



## 국내 공시 유기농업자재의 독성과 안전성평가

이제봉\* · 조유미 · 유아선 · 오진아 · 박수진 · 이주연 · 박연기<sup>1</sup> · 정미혜 · 홍수명농촌진흥청 국립농업과학원, <sup>1</sup>국립식량과학원

## Toxicity and Safety Evaluation of Organic Agricultural Materials Allowed in Korea

Je Bong Lee\*, Youmi Jo, Are-Sun You, Jin-A Oh, Soojin Park, Juyeon Lee, Yeon Ki Park<sup>1</sup>,  
Mihye Jeong and Su-Myeong HongNational Institute of Agricultural Science, 166 Nongsangmyeong-ro Iseo-myeon, Wanju-gun, Jeollabuk-do,  
Republic of Korea<sup>1</sup>National Institute of Crop Science, 181 Hyeoksin-ro, Iseo-myeon, Wanju-gun, Jeollabuk-do, Republic of Korea

(Received on June 5, 2018. Revised on September 10, 2018. Accepted on September 13, 2018)

**Abstract** This study was conducted to evaluate the toxicity and risk of organic agricultural materials (OAMs) allowed in Korea, and to secure the safety to human and environment. As of April 2018, the approved items of OAMs in use is 1590, of which 50% for crop growth and soil improvement materials, 16.2% for crop growth, 15.6% for pest control, 11.6% for disease control, 4.5% for disease and pest control, and 2.1% soil improvement. It is known that there are about 50 kinds of active ingredients of OAMs products, such as azadirachtin, acetophenone, capsaicin and so on. Their toxicities are low except for several active ingredients. In review of cancer, ethanol and anthraquinone are classified as Category 1 and 2B, respectively. The acute oral and dermal toxicity categories of OAMs products were classified as Class III (moderate toxicity), 6 and 33 items, respectively, and remainder were classified as Class IV (low toxicity). In the case of irritation test, when the pH is  $\leq 2.0$  or  $\geq 11.5$ , it is classified as strong. Also, 10 items were classified as strong irritants for both skin and eye and only the one item was classified as that for eye. All of the acute fish toxicity were equal or more than 2.0 ppm and, for acute daphnia toxicity, 3 items were equal or less than 0.5 ppm, 7 items were 0.5-2.0 ppm and 17 items were equal or more than 2.0 ppm. The remainder were microbial or exempted products from tests. In bee tests, only 6 products were considered to be risk and the result of risk assessment for applicator and fish were evaluated as safe.

**Key words** Organic agricultural materials, Toxicity, Safety evaluation

## 서론

전 세계적으로 웰빙(Well-being), 식품안전 등 프리미엄 식품에 대한 소비자 선호도가 증가함에 따라 친환경 농산물에 대한 수요는 지속적으로 증가하고 있다. 우리나라도 1990년대부터 정부의 친환경농업 육성정책에 따라 그동안 친환경농업 실천 면적이 급격히 증가하여 왔다. 정부는 유기농업자재의 안전관리를 위하여 2007년부터 목록공시 제

도를 도입하였고, 2011년에는 품질인증제를 추가로 제도화하여 정부와 민간과의 역할 분담을 통해 유기농업자재 사후 관리 체계를 구축하였다(Lee, 2015). 그러나 현재는 목록공시제로 통합되어 농산물 품질관리원에서 주관하여 관리하고 있다. 유기농업자재는 「친환경농어업 육성 및 유기식품 등의 관리지원에 관한 법률」 제37조제4항 및 동법시행령 제47조(유기농업자재 공시 기준) 별표13에 따라 공시하도록 하고 있다(National Law Information Center, 2017).

국내 유기농업자재의 산업규모는 병해충관리용 1,200억, 토양개량용·작물생육용 1,500억 정도로 알려져 있다(An, 2017). 현재 공시된 유기농업자재 품목 수는 1,590품목 정도

\*Corresponding author  
E-mail: jblee627@korea.kr

며 토양개량 및 식물생육용자재가 68.3%, 병해충관리용자재가 31.7%로 분포되어 있다.

