농약과학회지 제17권 제4호 (2013)
Vol. 17, No. 4, pp. 343-349 (2013)
Open Access http://dx.doi.org/10.7585/kjps.2013.17.4.343
Online ISSN 2287-2051
Print ISSN 1226-6183
ORIGINAL ARTICLES / TOXICOLOGY

배추좀나방 방제약제로서 후추 추출물, 카시아 오일, 라벤더 오일 함유 친환경유기농자재에 대한 급성 생태독성평가

유아선* · 정미혜 · 홍순성 · 장희섭 · 이제봉 · 박경훈 · 이영묵 · 임양빈
국립농업과학원 농산물안전성부 농자재평가과

Acute Ecotoxicity Evaluation of Environmental-friendly Organic Agro-materials Containing Pepper Extract, Cassia Oil, Lavender Oil for Control of Diamondbackmoth

Are-Sun You*, Mihye Jeong, Soon-Seong Hong, Hee-Seop Chang, Je Bong Lee, Kyung-Hun Park, Young Mook Lee and Yangbin Ihm

Division of Agro-material Safety Evaluation, Department of Agro-food Safety, National Academy of Agricultural Science, Suwon 441-707, Korea

(Received on November 14, 2013. Revised on November 22, 2013. Accepted on December 11, 2013)

Abstract Environment-friendly agro-materials tend to be preferred to chemical insecticides recently. For this reason, many studies are conducted to develop environment-friendly insecticides containing natural materials. The purpose of this study was to assess ecotoxicity for pepper extract and cassia oil (11.5+46%, A), pepper extract and cassia oil (23+34%, B), and pepper extract and lavender oil (40+10%, C). They are expected to prevent from pests especially diamondback moth, and can be used for agro-materials. Their formulation was emusifiable concentration (EC). Target species used to assess acute toxicity were aquatic invertebrate (*Daphina magna*), fish (*Cyprinus carpio*), honeybee (*Apis mellifera L.*) and earthworm (*Eisenia fetida*). The EC_{50} value of A, B, and C to aquatic invertebrate were 0.46, 1.9, 0.25 mg L^{-1} respectively and these values were moderately toxic according to standard of USEPA. In case of acute toxicity test to fish, the LC_{50} of A, B, and C were 1.9, 2.9, 3.8 mg L^{-1} respectively. A was category II in acute toxicity of fish and not acceptable to evaluation criteria of environment-friendly agro-materials. B and C were category III and acceptable. Acute contact and oral toxicity test to honeybee were conducted and the LD_{50} of A, B, and C were > 100 μg a.i. bee^{-1} in both of tests. It indicated they were low toxic to honeybee. In case of acute toxicity test to earthworm, LC_{50} of A, B, and C were 695, 988, and 564 mg kg^{-1}. In conclusion, pepper extract+cassia oil 57% EC and pepper extract+lavender oil 50% EC were expected to be used for environment-friendly insecticide materials with low risk against ecosystem and contribute to developing environment-friendly agro-materials.

Key words Plant extract, Pepper, Cassia, Lavender, Ecotoxicity

서 론

병해충 방제를 위해 사용하는 화학합성 살충제의 오남용으로 인한 환경오염으로 생태계 파괴가 우려되고 있으며 식품 안전성에 대한 국민의 관심이 높아지고 있다. 이러한 변화에 따라 광범위한 살충효과를 보이며 환경에는 큰 영향을 주지 않는 친환경자재를 탐색하려는 연구가 활발히 이루어지고 있다(Saxena, 1989). 그 중 식물추출물을 이용한 친환경 작물보호제는 살충제, 곤충기피제 및 섭식저해제로서 성공적으로 개발 및 이용되어지고 있으며(Schmutterer, 1980), 식물체의 종자나 색소 및 식물 표면 등에는 생리활성 물질이 분포되어 있다고 알려져 있는데(Yoon 등, 1995; Hsu 등,

*Corresponding author
Tel: +82-31-290-0594, Fax: +82-290-0508
E-mail: aresun@korea.kr

