한국농약과학회지 제7권 제2호(2003)
The Korean Journal of Pesticide Science
Vol. 7, No. 2. pp.131~138(2003)

벼 재배 논 서식 미꾸리에 대한 농약의 영향

박연기* · 박경훈 · 주진복 · 경기성 · 김병석 · 신진섭 · 류갑희 · 배철한 · 이규승[1]

농업과학기술원 농약안전성과, [1]충남대학교 농과대학 농화학과

요약 : 수도용 농약의 미꾸리에 대한 영향 평가를 위한 야외포장 시험방법을 설정하기 위하여 미꾸리가 서식하고 있는 실제 포장에서 수도용 농약인 아이비 입제(17%), 다수진 입제(3%), 그리고 부타크로르 입제(5%)의 미꾸리에 대한 영향을 시험하였다. 시험 케이지는 미꾸리의 스트레스를 최소화 할 수 있는 아래 윗면이 트인 사각 스테인레스 케이지가 적당하였고, 수온 유지와 해적으로부터 보호하기 위한 차광망과 방조망의 사용이 필수적이었다. 아이비 입제, 다이아지논 입제 그리고 부타크로르 입제에 대한 7일간 미꾸리 누적 치사율은 각각 10, 55, 22%이었다. 특히 약제 처리 2일후 논물 중 평균 농약잔류량은 각각 1.67, 0.22, 0.26 ㎎/L이었으며, 치사율은 각각 7, 50, 17%로 나타났다. 이는 실내 급성독성시험을 통한 각각의 급성독성 시험결과와 유사하였다.(2003년 5월 13일 접수, 2003년 6월 20일 수리)

Key words : loach, field test, pesticide.

서 론

식량증산 및 농산물 품질 향상에 크게 기여해 오고 있는 농약은 살포시 직접 투하, 토양 유실에 의한 이동 등으로 수계로 이동된다(이, 1988).

농약이 수서생태계내에 유입되어 수서생물에 미치는 영향을 정확히 평가하기 위하여는 수서 환경내의 모든 생물종에 대한 위해성을 평가하는 것이 원칙이나 이는 현실적으로 불가능하므로 환경조건에서 우점종이거나 경제적 중요도, 생태계 먹이사슬의 대표적인 어류 및 무척추동물, 녹조류에 대하여 농약의 환경추정농도(predicted environmental concentration, PEC)와 각 지표생물의 급성독성치(48시간 LC_{50})간의 비율에 따라 농약의 생태계 위해성을 평가하고 있다(이, 1995).

그러나 농약의 위해성평가에서 PEC와 독성치의 비교에 의한 평가방법은 객관적으로 수량화 될 수 있고 재현성과 신뢰성이 높다는 장점이 있으나 실제 생태계에서의 불확실성 즉 시험실 조건과 실제환경간의 차이, 먹이연쇄와 같은 간접적 영향, 생태계에서 농약의 역동적 변화(dynamic change)와 같은 요인이 고려되지 않았다는 단점을 지니고 있다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 자연생태계에 가까운 시험조건에서 실시하는 모의생태계(model ecosystem, mesocosm)시험이 개발되었다(EPA, 1996).

논에 살포된 입제 농약의 유효성분이 논물에 녹아 관개수와 직접 연결된 하천이나 호수에 유입될 수 있으므로 벼재배용 농약 사용량이 전체 사용량의 50% 정도인 우리 나라와 같은 경우에는 벼재배용 농약이 수서생물에 미치는 영향은 매우 중요하다(정, 1990). 그러나 논은 물관리에 따라 변화하는 인위적인 생태계이기 때문에 생태영향 평가시 논에 서식하는 생물을 보전해야 할 대상에 포함시키는 일은 타당치 않으나 논에 서식하는 두루미나 황새와 같은 조류의 먹이가 되는 미꾸리가 농약의 피해를 받는 경우에는 예외적으로 보전 대상에 포함시킬 것을 권고하고 있다(농림부, 1999).