유기농업자재는 농약에 비해 독성이 낮은 것이 일반적인 개념이며 유기농업자재 중 병해충관리용 자재는 독성시험성을 제출해야하고, 검토키준에 적합하여야 공시될 수 있다 (RDA, 2017; NAQS, 2017). 유기농업자재의 안전관리로 유통기한, 사용자 취급제한기준, 독성구분 표기 등이 필요한 것으로 조사되었다(Paik et al., 2013). 님추출물에 대한 신장 및 간장독성 연구결과, 신장에서는 다소의 신장 콜레스테롤 증가가 관찰되었으나(Yoon et al., 2014) 2.0 mg/kg/day로 4주간 투여한 간에 대한 영향은 관찰되지 않았다 (Park et al., 2014). 님추출물 2종과 고삼추출물 2종에 대해 chinese hamster lung cells을 이용한 in vitro 소핵시험 (vitMN)을 수행한 결과, 님추출물과 고삼추출물은 유전독성을 일으키지 않는 것으로 판정하였다(Cho et al., 2014). 고삼, 님 및 데리스추출물의 잉어에 대한 독성시험결과 논, 배수로 및 강물에서 다소 위해성이 인정되는 경우가 있었으나 대부분 안전한 것으로 평가되었다(Park et al., 2015).

유기농업자재에 대한 독성 연구는 아직까지 미흡한 상태이며, 병해충관리용 자재들은 여러 가지 성분이 혼합되어 있는 동·식물의 추출물로서 개별성분에 대한 독성을 평가하기에는 곤란한 예가 대부분이다. 그러나 안전한 유기농산물을 생산하기 위해서는 병해충방제에 이용되는 유기농업자재의 투명한 안전성이 확보되지 않고는 불가능한 것이다.

따라서 본 연구에서는 최근 3년간 공시된 유기농업자재의

사람과 환경생물 독성 및 안전성을 조사·평가하여 사용자 및 소비자에게 필요한 정보를 제공하고, 공시된 유기농업자재 중에서 취급시 주의사항 등 필요한 안전사용방법을 제시하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 용도별 유기농업자재 분류 및 주원료 독성조사

조사된 유기농업자재 성분 독성자료의 분석은 식물추출물, 미생물 및 미생물 추출물 및 무기성분 등으로 분류하였으며, 주성분 및 부성분은 물질별 또는 미생물별로 구분하였다. 또한 유기농업자재가 함유하고 있는 성분(Table 1)에 대한 독성자료 조사는 물질안전보건자료, 유럽식품안전청 평가보고서(EFSA, 2018), 미국 환경보호청(EPA, 2018) 등의 자료를 이용하였다. 독성학적 조사대상 항목으로는 급성독성, 자극성, 감작성, 아만성 및 만성, 발암성, 유전독성, 기형독성 및 번식독성을 조사하였다. 유기농업자재 주원료성분의 급성독성 구분은 농약성분에 대한 독성구분에 준하여 1급에서 5급까지 분류하였다(Table 2).

### 유기농업자재 품목의 독성 및 급성독성구분

2015~2017년까지 국립농업과학원 농자재평가과에 평가 요청한 세도콜드, 탄저브렉골드 등 200종의 병해충관리용 자재에 대하여 수행된 독성자료를 근거로 평가분석하였다. 유기농업자재의 공시에 급성경구독성, 급성경피독성, 안접

**Table 1.** List of active ingredients of organic agricultural materials (OAM)

a-Cedrene	Carvacrol	Flavonoid	Polyphenol
Acetic acid	Castor oil	Fusaricidin	Pyrethrins
Acetophenone	Cinnamaldehyde	Genaniol	Rotenone
Aconitine	Copper	Linoleic acid	Saponin
Allicin (gallic acid)	Copper hydroxide	Matrine	Stearic acid
Allylisothiocyanate	Diallyl disulfide	Metaldehyde	Sulfur
Anthraquinone	Dillapiol	Methanol	Tannic acid
Azadirachtin	Emodin	Naringin	Terpinene
Benzylidenacetone	Estragole	Oleamide	Thymol
Berberine	Ethyl alcohol	Oxymatrine	Veratrine
Calcium	Eucalyptol	Paraffin oil	
Camphor	Eugenol	Paromomycin	
Capsaicin	Ferric phosphate	polyhalite	

**Table 2.** Acute toxicity categories of active ingredients of organic agricultural materials

Exposure route (mg/kg)	Toxicity categories				
	1	2	3	4	5
Oral	≤5	>5 - ≤50	>50 - ≤300	>300 - ≤2000	>2000 - ≤5000
Dermal	≤50	>50 - ≤200	>200 - ≤1000	>1000 - ≤2000	>2000 - ≤5000

**Table 3.** Acute toxicity classification criteria of organic agricultural materials

Toxicity Classification	Acute Oral (mg/kg bw)		Acute Dermal (mg/kg bw)	
	Solid	Liquid	Solid	Liquid
I (Extremely)	<5	<20	<10	<40
II (Highly)	≥5 ~ <50	≥20 ~ <200	≥10 ~ <100	≥40 ~ <400
III (Moderate)	≥50 ~ <500	≥200 ~ <2,000	≥100 ~ <1,000	≥400 ~ <4,000
IV (Low)	≥500	≥2,000	≥1,000	≥4,000