2001; Martin 등, 2002), 이에 따라 식물추출 화합물은 다양한 생물활성물질을 함유하고 있고(Wink, 1993), 포유류인 인축에는 거의 해가 없기 때문에 친환경 농업에서는 새로운 해충방제 자재로 인식되고 있다(Arnason 등, 1989). Pyrethrin이나 rotenone과 같은 식물체 유래 살충 물질들은 160여 년 전부터 상업화되어 이용되고(Isman, 1999), neem 유래 식물 살충제는 세계 39개국에서 150종 이상의 제품이 생산되고 있다(Koul, 2004). 후추열매(*Piper nigrum*) 추출물은 살균작용이 있고(Bak 등, 2006), 라벤더 오일(*Lavendula angustifolia*)은 방충효과(Park, 2003)가 있으며, 추출물은 열과 산에 안정성이 높다(Yoo 등, 2005). 또한 라벤더 오일의 주요 성분으로서 linalool과 linalyl acetate는 항균, 항염, 항산화 등의 효과가 있다(Mazzanti. 등, 1998). 카시아(*Cinnamomum cassia Blume*)는 수확 후 질병에 뛰어난 방제 효과가 있다고 알려져 있으며(Xu 등, 2011; Feng and Zheng, 2006; Feng 등, 2008), 주요 성분인 cinnamic aldehyde은 항균, 항바이러스 등의 효과가 있으며(Bang 등, 2000) 안정성이 높다(Chung 등, 1999). 이러한 식물유래 추출물을 이용한 제품 중 살충효과가 검증된 친환경 농자재 제품 개발에 앞서 환경생물에 대한 영향을 평가함으로써 제품으로 활용가능 여부를 판단할 필요성이 있다. 따라서 본 연구에서는 배추좀나방 방제효과가 검증된 후추 추출물, 카시아 오일, 라벤더 오일 함유 유제 시제품 3종의 환경생물에 대한 안전성을 평가하고 친환경유기농자재로서 활용 가능성을 확인하고자 수서생물과 육생생물에 대한 생태독성시험을 수행하였다.

실험방법

재료 및 방법

시험물질

시험에 사용한 후추 추출물+카시아 오일 57.5%(11.5+46%) 유제(후보제형 A), 후추 추출물+카시아 오일 57%(23+34%) 유제(후보제형 B), 후추 추출물+라벤더 오일 50%(40+10%) 유제(후보제형 C)는 (주)내츄로바이오텍으로부터 제공받아 사용하였다.

식물추출물의 물벼룩에 대한 독성평가

시험생물

물벼룩 급성독성 평가에 사용된 물벼룩(*Daphnia magna*)은 국립농업과학원 농자재평가과에서 계대 사육하고 있는 물벼룩을 사용하였다. 사육조건은 수온이 20 ± 1°C, 광조건 16시간, 암조건 8시간으로 하였으며 물벼룩 먹이로는 순수배양한 녹조류(*Chlorella vulgaris*)를 1×10^5~2.5×10^6cells mL^{-1}의 농도로 공급하였다. 물벼룩 배양액(M4)는 조제하여 사용하였다.

물벼룩 급성 유영저해시험

식물추출물의 물벼룩에 대한 급성유영저해시험은 우리나라의 농약등록 시험기준과 방법(Agro-Material industry Division, 2012)에 준하여 시험하였다. 시험에 사용한 물벼룩은 생후 24시간 미만의 건강한 어린개체를 채집하여 사용하였다. 시험방법은 125 mL 원형 유리 비이커에 사육수 100 mL을 채운 후 농도별로 아세톤에 희석 조제한 시험용액을 처리하고 대조군에는 용매인 아세톤을 처리하여 각 수조에 물벼룩을 10마리씩 3반복으로 하여 시험농도 당 총 30마리의 물벼룩을 사용하였다. 노출방식은 지수식(static)으로 하였으며 노출시간은 48시간이었다. 수온은 대조군에서 매일 측정하였고 광조건은 16시간, 암조건은 8시간으로 하였다. 시험기간 중에는 산소와 먹이는 공급하지 않았다.

시험시작 후 24시간과 48시간에 치사 또는 유영저해(immobilisation)를 받은 개체와 이상증상을 관찰하였다. 유영저해의 판정은 유리막대로 시험수를 시계방향으로 1~2회 저어준 후 약 15초간 관찰하여 움직이지 않거나 정상적인 유영을 하지 못하는 개체는 영향을 받은 것으로 간주하였고, 독성증상은 육안으로 관찰하여 기록하였다. 시험기간 동안 시험용액의 pH 및 DO (Dissolved oxygen)는 시험시작 전과 종료 시에 측정하였다.

식물추출물의 어류에 대한 독성평가

시험생물

담수어류 급성독성시험에 사용한 시험어종은 잉어(*Cyprinus carpio*)로서 국립농업과학원 농자재평가과에서 실내 사육중인 잉어를 이용하여 부화시킨 치어를 사용하였으며, 개체 중 전장 5 cm 내외의 건강하고 균일한 개체를 사용하였다.