이에 국내 벼재배용 농약의 등록시에는 미꾸리에 대한 급성독성 시험성적을 반드시 제출하도록 하고(농진청, 2002) 급성독성 성적과 PEC를 비교하여 위험도가 높은 약제는 실제포장에서 농약의 영향을 추정하는데 중요한 정보를 얻기 위하여 야외시험 성적을 요구하고 있다. 따라서 본시험은 실제 미꾸리가 서식하고 있는 벼재배논에서 야외포장시험방법을 설

*연락저자

정하고 이 조건에 따라 3종의 벼재배용 농약에 대한 야외포장시험을 실시하였다.

재료 및 방법

시험 농약

급성독성시험과 야외포장시험을 통한 미꾸리에 대한 농약의 영향을 평가하기 위하여 벼재배용 농약으로 널리 사용되는 아이비 입제(17% iprobenfos), 다수진 입제(3% diazinon), 부타크로르 입제(5% butachlor)를 시중 농약상에서 구입하여 시험농약으로 사용하였다.

급성독성시험

농약의 등록시험기준과 방법(농진청, 2000)에 준하여 시험하였다. 시험에 사용된 미꾸리는 충남 서산 현대농장에서 통발로 채집하여 실내에서 4주이상 순화 시킨 후 건강한 개체를 사용하였으며, 전장은 8.51 ± 0.96 ㎝ 무게는 2.73 ± 0.90 g 이였다. 시험용 수조는 20 L 원형유리수조를 사용하였고, 시험 기간중에는 먹이를 공급하지 않았다. 치사여부는 매 24시간마다 기록하였고 치사개체는 즉시 제거하였다. 시험수조내 온도, DO 그리고 pH는 pH측정기(ORION Model EA940, USA)로 시험 시작전 · 후에 측정하였다. 시험결과 분석은 EPA probit analysis program (version 1.5)으로 48시간 LC_{50}값과 95% 신뢰구간을 산출하였다.

포장시험조건 설정시험

야외 포장조건에서 농약의 미꾸리에 대한 영향 시험은 충남 서산시 부석면 현대농장 B지구소재 논포장에서 수행하였다. 시험에 사용된 미꾸리는 현지에서 통발로 채집한 것 중 건강한 개체를 선별하여 케이지별로 20마리를 사용하였으며, 무게는 3.23 ± 1.23g, 전장은 8.77 ± 1.27 ㎝ 이었다. 시험구는 담수직파 후 벼가 5 ㎝ 정도가 자랐을 때 그림 1과 같이

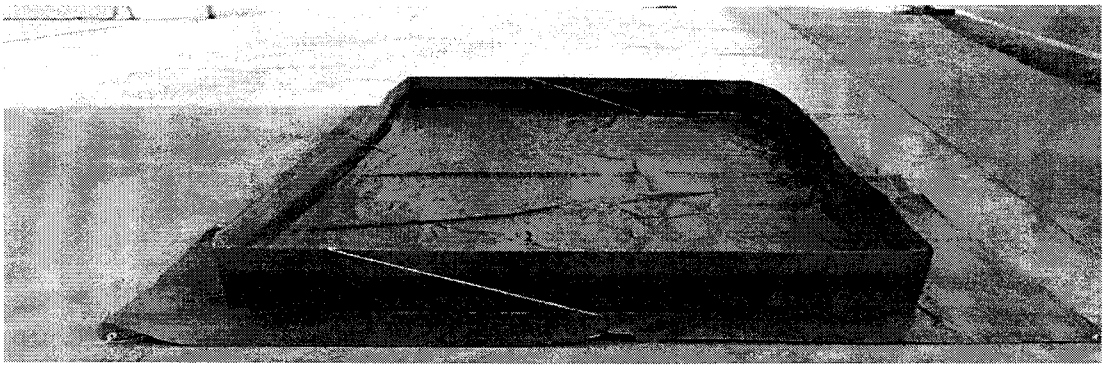

Fig. 1. The layout of test plot.

