

제초제 Butachlor의 송사리에 대한 亞急性 毒性

신 천 철* · 이 성 규* · 노 정 구*

(1985년 11월 4일 접수)

Subchronic Toxicity of Herbicide Butachlor in Fish, the Medaka (*Oryzias latipes*)

Chun-Chul Shin,* Sung-Kyu Lee* and Jung-Ku Roh*

Abstract

To establish an evaluation system of aquatic toxicity of chemicals at no-effect level, flow through and early life stage toxicity test were performed on a freshwater fish, the medaka (*Oryzias latipes*). The characteristics of medaka as a bioassay organism for the chronic toxicity test were discussed.

Maximum acceptable toxicant concentration(MATC) of butachlor for the madaka in soft water was estimated using survival, growth, and reproduction as indicators of toxic effects. During a 3-month period, the fry of medaka were exposed to butachlor concentrations ranging from 0.16 to 0.01mg/liter and the DO concentration, temperature, and pH in the exposure chamber were measured to check the test condition. The highest concentration showed slight decrease of growth rate in medaka and reduced hatchability of spawning egg. Survival, growth, and reproductive success of adults in butachlor concentration of 0.04 and 0.01 mg/liter were not different from those of the control. The MATC was estimated to be between 0.04 and 0.16 mg/liter for medaka.

서 론

농약은 단위면적당 수확량 증가에 많은 기여를 하였으나 이러한 농약이 인체 및 환경에 예상치 못했던 각종 사고를 유발하였을 뿐만 아니라 농약 등 화학물질 오염에 의한 수생 생태계 파괴가 날로 심각하여진다는 사실이 알려진 후 선진국가에서는 일찍부터 농약 및 화학물질의 환경에 대한 안전성평가에 많은 노력을 기울이고 있는 실정이다⁽¹⁾. 이중 농약 등 화학물질의 환

경축적 및 어독성에 관한 연구는 다양하게 대상물질을 달리하여 많은 연구와 평가가 외국에서 수행되고 있으며^(2,3,4) 우리나라의 경우도 농약의 종류 및 사용량이 점차 다양화되고 증가하고 있는 실정⁽⁵⁾이어서 상대적으로 환경에 대한 농약의 영향이 커지고 있으나, 몇가지 농약에 대해 작물과 토양에 대한 잔류성 조사를 한 예가 있을뿐 농약 자체에 대한 어독성 및 생체축적 평가는 거의 보고되지 않은 실정^(6,7)이므로, 이에 대한 관심과 연구 수행이 시급히 요청되고 있다.

최근 농약 및 화학물질의 안정성 평가를 위한 실험

*韓國化學研究所 安全性研究센터 (Korea Research Institute of Chemical Technology, Daedeok)

방법의 한가치인 Bioassay 평가 경향도 실험동물의 생활사 중 일부에 국한된 영향인 급성독성평가뿐만 아니라 그 생활사 전반에 걸쳐 발생하는 영향을 보는 저농도 장기투여 방법인 complete-life cycle bioassay에 중점을 두게 되었다^(8,9). 이에 대상 동물로는 먹이 연쇄의 포식자인 어류가 주로 이용이 되며 이러한 어류를 이용한 complete-life cycle 독성 실험이 수서 환경에서의 화학물질에 의한 어류의 maximum acceptable toxicant concentration(MATC) 값을 구하기 위해 fathead minnow(*Pimephales promelas*)를 이용하여 Mount와 Stephan에 의해 1967년에 처음 제안되었다⁽¹⁰⁾. 이후 Eaton은 bluegill(*Lepomis macrochirus*)⁽¹¹⁾을, Mckim & Benoit(1971)은 brook trout (*Salvelinus fontinalis*)⁽¹²⁾로, Smith는 flagfish(*Jordanella floridae*)⁽¹³⁾를 이용한 만성독성 연구가 진행되어 왔고 1977년 Mckim은 만성독성을 예고할 수 있는 short-term test의 독성실험 방법을 제안했다. 즉 어류의 생활사 일부분으로써 물고기 수정란에서 치어 혹은 치어에서 어린 성어까지의 생육단계가 환경독성 물질에 가장 민감하고 이를 이용한 어류의 MATC 값이 기존의 만성독성 평가로써 얻어진 MATC 값과 82% 정도가 일치함을 증명하였으며, 이 embryo-larval and early juvenile(ELEJ) stage를 이용한 독성평가 방법이 널리 이용되어 왔다⁽¹⁴⁾.