어류 급성독성시험

식물추출물의 어류에 대한 급성독성시험은 우리나라의 농약 등록시험 기준과 방법(Agro-Material industry Division, 2012)에 준하여 시험하였다. 6 L 원형 유리수조(직경 20 × 높이 26 cm)에 농도별 시험용액 5 L를 채우고 농도별로 아세톤에 희석 조제한 시험용액을 처리하고 대조군에는 용매인 아세톤을 처리하여 시험농도당 10마리씩 반복 없이 넣은 후 시험기간 동안 시험용액을 교체하지 않는 지수식(static)으로 시험하였다. 시험기간 동안 먹이와 산소는 공급하지 않았으며, 온도는 25 ± 2°C, 광조건 16시간, 암조건 8시간으로 유지하였다.

시험시작 후 4시간 및 24시간 마다 치사어 및 독성증상을 관찰하여 기록하였고 치사한 개체는 발견 즉시 제거하였다. 시험기간 동안 시험용액의 pH 및 DO는 24시간마다 모든 농도에서 측정하였으며 수온은 대조군에서만 측정하였다.

식물추출물의 꿀벌에 대한 독성평가

시험생물

급성독성시험에 사용한 시험종은 서양종 황색 꿀벌(*Apis mellifera* L.)로서 국립농업과학원 농자재평가과에서 관리하는 봉군에서 건강한 일벌을 채집하여 사용하였다.

꿀벌 급성접촉독성시험

식물추출물의 꿀벌에 대한 급성접촉독성시험은 우리나라의 농약 등록시험 기준과 방법(Agro-Material industry Division, 2012)에 준하여 시험하였다.

벌통에서 채집한 건강한 일벌을 CO_2 가스로 마취한 다음 5농도 3반복으로 미리 준비한 원통형 스테인리스망 케이지(직경 50 × 높이 150 mm)에 순차적으로 10마리씩 넣은 후 25 ± 2°C의 암조건에 3시간 동안 두어 회복시킨 다음 시험에 사용하였다. 마취에서 깨어난 케이지 안에 10마리씩 수용된 꿀벌들을 다시 CO_2 가스로 마취시킨 후 여과지 위에 올려놓고 각 꿀벌의 흉부에 농도별로 아세톤을 이용하여 희석 조제된 시험용액 1 μL를 미량국소처리주사기를 사용하여 처리하였으며 대조군에는 용매로 사용된 아세톤을 처리하였다. 약제 처리를 끝낸 꿀벌은 다시 케이지에 옮겨 담고 50% 자당(sucrose)용액 2 mL을 넣은 유리 급식관을 스펀지 마개에 꽂아 온도 25 ± 2°C, 습도 50~70%의 암실에 두면서 4, 24 및 48시간의 꿀벌 치사 및 이상증상을 관찰하였다.

꿀벌 급성섭식독성시험

식물추출물의 꿀벌에 대한 급성섭식독성시험은 우리나라의 농약 등록시험 기준과 방법(Agro-Material industry Division, 2012)에 준하여 시험하였다.

접촉독성과 동일한 방법으로 채집한 꿀벌을 원통형 스테인리스망케이지에 넣고 50% 자당용액에 증류수에 희석한 시험물질을 혼합하여 농도별로 조제한 시험용액을 사용하였고, 대조군에는 50% 자당용액을 이용하여 유리급식관에 0.2 mL씩 넣어 케이지 마개에 꽂아두고 4시간 후에 관찰하여 전량 섭취한 케이지에는 50% 자당용액으로 교체하고 섭취가 끝나지 않은 케이지는 6시간까지 관찰한 뒤 새로운 50% 자당용액으로 교체한다. 실험 케이지는 암실에 두면서 24시간과 48시간의 꿀벌 치사율 및 이상증상을 관찰하였으며 시험용액의 섭이량은 시험시작 전과 종료 후에 기록하였다.

식물추출물의 지렁이에 대한 독성평가

시험생물

급성독성시험에 사용한 시험종은 줄지렁이(*Eisenia fetida*)로서 국립농업과학원 농자재평가과 생태독성 실험실에서 사육중인 지렁이 중 코쿤에서 부화하여 2개월 이상 성숙하고, 무게가 300~600 mg 정도의 건강하고 균일한 개체를 사용하였다.

인공토양 조제

인공토양은 sphagnum peat와 kaolin clay 및 산업용 모래를 각각 1 : 2 : 7의 비율로 500 g이 되게 조제하였다. Sphagnum peat는 pH 5.5~6.0인 식물이 남아있지 않는 분말상으로 건조된 것과 kaolin clay는 kaolinite 함량이 30% 이상인 것 그리고 산업용 모래는 입경이 50~200 μm이고 함량이 50% 이상인 것을 시중에서 구입하여 사용하였다. 인공토양의 pH는 6.0 ± 0.5가 되도록 $CaCO_3$를 일정량 첨가하여 소형 믹서기를 이용하여 잘 혼합한 후 시험에 사용하였다.

