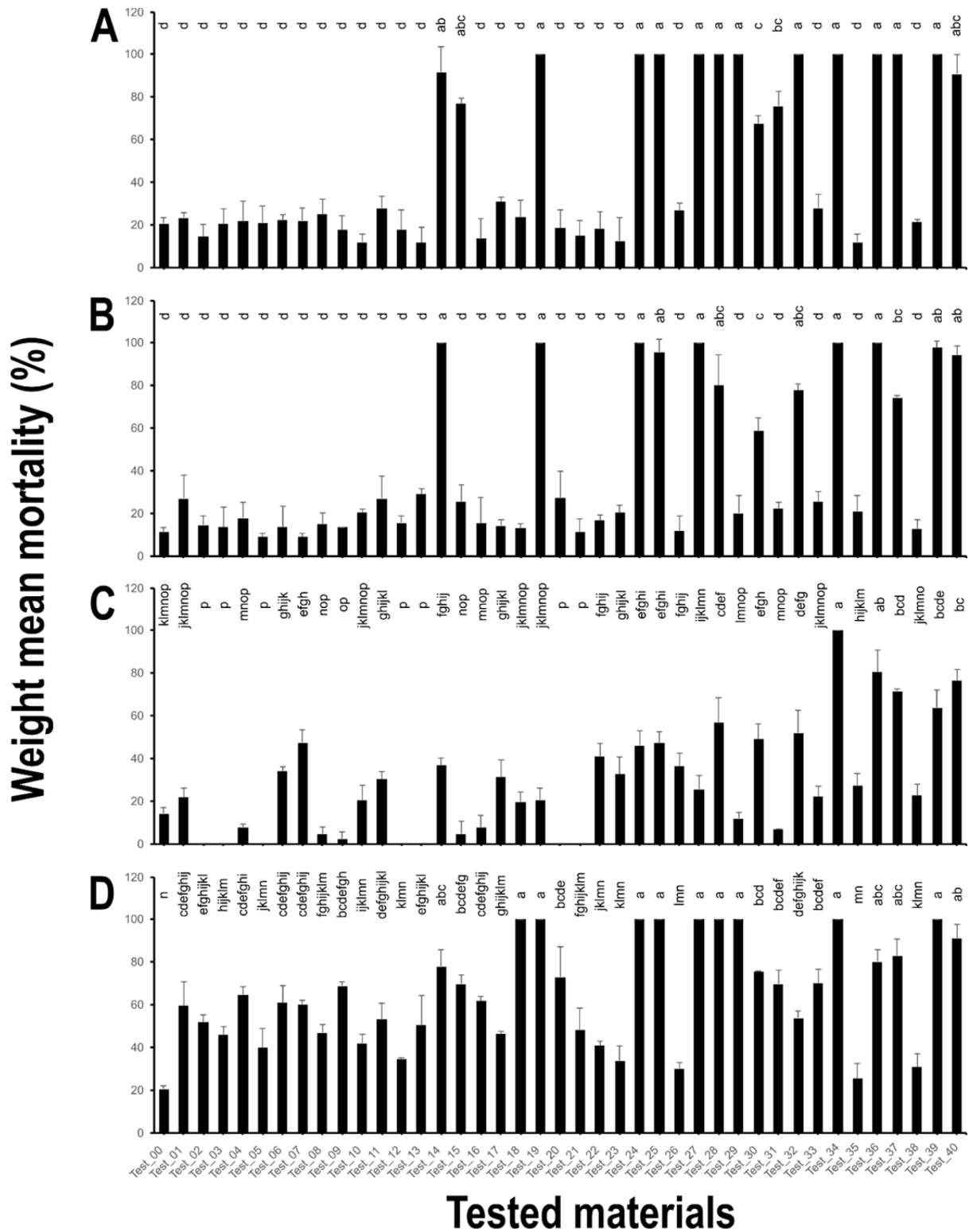
JB\_02계통 또한 농자재별 가중평균사충률의 차이가 있음을 확인하였으며( $F_{40,82} = 67.97$ ,  $P < 0.0001$ ) 10종의 농자재(Test\_14, Test\_19, Test\_24, Test\_25, Test\_27, Test\_28, Test\_34, Test\_36, Test\_39, Test\_40)에서 80% 이상의 가중평균사충률을 나타내었다(Fig. 2B). JB\_04계통은 농자재별로 가중평균사충률( $F_{40,82} = 43.77$ ,  $P < 0.0001$ )의 차이는 있



**Fig. 1.** Insecticidal efficacy profiles based on the weight mean mortality by strains (A), observation time (B) and tested agricultural materials (C), respectively. Heatmap represent the weight mean mortality with Euclidian distance measure by each replication of the strains (D). Small lower character on the bar of standard deviation represents statistical significance by Tukey’s HSD test.