**Table 4.** Toxicity classification criteria of skin and eye irritation

Classification	Skin primary irritation index	Eye irritation index
None	≤1.0	≤10.0
Mild	1.1~2.0	10.1~30.0
Moderate	2.0~5.0	30.1~60.0
Strong	≥5.1~8.0	≥60.1~110.0

막자극성, 피부자극성 성적이 필요하며, 급성독성은 보통독성(III급) 이하여야 한다(Table 3). 자극성은 경도이상으로 구분될 경우 표시문구 및 그림문자를 표시하여야 한다(Table 4)(RDA, 2017).

**유기농업자재의 농작업자 위해성평가**

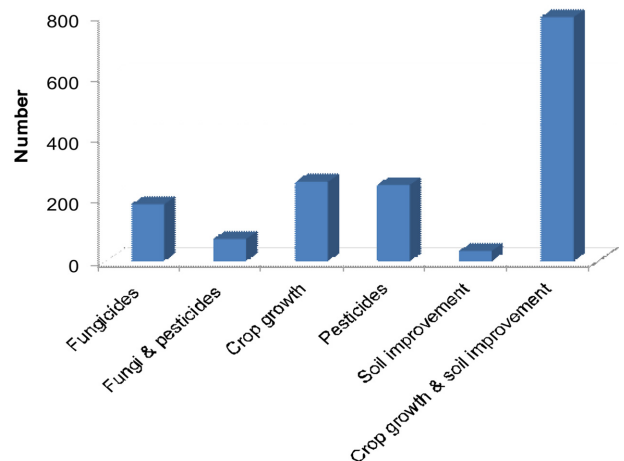
농작업자 위해성평가는 농약관리법에 따른 농약 및 원제의 등록기준 「농촌진흥청고시 제2017-40호」 제3조 등록신청서류 검토기준, 별표 4에 준하여 평가하였다. 농작업자 위해성평가는 유기농업자재의 실제사용 방법을 고려하여 노출량을 산출하여 수행하였다. 산출된 노출량을 농작업자 노출허용량(acceptable operator exposure level, AOEL)과 비교(hazard quotient, HQ = Exposure/AOEL)하여 노출량이 독성기준인 AOEL보다 작으면 안전하고, AOEL보다 크면 유해한 것으로 평가한다. 평가방법은 3단계로 실시하며, 1,2단계는 모델을 이용하고 3단계는 실제 사용조건에서 노출량측정시험을 실시하여 평가한다(RDA, 2017).

**환경생물에 대한 독성 및 위해성평가**

급성어류독성, 물벼룩유영저해시험 및 꿀벌에 대한 독성을 요구하고 있으며, 급성어류독성은 III급에 해당되어야한다(Table 5). 환경생물에 대한 위해성평가 시나리오는 벼 재배지역의 수서생물은 논물 1%가 방출되는 지점에서 보호하는 개념이다. 면적 10a, 논물 5cm의 물량에 단순히 희석되는 것으로 가정하여 환경추정농도(PEC, predicted environmental concentration)을 산출하고 반수치시농도(LC<sub>50</sub>) 등 독성 값과 비교하는 독성노출 비(TER, toxicity exposure ratio)로 평가한다. 독성노출 비는 일반자재의 담수어류인 경우는 10 이상, 미생물 농약은 100 이상이어야 한다. 물벼룩에 대한 독성노출 비는 2이상 이어야하고, 미생물농약인 경우는 100 이상이어야한다. 또한 어류에 대한 독성이 10 mg/L 이상이거나 벼 재배용 자재가 아닐 경우는 물벼룩에 대한 시험 및 평가는 생략할 수 있다. 원예용 자재의 경우는 수심 30 cm, 살포

**Table 5.** Acute fish toxicity classification of organic agricultural materials

Classification	LC <sub>50</sub> of fish (mg/l, 48 hr)
I	<0.5
II	≥0.5 ~ <2
III	≥2



**Fig 1.** Distribution of domestic organic agricultural materials.

지로부터 5 m 격리된 수계에 비산 율 0.6%의 시나리오를 적용하여 평가한다. 꿀벌에 대한 위해성평가는 1 ha에 사용하는 유기농업자재량을 g으로 환산하여 유해성지수(HQ, hazard quotient)를 산출하여 평가하며, HQ가 50 이하면 안전한 것으로 판단한다(NAQS, 2017; RDA, 2017).

