

## 한국산 물벼룩 *Moina macrocopa*와 *Daphnia* sp.에 대한 수중 농약의 번식독성 비교

김병석\* · 박연기 · 박경훈 · 정미혜 · 유아선 · 양유정 · 신진섭 · 김진화 · 윤성명<sup>1</sup> · 안용준<sup>2</sup>

농업과학기술원 농산물안전성부, <sup>1</sup>조선대학교 과학교육학부, <sup>2</sup>서울대학교 농생명공학부

(2007년 9월 18일 접수, 2007년 10월 30일 수리)

Comparative toxicity of some pesticides on reproduction of Korean native freshwater Cladocerans, *Moina macrocopa* and *Daphnia* sp.

Byung-Seok Kim\*, Yoen-Ki Park, Kyung-Hun Park, Mi-Hye Jeong, Are-Sun You, Yu-Jung Yang, Jin-Sup Shin, Jin-Hwa Kim, Seong Myeong Yoon<sup>1</sup> and Young-Joon Ahn<sup>2</sup>

(National Institute of Agricultural Science & Technology, RDA, <sup>1</sup>Department of Science education, Chosun University, <sup>2</sup>School of Agricultural Biotechnology, Seoul National University)

**Abstract :** The reproduction toxicity of several pesticides on two Korean water flea was investigated to develop a new standard species used for ecological risk assessment of pesticide. *Moina macrocopa* and *Daphnia* sp. were exposed to 4 different types of pesticides over 10 and 21 days, respectively. No-observed effect concentration (NOEC) for synthetic pyrethroid, fenpropathrin on *Moina macrocopa* and *Daphnia* sp. were 0.17 and 0.06  $\mu\text{g L}^{-1}$ , respectively. Diazinon, carbofuran and myclobutanil were in the order of their reproduction toxicity to cladocerans tested. There were large differences between *Moina macrocopa* and *Daphnia* sp. in their susceptibility to fenpropathrin, diazinon and carbofuran except myclobutanil. *Daphnia* sp. is more sensitive than *M. macrocopa* to pesticides tested. Therefore *Daphnia* sp. may be a good surrogate species to assess the reproduction effect of pesticides on aquatic invertebrates. *M. macrocopa* also be a good surrogate species because it is one of the most abundant cladocera in agricultural environment, especially rice paddy in Korea. In addition to it's ecological importance of wide spread distribution, it has also economical importance to make possible to shorten period for reproduction test using *M. macrocopa* due to it's short life cycle.

**key words :** cladocera, reproduction, chronic toxicity, species sensitivity

### 서론

1975년 미국 EPA의 Committee on Methods for Toxicity Tests with Aquatic Organisms에서 수서무척추 동물에 대한 표준화된 급성독성시험법을 최초로 발표한 이래로(Barera와 Adams, 1984) EEC, OECD, ISO 등과 같은 국제기구 등에서 국제적으로 표준화된 시험법을 만들어 채택하고 있다(Mark와 Solb , 1998; 여,

1997). 표준화된 독성시험법은 독성시험결과의 신뢰성을 확보하기 위한 국가정책적 수단으로 사용되는데 일반적으로 농약을 포함한 화학물질 등록과정에서 요구되는 구체적인 성적의 제반 실험조건을 명확히 규정하여 시험자에게는 시험지침이 되고 검토자에게는 일관성 있는 독성자료 평가를 도와주며 나아가 표준독성시험법을 준수한 독성시험성적의 국제적 상호인정을 통해 시험생물의 불필요한 사용과 중복시험으로 인한 경제적 낭비를 줄이는데 기여하고 있다(Grandy, 1995).