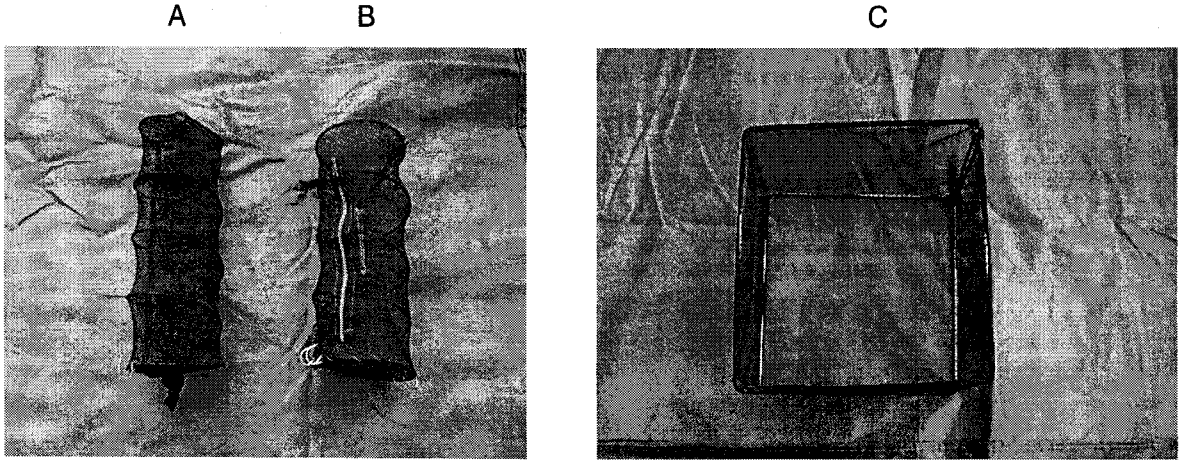

Fig. 2. The layout of cages.

시험포장내에 4.5 ㎡(3 m×1.5 m)의 블루라이트를 설치하여 시험구를 만들었다. 시험케이지는 그림 2에서 보는 바와 같이 바깥을 부드러운 천(Type A)과 거친 나이론 천(Type B)으로 된 2종의 통발형 케이지(Φ14 ×L 35 ㎝)와 부드러운 천으로 된 1종의 사각 스테인레스 케이지(Type C, 35×35×30 ㎝)를 사용하였다. 시험구안에 케이지의 설치방법은 통발형 케이지는 절반 정도 물 속에 잠기도록 하였고(그림 3), 사각 스테인레스 케이지의 경우는 10 ㎝ 이상 땅속에 묻히도록 설치하였으며, 케이지내 벼포기수는 4포기(12 × 12 ㎝)로 하였다. 또한 수온에 따른 미꾸리의 치사율을 조사하기 위하여 차광망 설치 시험구를 두었으며, 새와 뱀 등의 해적으로부터 미꾸리를 보호하기 위하여 방조망을 설치하였다(그림 4).

야외포장시험

야외포장시험 조건 설정시험 결과에 따라 사각 스테인레스 시험 케이지에 20마리씩 미꾸리를 방사하여 3일간 적응시킨 후 치사개체가 없음을 확인하고 시험구내에 아이비 입제, 다수진 입제 그리고 부타크로르 입제를 각각 18 g, 22.5 g, 13.5 g씩을 취하여 모래 50 g과 골고루 섞어 손으로 처리하였다. 적정한 수온유지와 해적으로부터 미꾸리를 보호하기 위하여 차광망과 방조망을 설치하였으며, 약제처리 후 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7일간 미꾸리 치사수를 조사하였다. 논물과 논토양을 채취하여 농약 잔류성 시험법(농진청, 1992)에 따라 농약잔류량을 분석하였으며, 시험기간 논물의 pH, DO, 수온을 매일 조사하였다.

