



환경생물에 대한 Herbicidin의 급성독성

박연기* · 전경미 · 이 환 · 김보선 · 양애리 · 유아선 · 김영숙¹ · 최정섭¹

국립농업과학원 농산물안전성부, ¹한국화학연구원 친환경신물질연구센터

Acute toxicity of Herbicidin to environmental organisms

Yeon-Ki Park*, Kyong-Mi Chon, Hwan Lee, Bo-Seon Kim, Ae-Li Yang, Are-Sun You, Young-Sook Kim¹ and Joung-Sup Choi¹

Department of Agro-food Safety and Crop protection, National Institute of Agricultural Sciences
¹Eco-friendly and New Materials Research Center, Korea Research Institute of Chemical Technology

(Received on September 4, 2019. Revised on September 23, 2019. Accepted on September 24, 2019)

Abstract Acute toxicity tests of daphnia (*daphnia magna*), fish (*Cyprinus carpio*, *Oryzias latipes*, *Misgurnus anguillicaudatus*), earthworm (*Eisenia fetida*), and honey bee (*Apis mellifera*) on herbicidin were performed. The daphnia acute toxicity test showed no swimming inhibition or lethal at 100 mg/L for both 24 and 48 hours. Therefore, the daphnia 48h-EC₅₀ value was more than 100 mg/L. The fish acute toxicity test showed all no mortality or abnormalities at 100 mg/L for 24, 48, 72 and 96 hours. Therefore, the fish 96h-LC₅₀ values were all more than 100 mg/L. The earthworm acute toxicity test showed no mortality or abnormalities at 1,000 mg/kg for both 7 and 14 days. Therefore, the earthworm 14d-EC₅₀ value was more than 1,000 mg/kg. The honey bee acute contact and oral toxicity test showed no mortality at 100 µg/bee for both 24 and 48 hours. Therefore, both acute contact and oral toxicity of honey bee 48h-LD₅₀ values were more than 100 µg/bee. In conclusion, acute toxicity of herbicidin to daphnia, fish, earthworm and honey bee are practically non toxic.

Key words Herbicidin, acute toxicity, daphnia, fish, earthworm, honey bee

서 론

외국과의 농산물 교역이 증가하면서 비행기나 배를 통한 공항이나 항만의 물류집결지역 이나 수입 사료 육상 이동로를 따라 이삭가시풀, 가시상추, 양미역취, 서양가시엉겅퀴, 서양금혼초, 가시박 등 외래 잡초 유입이 증가하여 생물 다양성을 위협하고 있다. 이들 외래 잡초들은 4대강을 포함한 주요 하천, 댐 주변뿐만 아니라 도로변, 생활주변, 그리고 산지 등으로 급속하게 확산되고 있다. 최근에는 농경지로의 침입도 점차 진행되고 있는 실정이다(Choi, 2017). 외래 잡초는 강한 자생력으로 토종 식물을 위협하고 식생의 단순화로 서식환경의 변화를 일으켜 생태계 교란을 초래하고 있다.

도로변이나 산지 등 비 농경지에 유입된 외래 잡초는 제초제 사용으로 효과적으로 제거할 수 있으나 농경지에 발생

하는 외래 잡초는 일부분만 방제가 가능하다. 그러나 하천이나 댐 그리고 생활환경 주변은 환경오염 및 독성 우려가 있을 수 있어 기존의 제초제를 사용하여 외래 잡초를 제거하는 것은 제한적이다. 그러다 보니 생태계 교란 외래 잡초의 제거는 대부분 가지를 잘라 내거나 뿌리를 뽑아 제거하는 물리적인 방법을 사용하기 때문에 노동력이 많이 들고 완전한 제거가 불가능하다. 때문에 제거속도 보다 번식속도가 빨라 확산이 가속화되고 있는 실정이다(Choi, 2017). 따라서 외래 잡초방제를 위하여 기존 유기합성 제초제보다 환경오염이나 독성 측면에서 상대적으로 안전한 새로운 제초제 개발이 요구된다.

외국에서는 기존의 유기합성 제초제를 대체할 수 있는 식물이나 미생물에 존재하는 다양한 2차 대사산물인 천연 소재 제초제 탐색과 개발이 활발히 이루어지고 있다(Duke et al., 1996; Duke et al., 2000; Mitchell et al., 2001; Pallett et al., 2001; Coleman and Penner, 2006; Irvine et al., 2008; King and Calhoun, 2009; Chaimovitsh et al., 2010; Duke

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

et al., 2011; Bailey and Falk, 2011; Bailey, 2014; Weaver et al., 2016).