\*연락처 : Tel: +82-31-290-0536, Fax: +82-31-290-0506,  
E-mail: kbs2000@rda.go.kr

표준화된 시험법 확립을 위한 초기의 연구 중에 Barera와 Adams (1984)는 *Daphnia magna*를 생후 6시간이 경과한 물벼룩부터 196~216시간의 물벼룩까지 6단계로 나누어 나이에 따른 급성독성을 비교하여 48시간 이전의 물벼룩을 표준시험법으로 사용할 것을 제안하였다. Day와 Kaushik(1987)는 *D. magna*의 어린 개체가 성체에 비해 fenvalerate에 더 감수성임을 발표하였고 Hanazato(1991)는 *D. ambigua*를 알에서 3일령까지 생육단계별로 carbaryl에 10시간 노출시킨 결과 1일령 물벼룩이 가장 감수성이었다고 보고 하였다. 이러한 연구의 결과로 표준급성독성시험법에서는 시험물벼룩의 나이로 24시간 이전의 물벼룩을 추천하게 되었다(OECD, 1984; US EPA, 1992).

Goulden 등(1982)은 *D. magna*의 만성독성시험에서 시험물벼룩의 먹이로 *Ankistrodesmus falcatus*, *Chlamydomonas reinhardtii*, *Selenastrum carpicornutum*을 시험수 1 L에 1.25 mg 정도로 매일 주도록 추천하였으며 시험기간은 28일보다는 대조군에서의 치사율이 낮은 21일을 추천하였다. 현재 OECD와 미국 EPA의 물벼룩 표준번식독성시험법에는 시험종으로 *D. magna*를 추천하고 있으며 시험기간은 21일로 동일하게 적용되고 있다.

하지만 자연계의 생물종은 매우 다양하며 같은 농도의 독성화학물질에 노출되더라도 종에 따라 다른 독성반응양상을 보이기도 한다(Posthuma 등, 2002). 이러한 종간 독성반응 차이로 인해 발생하는 생태위해성평가의 불확실성을 감소시키기 위해 위해우려가 큰 화학물질에 대해서는 다른 생물종에 대한 독성자료를 추가로 요구할 필요가 있다. 더욱이 수서무척추동물 중 대표를 하는 독성시험종으로 사용되는 *D. magna*는 국내에 서식하지 않기 때문에 국내환경에 서식하는 대표 생물종과의 화학물질에 대한 감수성을 상호 비교해 볼 필요가 있다.

생태독성시험의 대표종으로 국내산 물벼룩의 이용 가능성을 확인하기 위한 연구의 일환으로 국내산 물벼룩의 사육기술 개발 및 표준생태독성시험법 확립연구가 진행되어 먹이조건(김 등, 2004), 온도조건(김 등 2005), 사육수(김 등 2006) 및 생활사(김 등 2006) 등에 대한 연구결과가 발표되었다.

본 연구는 앞서 보고된 최적 사육법 확립시험을 통해 얻어진 시험생물종의 사육특성과 급성독성시험의 결과에서 나타난 종간의 감수성 정도를 비교·검토하여 사육이 용이하며 감수성도 높은 시험생물로 국내 종인 *Daphnia sp.*와 *M. macrocopa*를 선정하여 국내에

사용되는 4종의 농약을 장기노출 시킨 후 두 종 물벼룩의 성장, 번식 등에 미치는 영향을 조사하였다.

## 재료 및 방법

우리나라에서 현재 사용 중인 농약 중에서 카바메이트계인 carbofuran, 유기인계인 diazinon, 피레스로이드계인 fenpropathrin, 트리아졸계인 myclobutanil 4약제를 사용하여 국내산 물벼룩 *Daphnia sp.*와 *Moina macrocopa*의 농약에 대한 번식독성을 조사하였다.

시험에 사용한 물벼룩 2종은 모두 24시간 이전에 출산한 건강한 어린개체를 사용하였고 배양액은 moderately hard water를 사용하였다. 시험기간은 물벼룩의 평균수명을 고려하여 *M. macrocopa*는 10일, *Daphnia sp.*는 21일로 하였다. 시험농도를 일정수준으로 유지시키기 위해 3일에 한번씩 농약을 처리한 새로운 사육수로 교체하였다. 시험조건은 김 등(2006)이 보고한 실내사육조건에서 한국산 물벼룩 중간 life cycle 비교시험의 조건과 같게 하고 시험물벼룩의 수는 각 처리 당 10마리를 독립적으로 100 mL의 배양액에 투입하였고, 먹이는 *C. vulgaris*를  $2.5 \times 10^5$  cells mL<sup>-1</sup>의 농도가 되게 투여하였다. 시험농도는 각 농약별 급성독성시험의 EC<sub>50</sub>의 농도로부터 공비를 3으로 하여 등비급수적으로 농도를 낮추어서 5농도를 설정하였는데 이때 농약처리군과 함께 배양액만을 담은 무처리대조군도 동시에 시험을 수행하였다.