논물중 농약잔류량 분석

감압 여과한 논물 100 mL에 50 mL 포화식염수를 가하고 50 mL의 dichlorometane으로 2회 분배 추출한 후 무수 sodium sulfate층을 통과시켜 수분을 제거하였으며, 이 분배 추출액을 rotary vacuum evaporator를 이용하여 감압 농축하고, 3 mL의 *n*-hexane에 용해하여 Florisil columm chromatography로 정제하였다. 즉

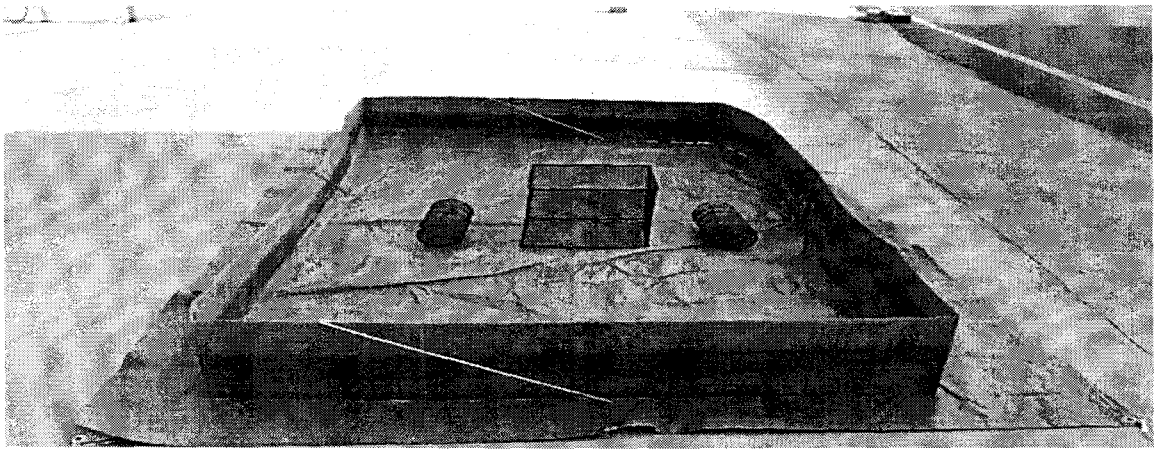

Fig 3. The layout of serveral cages in test plot.

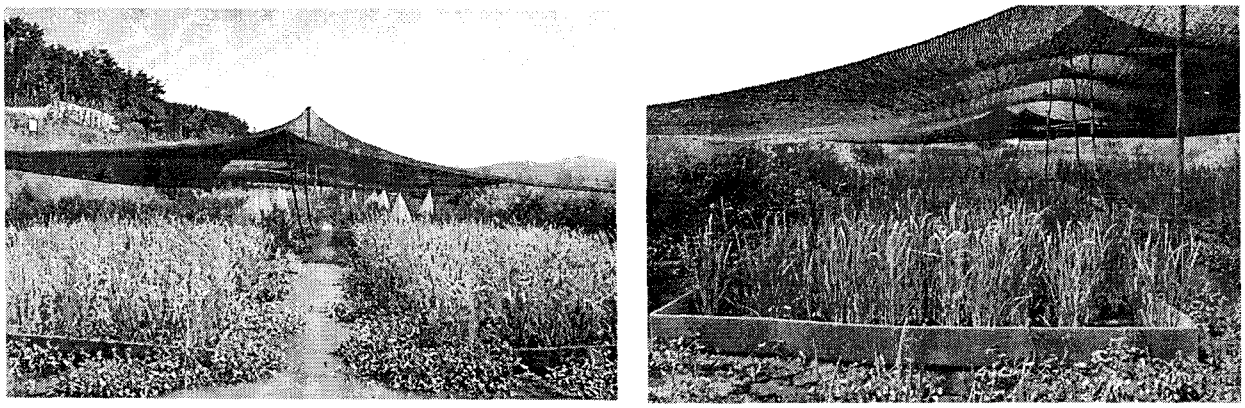

Fig 4. The shade and bird net for test plot in rice paddy.

Florisil 10 g을 *n*-hexane을 이용하여 습식 충전한 chromatography용 column(높이 60×직경 1.5 ㎝)을 50 mL의 *n*-hexane으로 세척하고 *n*-hexane에 녹인 정제용 시료 3 mL를 column 상부에 가하고 흘려버렸다. 이 column에 *n*-hexane : ethyl acetate(95:5, v/v) 40 mL를 흘려 버리고, 80mL의 동일 혼합용매로 시험농약 주성분을 용출하였으며, 회전농축기로 감압 농축한 후 5 mL의 *n*-hexane에 용해하여 GLC-NPD로 분석하였다.