었으나 사후검정 결과, 80% 이상 효과가 있는 그룹은 Test\_34와 Test\_36 만이 존재하는 것으로 나타났다(Fig. 2C). 마지막으로 Lab계통은 다른 계통들과 마찬가지로 가중 평균사충률에 대한 통계적 유의성이 있었으며( $F_{40, 82} = 35.86, P < 0.0001$ ) 40종의 농자재 중 Test\_18, Test\_19, Test\_24,

Test\_25, Test\_27, Test\_28, Test\_29, Test\_34, Test\_36, Test\_37, Test39, Test\_40이 80% 이상의 가중평균사충률을 나타내어 4개의 계통 중 약효 감수성이 가장 높은 것으로 나타났다(Fig. 1A , Fig. 2D).

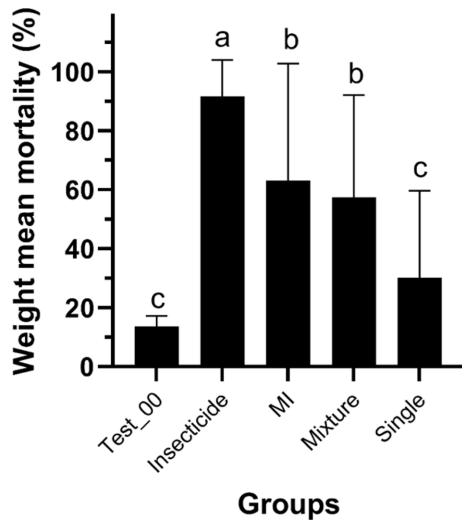


**Fig. 2.** Weight mean mortality of 40 of agricultural materials listed in Table 2 (A: JB\_01; B: JB\_02; C: JB\_04; D: Lab). Small lower character represents statistical significance by Tukey's HSD test.

**그룹 별 약효 평가 결과**

실험에 사용한 농자재는 증류수 처리구(Test\_00), 화학합성 살충제 그룹(Insecticide), 주성분이 단제인 유기농업자재

그룹(Single), 주성분이 복합제인 유기농업자재 그룹(Mixture) 그리고 미량요소복합비료 그룹(MI)으로 구분하였다. 가중평균사충률을 기준으로 그룹별 사충률을 분석한 결과, 화학합



**Fig. 3.** Weight mean mortality of four strains by groups of tested agricultural materials. Small lower alphabet represents statistical significance by Tukey's HSD test.

성 살충제 그룹이 통계적으로 91.7%의 가장 높은 사충률을 나타내었고, 미량원소 그룹(63.1%), 주성분이 복합된 유기농업자재 그룹(57.5%), 주성분이 단일인 유기농업자재 그룹(30.2%), 마지막으로 증류수 처리구(13.67%)의 순으로 낮은 사충률을 나타내었다( $F_{4, 487} = 41.55, P < 0.0001$ ; Fig. 3).