**결과 및 고찰**

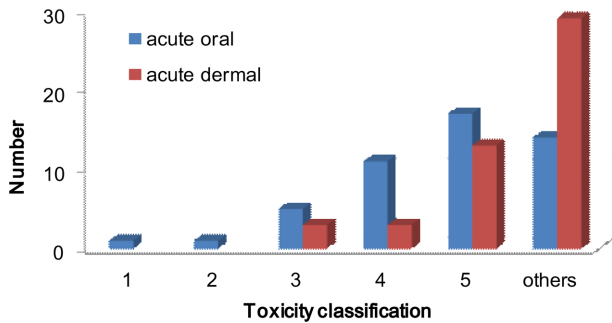
**용도별 유기농업자재 분류**

국내 공시 유기농업자재 1,590품목의 용도별 분포는 작물생육 및 토양개량용 자재가 794(50.0%)품목으로 가장 많았다. 작물생육용만으로 사용하는 자재가 258(16.2%)중으로

두 번째로 많았으며, 중해관리용 248(15.6%), 병해관리용 185(11.6%), 병해충관리용 72(4.5%), 토양개량용 33(2.1%) 순 이었다(Fig. 1)(NAQS, 2018).

**주원료 독성조사**

유기농업자재로 사용되는 주원료는 acetophenone, capsaicin 등 약 50종 정도로 알려져 있다. 이들의 독성을 조사한 결과 항목별로 급성경구독성 37종, 급성경피독성 19, 피부자극성 21, 안구자극성 17, 피부감작성 12, 유전독성 16, 아만성독성 13, 만성독성 5, 발암성 14, 기형독성 11, 번식독성 9종이 조사되었으나 대부분 독성이 낮거나 문제가 없는 것으로 판단되었다. 성분에 대한 급성경구독성은 1급 1, 2급 1, 3급 5, 4급 11, 5급 17종, 성적 미확보 등 기타 14종이었다(Fig. 2). 급성경피독성은 3급 3, 4급 3, 5급 13, 성적 미확보 등 기타 29종이었다. 피부자극성은 자극성이 있는 성분 15, 자극성이 없는 성분 6, 성적이 없는 성분이 27종이었다. 안구자극성은 자극성 있는 성분 14, 자극성이 없는 성분 6, 성적이 없는 성분 28종이었으며, 감작성은 감작성이 있는 성분 6종, 감작성이 없는 성분 6, 성적 없는 성분 36종이었다(Fig.



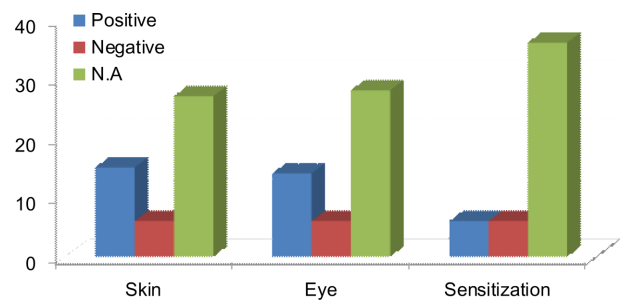
**Fig. 2.** Acute toxicity category distribution of active ingredients of organic agricultural materials.

3). 이들 중 aconitine, copper, rotenone은 급성독성 LD<sub>50</sub>이 각각 1.0, 30, 132 mg/kg bw로 독성이 강한 성분이었고, ethyl alcohol은 국제암연구소에서 발암성 1급, anthraquinone은 2B로 분류하여 발암성물질로 알려진 성분도 있었다(IARC, 2018).

**유기농업자재 품목의 독성 및 독성구분**

2015~2017년까지 국립농업과학원 농자재평가과에 평가 의뢰한 세도콜드, 탄저브렉골드 등 200종의 병해충관리용 자재에 대하여 수행된 독성자료를 근거로 분석하였다. 급성 경구독성에서 보통독성 7, 저독성 152, 기타 41품목이었으며, 경피독성은 보통독성 33, 저독성 126, 기타 41품목이었다(Table 6). 유기농업자재의 제품에 대한 독성은 경구 및 경피독성 모두 보통독성 이하로 안전하였으며, 기타 농약은 미생물농약이 대부분이었다. 농약과 다르게 현재 유기농업 자재는 독성에 대한 표시를 하고 있지 않지만 보통독성인 제품에는 농약에 적용하고 있는 독성 분류 색띠와 같은 표시가 있어야 작업자 및 취급자를 보호할 수 있을 것으로 판단된다.