매일 탈피 여부와 출산수, 이상증상 등을 조사하였고 어린 물벼룩은 계수 후 시험용기에서 제외시켰다. 시험최종일에는 어미 물벼룩의 체장을 해부현미경으로 측정하고 시험기간 동안 조사한 물벼룩의 성장, 번식 등의 성적은 t-test를 통해 대조군과 비교하여 만성무영향농도(chronic-NOEC)를 산출하였다.

## 결과 및 고찰

### Carbofuran

표 1에서와 같이 *M. macrocopa*를 carbofuran에 10일간 노출시켰을 때 211.0 ppb 처리군에서 생존율은 0%이었고 70.3 ppb에서는 70%, 나머지 더 낮은 농도에서는 90~100%의 생존율을 보였다. 생존한 어미개체가 첫 출산까지 걸리는 시간과 출산횟수는 대조군과 비교하여 큰 차이를 보이지 않았으나, 10일간 출산한 새끼물벼룩의 수는 대조군이 50.7마리였으나 70.3 ppb 처리군에서는 19.4마리로 유의한 차이를 보였다. 한번

Table 1. Effects of carbofuran on reproduction of *Moina macrocopa* over 10 days

Parameter	Control	Nominal concentration (mean±sd, µg L <sup>-1</sup> )				
		2.6	7.8	23.4	70.3	211.0
Survival rate, %	90	100	90	90	70	0
<b>Reproduction</b>						
Time to first brood(day)	5.1±0.5	4.9±0.3	5.0±0.0	5.0±0.0	6.1±1.3	-
Total offspring/adult	50.7±9.5	46.7±6.7	48.1±7.4	41.6±6.5*	19.4±11.5**	-
No. of brood produced	2.9±0.0	3.1±0.3	3.0±0.0	3.0±0.0	2.9±0.7	-
Brood size	17.6±3.2	15.2±2.5	16.0±2.5	13.9±2.2**	6.5±2.8**	-
<b>Growth</b>						
Length, mm	1.6±0.1	1.5±0.1	1.6±0.1	1.5±0.1**	1.4±0.1**	-
Molting time	5.3±0.0	5.6±0.7	5.7±0.5	5.4±0.8	5.3±0.5	-

\* $P < 0.05$ , \*\* $P < 0.01$ .Table 2. Effects of carbofuran on reproduction of *Daphnia* sp. over 21 days

Parameter	Control	Nominal concentration (mean±sd, µg L <sup>-1</sup> )			
		0.37	1.1	3.3	10.0
Survival rate, %	80	70	90	90	90
<b>Reproduction</b>					
Time to first brood(day)	8.8±3.1	8.3±1.5	9.9±2.5	12.2±2.5*	13.0±2.9*
Total offspring/adult	117.0±33.9	96.8±38.9	130.4±26.0	70.0±17.2**	82.1±25.5*
No. of brood produced	4.2±0.8	5.3±1.0	5.7±1.0	3.8±1.2	3.7±0.8
Brood size	27.7±5.9	28.5±6.6	22.8±2.4	19.2±5.9**	22.9±8.1
<b>Growth</b>					
Length, mm	3.2±0.2	3.1±0.1	3.2±0.1	3.1±0.1	3.0±0.1
Molting time	11.6±0.9	10.8±0.5	11.3±0.5	10.8±1.0	11.3±0.5

\* $P < 0.05$ , \*\* $P < 0.01$ .

출산시의 새끼수에서는 23.4 ppb와 70.3 ppb 처리군에서 대조군과 유의한 차이를 보였다. 10일 후의 체장에서 70.3 ppb 처리군이 대조군과 유의한 차이를 보였다.