## 고찰

무궁화, 고추, 오이에서 채집한 목화진딧물 개체군을 대상으로 유기농업자재 33종, 화학합성 살충제 2종, 미량요소복합비료 5종에 대한 약효 평가를 수행한 결과, 기주에 따른 계통 및 농자재 별로 약효 감수성의 차이가 나타남을 확인하였다. 무궁화와 고추에서 채집한 JB\_01과 JB\_02 계통은 농자재 40종에 대해 가중평균사충률이 각각 44.8%와 40.4%로 나타나 통계적인 차이는 확인되지 않았으나, JB\_04계통은 28.28%로 통계적으로 유의하게 낮은 사충률을 보였다(Fig. 1A). JB\_04 계통은 농장주가 목화진딧물의 방제의 어려움을 호소하였던 시설 오이재배지에서 2021년 채집한 계통으로, 본 실험에서도 화학합성 살충제 2종 및 유기농업자재에 대해서도 역시 대체적으로 낮은 약효를 보였다. 이는 저항성 발현과 관련된 연구가 미흡한 유기농업자재 사용의 주의 및 해충 방제자재의 효율적인 관리체계가 필요하다는 점을 시사한다. 본 논문의 결과는 서로 다른 농자재 그룹 간의 연관된 작용기작 근거는 제시하지 못하였으나, 화학합성 살충제에 낮은 약효를 보이는 계통이 유기농업자재의 주성분에 따라 살충효과가 상이하게 나타날 수 있음을 추정하게 한다. 이러한 결과를 뒷받침하기 위해서는 유기농업자재에 대한 반수치사약량 평가 실험을 통하여 유기농업자재에 대한 저항성 발달 및 화학합성 살충제에 대한 교차 저항성 연

구를 수행할 필요가 있다.

본 연구에서 유기농업자재 8종은 무궁화에서 채집한 JB01에 효과가 있는 것으로 나타났다(Fig. 2A). 현재까지 무궁화에 발생하는 목화진딧물을 방제하기 위한 화학합성 살충제는 등록된 바 없으며, 무궁화는 도심공원이나 일반인들이 생활하는 공간의 정원수로 활용되기 때문에 화학합성 살충제의 사용에 주의해야 할 필요성이 있다. 한편, 무궁화는 국가적 상징성을 갖고 있는 꽃나무이기 때문에, 적절한 시기에 해충을 방제하여 잘 관리하는 것이 국민 정서에 중요한 반면, 독성이 강한 화학합성 살충제를 사용하는 것은 정서적 반감을 유발할 수도 있다. 때문에 상대적으로 독성이 낮은 유기농업자재를 활용할 경우, 친환경 해충군 관리 개념에서 화학합성 살충제를 대체하여 그 활용성을 확장할 수 있을 것으로 판단된다. 향후, 야외 현장 실증 실험을 통하여 유기농업자재의 야외 발생 목화진딧물에 대한 적합성 연구를 추가적으로 수행하여 그 활용성을 검증할 필요가 있다.

주성분이 단일인 유기농자재 그룹과 혼합제인 유기농자재 그룹의 비교에서 혼합제 유기농자재 그룹의 가중평균사충률이 단제 그룹보다 우수한 약효가 확인되었다(Fig. 3). 이는 Ryu 등(2013)이 친환경 구기자 재배지에서 발생한 흑응애를 방제하기 위해 고삼, 밀구슬나무, 양명이주의 식물혼합추출물로 구성된 제제를 처리하였을 때 흑형성률이 낮았다고 보고한 결과, Kim 등(2013)이 유기농 배추 재배지의 주요 해충인 좁은가슴일벌레와 배추좀나방의 방제에 Bt, 마트린, 님의 혼합처리 시 단독처리 보다 살충효과가 높았다는 결과, 그리고 Han 등(2015)이 파밤나방의 방제에 Bt 유래 독소와 마트린의 혼합 처리제가 단독 처리제보다 살충 효과 높다고 보고한 결과와 유사한 의미를 갖는다고 볼 수 있다. 본 논문 및 여러 연구결과를 종합해 볼 때, 복합적인 살충 작용기작을 지닌 방제제들이 대상 해충에 대한 살충효과를 증대시키는 것으로 판단된다.

미량원소로 구성된 비료 제품 일부(Test\_34, Test\_38)가 다른 농자재보다 살충효과가 높게 나타나기도 하였다(Fig. 3). 미량요소복합비료는 등록 법 상 비료 효과만이 검증된 제품으로, 최소한의 보증성분만이 함유되면 '비료관리법'에 의하여 저렴한 비용으로 등록하여 판매할 수 있다. 이를 이용한 일부 업체에서는 비료 보증성분 외 살충·살균 성분이 함유된 기능성 농자재로 판매하거나 홍보를 하여 사용 현장 및 소비자의 혼란을 야기하고 있다(Cha, 2020). 그렇기 때문에 안전한 제품의 사용 및 현장의 피해를 최소화하기 위해서는 제품 등록 및 사후 관리에 대한 엄격한 관리 규정 도입이 시급하다.