Bansal 등은 이 short-term test에서도 어류의 early larval stage(ELS)를 이용한 ELS test의 평가 방법으로 다수의 살충제에 대한 아급성 screening test를 하였으며 또한 한 종에 대한 MATC 값과 96 hr-LC₅₀ 값을 구함으로써 얻어지는 application factor(AF)을 적용하여 또 다른 어종에 대한 급성독성값인 96 hr-LC₅₀ 값을 얻음으로써 그 종의 MATC 값을 평가할 수 있게끔 되었다⁽¹⁵⁾. 이후 DeGraeve 등은 석탄가스 냉각수의 만성독성을 역시 ELS chronic test로써⁽¹⁶⁾, Pickering(1983)도 ELS chronic test를 이용하여 폐수의 환경오염에 대한 안정성 평가를 실시함으로써⁽¹⁷⁾ 만성효과와의 평가를 위한 가장 효율적인 test 평가방법들 중의 하나임이 증명되었다.

이와 함께 만성독성 실험 및 아급성 실험은 대상 생물 종에 따른 생활사의 다양성 및 먹이등 환경조건을 달리해 주어야 하는고로 생물종에 의한 model system 이 다양해질 수 있어서 이에 대해 U.S. EPA는 새로운 화학물질의 잠재적인 영향을 결정하기 위한 여러 가지 시험방법을 제시하기에 이르렀고⁽¹⁸⁾ 어류에 있어서는 만성독성 실험을 위하여 fathead minnow(*Pimephales promelas*), bluegill(*Lepomis macrochirus*), brook trout(*Salvelinus fontinalis*), flagfish(*Jordanella*

floridae)가 풍부한 생물학적 자료, 짧은 생활사와 동시에 많은 산란등의 장점으로 인하여 U.S. EPA에 의해 추천되고 있다⁽¹⁹⁾. 그러나 온대지역 북쪽인 동북아 지역과 특히 우리나라에 전반적으로 널리 분포하고 있는 송사리(*Oryzias latipes*, Medaka, Kilifish)도 사육해 본 결과, 실험실 내에서의 사육이 가능하며 균일한 환경에서 균질의 시료를 확보할 수 있으므로 실험의 재현성을 높일 수 있는 잇점이 있어 실험실내에서 화학물질의 어독성을 평가할 때의 생물검정용 공시동물로써 송사리가 적당할 것으로 평가되고 일본에서도 최근 田淵⁽²⁰⁾에 의한 일본산 송사리(*Oryzias latipes*)를 생물검정 공시어류로 사용할 것을 제안하고 있으며, 1983년 Slooff 등에 의해 11가지 계통분류적 생물종(박테리아, 조류, 식물, 갑각류, 곤충, 히드라, 연체동물, 어류, 양서류)에 대한 8가지 독성 물질의 민감도를 측정 한 결과 어류의 대표종으로 실험된 *Oryzias latipes*가 가장 민감하여 적절한 어종임이 증명된 바 있다⁽²¹⁾.

따라서 본 연구에서는 농약 등 화학물질의 환경독성을 평가하기 위한 빠르고 경제적인 안전성 평가방법의 타당성을 조사하기 위하여 송사리(*Oryzias latipes*)치어를 이용한 Butachlor의 90일간 chronic test의 bioassay 실험을 실시하였다.

재료 및 방법

1. 공시어종

공시어는 담수산 송사리(*Oryzias latipes*)로써 1984년 10월 충남 대덕군 탄동면 자운리 소하천에서 채집망으로 치어를 채집하여 본 연구실로 운반하여 사육조(31 cmL × 50 cmW × 35 cmH)에서 2주 이상 순화시킨 같은 크기의 건강하고 활력이 있는 송사리 치어만 무작위적으로 선발하여 실험을 시작하였고 사용된 공시어의 평균 체중 및 체장은 다음의 Table 1과 같다.

Table 1. Length and Weight of fish examined

Length(cm)	Weight(g)
1.36 ± 0.09*	0.02 ± 0.01*

* Mean ± S.D.

2. 공시 농약

본 실험에 공시한 농약은 제조체인 butachlor 로써 1969년 미국에서 개발되어 담작 잡초에 효과가 있다. 사용약제는 순도 89.5%(Technical)로 Monsanto 사에서 분양받았다. 그리고 수용액상의 포화 농도는 23.5

ppm 으로 알려져 있다⁽²²⁾.

3. 희석수의 성질

희석수는 수도물을 1 차로 membrane filter 를 통과 시켜 각종 부유물질을 제거한 후 특별 제작한 정수 장치(active carbon으로 충전)를 통과시켜 수도물내의 염 소 성분을 제거한 후 공기를 공급하고 23°C 내외로 heating 시켜 사용하였으며 이때의 희석수 성질은 Table 2와 같다.