토양중 농약잔류량 분석

토양 시료 50 g에 acetone 100 mL와 20 mL의 0.2N NH_4Cl를 가하여 1시간 진탕한 후 감압 여과하고, acetone 50 mL로 씻어 여과액과 합하고 이것을 1,000 mL 분액여두에 옮겨서 50 mL 포화식염수, 증류수 450 mL를 가한후 50 mL의 dichlorometane으로 2회 분배한 후 무수 sodium sulfate층을 통과시켜 수분을 제거하였다. 이 액을 회전 농축기로 감압 농축 한 후 3 mL *n*-hexane에 용해한 후 정제용 시료로 사용하였다. *n*-Hexane을 이용하여 Florisil 10 g을 습식 충전한 chromatography용 column(높이 60×직경 1.5 ㎝)을 50 mL의 *n*-hexane으로 세척한 후 *n*-hexane에 녹인 정제용 시료 3 mL을 column상부에 가하여 흘려버렸다.

이 column에 *n*-hexane : ethyl acetate(95:5, v/v) 40 mL를 흘려 버리고, 80 mL의 동일한 혼합용매로 시험농약 주성분을 용출하였으며, 이 용액을 회전 농축기로 감압 농축한 후 5 mL의 *n*-hexane에 용해하여 GLC-NPD로 분석하였으며. 분석조건은 표 1에서 보는 바와 같다.

결과 및 고찰

분석법의 회수율

아이비 입제, 다수진 입제, 부타크로르 입제를 논물과 논토양에서 각각 0.1과 1 ppm 수준에서 행한 회수율 시험결과는 표 5와 같이 회수율은 토양과 물에서는 85% 이상으로 본 시험에서 사용된 분석방법은 각 농약을 검출하는데 적절한 분석방법임을 알 수 있었다.

시험포장의 환경조건 및 기상

시험포장내 환경조건은 표 6에서 보는 바와 같이 수온은 26.7 ~ 26.8 ℃, pH는 6.8 ~7.0, 그리고 DO는 7.0~7.2 ㎎/L이었으며, 시험기간 중 서산지역의 기상조건은 표 7에서 보는 바와 같이 한낮 대기 온도는 32 ± 1.6℃, 강수량은 0.31 mm, 그리고 일조량은 8.7 ± 3.9시간 이었다(2001, 기상청). 시험포장의 토양 특성은 표 8에서 보는 바와 같이 토성은 미사질 양토로 담수시의 pH가 7.1로 중성을 나타났으며, 일반 논에 비해 유기물 함량이 1/3정도로 적지만, 마그네슘과 칼륨의 함량은 5배 이상 많고 나트륨의 함량은 20배 정도로 많아 간척지 토양의 특성을 나타내었다(조 등, 1990).

Table 1. GLC conditions for the analysis of the pesticides used

- Instrument	: HP-5890 ⅡPlus Gas Chromatograph with HP-7673 autosampler
- Detector	: Nirogen phosphorus detector(NPD)
- Column	: SPB-5(30 mL.×0.32 mm ID.× 0.25 ㎛ film thickness)
- Temp.(℃)	: Column:175, injector.:230, Detector.:250
- Flow rate (mL/min)	: Carrier(N_2):10, H_2 :3.5, Air :110
- Inlet	: Split mode
- Split ratio	: 20:1
- Injection volume	: 2 ㎕

급성독성 시험

시험농약에 대한 미꾸리의 급성독성치(48시간-LC_{50})와 95% 신뢰한계는 표 2에서 보는 바와 같이 약제간 독성차이를 보였고, 양 등(1985)이 보고한 다수진 입제와 아이비 입제에 대한 미꾸리의 급성독성치(96시간-LC_{50}) 0.11 및 16.2 ㎎/L와 큰 차이가 없었다. 특히 김 등(1988)의 연구에 의하면 다이아지논은 생체대사산물인 diazoxon이 독성을 유발시키는 주원인으로 다른 어종보다 미꾸리가 매우 민감하게 반응한다고