실험에 사용된 유기농업자재 중 목화진딧물에 60% 이상의 우수한 효과를 보인 제품은 약 8종으로써 실험된 33종 중 24%가 이에 해당되었다. 2021년을 기준으로 병해충을 방제하기 위하여 공시된 유기농업자재는 311종으로 이중

56종 만이 적용 병해충이 명시되어 있다. 과거 ‘친환경유기농자재 품질인증제도’를 통하여 적용 병해충 표기가 가능하였으나 여러 문제점의 노출로 인해 현재는 폐지된 상태이다. 하지만 이는 결국, 제품을 사용하는 농·임업인 및 현장 혼란을 야기한 결과를 초래하였다 할 수 있다. 농림 현장의 신뢰 확보 및 유기농업자재 산업의 활성화를 위해서는 정부 차원의 유기농업자재 주성분 및 부자재 품질 규정, 체계적인 보증체계 구축, 전문 민간기관 및 농·임업인 단체와의 협업을 통한 사후 품질 모니터링 및 감시 시스템의 구축이 필요하다. 이러한 체제를 통해 실험에 사용된 작물 및 병해충명이 표기될 수 있음으로써 현장에서의 올바른 제품 사용 및 효율적인 병해충 관리가 가능해 질 것이라 사료된다.

국내 농림업에서의 해충 관리는 대부분 화학합성 살충제에 의존하고 있어 저항성 발달 개체군의 출현을 초래하고 있다. 그렇기 때문에 친환경농가 뿐만 아니라 관행농가에서도 유기농업자재의 사용이 증가하고 있으며 농업 유관기관에서는 이들 유기농업자재를 병해충의 밀도가 낮을 때 사용하기를 권면하고 있다. 우수 유기농업자재의 발굴 및 교호 사용은 화학합성 살충제 저항성 개체군의 출현을 억제시키고 기존 화학합성 살충제의 가용 수명 증대에 기여할 수 있을 것이다. 하지만 국내 유통되고 있는 총해관리용 유기농업자재의 경우, 자재 명칭이 식물추출물, 데리스추출물, 님추출물 등의 생소한 용어로 되어 있고 같은 소재에 대한 명칭도 통일성이 없는 경우가 많다. 이는 소비자들의 합리적인 제품 구매 선택을 하는데 어려움을 초래하고 있다. Kwon 등(2021)은 총해관리용 유기농업자재 311종을 유효 주성분을 중심으로 그룹화 하여 정리한바 있으나, 화학합성 살충제와 같이 작용기작에 따른 그룹화를 통한 해충 관리 시스템 개발까지 막대한 연구와 비용이 요구될 것이다. 유기농업자재는 제한적인 소재로 인하여 주성분이 복합된 제품이 많고 앞으로도 이러한 제품이 늘어날 것이기 때문에 살충 작용기작을 연구를 하는데 근본적인 한계가 있는 것은 분명한 사실이다. 그럼에도 불구하고 주요 살충성 소재에 대해서는 지속적인 연구는 합리적인 해충 관리 및 이들을 방제하기 위해 사용되는 농자재의 수명을 연장하는데 필수적으로 필요하다.

본 연구를 통해 밝혀진 목화진딧물을 방제하기 위해 농림 현장에서 사용되고 있는 농자재에 대한 약효 정보는 다양한 제품의 효과와 우수 방제제를 선택하는데 있어 근거 제시에 기여할 수 있을 것이다. 다양한 유기농업자재의 체계화를 통하여 농업 현장에서 안정적인 농산물 생산에 기여되기를 바란다.

## 감사의 글

본 연구는 2021년 국립산림과학원의 ‘나라꽃 무궁화 보급

활성화 및 산업소재화 연구(FG0403-2018-01-2021)의 연구비와 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원의 핵심농자재 국산화기술개발사업(321054-05)의 지원을 받아 수행되었음.