천연 유래 소재는 기존 제초제와는 다른 새로운 작용기작을 가지고 있을 가능성이 있으며 상대적으로 분해가 쉽게되거나 독성이 낮아 환경오염이나 독성측면에서 안전성을 확보할 수 있는 장점이 있다. 또한 기존 합성 제초제보다 개발비용에 비해 성공률이 높아 상대적으로 경제적인 것으로 생각되고 있다(Pyon et al., 2017)

국내에서도 유기합성 제초제를 대체할 수 있는 자생식물과 미생물을 활용한 새로운 제초제 개발을 위한 활발한 연구가 이루어지고 있지만 제품화 된 것은 아직 없다(Kim et al., 1996; Kim et al., 1997; Won et al., 2015; Kim et al., 2015; Park et al., 2012; Kim et al., 2018; Lee et al., 2013; Kwon et al., 2003).

최근 한국화학연구원에서는 천연물 대사체기반의 생태계 교란 잡초 제거를 위한 연구가 진행되어 토양 방선균인 *Streptomyces scopuliridis* KR-001가 생산하는 대사산물 Herbicidin을 후보 소재로 발굴하였고, 선행연구를 통해 비선택성 경엽 처리제로 유망할 것으로 보고하였다(Won et al., 2015).

이에 본 연구에서는 이를 실용화하기 위한 생태독성 기초 연구로 Herbicidin을 사용하는 경우 강이나 하천의 수질이 오염되어 수생 생물에 영향을 줄 우려가 있는지, 농경지나 산지에 사용하였을 경우 토양에 잔류되어 토양 동물에 피해를 줄 우려는 없는지, 그리고 그 농경지의 작물을 이용하는 곤충에게 영향을 주는지를 확인하기 위해 물벼룩과 어류 그리고 지렁이와 꿀벌에 대한 급성독성시험을 수행하였다.

재료 및 방법

시험물질

천연 유래 제초소재 Herbicidin (97%, 95%)를 한국화학연구원으로부터 제공받아 사용하였다.

물벼룩을 이용한 Herbicidin 독성평가

시험생물

본 시험에 사용한 물벼룩은 미국, OECD 그리고 우리나라 표준 시험법에서 추천하는 종인 *Daphnia magna*로 국립농업과학원 화학물질안전과에서 계대사육하고 있는 종을 사용하였다.

급성독성시험

Herbicidin (97%)의 물벼룩에 대한 급성독성을 평가하기 위해 48시간 급성유영저해시험을 수행하였다. 시험법은 OECD와 미국 환경청(EPA)의 가이드라인(OECD, 2004; EPA, 2016) 그리고 우리나라 농약관리법의 「환경생물 독성

시험기준과 방법」(RDA, 2019)에 준하여 시험하였다. 시험에 사용한 물벼룩은 출생한 지 24시간이 되지 않은 건강한 어린 개체를 사육용기에서 채집하여 사용하였다.

시험방법은 125 ml의 원통형 유리 비커에 시험용수(M4) 100 ml을 채운 후 Herbicidin 100 mg/L 농도로 처리하였다. 시험용수에 어린 물벼룩을 10마리 투입한 후 시험용수 교환 없이 48시간동안 관찰하였다. 시험은 3반복으로 하였고 총 30마리 물벼룩을 사용하였다. 시험기간 동안 먹이는 공급하지 않았고 수온은 $20 \pm 1^\circ\text{C}$, 광조건은 16시간(500~800 Lux), 암조건 8시간으로 조절하였다.

시험 시작 후 24시간과 48시간에 치사(致死) 또는 유영저해(遊泳沮害) 개체수를 조사하였다. 치사와 유영저해 판정은 유리막대로 시험수를 저어주고 15초간 관찰하여 움직이지 않거나 정상적인 유영을 하지 못하는 개체로 판정하였다.

어류를 이용한 Herbicidin 독성평가

시험생물

시험에 사용한 어류는 국립농업과학원 화학물질안전과에서 실내 사육중인 송사리(*Oryzias latipes*)와 잉어(*Cyprinus carpio*) 그리고 오창 양어장(충북 소재)에서 공급받은 미꾸리(*Misgurnus anguillicaudatus*)를 사용하였다. 송사리는 2~3 cm, 잉어는 3~5 cm, 그리고 미꾸리는 5~10 cm 크기의 건강하고 균일한 개체를 사용하였다. 외부로부터 분양받은 미꾸리는 시험조건과 동일한 환경에서 1주일 이상 순화시켰다.

급성독성시험

Herbicidin (97%)의 어류에 대한 급성독성시험은 OECD와 미국 EPA의 가이드라인(OECD, 2019; EPA, 2016) 그리고 우리나라 농약관리법의 「환경생물 독성시험기준과 방법」(RDA, 2019)에 준하여 시험하였다.