Table 2. Physicochemical characteristics of the test water

Factors	Unit	Mean
pH	—	6.5
DO	mg/l	7.3
Conductivity	μMHO	95
Alkalinity as CaCO ₃	mg/l	25.84
Total hardness	mg/l	>52.35
Total NH ₃ -N	mg/l	< 0.02

4. 실험장치

수조는 용액 저장용 수조(35 cmL × 25 cmW × 30 cmH)와 실험용 수조(40 cmL × 25 cmW × 25 cmH)를

유리로 제작하였으며 실험용 수조의 실제 유입면적은 20 l였다. 저장용 및 실험용 수조는 농도당 2반복으로 배치하였으며 continuous flow system으로 농약의 용액 중 activity 를 참고하여⁽²³⁾ 1 일에 수조당 평균 10 l씩 용액을 호스로 연결하여 중력에 의해 연속적으로 수조 내의 물을 넣어 주었다.

5. 실험조건 및 노출방법

수온은 21 ± 2°C 로 조절하였으며 일조시간(photo-period)은 14시간으로 맞추었고 실험기간 동안 air pump를 이용, 공기를 공급하여 주었으며 먹이는 brine shrimp 및 조제된 건조 먹이⁽²⁴⁾를 1 일 2 회 공시어 체중에 비례하여 수조당 일정량을 공급하였다.

공시어의 투입은 엄격히 선발된 2 배수의 공시어를 실험전 48 시간 전에 수조당 2 마리씩 무작위적으로 넣어 각 수조에 40마리씩 들어가도록 하였다.

6. Toxicant 조제 및 처리농도 결정

Toxicant 조제는 technical 1.0307 g 을 유기 용매인 tetrahydrofuran(Junsei Chemical) 20 ml 에 녹이고 여기에 분산제 HCO-40 을 25 적 가한 후 50 ml volumetric flask 표선까지 tetrahydrofuran 용액을 채워 18,464.4 ppm 의 stock solution 을 만들어 사용하였고 이와같은 방법으로 90 일 만성독성 실험기간중 4 번 만

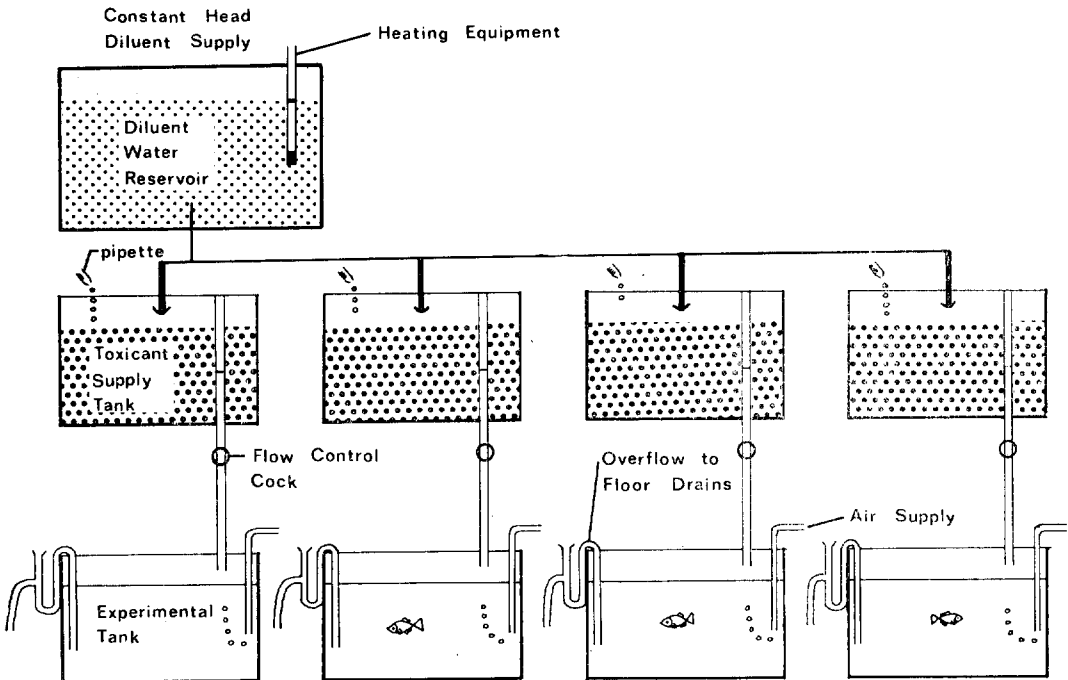


Fig. 1. Basic components of flow-through system

들어 사용하였다. 처리농도는 본 실험실에서 실시한 송사리 성체를 이용한 급성독성값인 96 hr-LC₅₀의 0.38 ppm을 기준으로 하여⁽²⁵⁾ log-scale 등 간격인 0.16, 0.04, 0.01 ppm의 3 단계 농도로 처리하였고 최고농도인 0.16 ppm 처리시의 포함된 tetrahydrofuran 용액과 동량의 tetrahydrofuran 을 가하여 대조군 실험도 병행하였다.