피부 및 안점막자극성에 대한 평가한 결과, 안점막자극성



**Fig. 3.** Irritation and skin sensitization distribution of active ingredients of organic agricultural materials.

**Table 6.** Acute toxicity classification of organic agricultural materials

Acute oral toxicity LD <sub>50</sub>	No. of products	Acute dermal toxicity LD <sub>50</sub>	No. of products	Toxicity classification
>200 ~ 2000	7	>400 ~ 4000	33	III (moderate)
>2000 ~ 5000	132	>4000	126	IV (low)
>5000	20	-	-	IV (low)
Others	41	Others	41	Microbial products

**Table 7.** Irritation index distribution of organic agricultural materials

Acute ocular irritation index	No. of products	Skin primary irritation index	No. of products	Irritation classification
0 ~ 10	152	<1.0	164	Non-irritation
10.1 ~ 30	19	1.1~2.0	5	Mild
30.1 ~ 60	2	2.1~50	6	Moderate
60.1 ~ 110	11	5.1~80	10	Strong
Others	16	Others	15	Microbial products etc.

**Table 8.** Freshwater Fish and invertebrate (Daphnia) toxicity classification of organic agricultural materials

Acute fish toxicity LC <sub>50</sub>	No. of products	Acute Daphnia toxicity LC <sub>50</sub>	No. of products	Toxicity classification
<0.5	0	<1.0	3	I
0.5 ~ 2.0	0	1.1 ~ 10.0	7	II
≥2.0	161	10.1 ~ 100	17	III
Others	39	Others	173	Wave etc.

**Table 9.** Honey bee acute contact toxicity classification of organic agricultural materials

Honey bee acute contact toxicity LD <sub>50</sub>	No. of products	Toxicity classification
<11 ug/bee	6	Highly toxic
11 ~ 100	15	Moderate toxic
>100	69	Slightly toxic
Others	72	Wave etc.

**Table 10.** Tier 1. risk assessment of applicator in organic agricultural materials using KoPOEM

No.	Item	Main material	Concentration (%)	Application rate (L/ha)	Exposure Dose	Reference dose	HQ
1	Anikillgold	Neem	2	1.6	0.00024	0.1	0.0024
2	Ara-ara	Younglungayang	5	1.6	0.00188	0.1	0.0188
3	Atraking	Pyrethrum	3	1.6	0.0012	0.04	0.0300
4	Chamkkakjin	Deris	50	1.8	0.03988	0.004	9.9700
5	Cheongsasu	Neem	12.5	9	0.03675	0.1	0.3675
6	Chungcheoli	Deris	20	1.2	0.01063	0.004	2.6575
7	Chungjabi	Neem	4	1.8	0.00319	0.1	0.0319
8	Chungjigi	Pyrethrum	2	3.2	0.0015	0.04	0.0375
9	Chungmuro	Neem	10	30.0 kg	0.00094	0.1	0.0094
10	Chungsami	Pyrethrum	2	1.6	0.00075	0.04	0.0188
11	Daeyunopyangi SL	Ferric phosphate	2	3	0.00048	0.4	0.0012
12	Daeyusachungtan	Pyrethrum	3	4.5	0.00441	0.04	0.1103
13	Dalmacia-Jechunkkuk S1	Pyrethrum	4	1.8	0.00319	0.04	0.0798
14	Dalmacia-Jechunkkuk S2	Pyrethrum	4	1.8	0.00319	0.04	0.0798
15	Danditan	Pyrethrum	10	1.8	0.00798	0.04	0.1995
16	Difensai	Plant extract	90	1.8	0.07178	0.11	0.6525
17	Econeem	Neem	87	1.8	0.06938	0.1	0.6938
18	Gyuntajin	Neem	8	1	0.00188	0.1	0.0188
19	Hanbnae-100	Deris	6	1.6	0.00225	0.004	0.5625
20	Hanbnae-200	Neem	10	1.8	0.00798	0.1	0.0798
21	Jinjapigold	Neem	6	1.5	0.00072	0.1	0.0072
22	Jinttuk	Deris	20	1.1	0.00516	0.004	1.2900
23	Labattuk	Neem	60	1.1	0.01547	0.1	0.1547
24	Mupungjidae-gold	Pyrethrum	1.5	1.6	0.00056	0.04	0.0140
25	NF-Jechungi	Pyrethrum	15	1.6	0.0012	0.04	0.0300
26	Pachungtan	Neem	90	3.6	0.14355	0.1	<b>1.4355</b>
27	Superanical	Neem	1	1.6	0.00038	0.1	0.0038