## Author Information and Contributions

Mi Hyun Kim: Bioassay, Aphid rearing, Host plant management, <https://orcid.org/0000-0007-2530-2995>

Jae Seong Im: Experiment design, Writing, Draft review

Yul Kyun Ahn: Experiment design, Draft review

Hae-Yun Kwon: Aphid collection, Draft review

Yunmi Park: Aphid collection, Draft review

Deok Ho Kwon: Bioassay, Statistical analysis, Writing, Experiment design, <https://orcid.org/0000-0003-2162-4771>

## 이해상충관계

저자는 이해상충관계가 없음을 선언합니다.

## Literature Cited

- Cha J-S. Is microelement compound fertilizer a ‘magic lamp’?. *newsfm*. 2020. 06.26.
- Cho Y-S, Song J-H, Choi J-H, Choi J-J, Kim M-S, 2016. Eco-friendly materials selection and control timing to *Eurytoma maslovskii* in Japanese apricot. *Korean J. Org. Agric.* 24(1): 123-130.
- Choi B-R, Park H-M, Yoo J-K, Kim S-G, Baik C-H, et al., 2005. Monitoring on insecticide resistance of major insect pests in plastic house. *Korean. J. Pestic. Sci.* 9(4):380-390.
- Choi I-J, Kwon H-H, Lee H-H, Son H-G, Hong S-K, et al., 2013. Evaluation of insecticidal activity of plant extracts against the diamondback moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) on vegetable plant. *Korean J. Plant Res.* 26(1):19-25.
- Choi SH, Jeong MG, Lee DW, 2018. Insecticidal activity of plant extracts against lepidopteran insect pests (*Latoia hilarata*, *Monema flavescens* and *Euproctis similis*) in blueberry. *Korean J. Pestic. Sci.* 22(4):255-260.
- Ebert TA, Cartwright B, 1997. Biology and ecology of *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: aphididae). *Southwest. Entomol* 22(1):116-153.
- Georghiou GP, 1994. Principles of insecticide resistance management. *Phytoprotection* 75(4):51-59.
- Han JH, Yoon J, Son S, Kim JJ, Lee S, 2015. Combination effects of organic materials and *Bacillus thuringiensis* on



- Spodoptera exigua*. Korean. J. Pestic. Sci. 19(4):411-417.
- Jung J-K, Kim M, Lee CY, Jang B-J, Kim D, et al., 2021. Comparison of insect pest communities on 30 cultivars of *Hibiscus syriacus*. J. Korean Soc. For. Sci. 110(1):116-127.
- Kang C-S, Kuk Y-I, Kim S-S, 2018. Acaricidal activity of individual and combined treatments of plant extracts against the tea red spider Mite, *Tetranychus kanzawai* (Acari: Tetranychidae), a pest of tea plant. Korean J. Org. Agric. 26(4):707-717.
- Kim D-I, Kim S-G, Kim S-G, Ko S-J, Kang B-R, et al., 2010. Characteristics and toxicity of *Chrysanthemum* sp. line by extract part and methods against *Tetranychus urticae*, *Nilaparvata lugens*, and *Aphis gossypii*. Korean J. Org. Agric. 18(4):573-586.
- Kim M-J, Shim C-K, Kim Y-K, Jee H-J, Yun J-C, et al., 2013. Insecticidal effect of organic materials of Bt, neem and matrine alone and its mixture against major insect pests of organic Chinese cabbage. Korean. J. Pestic. Sci. 17(3):213-219.
- Koo H-N, An J-J, Park S-E, Kim J-I, Kim G-H, 2014. Regional susceptibilities to 12 insecticides of melon and cotton aphid, *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) and a point mutation associated with imidacloprid resistance. Crop Prot. 55:91-97.
- Kwon DH, Gwak G-y, Kim I-H, Ahn YG, Hong KH, 2022. Selection techniques of agrochemical materials by multi array leaf dipping bioassay method for the precision management of two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*) in fruit vegetables. Korean. J. Pestic. Sci. 26(4): 258-272.
- Kwon DH, Kwack G-Y, Won SM, Kim MH, Choi HJ, et al., 2021. Establishment of classification system of major ingredients in organic agricultural materials associated with insect pest control. Korean. J. Pestic. Sci. 25(4):287-304.
- Kwon H-R, Kim S-H, Park M-W, Jo S-H, Shin H-S, et al., 2011. Environmentally-friendly control of *Riptortus pedestris* (Hemiptera: Alydidae) by environmental friendly agricultural materials. Korean J. Agric. Sci. 38(3):413-419.
- Lee SK, Jung CR, Han K-S, Park B, 2022. Control efficacy of organic materials against artichoke aphid (*Capitophorus elaeagni*, Del Guercio) that damage Korean thistle. Korean J. Appl. Entomol. 61(2):293-297.
- Lee YS, Lee HA, Lee HJ, Choi JY, Lee S-W, et al., 2019. Control effect of plant extracts mixture on *Metcalfa pruinosa* (say) (Hemiptera: Flatidae). Korean J. Appl. Entomol. 58(4): 281-282.
- Paik WH, 1972. Aphididae. Illustrated Encyclopedia of fauna and flora of Korea. Vol. 13. Insecta 5. Ministry of Education, Seoul (in Korean).
- Park B, Lee SK, Jeong IH, Park SK, Lee SB, et al., 2019. Susceptibility of *Metcalfa pruinosa* and *Hyphantria cunea* to some commercial organic materials. Korean. J. Pestic. Sci. 23(4):274-279.
- R Development Core Team. (2020). R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria. : R Foundation for Statistical Computing. Retrieved from <https://www.R-project.org/>
- RDA. (2022). Pesticide Safety Information System (PSIS). Retrieved 14 Aug. 2022 <https://psis.rda.go.kr/>
- Ryu T-H, Park S-E, Ko N-Y, Kim J-G, Shin H-S, et al., 2013. Seasonal occurrences of insect pests and control effects of eco-friendly agricultural materials (EFAMs) in the field of *Lycium chinense* under environment-friendly management. Korean. J. Pestic. Sci. 17(4):402-410.
- Shim JY, Park JS, Paik WH, 1979. Studies on the life history of cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover (Homoptera). Korean J. Appl. Entomol. 18(2):85-88.