시험방법은 송사리는 8 L (직경 20 × 높이 26 cm) 원통형 유리 수조에 시험용수를 5 L, 잉어와 미꾸리는 15 L (직경 25 × 높이 30 cm) 원통형 유리 수조에 10 L를 채운 후 Herbicidin을 100 mg/L 농도로 처리하였다. 시험은 3반복으로 하였고, 어류는 각각 총 30마리를 사용하였다. 시험기간 동안 수온은 $23 \sim 25^\circ\text{C}$, 광조건은 16시간(500~800 Lux), 암조건 8시간으로 조절하였고, 먹이는 공급하지 않았다.

어류 투입 후에는 시험용수의 교환 없이 96시간까지 매일 치사한 개체 수와 이상증상 등을 조사하였고, 시험 시작 전과 후의 용존산소와 pH도 기록하였다. 유리막대로 자극을 가해 반응을 보이지 않거나 아가미의 움직임이 없는 것을 치사개체로 판정하고 즉시 제거하였다.

지렁이를 이용한 Herbicidin 독성시험

시험생물

시험에 사용한 지렁이는 국립농업과학원 화학물질안전과

에서 사육하고 있는 줄지렁이(*Eisenia fetida*) 중 무게 300~600 mg 정도의 건강한 개체를 사용하였다.

인공토양

인공토양은 sphagnum peat (Sungro Horticulture, USA) 와 kaolin clay (Coveris, USA) 그리고 산업용 모래를 각각 1:2:7의 비율로 넣은 후 소형믹서를 이용하여 잘 혼합하여 조제하였다. 인공토양 조제 시 CaCO₃를 일정량 넣어 pH가 6.0±0.5가 되도록 하였다. 인공토양에 사용한 sphagnum peat는 pH 5.5~6.0인 식물이 남아있지 않는 분말상으로 건조된 것, kaolin clay는 kaolinite 함량이 30% 이상인 것을 사용하였고, 모래는 입경이 50~200 µm인 것이 50% 이상 함유된 것을 시중에서 구입하였다.

급성독성시험

Herbicidein (95%)의 지렁이에 대한 급성독성시험은 OECD 와 미국 EPA의 가이드라인(OECD, 1984; EPA, 2012) 그리고 우리나라 농약관리법의 「환경생물 독성시험기준과 방법」 (RDA, 2019)에 준하여 시험하였다.

인공토양 500 g을 유리로 된 3 L (직경 15 × 높이 17 cm) 시험용기에 담고 증류수에 녹인 Herbicidein 1,000 mg/kg을 가한 후 소형믹서기로 혼합하였다. 인공토양에 증류수를 170~200 ml 가하여 수분 함량이 40%가 되게 하였다. 시험 물질이 가해진 인공토양에 지렁이를 10마리씩 투입하고 4 반복으로 총 40마리를 사용하였다. 수분 방지를 위하여 시험용기 윗부분은 플라스틱 필름을 덮고 적당하게 공기구멍을 내어 통기가 잘 되도록 하였다. 약제 처리 후 7일과 14일에 형태이상, 치사수 등을 조사하였다.

꿀벌을 이용한 Herbicidein 독성시험

시험생물

시험에 사용한 꿀벌(*Apis mellifera* L.)은 국립농업과학원 내에서 관리하는 봉군에서 건강한 일벌을 채집하여 사용하였다.

급성 접촉 독성시험

Herbicidein (95%)의 꿀벌에 대한 급성 접촉 독성시험은 OECD의 가이드라인(OECD, 1998; EPA, 2012)과 우리나라 농약관리법의 「환경생물 독성시험기준과 방법」 (RDA, 2019)에 준하여 시험하였다.

벌통에서 채집한 건강한 일벌을 밀폐된 통에 담아 실험실로 가져와 CO₂ 가스로 마취한 다음 미리 준비한 원통형 철망케이지(직경 150 × 높이 50 mm) 각각 10마리씩 넣었다. 25±2°C의 암 조건에서 회복시킨 다음 시험에 사용하였다. 마취에서 깨어난 케이지 안에 꿀벌들을 다시 마취시킨 후, 여과지 위에 올려놓고 미량주사기를 이용하여 Herbicidein

100 µg/bee를 1 µl씩 꿀벌 흉부에 처리하였다. 시험은 3반복으로 하였고 꿀벌은 총 30마리를 사용하였다. 약제 처리한 꿀벌은 다시 케이지로 옮겨 넣은 후 50% 자당용액 2 ml를 넣은 유리 급식관(직경 10 × 길이 50 mm)을 꽂아 온도 25±2°C, 습도 50~70%의 암실에 두고 24시간과 48시간 꿀벌 치사율 및 이상증상을 조사하였다.