없음 152, 경도 19, 중도 2, 강도 11, 미생물 등 기타 16품목  
이였으며, 피부자극성은 자극성 없음 164, 경도 5, 중도 6,

강도 10, 미생물제 등 기타 15품목으로 구분되었다(Table  
7). 유기농업자재 중 pH 2 이하 또는 11.5 이상은 피부 및

**Table 11.** Risk assessment of aquatic acute fish toxicity for organic agricultural materials

No.	Items	Application Crop	Fish LC <sub>50</sub> (48 h)	Application Rate (g, mL/10a)	PEC <sup>a)</sup>	TER <sup>b)</sup>
1	Timorex gold	Rice	>4.72	160	0.0076	621
2	Baidomoon	Rice	6.25	1280	0.0021	3,051
3	Beogkill	Pepper	4.75	150	0.027	176
4	Daeyunopyangi SL	Lettuce	4.11	1000	0.2	20
5	Dajetol	Cucumber	7.30	720	0.008	913
6	Baobab-7500	Cucumber	4.75	360	0.0018	2,639
7	Organicpang	Tomato	4.75	150	0.0021	2,262
8	Gyuncide	Rice	>2.99	160	0.0013	2,300
9	Daeyuhamomate	Cucumber	6.90	360	0.0058	1,190
10	Chamgalu	Cucumber	2.90	180	0.0011	2,636
11	Bordocal	Cucumber	6.60	360	0.0055	1,200
12	No-PM	Rice	6.30	160	0.019	33
13	NF-Chunggara	Rice	2.99	160	0.032	93
14	Baipang	Lettuce	2.99	150	0.0024	1,246
15	Bangchungmang	Rice	2.00	160	0.027	74
16	Ara-ara	Rice	2.00	160	0.0016	1,250
17	Jandifarm	Lettuce	4.65	150	0.0011	4,227
18	Ssajaba	Rice	3.47	160	0.018	193
19	Daeyucyucide	Cucumber	2.57	360	0.0029	866
20	Cheongeun-nongchook-bordoak	Cucumber	3.11	180	0.0012	2,592
21	Chungjigi	Rice	8.16	320	0.045	181
22	Daeyuchungsatan	Apple	5.59	450	0.009	621
23	Atraking	Rice	2.79	160	0.027	103
24	Gyonzola	Rice	6.53	160	0.019	344
25	Boganic	Rice	4.35	160	0.0096	453
26	NF-Jechungi	Rice	3.90	160	0.008	488
27	Chung-e-neun	Rice	7.83	160	0.0032	2,447
28	Chungmuro	Rice	5.71	3000	0.06	95
29	Mupungjidae-gold	Rice	6.26	160	0.028	224
30	Chamkkakjin	Cucumber	2.51	180	0.0029	866
31	Chungsami	Rice	6.57	160	0.03	219
32	Hanbnae-100	Rice	6.50	160	0.028	232
33	Chungjigi Gr	Cucumber	7.24	10,000	0.03	241
35	Gyuntajin	Rice	3.64	1000	0.062	59
36	Daeyusunchungkill	Pepper	5.30	4000	0.044	120
37	Dalmacian- Jechunkkuk S1	Rice	2.92	160	0.032	91
38	Dalmacian- Jechunkkuk S2	Rice	2.38	160	0.032	74
39	Segomil-L60	Apple	6.54	1125	0.005	1,308
40	Chungsatan Gr	Rice	6.40	7500	0.3	21
41	Sunchungttuk Gr	Cucumber	5.00	7500	0.09	56
42	Beogallkill	Pepper	2.62	150,000	0.0022	1,191

<sup>a)</sup> Predicted environmental concentration, <sup>b)</sup> Toxicity exposure ratio

안점막자극성 강도로 구분하였으며, 유기농업자재의 자극성 강도인 경우는 대부분 이 범주에 속하였다.

자극성 정도 이상의 유기농업자재에는 표시 문구 및 그림 문자를 표기하도록 하고 있다. 예로 피부자극성 정도를 보

이는 유기농업자재에는 “이 유기농업자재는 약한 피부자극성이 있으므로 고무장갑, 방제복, 마스크, 보안경을 착용하고 바람을 등지고 뿌리되 작업 후에는 입안을 물로 헹구고 손, 발, 얼굴 등을 비눗물로 깨끗이 씻으십시오.”라 표시해야 한다. 그림문자로는 마스크, 불침투성방제복, 보안경, 불침투성장갑 착용을 나타내는 그림을 표기하고 있다.

급성 어류독성 및 물벼룩 급성유영저해시험의 독성 및 독성구분 결과, 급성어류독성은 I 및 II급은 없었으며 III급 161품목이었고 미생물 농약 등 39종은 기타로 분류 하였다. 물벼룩 급성유영저해시험 분류는 I급 3품목, II급 7품목, III 17품목이었으며, 수도용이 아니거나 어류독성이 낮아서 면제에 해당하는 품목이 173종이었다(Table 8).