지렁이 급성독성시험

식물추출물의 지렁이에 대한 급성독성시험은 우리나라의 농약 등록시험 기준과 방법(Agro-Material industry Division, 2012)에 준하여 시험하였다. 시험방법은 2 L 유리수조(직경 20 × 높이 26 cm)에 조제된 인공토양 500 g을 넣고 아세톤에 희석 조제한 농도별 시험용액을 미리 덜어낸 인공토양 10 g에 뿌린 뒤 흄후드에서 아세톤을 날아갈 때까지 방치한 후 인공토양과 혼합하고 증류수 175 mL을 첨가하여 최종 수분함량이 40%가 되게 하였다. 대조군에는 용매로 사용한 아세톤을 처리하였다. 시험조건으로 온도는 20 ± 2°C, 광도는 400~800 Lux가 되도록 형광등을 사용하여 시험기간 내내 조사하였다. 시험물질을 농도별로 처리한 인공토양이 담긴 시험용기에 10마리씩 반복 없이 지렁이를 투입하고 통풍이 원활하게 만든 뚜껑을 덮고 parafilm으로 감아 시험을 실시했다. 약제처리 후 7일과 14일에 형태이상, 행동변화, 치사 등을 관찰하였으며 인공토양의 pH 및 지렁이의 체중은 시험전과 시험 종료 후에 측정하였다.

통계처리

시험결과는 probit (EPA version 1.5)법을 이용하여 EC_{50}, LC_{50}, LD_{50} 값과 95% 신뢰한계를 구하였다.

결과 및 고찰

물벼룩 급성독성

식물추출물 배추좀나방 방제약제 후보 3종에 대한 물벼룩 급성유영저해시험의 기초시험으로 각 약제 별 10 mg L^{-1} 농도로 처리한 결과, 배추좀나방 방제약제 후보 3종 모두 100%의 치사 및 유영저해를 보여 예비시험과 본시험을 실시하였다. 배추좀나방 방제약제 후보 A는 0.20, 0.32, 0.51, 0.82, 1.31 mg L^{-1}, 후보 B는 0.4, 0.8, 1.6, 3.2, 6.4 mg L^{-1}, 후보 C는 0.1, 0.2, 0.4, 0.8, 1.6 mg L^{-1}의 농도로 처리하여

Table 1. EC_{50} in acute toxicity of test materials to *Daphnia magna*

Test material	EC_{50} (mg L^{-1})	
	24 h	48 h
Insect A (peper+cassia 57.5%)	0.57 (0.50 ~ 0.65)*	0.46 (0.40 ~ 0.52)
Insect B (peper+cassia 57%)	4.5 (3.8 ~ 5.8)	1.9 (1.6 ~ 2.2)
Insect C (peper+lavender 50%)	0.44 (0.23 ~ 0.84)	0.25 (0.21 ~ 0.28)

*95% confidence limits

Table 2. Result of acute toxicity of test materials to carp (*Cyprinus carpio*)

Test material	LC_{50} (mg L^{-1})	
	48 h	96 h
Insect A (peper+cassia 57.5%)	1.9 (1.6 ~ 2.2)	1.9 (1.6 ~ 2.2)
Insect B (peper+cassia 57%)	2.9 (2.4 ~3.4)*	2.9 (2.4 ~3.4)
Insect C (peper+lavender 50%)	3.8 (3.0 ~ 4.9)	3.8 (3.0 ~ 4.9)

*95% confidence limits

본시험을 실시하였다. 수질의 pH 측정 결과 평균 7.65 (7.29~8.05)이었고, DO 측정 결과 평균 6.25 mg L^{-1} (5.16~7.82)이었으며 pH와 DO 모두 대조군과 시험군간에 유의한 변화가 나타나지 않았다. 배추좀나방 방제약제 후보 A, B 및 C의 물벼룩 급성유영저해시험 결과, 24시간의 EC_{50} 값은 각각 0.57, 4.5, 0.44 mg L^{-1}이었고, 48시간의 EC_{50} 값은 0.46, 1.9, 0.25 mg L^{-1}로 각각 나타났다. 대조군에서는 치사 및 유영저해 개체가 나타나지 않았다(Table 1).