Table 2. Acute toxicity of pesticides to loach

Pesticide	Concentration (㎎/L)	LC_{50} (48h, ㎎/L)
Iprobenfos GR	13, 14, 15, 16, 17	16.2 (15.5~16.9)[a]
Diazinon GR	0.05, 0.1, 0.2, 0.4, 0.6	0.19 (0.14~0.27)
Butachlor GR	0.6, 0.7, 0.9, 1.1, 1.3	0.89 (0.81~0.98)

[a]95% confidence limits

Table 3. The cumulative mortality on loach using different types of cage

Cage	Cumulative mortality(%)						
	1d	2d	3d	4d	5d	6d	7d
A	30	50	85	100	100	100	100
B	30	70	100	100	100	100	100
C	10	15	20	20	25	35	40

Table 4. The cumulative mortality on loach with shading

Cage	Cumulative mortality(%)						
	1d	2d	3d	4d	5d	6d	7d
A	20	25	30	40	40	40	40
B	20	35	55	60	60	60	60
C	0	0	0	0	0	0	0

Table 5. Recovery of pesticides in water and sediment (unit : %)

Pesticide	Sediment		Water	
	0.1 ppm	1 ppm	0.1 ppm	1 ppm
Iprobenfos	85.4±0.18[a)]	89.2±0.15	96.2±0.11	99.2±0.17
Diazinon	90.2±0.23	95.2±0.20	95.4±0.20	98.4±0.25
Butachlor	88.2±0.29	90.2±0.20	95.2±0.17	100.2±0.20

[a)]Average±SE

보고하였으며, 이 시험에서도 다수진 입제에 대한 미꾸리의 독성이 아이비 입제와 부타크로르 입제보다 약 85배, 4배 이상 각각 높았다.

케이지별 미꾸리 치사율

야외포장시험법을 설정하기 위하여 시험한 결과 7일간 케이지별 미꾸리 치사율은 표 3과 같다.

케이지 A와 B의 경우 한낮의 온도 상승으로 인하여 증식한 호기성 세균에 감염되어 미꾸리의 꼬리부분이 회백색으로 증식이 일어나 꼬리부분이 회백색으로 변하거나 끊어지는 콜룸나스병에 감염되어 치사개체가 늘었다. 또한 환경변화에 의한 스트레스로 케이지 밖으로 나가려고 거친 나일론 천에 비벼대어 피부점막이 손상되고 입과 아가미 주위에 상처가 생기면서 점점 붉은 출혈이 나타나 상처주위에 회백색 솜털모양의 균사체가 발생하는 수생균병의 증상도 관찰되었다. 케이지 C는 4각 스테인레스 밑부분이 10 ㎝이상 토양 속에 묻혀 있고 벼가 자라고 있어 케이지 A와 B보다는 환경변화로 인한 스트레스는 없었지만 호기성 세균 증식이 일어나 콜룸나리스병과 유사한 증상이 관찰되었으며, 이는 장(1991)의 연구결과와 일치하였다.

차광막 설치에 따른 치사율

논물의 온도 상승을 방지하기 위하여 차광막을 설치하여 케이지별 미꾸리의 치사율을 알아본 결과는 표 4에서와 같이 통발형 케이지 A와 B는 피부 점막의 손상과 출혈로 상처주위에 회백색 솜털모양의 균사체가 발생하는 수생균병의 증상과, 갑작스런 환경변화에 의한 스트레스로 인하여 물과 토양에 존재하는 에로모나스균에 감염되어 발생하는 운동성 에로모나스병과 유사한 증상이 관찰되었으며, 이것은 진해내수면 연구소(200)의 연구 결과와 일치하였다. 케이지 C는 치사개체가 전혀 나타나지 않아 시험용 케이지로 적당한 것으로 판단되었다.