급성 섭식 독성시험

Herbicidein (95%)의 꿀벌에 대한 급성 섭식 독성시험은 OECD의 가이드라인(OECD, 1998)과 우리나라 농약관리법의 「환경생물 독성시험기준과 방법」 (RDA, 2019)에 준하여 시험하였다.

급성 접촉 독성시험과 동일한 방법으로 채집한 꿀벌을 CO₂ 가스로 마취한 다음 원통형 철망케이지(직경 150 × 높이 50 mm)에 각각 10마리씩 넣었다. 50% 설탕용액에 Herbicidein 100 µg/bee 농도로 처리한 시험용액을 유리급식관(직경 10 × 길이 50 mm)에 200 µl씩 넣어 마취에서 깨어난 꿀벌들이 먹을 수 있도록 케이지에 꽂아 두었다. 시험은 3반복으로 하였고 꿀벌은 총 30마리를 사용하였다. 매시간 케이지를 관찰하여 시험물질이 전부 섭취 되었으면(1~4시간) 급식관을 제거하고 신선한 50% 설탕용액 2 ml를 채운 새로운 급식관을 꽂아주었다. 약제 처리 후 온도는 25±2°C, 습도 60~80%의 암실에 두고 24시간과 48시간 꿀벌 치사율 및 이상증상을 조사하였다.

결과 및 고찰

물벼룩 급성독성

물벼룩과 어류 급성독성 시험 기간 동안의 pH, DO, 온도 값을 나타내었다(Table 1).

물벼룩 급성독성시험결과, Herbicidein (97%) 처리 농도 100 mg/L에서 24시간과 48시간 모두 물벼룩 유영저해 및 치사가 나타나지 않았다(Table 2). 따라서 48시간 EC₅₀ 값은 >100 mg/L 이었다(Table 3).

미국 EPA의 EC₅₀값에 대한 물벼룩 독성 분류에 따르면 맹독성(very highly toxic)은 <0.1, 고독성(highly toxic)은 0.1~1, 보통독성(moderately toxic)은 >1~10, 저독성(lightly toxic)은 >10~100, 그리고 무독성(practically non toxic)은 >100 mg/L으로 구분하고 있다. 이 기준을 적용하면 Herbicidein 은 물벼룩에 대한 독성은 거의 없는 것으로 나타났다.

You et al. (2011, 2012)의 보고에 의하면 싸이화이트, 클로브버드, 계피, 라벤더, 유칼립투스, 마늘, 잔토실럼, 그리고 레몬그라스 등의 식물추출물에 대한 물벼룩 48시간 EC₅₀ 값은 2.5~>10 mg/L으로 미국 EPA 독성 분류에 따르면 보통독성으로 나타났다. 따라서 Herbicidein은 식물추출물에 비해 상대적으로 물벼룩에 대한 독성이 낮아 강이나 하천에

Table 1. The values of pH, DO, and temperature

Test species	pH	DO	Temperature (°C)
<i>D. magna</i>	7.64 ± 0.06	7.97 ± 0.08	19.8
<i>O. latipes</i>	7.42 ± 0.08	7.84 ± 1.24	23.0
<i>C. carpio</i>	7.33 ± 0.14	7.48 ± 2.25	23.0
<i>M. anguillicaudatus</i>	7.44 ± 0.05	7.87 ± 1.09	24.8

Table 2. Acute toxicity of Herbicidin to *D. magna*

Conc (mg/L)	No	Symptom (N. of dead)					
		24 h			48 h		
		Rep.1	Rep. 2	Rep. 3	Rep.1	Rep. 2	Rep. 3
100	30	Nor(0)	Nor(0)	Nor(0)	Nor(0)	Nor(0)	Nor(0)
control	30	Nor(0)	Nor(0)	Nor(0)	Nor(0)	Nor(0)	Nor(0)

Nor = Normal

Table 3. EC₅₀ in acute toxicity of Herbicidin to *D. magna*

Species	Period (h)	EC ₅₀ (mg/L)
<i>D. magna</i>	24	> 100
	48	> 100

Table 4. Acute toxicity of Herbicidin to *O. latipes*

Conc (mg/L)	No.	Exposure time							
		24 h		48 h		72 h		96 h	
		Symptom	N.of dead	Symptom	N.of dead	Symptom	N.of dead	Symptom	N.of dead
100	10	Nor(10)	0	Nor(10)	0	Nor(10)	0	Nor(10)	0
control	10	Nor(10)	0	Nor(10)	0	Nor(10)	0	Nor(10)	0

Nor = Normal

Table 5. Acute toxicity of Herbicidin to *C. carpio*

Conc (mg/L)	No.	Exposure time							
		24 h		48 h		72 h		96 h	
		Symptom	N.of dead	Symptom	N.of dead	Symptom	N.of dead	Symptom	N.of dead
100 ppm	10	Nor(10)	0	Nor(10)	0	Nor(10)	0	Nor(10)	0
control	10	Nor(10)	0	Nor(10)	0	Nor(10)	0	Nor(10)	0

Nor = Normal

사용하더라도 물벼룩에 급성영향을 줄 우려는 없는 것으로 판단된다.