USEPA의 담수무척추동물 독성기준을 보면, 매우 강한독성(very highly toxic) < 0.1 mg L^{-1}, 강한독성(highly toxic) 0.1~1 mg L^{-1}, 보통독성(moderately toxic) > 1~10 mg L^{-1}, 약한독성(slightly toxic) > 10~100 mg L^{-1}, 거의 독성없음(practically non-toxic) > 100 mg L^{-1}으로 구분되어 있는데 후보 A 및 C는 강한독성이었고 후보 B는 보통독성으로 분류되었다. 친환경농어업 육성 및 유기식품 등의 관리 · 지원에 관한 법률(Agro-Material industry Division, 2013)의 유기농업자재 공시 및 품질인증 기준에서는 논벼용 유기농업자재의 경우에만 물벼룩 독성을 평가하므로 배추좀나방 방제약제로 개발 중인 후보 3종은 물벼룩에 독성을 나타냈으나 친환경농자재로 활용이 가능할 것으로 사료된다.

잉어 급성독성

배추좀나방 방제약제 후보 3종의 잉어에 대한 기초시험결과 10 mg L^{-1}의 농도에서 전원치사를 보여 예비시험과 본시험을 실시하였다. 수질의 pH 측정 결과 평균 7.45(7.20~7.80)이었고, DO 측정 결과 평균 7.12 mg L^{-1} (6.32~7.87)이었으며 pH와 DO 모두 대조군과 시험군간에 유의한 변화가 나타나지 않았다. 본시험에서 배추좀나방 방제약제 후보 A 및 B는 1.0, 1.5, 2.3, 3.4, 5.1 mg L^{-1}의 농도를, 후보 C는 1.0, 1.8, 3.2, 5.8, 10.5의 농도를 처리하여 치사율을 관찰한 결과, 후보 3종 A, B 및 C의 잉어에 대한 LC_{50}는 각각 1.9, 2.9, 3.8 mg L^{-1} 로 나타났고(Table 2), 대조군에서는 치사개체가 나타나지 않았다. 48시간과 96시간의 LC_{50}가 같은 것으로 보아 48시간 이후에는 독성 증상이 더 이상 진행되지 않았음을 알 수 있었다. 송사리 급성독성 시험에서 송사리에 대한 후추 추출물의 LC_{50}는 10 mg L^{-1} 이상이었고, 라벤더 오일 30% 함유 유제의 LC_{50}는 10 mg L^{-1} 이상, 카시아 오일 30% 함유 유제의 LC_{50}는 7.5 mg L^{-1} (You 등, 2011)이었고, 송사리에 대한 후보 A, B 및 C 제형의 LC_{50}는 3.3, 2.2, 3.0 mg L^{-1} (You 등, 2011)으로 두가지 성분을 혼합하였을 때 독성이 증가하는 것을 알 수 있었다. 배추좀나방 방제약제 후보 3종에 대한 잉어의 반수치사농도는 후보 B 및 C는 2 mg L^{-1} 이상으로 농촌진흥청 고시에 따라 어독성 III급, 후보 A는 II급 농약으로 분류할 수 있다(Agro-Material industry Division, 2012). 송사리 급성독성에서는 후보 3종 모두 LC_{50}가 2.0 이상으로 어독성 III급이었으나 농약관리법 시행령(Agro-Material industry Division, 2012)에서는 잉어에 대한 반수치사량으로 어독성을 구분하므로, 이에 따라 잉어의 LC_{50}를 이용하여 어독성을 분류하였다. 친환경농어업 육성 및 유기식품 등의 관리 · 지원에 관한 법률(Agro-Material industry Division, 2013)의 유기농업자재 공시 및 품질인증 기준에 따라 후보 A는 부적합이고 후보 B 및 C는 적합한 것으로 나타났다.

꿀벌 급성섭식 및 접촉독성

꿀벌 급성독성시험에서 접촉 및 섭식독성 시험에 대한 기초시험을 실시한 결과, 100 a.i. μg bee^{-1} 약량에서 배추좀나방 방제약제 후보 A 및 C에서 치사개체가 10% 미만으로 나타났고, 배추좀나방 방제약제 후보 B는 섭식 및 접촉독성의 기초시험에서 치사개체가 발생하지 않아(Agro-Material industry Division, 2012) LD_{50}는 100 a.i. μg bee^{-1} 이상이었다. 시험기간 동안 대조군에서는 치사개체가 나타나지 않았다. 따라서, 배추좀나방 방제약제 후보 3종의 꿀벌 급성독성시험 LD_{50}가 100 a.i. μg bee^{-1} 이상임을 알 수 있다(Table 3). 꿀벌 급성접촉독성 및 급성섭식독성 시험에서 후추 추출물, 라벤더 오일 30% 함유 유제 및 카시아 오일 30% 함유 유제의 LD_{50}는 100 a.i. μg bee^{-1} 이상(You 등, 2011)이었는데, 두가지 물질을 혼합한 본 시험의 결과와 비교하였을 때 독성이 증가하지 않음을 확인하였다. USEPA의 꿀벌 급성독성의 분류는 LD_{50} 값에 따라 강한독성(highly

Table 3. Result of acute toxicity of test materials to honeybee (*Apis mellifera* L.)