야외포장시험

케이지 C를 이용한 미꾸리에 대한 아이비 입제의

Table 6. The changes of temperature, pH, and DO in paddy water during the 7days of experiment

Pesticide	Temp.(℃)	pH	DO (㎎/L)
Iprobenfos	26.7 ± 0.59[a)]	6.8 ± 0.26	7.0 ± 0.29
Diazinon	26.7 ± 0.62	6.9 ± 0.31	7.2 ± 0.11
Butachlor	26.8 ± 0.75	6.7 ± 0.34	7.1 ± 0.43
Control	26.7 ± 0.64	7.0 ± 0.15	7.0 ± 0.25

[a)]Average±SE

Table 7. Meteorological Data in field

Factor		Days after application						
		1	2	3	4	5	6	7
Air Temp.(℃)	Max.	30.3	30.2	34.5	33.9	32.3	31.6	32.8
	Min.	23.6	22.9	22.4	24.0	23.0	22.4	22.2
Sunshine(hr)		7	0.4	10.5	12.0	10.1	9.5	10.6
Precipitation (㎜)		0.7	0.6	0	0	0	0	0

야외포장시험 결과는 그림 5와 같이 7일후의 치사율이 10%를 나타내었다. 농약 처리후 7일간 논물중 농약 잔류농도는 0.23~3.0 ㎎/L로 환경추정농도(predicted environmental concentration, PEC, 논물 5 ㎝ 기준) 13.6 ㎎/L의 20% 미만 수준으로 야외 포장임을 감안하더라도 수중 용출도가 매우 낮음을 알 수 있었다. 논물 중 농약잔류농도는 2일후 최고농도를 나타내었고, 서서히 감소하는 경향을 보였으나 7일 후에도 농약이 검출되어 Iprobenfos가 태양광선이나 미생물에 의해 분해가 느려 7일차까지도 아주 낮은 농도로 검출된다는 문(1990)의 보고와 일치하였다. 토양중 농약농도는 0.58~4.33 ㎎/L로 토심 10 ㎝의 토층에 농약이 모두 존재한다고 보았을 때의 PEC 6.8 ㎎/L의 60% 정도로 많은 양의 농약이 토층에 존재하는 것으로 나타났다. 농약처리 2일후 논물중 농약잔류농도는 1.67 ㎎/L였고, 미꾸리 치사율이 6.7%로 실내시험을 통해 구한 반수치사농도(48시간-LC_{50}) 16.2 ㎎/L와 유사한 결과를 보였다.

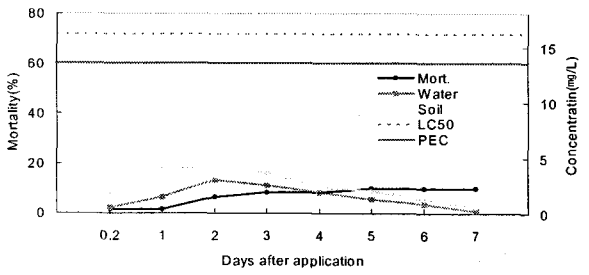

Fig. 5. Mortality and concentration of iprobenfos in paddy water and soil in field test.

그림 6은 다수진 입제의 야외포장시험 결과로 7일후 치사율은 55%를 나타내었다. 시험기간중 논물중 농약 농도는 0.01~0.27 ㎎/L로 PEC 3 ㎎/L의 10% 미만 수준으로 나타났으며, 논 토양중 농약농도는 0.01~0.37 ㎎/L로 PEC 1.5 ㎎/L의 25% 정도인 것으로 조사되었다. 논물과 논토양 중 농약잔류농도는 농약처리 1일후 최고농도를 나타내었으나 신속히 감소되는 경향을 보였으며, 이것은 최와 이(1987) 그리고 김 등(1989)의 보고와 같이 온도의 상승과 미생물에 의해 신속히 분해된 것으로 추정되었다. 농약처리 2일후 논물중 농약 평균 잔류농도는 0.22 ㎎/L이었고, 미꾸

Table 8. Physicochemical properties of paddy in situ

Soil class	pH	CEC (me/100g)	Exchangeable cation (me/100g)				Salt (%)	Organic matter(%)	Phosphorus (ppm)
			Ca	Mg	Na	K			
silt loam	7.12	10.91	2.57	4.11	4.88	1.01	0.2	0.74	1.83