7. 측정 및 관찰방법

농약처리 당일을 0 day 로 정하여 15 일 간격으로 photographic method로 공시어의 길이 성장을 측정하였으며 매일 2회(09 : 00, 18 : 00)에 걸쳐 공시어의 치사 여부 및 산란 여부 그리고 행동학적 관찰을 시도하였으며 아울러 각 수조의 pH, 온도 및 DO의 검사는 1 일 간격으로 pH Meter(Cole-Parmer, Model 5987) 및 DO Meter(YSI, Model 57)로 측정하였다. 치사된 공시어는 10%중성 formalin으로 고정하여 병리적 부검을 실시하였고, 산란된 수정란들은 정상적 부화용수조에서 부화시켜 1.5 개월간 사육한 후 치어들은 역시 10% 중성 formalin으로 고정한 후 각종 외형적 관찰을 하였으며 Park & Kim⁽²⁶⁾의 염색법으로 치어를 염색하여 골격기형 여부도 관찰하였다.

결 과

1. 공시어 생존율에 미치는 영향

Butachlor에 의한 송사리의 생존율은 Table 3과 같다. 실험결과를 보면 90일 후 0.01과 0.04 ppm 처리군에서 각각 95% 및 93.8%의 생존율을 보이나 0.16 ppm 처리군의 생존율은 저농도 처리군보다 높고 대조군과 같은 97.5%를 나타내고 있다. 이러한 결과로 볼때 생존율에 있어서는 대조군과 처리군간에 유의한 차이가 없었고 따라서 batachlor의 경우 송사리 치어의 생존

Table 3. Survival of early-life-stages of Medaka (*Oryzias latipes*) exposed to butachlor for 90 days

Nominal concentration (ppm)	N ^a	Larval-juvenile survival(%)		
		30 days	60 days	90 days
Control	80	80(100)	79(98.8)	78(97.5)
0.01	80	77(96.3)	76(95.0)	76(95.0)
0.04	80	77(96.3)	77(96.3)	75(93.8)
0.16	80	80(100)	78(97.5)	78(97.5)

^a Number of medaka treated

율에 미치는 농도는 0.16 ppm 이상으로 0.16 ppm 이하의 농도에서는 송사리 치어의 치사에는 큰 영향을 미치지 않을 것으로 사료된다.

그러나 치어의 경우 일반적으로 성체에 비하여 농약에 대한 감수성이 더 예민하다고 알려져 있다⁽¹⁴⁾.

2. 공시어 체장 및 체중의 성장에 미치는 영향

농약처리에 따른 공시어의 체장 및 체중 성장은 Table 4, 5와 같다.

Butachlor의 저농도 장기투여에 의한 송사리 치어에 대한 성장을 저해는 Table 4에서 보는 바와 같이 체장의 경우는 90일 노출 후 체장이 0.01 ppm과 0.04 ppm 공히 2.8 ± 0.2 cm 로 대조군의 체장과 같았고 단지 0.16 ppm 처리군에서 2.6 ± 0.2 cm로 대조군에 비하여 유의성 있는 차이가 있었다. 또한 성장율(90일후의 평균체장/시작일의 평균 체장)을 보면 대조군에 비하여 처리군의 성장율이 2.2에서 2.0(0.01과 0.04 ppm), 1.9(0.16 ppm)으로 농도에 따라 성장율이 감소함을 나타내고 있다.

또 농약처리에 의한 공시어의 체중변화를 보면 90일 후의 체중이 대조군이 0.20 ± 0.05 g 인데 비하여 처리군의 체중이 0.20 ± 0.05 g(0.01 ppm), 0.19 ± 0.04 g

Table 4. Mean increase in length of Medaka (*Oryzias latipes*) during 90 days continuous exposure to butachlor

Nominal concentration (ppm)	N ^a	Mean length ^b (cm)				Mean terminal length/Mean initial length
		0 days	30 days	60 days	90 days	
Control	80	1.3 ± 0.1	1.7 ± 0.1	2.0 ± 0.1	2.8 ± 0.2	2.2
0.01	80	1.4 ± 0.1	1.8 ± 0.1	2.0 ± 0.1	2.8 ± 0.2	2.0
0.04	80	1.4 ± 0.1	1.8 ± 0.1	2.0 ± 0.1	2.8 ± 0.2	2.0
0.16	80	1.4 ± 0.1	1.7 ± 0.1	1.9 ± 0.1**	2.6 ± 0.2**	1.9

^a Number of medaka treated (N used for statistical analysis for 60 and 90 days were 40.)

^b Mean ± S.D.

** Significant at p=0.01

Table 5. Mean increase in weight of Medaka (*Oryzias latipes*) during 90 days continuous exposure to butachlor

Nominal concentration (ppm)	N ^a	Mean weight ^b (g)		Mean terminal weight(g)/mean initial weight(g)
		0 day	90 days	
Control	80	0.02 ± 0.01	0.20 ± 0.05	10
0.01	80	0.02 ± 0.01	0.20 ± 0.05	10
0.04	80	0.02 ± 0.01	0.19 ± 0.04	9.5
0.16	80	0.02 ± 0.01	0.19 ± 0.04	9.5

^a Number of medaka treated^b Mean ± S.D.