어류 급성독성

어류 급성독성시험결과, Herbicidin 처리 농도 100 mg/L 에서 24시간, 48시간, 72시간 그리고 96시간에서 송사리, 잉어, 미꾸리 모두 치사개체와 이상증상이 없었다(Table 4, Table 5, Table 6). 따라서 송사리, 잉어, 미꾸리에 대한 96시간 LC₅₀값은 >100 mg/L이었다(Table 7).

You et al. (2011, 2012)는 싸임화이트, 클로브버드, 계피, 라벤더, 그리고 레몬 유칼립투스 등의 식물추출물에 대한 송사리 48시간 LC₅₀은 6.7~>10 mg/L, 마늘, 잔톡실럼, 레몬 그라스 등의 식물추출물에 대한 송사리 96시간 LC₅₀은 3.0~>10 mg/L으로 보고하였다. 따라서 Herbicidin은 식물 추출 물에 비해 상대적으로 어류에 대한 독성은 매우 낮아 물벼 룩과 마찬가지로 어류에 급성영향을 줄 우려는 없는 것으로 판단된다.

Table 6. Acute toxicity of Herbicidin to *M. anguillicaudatus*

Conc (mg/L)	No.	Exposure time							
		24 h		48 h		72 h		96 h	
		Symptom	N.of dead	Symptom	N.of dead	Symptom	N.of dead	Symptom	N.of dead
100 ppm	10	Nor(10)	0	Nor(10)	0	Nor(10)	0	Nor(10)	0
control	10	Nor(10)	0	Nor(10)	0	Nor(10)	0	Nor(10)	0

Nor = Normal

Table 7. LC₅₀ in acute toxicity of herbicidin to fish

Test substance	<i>O. Latipes</i>		<i>C. Carpio</i>		<i>M.anguillicaudatus</i>	
	48 h	96 h	48 h	96 h	48 h	96 h
	LC ₅₀ (mg/L)	LC ₅₀ (mg/L)	LC ₅₀ (mg/L)	LC ₅₀ (mg/L)	LC ₅₀ (mg/L)	LC ₅₀ (mg/L)
Herbicidin 97 %	>100	>100	>100	>100	>100	>100

Table 8. Acute toxicity of Herbicidin to *E. fetida*

Conc (mg/kg)	No.of total	Symptom (N. of dead)							
		7 days				14 days			
		Rep.1	Rep. 2	Rep. 3	Rep. 4	Rep.1	Rep. 2	Rep. 3	Rep. 4
1,000	40	Nor(0)	Nor(0)	Nor(0)	Nor(0)	Nor(0)	Nor(0)	Nor(0)	Nor(0)
control	40	Nor(0)	Nor(0)	Nor(0)	Nor(0)	Nor(0)	Nor(0)	Nor(0)	Nor(0)

Nor = Normal

Table 9. Acute toxicity of Herbicidin to *E. fetida*

Test substance	LC ₅₀ (mg/dry soil kg)	
	7 days	14 days
	Herbicidin 95 %	>1,000

지렁이 급성독성

지렁이 급성독성 시험결과, Herbicidin 1,000 mg/kg 농도에서 7일과 14일 모두 치사 개체는 관찰되지 않았다(Table 8). 따라서 지렁이 14일 LC₅₀값은 >1,000 mg/kg으로 지렁이에 대한 급성독성은 거의 없는 것으로 나타났다(Table 9).

You et al. (2011, 2012, 2013)은 싸임화이드, 클로브버드, 계피, 라벤더, 레몬, 유칼립투스, 카시아 오일, 후추, 마늘 등 식물추출물의 지렁이에 대한 급성 독성시험결과 14일 LC₅₀ 값은 149~988 mg/kg으로 보고하였다. 이들 식물 추출물에 비해 상대적으로 Herbicidin은 지렁이에 대한 독성이 낮아 농경지나 산지에 사용하였을 경우 토양에 잔류되어 지렁이에 대한 급성적인 영향은 없을 것으로 판단된다.

꿀벌 급성독성

꿀벌 급성 접촉 및 섭식독성 시험결과, Herbicidin 100 µg/bee 농도에서 24시간과 48시간 모두 치사 개체가 없었다(Table 10, Table 11). 따라서 접촉 및 섭식독성 48시간 LD₅₀ 값은 모두 >100 µg/bee으로 나타났다(Table 12).