Test material	Contact toxicity (a.i. μg bee^{-1})		Oral toxicity (a.i. μg bee^{-1})	
	24h-LD_{50}	48h-LD_{50}	24h-LD_{50}	48h-LD_{50}
Insect A (peper+cassia 57.5%)	> 100	> 100	> 100	> 100
Insect B (peper+cassia 57%)	> 100	> 100	> 100	> 100
Insect C (peper+lavender 50%)	> 100	> 100	> 100	> 100

Table 4. Result of acute toxicity of test materials to earthworm (*Eisenia fetida*)

Test material	LC_{50} (mg kg^{-1})	
	7 days	14 days
Insect A (peper+cassia 57.5%)	887 (659~521)*	887 (659~521)
Insect B (pepe+cassia 57%)	988 (871~1,127)	988 (871~1,127)
Insect C (peper+lavender 50%)	564 (501~636)	564 (501~636)

*95% confidence limits

toxic) < 2, 보통독성(moderately toxic) 2-11, 거의 독성없음(practically nontoxic) > 11으로 LD_{50}가 11 a.i. μg bee^{-1} 이상일 경우 거의 독성없음으로 구분하기 때문에 배추좀나방 방제약제 후보 3종의 꿀벌에 대한 독성은 거의 없음을 알 수 있다. 친환경농어업 육성 및 유기식품 등의 관리・지원에 관한 법률(Agro-Material industry Division, 2013)의 유기농업자재 공시 및 품질인증 기준에서 꿀벌접촉독성 기준은 LD_{50}가 11 a.i. μg bee^{-1} 이상일 경우 적합이므로 친환경농자재로 활용 가능성이 높았다. 제품의 희석배수, 살포물량, 노출평가를 고려하여 위해성이 낮을 경우 친환경농자재로서 활용할 수 있다고 사료되었다.

지렁이 급성독성

친환경농어업 육성 및 유기식품 등의 관리・지원에 관한 법률(Agro-Material industry Division, 2013)의 유기농업자재 공시 및 품질인증 기준에서는 지렁이 독성을 평가하지 않으나 본 연구에서는 지렁이에 대한 독성을 관찰하고 경향을 파악하기 위하여 시험을 수행하였다.

지렁이 급성독성 결과, 기초시험에서 14일 노출기간 동안 모든 배추좀나방 방제약제 후보 A, B 및 C에 대한 치사가 각각 80, 90, 100% 발생하여 3종 모두 예비시험과 본시험을 실시하였는데 배추좀나방 방제약제 후보 A는 100, 200, 400, 800, 1600 mg kg^{-1}, 후보 B는 500, 650, 845, 1099, 1428 mg kg^{-1}, 후보 C는 300, 390, 507, 659, 857 mg kg^{-1}의 농도로 각각 처리하였다.

그 결과 배추좀나방 방제약제 후보 A, B 및 C의 LC_{50}는 각각 887, 988, 564 mg kg^{-1} 이었고(Table 4), 시험기간 동안 대조군에서는 치사개체가 나타나지 않았다. 시험을 실시한 제형 모두 7일 이후 치사가 발생하지 않아 7일과 14일의 LC_{50} 값이 동일하였다. 후추 추출물의 LC_{50}는 1,000 mg L^{-1} 이상이었고, 라벤더 오일 30% 함유 유제의 LC_{50}는 234 mg L^{-1}, 카시아 오일 30% 함유 유제의 LC_{50}는 743 mg L^{-1} (You 등)이었는데, 지렁이 독성이 낮은 후추 추출물과 혼합하고 함유량을 낮춰 후보 3종 모두 독성이 낮아진 것으로 사료되었다. 후보 3종 모두 LC_{50} 값이 기초시험 농도인 1,000 mg kg^{-1} 미만으로 나타나 독성이 낮다고 볼 수 없으나 배추좀나방 방제약제 후보 3종의 지렁이에 대한 영향을 평가하기 위해서는 국내 농약에 적용하는 지렁이 위해성평가 체계에 의한 환경추정농도(PEC, Predicted environmental concentration)를 산출하여 독성-노출비(TER, Toxicity-exposure ratios)를 이용한 위해성평가가 필요하다고 사료된다.