*Daphnia* sp.를 Carbofuran에 21일간 노출시켰을 때 첫 출산까지 걸린 시간은 10.0 ppb에서는 13일, 3.3 ppb에서는 12.2일로 대조군의 8.8일에 비해 길어짐을 알 수 있었고 21일간 출산한 새끼물벼룩의 수도 10.0 ppb에서는 82.1마리, 3.3 ppb에서는 70.0마리로 대조군의 117.0마리 보다 유의하게 적었다(표 2).

#### Diazinon

*M. macrocopa*를 diazinon에 10일간 노출시켰을 때 5, 1.7, 0.55 ppb 처리군에서의 생존율은 40, 50, 40%로 낮았으나 생존개체의 첫 출산까지 걸리는 시간,

총출산 물벼룩수, 한번 출산시의 새끼수, 출산횟수 및 체장 탈피횟수등에서는 대조군과 큰 차이를 보이지 않았다. 0.55 ppb 처리군에서는 꼬리에 조류 등을 달고 유영하는 개체가 발견되었다(표 3).

*Daphnia* sp.를 diazinon에 21일간 노출시켰을 때 2.15, 0.72 ppb를 처리한 군에서는 21일까지 생존한 개체가 없었으며 0.24 ppb에서는 생존율이 80%였고 21일간 총 출산 새끼물벼룩의 수는 125마리로 대조군에서의 159.5마리에 비해 유의하게 차이가 있었다. 그리고 한번 출산에서 생산되는 새끼의 수는 20마리 정도로 대조군의 24.8마리에 비해 약간 적은 것으로 나타났다. 하지만 체장과 탈피횟수 등에서는 0.24 ppb이하의 농도수준에서 대조군과 유의한 차이를 발견할 수는 없었다(표 4).

Table 3. Effects of diazinon on reproduction of *Moina macrocopa* over 10 days

Parameter	Control	Nominal concentration (mean±sd, µg L <sup>-1</sup> )				
		0.06	0.19	0.55	1.7	5.0
Survival rate, %	90	90	70	40	50	40
<b>Reproduction</b>						
Time to first brood(day)	5.1±0.3	5.0±0.0	5.0±0.0	5.0±0.0	5.0±0.0	5.0±0.0
Total offspring/adult	50.7±8.6	56.6±7.5	57.4±8.9	55.5±3.3	49.8±3.2	48.5±4.1
No. of brood produced	2.9±0.3	3.2±0.4	3.1±0.4	3.0±0.0	3.2±0.4	3.0±0.0
Brood size	17.6±2.3	17.8±3.0	18.3±2.5	18.5±1.1	15.8±2.5	16.2±1.4
<b>Growth</b>						
Length, mm	1.6±0.1	1.6±0.1	1.7±0.1	1.6±0.0	1.5±0.1	1.5±0.1
Molting time	5.3±0.5	5.8±0.7	5.6±0.8	4.8±1.0	5.0±0.0	5.3±1.0

Table 4. Effects of diazinon on reproduction of *Daphnia sp.* over 21 days

Parameter	Control	Nominal concentration (mean±sd, µg L <sup>-1</sup> )				
		0.03	0.08	0.24	0.72	2.15
Survival rate, %	70	90	100	80	0	0
<b>Reproduction</b>						
Time to first brood(day)	6.3±0.5	7.1±2.8	6.8±0.8	6.6±0.8	-	-
Total offspring/adult	159.5±13.0	144.7±17.7	157.1±26.8	125.0±31.6*	-	-
No. of brood produced	6.5±0.6	6.1±0.7	6.0±0.9	6.3±0.5	-	-
Brood size	24.8±4.0	23.9±4.3	26.2±3.4	20.0±5.2	-	-
<b>Growth</b>						
Length, mm	3.2±0.1	3.2±0.0	3.2±0.1	3.1±0.1	-	-
Molting time	10.0±0.8	11.3±1.0	11.4±0.9	10.3±1.1	-	-

\*P<0.05, \*\*P<0.01.