미국 EPA의 LD₅₀ 값에 대한 꿀벌 독성 분류에 따르면 고

독성(highly toxic)은 <2, 보통독성(moderately toxic)은 2~11, 무독성(practically nontoxic)은 >11 µg/bee로 구분하는데 이 기준을 적용하면 Herbicidin은 꿀벌에 독성이 거의 없음을 알 수 있었다.

You et al. (2011, 2012)는 싸임화이드, 클로브버드, 계피, 라벤더, 레몬, 유칼립투스 등의 식물 추출물의 꿀벌 48시간 LD₅₀ 값은 2.5~10 µg/bee로 미국 EPA의 기준에 따라 보통독성으로 구분했고, 마늘, 잔톡실림 그리고 레몬그라스의 경우는 48시간 LD₅₀값이 44.3~100 µg/bee로 거의 독성이 없는 것으로 보고하였다.

또한 Oh et al. (2013)의 보고에 의하면 식물 추출물 고삼의 꿀벌 48시간 LD₅₀ 값이 0.3~1.7 µg/bee로 미국 EPA 기준을 적용하면 고독성 이었고, 식물 추출물 님과 테리스는 꿀벌 48시간 LD₅₀ 값이 >100 µg/bee로 독성이 없었다.

따라서 Herbicidin은 다양한 식물 추출물과 비교했을 때 꿀벌 독성이 상대적으로 낮아 활동 중인 꿀벌에 묻거나 화분을 통해 꿀벌이 섭식하더라도 급성적인 영향은 거의 없을 것으로 판단된다.

결론적으로, Herbicidin은 물벼룩, 어류, 지렁이 그리고 꿀

Table 10. Acute contact toxicity of Herbicidin to *A. mellifera*

Conc (mg/L)	No	Symptom(N. of dead)					
		24 h			48 h		
		Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3
100	30	Nor(0)	Nor(0)	Nor(0)	Nor(0)	Nor(0)	Nor(0)
control	30	Nor(0)	Nor(0)	Nor(0)	Nor(0)	Nor(0)	Nor(0)

Nor = Normal

Table 11. Acute oral toxicity of Herbicidin to *A. mellifera*

Conc (mg/L)	No	Symptom (N. of dead)					
		24 h			48 h		
		Rep.1	Rep. 2	Rep. 3	Rep.1	Rep. 2	Rep. 3
100	30	Nor(0)	Nor(0)	Nor(0)	Nor(0)	Nor(0)	Nor(0)
control	30	Nor(0)	Nor(0)	Nor(0)	Nor(0)	Nor(0)	Nor(0)

Nor = Normal

Table 12. Acute toxicity of Herbicidin to *A. mellifera*

Test substance	Acute Oral (LC ₅₀ , µg/bee)		Acute contact (LD ₅₀ , µg/bee)	
	24 h	48 h	24 h	48 h
	Herbicidin 95 %	>100	>100	>100

벌에 급성독성이 거의 없는 것으로 나타났다. 따라서 Herbicidin은 환경생물에 대한 안전성을 확보할 수 있어 기존의 제초제로 방제가 어려운 하천이나 댐 그리고 농경지나 산지에 유입된 외래 잡초에 효과적으로 사용할 수 있을 것으로 판단된다.

앞으로 외래 잡초가 확산되고 있는 하천이나 댐 주변 등 뿐만 아니라 도로변이나 생활주변에도 효과적으로 사용할 수 있는지를 알아보기 위해 가축이나 사람에 대한 독성 연구도 필요할 것이다.

감사의 글

본 연구는 2018년부터 2019년까지 수행한 농촌진흥청의 “천연 제초활성 소재별 환경 및 인축독성평가”(과제번호; PJ01347902)의 연구비 지원에 의하여 이루어진 것입니다.

Literature cited

Bailey, K.L. and Falk, S. (2011) Turning research on microbial bioherbicides into commercial products- a Phoma story. *Pest Technology*. 5:73-79.
 Bailey, K.L. (2014) The bioherbicides approach to weed control using plant pathogens. pp. 245-266. USA. In: Abrol and Dharma(Eds). *Integrated Pest Management: Current Concepts and Ecological Perspective*, Elsevier(Academic