(0.04, 0.16 ppm)이므로 처리군의 체중이 대조군의 체중 오차 범위에 포함되므로 처리에 의한 효과라고 보기는 어렵다. 성장율로 보면 0.04 ppm 및 0.16 ppm 처리군이 대조군 및 0.01 ppm보다 0.5 정도 차이가 있었다. 따라서 butachlor 저농도 장기 처리가 송사리 치어의 성장에 미치는 영향은 이상의 결과에서 보듯이 처리에 따른 차이가 크지 않으므로 0.16 ppm 정도까지도 그렇게 크지 않는 것으로 판단되나 0.16 ppm 처리군에서 다소의 영향을 보이고 있다고 사료된다. McKim⁽¹²⁾에 의하면 어류에 대해 구리이온의 만성독성을 실험한 결과 높은 농도에서는 체장 성장율이 억제된다고 보고한 바 있다.

3. 공시어의 행동, 산란 및 부화율에 미치는 영향

실험동물의 비정상적 행위의 유무로 독성을 판단하는 행동독성학(behavioural toxicology)을 이용하여 군집행동을 하는 이 공시어의 행동특성을 이용하여 군집행동 및 반응을 관찰하였다. 그러나 각 수조를 90일동안 매일 관찰한 결과 유영에 대한 별 다른 이상을 대조군 및 각 처리군에서 발견치 못하였다. 그리고 각 실험군의 90일간 산란 및 부화율을 보면 Table 6과

같다.

위 실험의 결과에서 보면 공시어 수정란의 산란수가 대조군이 0.01 ppm 및 0.04 ppm 처리군보다 적은 것은 공시어 무작위 추출로 인한 암수의 비율의 불균형으로 제한된 집단 공간에서 산란에 영향을 받은 것이라 생각되며 위의 결과로 보아 산란율로써 농약이 생식력에 영향을 미치었는지는 알 수 없었고 더구나 이번 실험에서는 조직검사에 의한 암수 공시어 생식기관의 성숙유무는 측정되지 않아서 90일 노출동안 공시어 암수의 생식기관의 성숙정도는 확인할 수 없었다.

아침 09시경 각 실험 수조 밑에서 알들이 떨어져 있는 경우도 있기 때문에 암컷 1마리당 1회 산란수 및 전체 산란수의 비교는 할 수 없었다. 그러나 부화용수조의 이용으로 대조군 및 처리군의 산란된 수정란의 부화율을 비교해 보니 0.01 ppm 처리군에서 다소 부화율이 떨어졌으나 0.04 ppm 처리군에서는 80.8%를 보여 주었고, 이것은 실험실내 평균 부화율 80.8%(미발표 자료)와 비슷하였다.

그러나 0.16 ppm 처리군의 부화율을 보면 64.1%로 저하되어 농약에 의한 부화율의 감소가 관찰되었다.

Table 6. Results of spawning activity and egg hatchability of medaka (*Oryzias latipes*) during continuous exposure to butachlor

Item	Concentration (ppm)			
	control	0.01	0.04	0.16
Total survival (%)	78(97.5)	76(95.0)	75(93.8)	78(97.5)
No. surviving males	22	43	38	39
No. surviving females	46	33	37	39
Total viable egg spawned	11	48	239	39
Mean hatchability (%)	10(90.9)	36(75.0)	193(80.8)	25(64.1)

Table 7. Mean number vertebrae for hatching larvae in control and experimental groups

Nominal concentration (ppm)	No. of specimens examined	No. of vertebrae		No. of spines			
		trunk	caudal	Neural		Hermal	
				trunk	caudal	ribs	caudal
Control	8	12.0±0.0 ^a	18.9±0.6	12.0±0.0	18.4±0.7	7.8±0.8	18.7±0.7
0.01	10	12.1±0.3	19.4±0.8	12.1±0.3	18.1±0.7	7.0±0.9	18.5±0.1
0.04	10	12.1±0.3	18.7±0.5	12.1±0.3	17.7±0.5	6.8±1.1	17.7±0.5
0.16	10	12.1±0.0	19.5±0.7	12.0±0.0	18.2±0.8	7.9±1.4	18.2±0.8

^a Mean ± S.D.