Fenpropathrin

*M. macrocopa*를 fenpropathrin에 10일간 노출시켰을 때 8.5 ppb 처리군에서의 생존율은 30%였고 70.3 ppb 처리군에서는 70%, 나머지는 90~100%의 생존율을 보였다. 생존한 어미개체가 첫 출산까지 걸리는 시간은 가장 높은 농도인 1.6 ppb에서 8.0일로 대조군의 4.4일과 유의한 차이를 보였으나 출산횟수는 대조군과 비교하여 큰 차이를 보이지 않았다. 10일간 출산한 새끼물벼룩의 수는 대조군이 44.4마리였으나 1.6 ppb 수준에서는 6.7마리로 유의한 차이를 보였다(표 5).

*Daphnia sp.*를 fenpropathrin에 21일간 노출시켰을 때 0.56 ppb와 0.187 ppb 수준에서의 생존율은 0%로 생존한 개체가 없었으며 첫 출산 까지 걸린 시간, 21일간 출산한 새끼물벼룩의 수, 출산횟수나 체장 등은 대조군과 처리군 사이에 유의한 차이를 발견할 수 없

었다(표 6).

Myclobutanil

Myclobutanil에 *M. macrocopa*를 10일간 노출시켰을 때 8.5 ppm과 2.83 ppm 처리군에서는 생존개체가 없었으며 나머지는 90~100%의 생존율을 보였다. 생존한 어미개체가 첫 출산까지 걸리는 시간은 평균 4.4일에서 5.4일 사이로 대조군과 큰 차이가 없는 것으로 조사되었고 출산회수도 대조군과 비교하여 큰 차이를 보이지 않았다. 10일간 출산한 새끼물벼룩의 수는 대조군이 44.4마리였으나 8.5 ppm 수준에서는 21.0마리로 유의한 차이를 보였다(표 7).

Myclobutanil에 *Daphnia sp.*를 21일간 노출시켰을 때 생존율을 보면 7 ppm 처리군에서는 0%, 2.3 ppm 처리군에서는 40%로 조사되었으며 나머지 처리군 및 대조군은 80~100%이었다. 첫 출산까지 걸린 시간은

Table 5. Effects of fenpropathrin on reproduction of *Moina macrocopa* over 10 days

Parameter	Control	Nominal concentration (mean±sd, µg L <sup>-1</sup> )				
		0.02	0.06	0.17	0.53	1.6
Survival rate, %	90	90	100	90	70	30
<b>Reproduction</b>						
Time to first brood(day)	4.4±0.5	4.2±0.4	4.4±0.5	4.8±0.7	5.4±1.1	8.0±2.0**
Total offspring/adult	44.4±3.7	51.0±6.9	47.1±7.1	42.4±10.0	35.0±9.0	6.7±2.1**
No. of brood produced	3.1±0.4	3.3±0.5	3.3±0.5	3.2±0.4	2.9±0.4	2.0±1.0
Brood size	14.3±1.9	15.3±0.9	14.3±1.3	13.1±2.1	12.1±2.1	3.7±1.2**
<b>Growth</b>						
Length, mm	1.5±0.0	1.5±0.1	1.4±0.1	1.4±0.1	1.4±0.1	1.1±0.1**
Molting time	5.3±0.5	5.0±0.9	5.5±1.0	5.8±0.4	4.1±0.4**	3.7±0.6**

\**P*<0.05, \*\**P*<0.01.Table 6. Effects of fenpropathrin on reproduction of *Daphnia* sp. over 21 days

Parameter	Control	Nominal concentration (mean±sd, µg L <sup>-1</sup> )				
		0.007	0.021	0.062	0.187	0.56
Survival rate, %	100	90	90	80	0	0
<b>Reproduction</b>						
Time to first brood(day)	6.5±0.7	6.5±0.6	6.3±0.6	7.0±0.0	-	-
Total offspring/adult	95.5±10.6	94.7±20.7	83.3±18.6	94.7±18.2	-	-
No. of brood produced	5.5±0.7	4.0±1.0	3.7±1.5	4.3±0.6	-	-
Brood size	17.4±0.3	23.8±1.3	24.4±6.0	22.0±5.0	-	-
<b>Growth</b>						
Length, mm	3.2±0.1	3.2±0.1	3.3±0.1	3.2±0.3	-	-
Molting time	11.5±0.7	12.0±1.0	11.7±1.2	11.3±0.6	-	-

\**P*<0.05, \*\**P*<0.01.