꿀벌에 대한 독성구분은 Table 9와 같이 꿀벌 급성접촉독성 LD<sub>50</sub>이 11 ug/bee 이하 6종, 11 ~ 100 ug/bee 15종, 100 ug/bee 이상이 69종, 토양처리 등 꿀벌에 노출 가능성이 없는 자재는 72종이었다. 일반적으로 꿀벌에 대한 급성접촉독성 LD<sub>50</sub>이 11 ug/bee이하이면 독성이 강한 것으로 평가하며, 이들 자재에 대해서는 주의사항 등 표시기준을 적용하여야 한다. 표시기준으로 “이 유기농업자재는 꿀벌에 대한 독성이 강하니 꽃이 피어 있는 동안에는 사용하지 말아야 하며, 일시에 광범위한 지역에 살포하지 마십시오.” 라는 문구를 적용하여야 한다(NAQS, 2017).

### 유기농업자재의 농작업자 위해성평가

공시 유기농업자재의 소비자 및 작업자에 대한 위해성은 독성이 낮고 유기농업에 사용가능한 자재로 동식물 추출물이나 무기성분 등이 허용되기 때문에 인체에 대한 영향은 없을 것으로 판단된다. 그러나 유기농업자재는 농약에 비해 단위면적당 사용량이 많은 특성이 있다. 이와 같은 상황을 고려하여 소비자 보다는 농작업자에 더 영향이 있을 가능성이 있다. 따라서 주원료 성분의 일일섭취허용량(acceptable daily intake, ADI)이나 농작업자 노출허용량(acceptable operator exposure level, AOEL) 또는 급성독성참고치(acute reference dose, aRfD)중에 어느 하나가 알려진 성분을 포함하고 있는 자재 27종에 대하여 1단계로 농작업자에 대한 이론적 노출량산정모델(Korean predicted operator exposure model, KoPOEM)을 이용하여 노출량을 산정하고 위해성을 평가하였다(Table 10). 평가결과 rotenone을 유효성분으로 함유하고 있고 테리스 추출물을 주원료로 하는 4종은 AOEL이 0.004로 낮아 유해지수(HQ; hazard quotient)가 1 이상이었다. HQ가 1 이상이면 작업자에 영향이 있는 것으로 판단되어, 상위 단계의 추가 평가가 이루어 져야한다. 그러나 본 연구에서 평가한 유기농업자재의 경우는 노출량 산정에 이용되는 제품농도를 주원료 투입비율 기준으로 평가하였기 때문에 과대평가 되었다. 또한 2단계 평가 결과 유해지수가 가장 높은 참깨진의 경우도 개인보호장비를 사용하고 실제

rotenone 함량 2.419%를 적용하면 노출량은 0.00193 mg/kg/day, 유해지수는 1이하인 0.48로 안전한 것으로 평가되었다.

### 유기농업자재의 어류에 대한 위해성평가

유기농업자재의 공시기준 중 어류에 대한 기준은 저독성(III급)만 공시가 가능하며, 저독성의 기준은 어류급성독성 LC<sub>50</sub> 2.0 mg/L 이상이어야 한다. 2015 ~ 2018년 4월까지 공시된 자재 200종 중 급성 어류독성 LC<sub>50</sub>이 2.0 ~ 10.0 mg/L 인 자재 42종에 대하여 위해성평가를 실시한 결과, 42종 모두 위해우려 평가기준인 독성노출비(TER) 10 이상으로 안전한 것으로 판단되었다(Table 11). 그 외 물벼룩의 경우도 모두 안전하여 국내 공시 유기농업자재의 환경생물에 대한 영향은 거의 없을 것으로 판단되었다.

### 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 기관 고유사업 과제(PJ0117842018)로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

### Literature Cited

- An, I. (2017) Environmental-friendly agricultural industry trend and safe use of organic agricultural materials. in 2017 safe use guidance of Environmental-friendly organic agricultural materials by crops and materials; Korea Eco-friendly Agricultural Products Association, 151-195.
- Cho, H. J., K. H. Park, M. H. Jeong, S. J. Park, J. A. Oh, W. I. Kim, N. Cho, J. G. Ryu and M. K. Paik (2014) Genotoxicity of Environment-friendly Organic Materials of Plant Origin in the Micronucleus Test Using Chinese Hamster Lung Cells. Korean J Environ Agri. 33(2):138-143.
- EFSA (2018) EU-Pesticides Database.
- EPA (2018) Reevaluation: Review of Registered Pesticides.
- IARC (2018) IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans.
- Lee, K. W. (2015) Management policy of organic agricultural materials in national and international. Annual meeting on Korean J Environ Agri.
- NAQS (2017) Standard Criteria of Organic Agricultural Materials for Toxicity test. NAQS Notification No. 2017-33 (2017).
- NAQS (2018) Information System of Organic Agricultural Materials.
- National Law Information Center (2017) Act on the Promotion of Environment-friendly Agricultural and Fisheries and the Management of and Support for Organic Food, ETC. (Enforcement Date 03, June 2017).
- Paik, M. K., J. B. Lee, J. A. Oh, M. J. Kim, S. S. Kim, C. G. Choi and D. H. Kim (2013) A Survey on the Recognition of Korea Farmers for the Safety of Environment-friendly