Press).
 Chaimovitch, D., M. Abu-Abied, E. Belausiv, B. Rubin, N. Dudai and E. Sadot (2010) Microtubules are an intracellular target of the plant terpene citral. *Plant J.* 61(3):399-408.
 Choi, J. S. (2017) Strategy for control of invasive alien weeds based on secondary metabolite(s) from a natural substances. *Kor. J. Weed Turf. Sci.* 37(2):10-12.
 Coleman, R.D. and D. Penner (2006) Desiccant activity of short chain fatty acids. *Weed Technol.* 20(2):410-415.
 Duke, S., H. Abbas, T. Amagasa, and T. Tanaka (1996) Phytotoxins of microbial origin with potential for use as herbicides. *Crit. Rev. Anal. Chem.* 35:82-112.
 Duke, S. O., F. E. Dayan, I. Romando, and A. Rimando (2000) Natural products as sources of herbicides: Current status and future trends. *Weed Res.* 40(1):99-111.
 Duke, S.O., A. Evidente, M. Fiore, A. M. Rimando, F. E. Dayan, M. Vurro, N. Christiansen, R. Looser, J. Hutzler and K. Grossmann (2011) Effects of the aglycone of ascaulitoxin on amino acid metabolism in *Lemma paucicostata*. *Pestic. Biochem. Physiol.* 100(1):41-50.
 EPA (2012) Ecological Effects Test Guidelines; OCSPP 850.3020: Honey Bee Acute Contact Toxicity Test.
 EPA (2012) Ecological Effects Test Guidelines; OCSPP 850.3100: Earthworm Subchronic Toxicity Test.
 EPA (2016) Ecological Effects Test Guidelines; OCSPP 850.1075: Freshwater and Saltwater Fish Acute Toxicity Test.

- EPA (2016) Ecological Effects Test Guidelines; OCSPP 850.1010: Acute Invertebrate Acute Toxicity Test, Freshwater Daphnids.
- Irvine, N. M., C. N. Yerkes, P. R. Graupner, R. E. Robert, D. R. Hahn, C. Pearce and B. C. Gerwick (2008) Synthesis and characterization of synthetic analogs of cinnacidin, a novel phytotoxin from *Nectria* sp. *Pest Manag. Sci.* 64(9):891-899.
- King, R. R. and L. A. Calhoun (2009) The thaxtomin phytotoxins: Sources, synthesis, biotransformation and biological activity. *Phytochemistry.* 70(7):833-841.
- Kim, J. D., H. T. Sin, Y. S. Kim, Y. K. Ko, N. K. Cho, K. H. Hwang, S. J. Koo, J. S. Choi and K. W. Park (2015) The influence of adjuvants on herbicide activity of *Streptomyces scopuliridis* KR-001. *Kor. J. Weed Turf. Sci.* 4(4):288-294.
- Kim, J. D., Y. S. Kim, H. S. Kwak, H. J. Kim, Y. M. Lee, Y. K. Ko, K. W. Park, J. S. Choi (2018) Control of ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) of mutant N-29 broth filtrate of *Streptomyces scopuliridis* KR-001. *Kor. J. Weed Turf. Sci.* 7(3):219-229.
- Kim, P. K., D. J. Park, J. S. Choi, I. T. Hwang, K. S. Hong (1997) Biological control by *Penicillium* species. *Agri. Chem & Biotech.* 40(11):65-70.
- Kim, P. K., D. J. Park S. Y. Choi and C. J. Kim (1996) Screening of *Penicillium* species showing herbicidal activity on *Trifolium repens* L. *Kor. J. Pesticide Sci.* 39(6):455-459.
- Kwon, H. K., B. K. Kang and J. H. Lee (2003) Isolation and selection of actinomycetes producing anti-fungal materials. *J. Environ. Toxicol.* 18(2):131-136.
- Lee, B. Y., J. D. Kim, Y. S. Kim, Y. K. Ko, G. H. Yon, C. J. Kim, S. J. Koo, J. S. Choi (2013) Identification of *Streptomyces scopuliridis* KR-001 and its herbicidal characteristics. *Kor. J. Weed Turf. Sci.* 2(1):38-46.
- Mitchell, G., D. W. Bartlett, T. E. M. Fraser, T. R. Hawkes, D. C. Holt, J. K. Townson and R. A. Wichert (2001) Mesotrione: a new selective herbicide for use in maize. *Pest Manag. Sci.* 57(2):120-128.
- OECD (1984) OECD Guideline for Testing of Chemicals; Test Guideline No. 207: Earthworm, Acute Toxicity Tests.
- OECD (1998) OECD Guideline for Testing of Chemicals; Test Guideline No. 213: Honeybees, Acute Oral Toxicity Test.
- OECD (1998) OECD Guideline for Testing of Chemicals; Test Guideline No. 214: Honeybees, Acute Contact Toxicity Test.
- OECD (2004) OECD Guideline for Testing of Chemicals; Test Guideline No. 202: *Daphnia* sp., Acute Immobilisation Test.
- OECD (2019) OECD Guideline for Testing of Chemicals; Test Guideline No. 203: Fish Acute Toxicity Test.
- Oh, J. A., J. H. Choi, M. S. Choi, J. H. Kim, M. K. Paik, K. H. Park, S. S. Hong, J. B. Lee and D. H. Kim (2013) Evaluation of honeybee acute toxicity of plant extracts, neem, sophora and derris. *Korean J. Pestic. Sci.* 17(4):473-477.
- Pallett, K. E. Cramp, S.M. and Little, J.P.(2001) Isoxaflutole: the background to its discovery and the basis of its herbicidal properties. *Pest Manag. Sci.* 57:29-47.
- Park, S. W., T. O. Bae and S. B. Kim (2012) Isolation and characterization of *Streptomyces* spp. from soil showing broad spectrum antibiotic activity. *Kor. J. Microbiology* 48(4):270-274.
- Pyon, J. Y., J. J. Lee and K. W. Park (2017) Status and perspective of bioherbicide development for organic weed management. *Kor. J. Weed Turf. Sci.* 6(1):1-10.
- RDA (2019) Agrochemicals Management Act, pp. 468-475.
- You, A. S., Y. W. Choi, M. H. Jeong, S. S. Hong, Y. K. Park, H. S. Jung, J. Y. Park and K. H. Park (2011) Acute ecotoxicity evaluation of thyme white, clove bud, cassia, lavender, lemon eucalyptus essential oil of plant extracts. *Korean J. Pestic. Sci.* 15(4):350-356.
- You, A. S., M. H. Jeong, S. S. Hong, K. H. Park, H. S. Chang, J. B. Lee and J. Y. Park (2012) Acute ecotoxicity evaluation of 3 emulsifiable concentrates containing garlic extract, zanthoxylum extract and lemon grass oil originated from plant. *Korean J. Pestic. Sci.* 16(4):376-382.
- You, A. S., M. H. Jeong, S. S. Hong, H. S. Chang, J. B. Lee, K. H. Park, Y. M. Lee and Y. B. Ihm (2013) Acute ecotoxicity evaluation of environmental-friendly organic agro-materials containing papper extract, cassia oil, lavender oil for control of diamondbackmoth. *Korean J. Pestic. Sci.* 17(4):343-349.
- Weaver, M. A., C. D. Boyette, and R. E. Hoagland (2016) Rapid kudzu eradication and switchgrass establishment through herbicide, bioherbicide and integrated programmes, *Biocontrol Sci. Technol.* 26(5):640-650.
- Won, O. J., Y. T. Kim, J. D. Kim, J. S. Choi, Y. K. Ko, K. W. Park (2015) Herbicidal activity of herbicidin from a strain of soil actinomycete *Streptomyces scopuliridis*. *Kor. J. Weed Turf. Sci.* 4(3):219-224.