## 농림지의 목화진딧물 개체군에 대한 농자재 살충효과 모니터링

김미현<sup>1\*</sup> · 임재성<sup>2\*</sup> · 안율균<sup>1</sup> · 권해연<sup>3</sup> · 박윤미<sup>4</sup> · 권덕호<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>한국농수산대학교 원예학부 채소전공, <sup>2</sup>(주)솔봄 기업부설연구소,  
<sup>3</sup>국립산림과학원 산림약용자원연구소, <sup>4</sup>국립산림과학원 특용자원연구과

**요약** 농림 해충을 방제하기 위하여 사용되는 농자재의 살충활성 모니터링은 효율적인 해충관리를 위한 필수 전략이다. 본 연구에서는 등록된 유기농업자재 33종, 화학합성 살충제 2종 그리고, 미량요소복합비료 5종에 대한 목화진딧물 4계통을 대상으로 약효 평가를 수행하였다. 약효 평가 결과, 목화진딧물 계통( $F_{3,160} = 6.430, P = 0.0004$ ) 및 농자재( $F_{40,451} = 19.02, P < 0.0001$ ) 별로 약효 변이가 존재하는 것으로 확인되었다. 가중평균사충률을 기준으로 10종의 농자재는 목화진딧물 4계통에 대해 80% 이상의 약효를 보였으며 주성분이 단제인 유기농업자재보다 혼합제인 유기농업자재 제품에서 약효가 통계적으로 높았다. 일부 농자재는 목화진딧물 계통과 상관없이 높은 살충활성이 있는 것으로 나타나 화학합성 살충제를 대체할 수 있는 가능성이 있는 것으로 판단된다. 화학합성 살충제에 대해 낮은 약효를 보인 JB 04계통은 다른 유기농업자재에 대해서도 낮은 약효를 보였는데 이는 저항성 발현과 관련된 연구가 미흡한 유기농업자재 사용의 주의 및 해충 방제자재의 효율적인 관리체계가 필요하다는 점을 시사한다. 본 연구결과는 농림현장에서 발생하는 목화진딧물에 대한 농자재의 살충활성 정보 및 유기농자재의 약효 현황을 이해하는데 기여할 수 있을 것이다.

**색인어** 목화진딧물, 유기농업자재, 살충효과, 해충방제, 생물검정