- Organic Materials. Korean J Organic Agri. 22(2):233-246.
- Park, K. H., H. Yoon, B. S. Han, J. B. Lee, M. H. Jeong, N. Cho, A. S. Om and M. K. Paik (2014) Effects of Aqueous *Azadirachta indica* Extract on Hepatotoxicity in Rats. Korean J Environ Agri. 33(4):395-402.
- Park, K. H., J. A. Oh, M. K. Paik, M. Y. Son, J. T. Lim, J. W. Jin, S. Hong, N. Cho, S. G. Han and B. S. Kim (2015) Evaluation of Fish Acute Toxicity and Preliminary Risk Assessment of Plant Extracts, Sophora, Neem and Derris. Korean J Pestic. Sci. 19(3):255-263.
- RDA (2017) Criteria for Registration of Pesticides and Active substances, Legislation and Notification Directive for Pesticide Regulation, RDA 374-379.
- Yoon, H., M. Choe, H. J. Cho, B. S. Han, K. H. Park, J. A. Oh, N. Cho and M. K. Paik (2014) Study of Kidney Toxicity of *Azadirachta indica* Extract for Oral Administration in Rats. Korean J Environ Agri. 33(2):103-113.

## 국내 공시 유기농업자재의 독성과 안전성평가

이제봉\* · 조유미 · 유아선 · 오진아 · 박수진 · 이주연 · 박연기<sup>1</sup> · 정미혜 홍수명

농촌진흥청 국립농업과학원, <sup>1</sup>국립식량과학원

**요약** 국내공시 유기농업자재의 독성 및 위해성을 평가하여 인체나 환경에 안전성을 구명하고자 본 연구를 수행하였다. 국내에 사용 중인 유기농업자재의 용도별 공시현황은 2018년 4월 현재 1,590품목이 공시되어 있다. 이중 작물생육 및 토양개량용 794(50.0%), 작물생육용 258(16.2%), 충해관리용 248(15.6%), 병해관리용 185(11.6%), 병해충관리용 72(4.5%), 토양개량용 33(2.1%)순으로 분포되어 있었다. 유기농업자재로 사용되는 주원료는 azadirachtin, acetophenone, capsaicin 등 약 50종 정도로 알려져 있다. 이들의 독성정도는 다소 강한 성분이 포함되어 있었으나 제품으로 사용될 때는 문제가 없을 것으로 판단되었다. 알코올음료의 주성분인 ethyl alcohol은 국제암연구소에서 발암성 1급, anthraquinone은 2B로 분류하여 발암성물질로 알려진 성분도 있었다. 제품에 대한 급성경구 및 경피독성 구분은 III급으로 분류된 제품이 각각 6종 및 33종이었다. 자극성은 자재 자체의 pH가 2.0 이하나 11.5 이상일 경우는 자극성이 강한 것으로 분류하며, 이 범주에 속한 유기농업자재가 안점막 및 피부자극성에서 각각 10종이 있었으며, 1종은 안점막자극성만 강도로 분류되었다. 어류, 물벼룩 및 꿀벌에 대한 독성에서 급성어류독성은 모두 2.0 ppm 이상으로 유기농업자재 공시기준에 적합하였으며, 물벼룩은 0.5 ppm 이하 3종, 0.5~2.0 ppm 7종, 2.0 ppm 이상이 17종이었고, 나머지는 미생물제 또는 독성시험성적서 제출 면제에 해당하는 자재였다. 꿀벌에 대한 영향은 분석대상 자재 중 6종만이 꿀벌 위해 우려 기준인 11.0 ug/bee 이하였다. 농작업자 위해성평가 결과 작업자나 취급자에 대한 영향은 거의 우려되지 않을 것으로 판단되었으며, 어류에 대한 위해성평가 결과도 안전한 것으로 평가되었다.

**색인어** 유기농업자재, 독성, 안전성평가