환경생물에 대한 Herbicidin의 급성독성

박연기* · 전경미 · 이 환 · 김보선 · 양애리 · 유아선 · 김영숙¹ · 최정섭¹

국립농업과학원 농산물안전성부, ¹한국화학연구원 친환경신물질연구센터

요 약 Herbicidin에 대한 물벼룩, 송사리, 잉어, 미꾸리, 지렁이, 그리고 꿀벌에 대한 급성독성시험을 수행하였다. 물벼룩 급성독성시험결과, 시험농도 100 mg/L에서 24시간과 48시간 모두 물벼룩 유영저해 및 치사가 나타나지 않았다. 따라서 48시간 EC₅₀값은 100 mg/L 이상이었다. 어류 급성독성시험결과, 시험농도 100 mg/L에서 24시간, 48시간, 72시간 그리고 96시간에서 송사리, 잉어, 미꾸리 모두 치사개체와 이상증상이 없었다. 따라서 송사리, 잉어, 미꾸리에 대한 96시간 LC₅₀값은 모두 100 mg/L 이상이었다. 지렁이 급성독성 시험결과, 시험농도 1,000 mg/kg에서 7일과 14일 모두 이상증상과 치사 개체는 관찰되지 않았다. 따라서 지렁이 14일 LC₅₀값은 1,000 mg/kg 이상이었다. 꿀벌 급성 접촉 및 섭식독성 시험결과, 시험농도 100 µg/bee 농도에서 24시간과 48시간 모두 치사 개체가 없었다. 따라서 꿀벌 접촉 및 섭식독성 48시간 LD₅₀값은 모두 100 µg/bee 이상으로 나타났다. 결론적으로 Herbicidin의 물벼룩, 어류, 지렁이 그리고 꿀벌에 대한 독성은 거의 없는 것으로 나타났다.

색인어 Herbicidin, 급성독성, 물벼룩, 어류, 지렁이, 꿀벌