본 연구는 친환경 살충소재의 환경에 대한 안전성 평가를 수행하여 친환경 농자재 제품개발에 활용하기 위해 실시한 것이다. 배추좀나방 방제약제 후보 A, B 및 C의 생태독성 시험 4종(물벼룩 급성독성, 잉어 급성독성, 꿀벌 급성독성, 지렁이 급성독성)을 수행하였고, 그 결과 잉어에 대한 급성독성 시험의 경우 후보제형들에 대한 어류의 반수치사농도는 후보제형 A를 제외한 나머지 B 및 C의 제형이 2 mg L^{-1} 이상이므로 농약관리법에 따라 어독성 III급으로 분류되어 독성이 낮은 것으로 나타났다. 꿀벌에 대한 급성독성시험에서는 후보 3종 모두 독성이 낮게 나타났다. 물벼룩에 대한 독성이 나타났으나 수도용 자재로 사용하지 않고 경엽처리제로 사용할 경우 친환경유기농자재로 사용이 가능하다. 어독성 III급인 경우에만 친환경유기농자재로 사용 가능하므로 후보 A 제형의 경우는 친환경유기농자재로 개발이 어려우며, 후보 B 및 C 제형의 경우 친환경유기농자재로 개발이 가능하다고 사료되었다. 모든 시험의 결과를 종합해 볼 때, 후추 추출물+카시아 오일 57% EC 및 후추 추출물+라벤더 오일 50% EC는 환경에 대한 안전성이 확보된 친환경 살충소재로서의 활용 가능성이 예상되며, 친환경 농자재 생산에 기여할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업 농작물 해충 방제를 위한 식물유래 살충제 개발' 중 세부과제 '곤충생리억제물질 및 식물 추출물의 생태독성 평가'(PJ006859032011)에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

Literature Cited

Agro-Material industry Division, RDA (2012) Creteria and method of toxicity test for environmental organism Legislation and Notification·Directive for pesticide regulation, RDA. pp. 365-372.

Agro-Material industry Division, RDA (2012) Enforcement ordinace, attach 2 in legislation for pesticide regulation, Legislation and Notification·Directive for pesticide regulation, RDA. pp. 143-144.

Agro-Material industry Division, RDA (2013) Legislation on promotion of environmental agriculture and fishery and regulation·support for organic food. pp. 257.

Arnason, J. T., B. J. R. Philogene, P. Morand, K. Imrie, S. Iyengar, F. Duval, C. Soucy-Breau, J. V. Scaiano, N. H. Werstiuk, B. Hasspieler and A. E. R. Downe (1989) Naturally occurring and synthetic thiopenes as photoactivated insecticides. In Insecticides of Plant Orgin. (Eds. J. T. Arnason, B. J. R. Philogene and P. Morand) ACS symposium series no. 387, American Chemical Society, Washington, DC. pp. 164-172.

Bak, W. C., B. H. Lee, K. H. Ka, T. S. Cho, H. J. Lee, S. S. Lee, M. K. Kim and B. Cha (2006) Control of Diatrype sitgma occurred on the bed-log of Shiitake using wood vinegar plant extracts and fungicides. The Korean Journal of Mycology, 34(1):22-28.

Bang, K. H., D. W. Lee, H. M. Park and Y. H. Rhee (2000) Inhibition of fungal cell wall synthesizing enzymes by transcinnamaldehtde. Biosci. Biotech. Biochem. 64: 1061-1063.

Chung, H. R., J. Y. Lee, D. C. Kim and W. I. Hwang (1999) Synergistic effect of Panax ginseng and Cinnamomum cassia Blume mixture on the inhibition of cancer cell growth in vitro. J. Ginseng Res. 23:99-104.

Feng, W. and X. Zheng (2006) Control of Alternaria alternata by cassia oil in combination with potassium chloride or sodium chloride. J Appl Microbiol. 101:1317-1322.

Feng, W., X. Zheng, J. Chen and Y. Yang (2008) Combination of cassia oil with magnesium sulphate for control of postharvest storage rots of cherry tomatoes. Crop Protect 27:112-117.

Isman, M. B. (1999) Neem and related natural products,. *In* eds. by F.R.

Hsu, S., J. B. Lewis, J. L. Borke, B. Singh, D. P. Dickinson, G. B. Caughman, M. L Drake, A. C. Aiken, G. Huynh, B. R. Das, T. Osakie and G. S. Schuster (2001) Chemopreventive effects of green tea polyphenols correlate with reversible induction of p57 expression. Anticancer Res. 21:3743-3748.

Koul, O. (2004) Neem: a global perspective. *In* eds. by O. Koul and S. Wahab. Neem: today and in the new millennium. Kluwer Academic Press. Dordrech. pp. 1-19.

Martin, S., E. Andriambeloson, K. Takeda and R. Andriantsitohaina (2002) Red wine polyphenols increase calcium in bovine aortic endothelial cells: a basis to elucidate signalling pathways leading to nitric oxide production. Br. J. Pharmacol. 135:1579-1587.