대조군과 큰 차이를 보이지 않았으나 21일간 출산한 새끼물벼룩의 수는 0.78 ppm 처리군에서 27.0마리로 대조군에서의 69.0마리에 비해 유의하게 낮았다. 체장 및 탈피횟수 등은 대조군과 처리군 사이에 유의한 차이를 발견할 수 없었으나 약간 낮은 것으로 조사되었다(Table 8).

국내산 물벼룩인 *M. macrocopa*와 *Daphnia* sp.의 번식에 미치는 영향을 평가하면 표 9처럼 *M. macrocopa*가 *Daphnia* sp.보다 덜 민감한 것으로 나타났으며 독성값의 차이가 carbofuran은 21배, diazinon은 63배, fenpropathrin은 47배로 현격한 차이가 있었으나 myclobutanil의 경우에는 큰 차이를 보여주지 않았다. 두 종 모두 가장 민감한 parameter로는 총 출산 물벼룩수로 나타났다. 따라서 OECD의 ring test(1997)의 결과에서 어미가 출산한 새끼물벼룩의 수가 가장 변이

가 적고 안정된 parameter라고 보고한 사실에서 볼 때 이들 농약이 생태계내의 물벼룩에 대한 만성영향을 평가할 때는 end-point로 번식과 관련된 요인 즉 출산한 새끼 물벼룩의 수, 한배의 크기 등을 조사하는 것이 적합할 것으로 판단된다.

표 9에서 보는 바와 같이 계통별 농약의 물벼룩독성을 평가하면 피레스로이드계 살충제인 fenpropathrin이 가장 독성이 강하게 나타났으며 그 다음은 유기인계인 diazinon과 카바메이트계인 carbofuran으로 조사되었으며 트리아졸계 살균제인 myclobutanil이 가장 독성이 낮았다.

두 시험종 간의 농약에 대한 감수성을 비교하면 노출기간의 증가에 따른 독성의 증가를 감안한다 하더라도 *Daphnia* sp.가 전반적으로 농약의 노출에 더 민감한 것으로 조사되었다. 이 결과는 한국산 물벼룩에

Table 7. Effects of myclobutanil on reproduction of *Moina macrocopa* over 10 days

Parameter	Control	Nominal concentration (mean±sd, mg L <sup>-1</sup> )				
		0.1	0.31	0.94	2.83	8.5
Survival rate, %	90	90	100	90	0	0
<b>Reproduction</b>						
Time to first brood(day)	4.4±0.5	4.3±0.5	4.7±	5.4±1.2*	-	-
Total offspring/adult	44.4±3.7	47.3±7.9	42.3±2.7	21.0±9.2**	-	-
No. of brood produced	3.1±0.4	3.1±0.4	3.0±0.0	2.7±0.5*	-	-
Brood size	14.3±1.9	15.1±1.0	14.1±0.9	7.7±2.6**	-	-
<b>Growth</b>						
Length, mm	1.5±0.0	1.6±0.1	1.5±0.1	1.4±0.1**	-	-
Molting time	5.3±0.5	5.4±0.5	5.0±0.5	5.1±1.1	-	-

\*P<0.05, \*\*P<0.01.

Table 8. Effects of myclobutanil on reproduction of *Daphnia sp.* over 10 days

Parameter	Control	Nominal concentration (mean±sd, mg L <sup>-1</sup> )				
		0.09	0.26	0.78	2.3	7
Survival rate, %	100	90	80	80	40	0
<b>Reproduction</b>						
Time to first brood(day)	13.3±0.5	13.4±0.5	13.3±0.5	15.0±1.4	-	-
Total offspring/adult	69.0±8.5	72.7±20.5	82.5±19.4	27.0±8.5**	0	-
No. of brood produced	4.3±0.5	3.7±0.5	4.0±0.8	1.5±0.7**	0	-
Brood size	16.2±0.7	19.4±4.6	21.0±5.1	18.8±3.2	0	-
<b>Growth</b>						
Length, mm	3.2±0.1	3.2±0.2	3.1±0.1	2.9±0.1	2.6±0.1**	-
Molting time	10.3±1.3	10.7±0.8	10.5±0.6	10.5±0.7	8.5±0.7**	-

\*P<0.05, \*\*P<0.01.