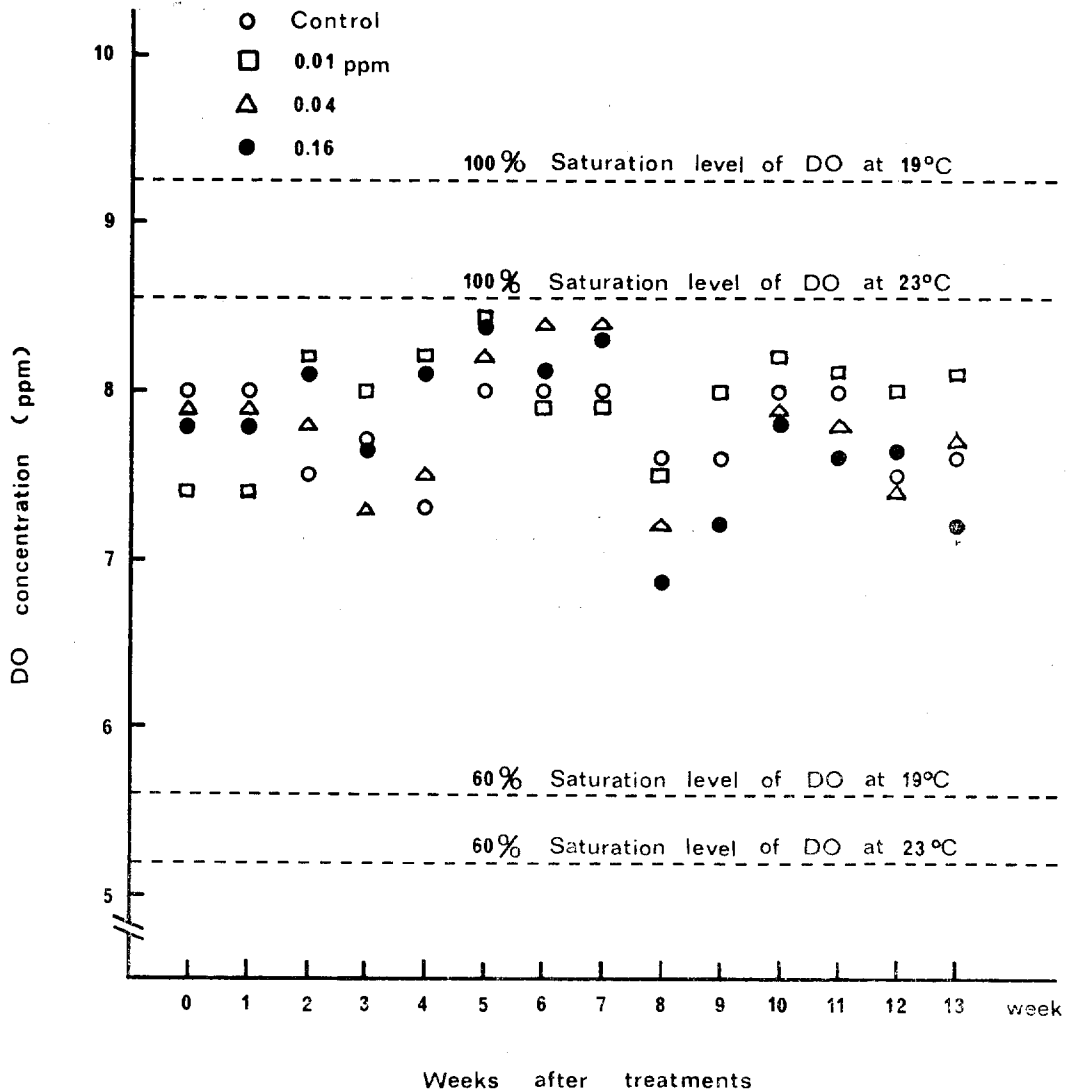


Fig. 2. DO variation in test chambers for test period with continuous flow system

4. 실험군 공시어에서 생산된 F₁의 형태적 및 골격 관찰

각 실험군에서 공시어가 산란한 수정란들은 매일 아침 수거하여 정상적 부화용 수조에서 정상조건으로 부화 후 사육용 수조에서 1.5개월간 사육하면서 외관상 및 현미경하에서의 치어의 외형적 이상 유무 및 염색에 의한 골격 이상을 관찰하였다. 관찰결과 치어의 형태적 이상은 관찰되지 않았으며 각 실험군에서 1.5개월된 치어를 염색하여 골격 관찰한 결과 Table 7에서도 대조군과 비교하여 아무런 이상을 볼 수 없었다.

5. 실험기간 중 DO 및 pH의 경시적 변화

실험기간 동안 수조내의 1주일 평균 DO 농도의 경시적 변화는 Fig. 2와 같다.

그림에서 보듯이 90일동안 DO는 대조군과 처리군 공히 6.8~8.7 ppm 농도를 보여 공시어가 DO 결핍 및 과다에 의해 영향을 받지 않았음을 알 수 있다.

또한, 각 수조내의 pH 변화는 농약의 급성독성값 뿐만 아니라 공시어 생리에도 영향을 줄 수 있다고 알려져 있으며⁽¹⁷⁾ 또한 만성독성 실험시에도 pH의 변화 정도는 농약의 독성과 공시어의 생리에 영향을 주므로 MATC 평가에 중요한 부분을 차지한다. 본 실험에서도 실험기간내 pH 변화 정도를 측정할 바 그 pH 측정 결과는 대조군 및 처리군 공히 7.0~7.4 정도로 유지되어 본 실험에서는 pH 변화에 의한 농약 처리와 공시어의 생리에 영향이 없었을 것으로 사료된다.