Mazzanti, G., L. Battinelli and G. Salvatore (1998) Antimicrobial properties of the linalool rich essential oil of Hyssopus officinalis L. var. decummbens (Lamiaceae). J. Flavour Frag. 13:289-294.

Park, K. W. (2003) Herb & Aromatheraphy. Sunjimunhwasa, Seoul.

Park, H. M. (2010) Plant Essential Oils and their Components: The Larvicidal Activities against Aedes aedes aegypti, Acute Toxicities on Water Flea, Daphnia magna, and Aqueous Residues.

Saxena, R. C. (1989) Insecticides from neem. In insecticides of plant origin (J.T. Arnason, B.J.R. Philogene and P. Morand, eds.). ACS Symp. Ser. No. 387. Am. Chem. Soc. Washington, D.C. pp. 110-135.

Schmutterer, H. (1980) Natural pesticides from the neem tree. Proc. 1st Int. Neem Conf. pp. 33-259.

Wink, M. (1993) Production and application of phytochemicals from an agricultural perspective. In Phytochemistry and Agriculture (van Beek TA, Breteler H. eds.). Clarendon Press, Oxford, pp. 171-213.

Xu, S. X., Y. C. Li, X. Liu, L. J. Mao, H. Zhang and X. D. Zheng (2011) In vitro and in vivo antifungal activity of a water-dilutable cassia oil microemulsion against Geotrichum citri-aurantii. Journal of Science of Food and Agriculture 92(13): 2668-2671.

Yoo, M. Y., Y. J. Jung and J. Y. Yang (2005) Antimicrobial activity of herb extracts. Journal of Korean Soc Food Sci Nutr. 34:1130-1135.

Yook, C. S. (1990) An an illustrated guide to Korean medicinal plant, Academy books, Seoul. pp. 590.

Yoon, H. H., Y. S. Park, J. B. Kim and T. R. Hahn (1995) Identification of anthocyanins from Korean pigmented rice. Agri. Chem. Biotech. 38:581-583.

You, A. S., K. H. Park, M. Jeong and S. S. Hong (2011) Acute toxicity evaluation of plant extracts and materials inhibiting active subtances of insect, 2011 NAAS report of research business, RDA, 11-13908-2-000046-10. pp. 1708-1734.

배추좀나방 방제약제로서 후추 추출물, 카시아 오일, 라벤더 오일 함유 친환경유기농자재에 대한 생태독성평가

유아선* · 정미혜 · 홍순성 · 장희섭 · 이제봉 · 박경훈 · 이영묵 · 임양빈

국립농업과학원 농산물안전성부 농자재평가과

요 약 식물추출물 후추 추출물과 카시아 오일, 라벤더 오일을 이용하여 친환경유기농자재로 개발 중인 제품으로 배추좀나방 방제에 이용할 수 있는 후추 추출물+카시아 오일 57.5% (후보제형 A), 후추 추출물+카시아 오일 57% (후보제형 B), 후추 추출물+라벤더 오일 50% (후보제형 C) 유제의 생태에 대한 급성독성을 평가하여 친환경농자재 시제품으로서의 활용가능성을 확인하고자 하였다. 물벼룩 급성독성을 실시한 결과 후보제형 A 및 C 유제의 EC_{50}은 각 0.46, 0.25 mg L^{-1}로 EPA 기준으로 강한 독성이었고, 후보제형 B 유제의 EC_{50}는 1.9 mg L^{-1}로 보통독성이었다. 잉어 급성독성 시험의 경우, 후보제형 A 유제의 LC_{50}가 1.9 mg L^{-1}으로 농촌진흥청 고시에 따라 어독성 II급 농약이었으며 후보제형 B, C 유제는 2.9, 3.8 mg L^{-1}로 어독성 III급 농약으로 구분되었다. 꿀벌 급성독성시험은 접촉과 섭식 시험으로 나누어서 실시하였고, 후보 3종 모두 접촉과 섭식독성 LD_{50}가 100 μg a.i bee^{-1} 이상으로 나타나 독성이 낮은 것으로 판단되었다. 지렁이 급성독성시험의 경우, 후보제형 A, B 및 C 유제의 LC_{50}가 각각 887, 988, 564 mg kg^{-1}이었다. 후추 추출물+카시아 오일 57% (후보제형 B), 후추 추출물+라벤더 오일 50% (후보제형 C) 유제는 어독성 및 꿀벌 급성독성이 낮아 친환경 농자재로서 활용이 가능할 것으로 사료되었다.

색인어 식물추출물, 후추, 카시아, 라벤더, 생태독성