Table 9. NOECs of 4 pesticides in the reproduction tests for *Moina macrocopa* and *Daphnia sp.*

Test species	NOEC(µg L <sup>-1</sup> )			
	carbofuran	diazinon	fenpropathrin	myclobutanil
<i>Moina macrocopa</i> (10day reproduction)	23.4	5.0	0.17	310
<i>Daphnia sp.</i> (21day reproduction)	1.1	0.08	0.06	260
Selective toxicity ratio (SER)	21.3	62.5	2.8	1

대한 급성독성시험(김 등, 2007)의 결과에서 *Daphnia sp.*가 특정 신경작용기작을 가진 diazinon, carbofuran, fenpropathrin에 대해 *Moina macrocopa*보다 훨씬 민감성이 높은 것으로 보고한 결과와 일치한다. 따라서 국내환경에 서식하는 수서무척추동물에 대한 농약의

번식영향을 평가할 때는 농약에 민감하게 반응하는 *Daphnia sp.*를 사용하는 것이 적합할 것으로 판단된다. 하지만 김 등(2007)의 연구결과에서 이미다졸계 농약인 iprodione에 대한 민감성은 *M. macrocopa*가 가장 높다고 보고하여 *Daphnia sp.*를 사용한 독성시험결

과만으로는 모든 물벼룩의 안전성을 온전히 확보하기는 어려울 것으로 판단된다. 따라서 우리나라 농업환경 특히 논에서의 우점도가 높고 국내서식 분포가 광범위하며 번식주기 또한 짧아 10일간의 시험으로 번식영향 평가가 가능하기 때문에 시험기간 단축으로 인한 경제적 이익과 특정농약에 대한 높은 감수성을 고려할 때 우리나라에서 사용할 표준생태독성시험의 후보종으로서 매우 의미있는 종으로 생각되며 앞으로 더 많은 기초연구가 필요하리라 본다.

### 인용문헌

- Barera, Y. and W. J. Adams. (1984) Resolving some practical questions about *Daphnia* acute toxicity tests, Aquatic Toxicology and Hazard Assessment, Sixth Symposium. pp.509-518. ASTM. Philadelphia.
- Day, K. and N. K. Kaushik. (1987) Short-term exposure of zooplankton to the synthetic pyrethroid, fenvalerate, and its effects on rates of filtration and assimilation of the alga, *Chlamydomonas reinhardtii*. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 16:423-432.
- Goulden, C. E., R. M. Comotto, J. A. Jr. Hendrickson, L. L. Horing, and K. L. Johnson. (1982) Procedures and recommendations for the culture and use of *Daphnia* in bioassay studies. Aquatic Toxicology and Hazard Assessment, fifth Conference, pp.139-160. ASTM. Philadelphia.
- Grandy, N. J. (1995) Role of the OECD in chemicals control and international harmonization of testing methods, Fundamentals of Aquatic Toxicology, 2nd ed. Taylor & Francis Ltd. London. UK.
- Hanazato, T. (1991) Effects of long-and short-term exposure to carbaryl on survival, growth and reproduction of *Daphnia ambigua*. Environ. Pollut. 74:139~148.
- Mark, U. and J. Solbé (1998) Analysis of the ECETOC AQUATIC TOXICITY(EAT) Database, V-The relevance of *Daphnia magna* as a representative test species. Chemosphere, 36(1):155~166
- OECD (1984) *Daphnia* sp., acute immobilization test and reproduction test. OECD guideline for testing of chemicals No.202.
- OECD. (1997) Report of the final ring test of the *Daphnia magna* reproduction test, Serie on testing and assessment No. 6.
- Posthuma L., Suter II G. W., and Traas T. P. (2002) Species sensitivity distributions in ecotoxicology. Lewis publisher.
- USEPA (1992) OPPTS 850.1010 Aquatic invertebrate acute toxicity test, freshwater Daphnids, Ecological Effects Test Guidelines.
- 김병석, 박연기, 신진섭, 김진화, 안용준 (2004) 한국산 물벼룩의 먹이조건별 번식영향. 농약과학회지 8(2):117~128.
- 김병석, 박연기, 박경훈, 신진섭, 김진화, 안용준 (2005) 표준생태독성시험법 개발을 위한 한국산 물벼룩의 최적사육온도 구명. 농약과학회지 9(3):221~230.
- 김병석, 박연기, 박경훈, 김진경, 신진섭, 김진화, 윤성명, 안용준 (2006a) 표준생태독성시험법 개발을 위한 한국산 물벼룩의 최적사육수 선발. 농약과학회지 10(3):189~195.
- 김병석, 박연기, 박경훈, 신진섭, 김진화, 윤성명, 안용준 (2006b) 실내사육조건에서 한국산 물벼룩 중간 life cycle 비교. 농약과학회지 10(3):196~200.
- 김병석, 박연기, 박경훈, 정미혜, 유아선, 양유정, 신진섭, 김진화, 윤성명, 안용준 (2007) 한국산 물벼룩에 대한 수중 농약의 급성독성. 농약과학회지(계재예정)
- 여인홍 (1997) OECD 농약관리정책. 한국환경독성학회지 12(1-2):45~53.