고 찰

제조제의 일종인 butachlor는 담작에서 현재 우리나라 뿐만 아니라 외국에서도 많이 사용되고 있어 이에 대한 분해 및 잔류에 대해서는 많은 연구가 진전되어 있으나^(27,28,29) 생태계 및 어류에 미치는 영향에 대해서는 24 hr-LC₅₀의 급성어독성 평가⁽³⁰⁾ 및 본 연구실에서 실시한 96 hr-LC₅₀의 급성어독성 평가⁽²⁷⁾ 등 몇 편의 보고서에 걸쳐 급성어독성을 조사한 것이 전부이고 butachlor의 수질에서 만성독성 평가는 보고된 바 없었다. 이러한 견지에서 이번 연구결과 나타난 0.16 ppm 처리군에서 대조군과 비교하여 뚜렷한 외관상 이상은 관찰되지 않았지만 체장 성장율이 다소 감소하고 공시어 수정란의 부화율이 낮아지는 등의 butachlor 만성독성 효과를 볼 수 있었으므로 butachlor의 MATC 값은 0.16 ppm 이하라고 사료된다.

이는 같은 제조제이며 무지개송어에 대한 96 hr-LC₅₀의 급성어독성값이 10 ppm 이상인⁽²³⁾ atrazine을 brook

trout (*Salvelinus fontinalis*)에 90일 노출한 ELS chronic test(아급성 독성실험)에서 MATC값이 0.06~0.12 ppm의 결과로 평가된 실험과 간접적으로 비교해보면, 송사리 성어에 대한 96 hr LC₅₀ 값이 0.38 ppm인 butachlor는 송사리 치어에 대한 ELS chronic test 아급성 독성효과에 의한 다소 높은 MATC 값을 나타내었다.

이는 위에서 언급한 바와 같이 기타 생물체를 이용하여 butachlor의 만성독성실험을 실시한 예가 없어서 직접적인 비교는 할 수 없었지만 기존 생물체에 대한 만성독성 실험에서 본 종인 *Oryzias latipes*가 타 어종보다 높은 민감도를 나타냄을⁽²³⁾ 볼 때 atrazine 보다 높은 MATC 값을 나타낸 butachlor의 의외로 수질에서 96 hr-LC₅₀ 값의 절반 정도 수준에서 90일간의 만성효과가 나타났다.

이번 연구 결과 butachlor의 MATC 값이 0.04 ppm과 0.16 ppm 사이에 존재한다고 사료된다.

요 약

농약의 만성어독성을 평가하기 위한 노력의 일환으로 제조제인 butachlor에 대하여 송사리(*Oryzias latipes*)을 대상으로 하여 90일간 아급성 어독성 실험을 실시하였고 또한 만성독성 평가를 위한 생물학적 검정어류로써 송사리의 타당성을 제고한 바 그 결과는 다음과 같다.

- 1) 송사리는 우리나라에서 고르게 분포하고 있는 소형 민물고기로서 시험기간중 대조군 등에서 산란 및 부화가 이루어져 풍부한 생물학적 자료와 함께 농약에 대한 만성 어독성 평가에 적합하다고 사료된다.
- 2) Butachlor의 0.16 ppm 처리군은 약간의 길이 성장감소와 산란된 수정란의 부화율이 감소되는 경향을 나타내었고, 0.04 ppm과 0.01 ppm의 butachlor 처리군에서는 대조군과 비교할 때 별 다른 영향을 받지 않았음을 관찰할 수 있었다. 고로, butachlor는 송사리에서 0.04~0.16 ppm의 MATC 값을 갖는 것으로 사료되며 또한 실험기간중 DO와 pH 및 온도를 매일 측정할 결과 송사리에 영향을 주지 않았음이 입증되었다.

참 고 문 헌

1. Guthrie, F. E. and Perry, J. J. (1980) : *Introduction to Environmental Toxicology*, Elsevier North Holland, New York, 484 pp.
2. Metcalf, R. L., Sangha, G. K. and Kapoor, I. P. (1971) : Model ecosystem for the evaluation of

- pesticide biodegradability and ecological magnification, *Environ. Sci. Technol.*, **5**(8), 709.
3. Yu, C. C., Booth, G. M., Hansen, D. J. and Larsen, J. R. (1975) : Fate of alschlor and propachlor in model ecosystem, *J. Agric. Food Chem.*, **23**(5), 877.
 4. Nishiuchi, Y. and Hashimoto, Y. (1980) : Toxicity of pesticides to some aquatic animals, *Bull. Agr. Chem. Inspect. Stn.*, **20**, 70.
 5. 농약공업협회 (1982) : 농약연보, 603 pp.
 6. 이서래, 유병선, 전해경 (1984) : 잉어에 의한 diazinon 및 fenitrothion 의 생물농축, 한국환경농학회지, **3**(1), 30.
 7. 이성규, 박천원, 노경구 (1984) : 농약의 급성 어독성과 처리방법에 따른 독성의 변화, 한국환경농학회지, **3**(1), 45.
 8. U.S. EPA (1976) : Chronic toxicity of atrazine to selected aquatic invertebrates and fish, EPA-600/3-76-047.
 9. Trizwell, C. M. (1971) : Bioassay to determine allowable waste concentration in the aquatic environment. I. Measurement of pollution effects on living organisms, *Proc. Royal Soc., London*, pp. 177~279.
 10. Mount, D. I. and Stephan, C. E. (1967) : A method for establishing acceptable toxicant limits for fish-malathion and the butoxyethanol ester of 2,4-D, *Trans. Amer. Fish. Soc.*, **96**, 185.
 11. Eaton, J. G. (1970) : Chronic malathion toxicity to the bluegill (*Lepomis macrochirus* Rafinesque), *Water Res.* **4**, 673.
 12. McKim, J. M. and Benoit, D. A. (1971) : Effects of long term exposure to cooper on the survival, growth, and reproduction of brook trout, *J. Fish Res. Board Can.*, **28**, 655.
 13. Smith, W. E. (1973) : A cyprinodontid fish, *Jordanella floridae*, as reference animal for rapid chronic bioassays, *J. Fish. Res. Board Can.*, **39**, 329.
 14. McKim, J. M. (1977) : Evaluation of tests with early life stages of fish for predicting long-term toxicity, *J. Fish. Res. Board Can.*, **34**, 1148.
 15. Bansal, S. K., Verma, S. R., Gupta, A. K., and Dalela, R. C. (1980) : Predicting long-term toxicity by subacute screening of pesticides with larvae and early juve niles of four species of freshwater major carp, *Ecotoxicol. Environ. Safety.*, **4**, 224.
 16. DeGraeve, G. M., Overcase, R. L. and Bergman, H. L. (1980) : Toxicity of underground coal gasification condenser water and selected constituents to aquatic biota, *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, **9**, 543.
 17. Pickering, Q. H. (1983) : Chronic toxicity to fathead minnow *pimephales promelas* of wastewater from a conventional wastewater treatment system receiving organic priority pollutants, *Environ. Pollut. (A)*, **31**, 105.
 18. U.S. EPA (1979) : Guidance for premanufacture testing; Discussion of policy issues alternative approaches and test methods, *Federal Register*, **44**, 16240.
 19. U.S. EPA (1975) : Methods for acute toxicity tests with fish, macroinvertebrates and amphibians, EPA-600/3-75-009.
 20. 田瑞健二 (1972) : ヒメダカを供驗魚とする TLM 標準試驗法の 提案, 用水と廢水, **14**(10), 1297.
 21. Slooff, W. and Canton, J. H. (1983) : Comparison of the susceptibility of 11 freshwater species to 8 chemical compounds. II. (Semi) chronic toxicity tests, *Aquatic Toxicol.*, **4**, 272.
 22. Chen, Y.-L., Lo, C.-C. and Wang, Y.-S. (1982) : Photo decomposition of the herbicide butachlor in aqueous solution, *J. Pesticide Sci.*, **7**, 41.
 23. Hartley, B. and Kidd, H. (1983) : *The Agrochemicals Handbook*, Unwin Brothers Limited, old Working, Surrey, U.K., A559/June 84.
 24. Yamamoto, T. O. (1976) : *Medaka (killifish) : Biology and strain*. Keigaku Pub. Co., Tokyo, 365 pp.
 25. 노경구 (1984) : 화학물질의 안전성 및 생리활성 연구 (II). 한국화학연구소편, 149 pp.
 26. Park, E.-H. and Kim, D. S. (1984) : A Procedure for staining cartilage and bone of whole vertebrate larvae while rendering all other tissues transparent, *Stain Technol.*, **59**(5), 1.
 27. Chen, Y. L. and Chen, J. S. (1979) : Degradation and dissipation of herbicide butachlor in paddy fields, *J. Pesticide Sci.*, **4**, 431.
 28. Chen, Y. L. and Wu, T. C. (1978) : Degradation of herbicide butachlor by soil microbes, *J. Pesticide Sci.*, **3**, 411.
 29. Beestman, G. B. and Deming, J. M. (1974) : Dissipation of acetanilide herbicides from soil, *Agronomy J.*, **66**, 308.
 30. 西内康浩 (1983) : 續・水生生物と農藥. 急性毒性. 資料編 II, 사이엔테스트社, 東京, 287pp.