---

**한국산 물벼룩 *Moina macrocopa*와 *Daphnia sp.*에 대한 수중 농약의 번식독성 비교**김병석<sup>1</sup> · 박연기 · 박경훈 · 정미혜 · 유아선 · 양유정 · 신진섭 · 김진화 · 윤성명<sup>1</sup>, 안용준<sup>2</sup>농업과학기술원 농산물안전성부, <sup>1</sup>조선대학교 과학교육학부, <sup>2</sup>서울대학교 농생명공학부

요약 : 국내서식 물벼룩종을 이용한 표준생태독성시험법 개발을 위한 기초연구로서 실내사육이 용이하며 번식력도 우수한 국내산 물벼룩 *M. macrocopa*와 *Daphnia sp.*를 대상으로 카바메이트계인 carbofuran, 유기인계인 diazinon, 피레스로이드계인 fenpropathrin과 트리아졸계인 myclobutanil 등 4종의 농약이 이들 물벼룩의 번식에 미치는 영향을 조사하였다. 시험기간은 *M. macrocopa*는 짧은 번식주기와 수명을 고려하여 10일간 노출시켰으며 *Daphnia sp.*는 *Daphnia magna*와 동일한 21일간 농약을 노출시켰다. 가장 독성이 강하게 나타난 것은 피레스로이드계 살충제인 fenpropathrin으로 번식독성의 무영향농도(NOEC)는 *Moina macrocopa*가  $0.17 \mu\text{g L}^{-1}$ 이었고 *Daphnia sp.*는  $0.06 \mu\text{g L}^{-1}$ 로 조사되었다. 다음으로는 diazinon, carbofuran, myclobutanil의 순으로 독성이 강하게 나타났다. 또한 myclobutanil을 제외하면 3종 농약에서 *Daphnia sp.*가 *M. macrocopa*보다 더 민감한 것으로 조사되었고 따라서 국내환경에서 농약이 수서무척추동물에 미치는 번식영향을 평가할 때는 농약에 민감하게 반응하는 *Daphnia sp.*가 더 적합할 것으로 생각된다. 하지만 *M. macrocopa*는 우리나라 농업환경 특히 논에서의 우점도, 광범위한 국내서식 분포 등의 생태학적 중요도가 매우 큰 종이며, 10일간 시험으로도 번식에 미치는 영향을 평가하기에 적합하므로 시험기간 단축으로 인한 경제적 효과를 고려할 때 우리나라에서 사용할 표준생태독성시험의 후보종으로서 매우 의미있는 종이라 판단된다.

색인어 : 물벼룩, 번식독성, 농약, 감수성, *Moina macrocopa*, *Daphnia sp.*

---