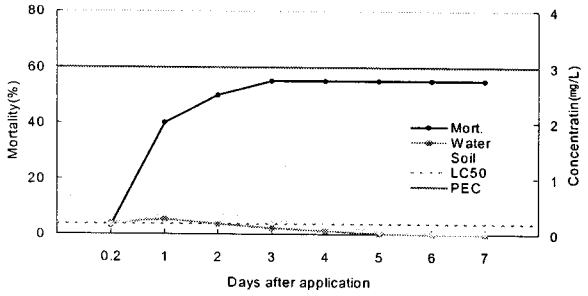

Fig. 6. Mortality and concentraion of diazinon in paddy water and soil in field test.

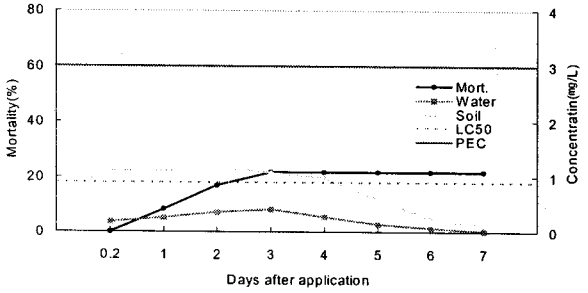

Fig. 7. Mortality and concentration of butachlor in paddy water and soil in field test.

리 치사율은 50%로 실내시험을 통해 구한 반수치사농도(48시간-LC_{50}) 0.19 ㎎/L와 아주 유사한 결과가 나타났다.

부타크로르 입제의 야외포장시험 결과는 그림 7에서 보는 바와 같이 7일후 치사율은 22%를 나타내었다. 논물중 농약 농도는 0.01～0.41 ㎎/L로 PEC 3 ㎎/L의 13% 미만 수준으로 나타났다. 논 토양중 농약농도는 0.01～1.18 ㎎/L로 PEC 1.5 ㎎/L의 78% 정도로 농약의 대부분이 토양층에 존재하는 것으로 조사되었다. 농약 처리 후 논물 및 토양 중 농약잔류농도는 3일에 최고농도를 나타내었으나, 서서히 감소하여 7일후에는 거의 검출되지 않았다. 문 (1986)이 부타크로르의 분해속도가 담수조건에서 반감기는 25℃에서 28일이내이지만 15℃에서는 101.2일나 되는 것으로 보고한 것과는 차이를 보였으나 이는 문의 연구결과는 벼를 재배하지 않는 조건에서 시험을 수행하여 벼의 근권영향(rhizosphere effects, Venkateswarlu와 Sethunathan, 1978)이 배제되었기 때문인 것으로 보인다. 농약처리 2일후 논물중 농약 평균 잔류농도는 0.26 ㎎/L였고, 미꾸리 치사율은 17%로 실내시험을 통해 구한 반수치사농도(48시간-LC_{50}) 0.89 ㎎/L와 유사한 결과가 나타났다. 오(1983)는 토양중 부타크로르는 논 토양에서 분해 및 소실이 상당히 용이하므로 논에서 부타크로르 사용은 환경오염에 크게 영향을 미치지 않는 것으로 보고 하였으나, 부타크로르 사용시기가 이앙 후 7일이내(4～6월)이므로 이 때의 수온이 20℃ 내외임을 감안한다면 부타크로르의 분해가 지연되어 독성물질에 아주 민감한 시기인 미꾸리 치어시기에 큰 영향을 미칠 수도 있을 것으로 예상되었다.

인용문헌

EPA (1996) OPPTS 850. 1950 Field Testing for Aquatic Organisms.

Venkateswarlu, K and N. Sethunathan (1978) Degradation of carbofuran in rice soils as influenced by repeated applications and exposure to aerobic conditions following anaerobiosis. J. Agric. Food chem., 26(5):1148～1157

국립수산진흥원 진해내수면 연구소 (2000) 미꾸라지 양식 p.42.

기상청 (2001) 기후자료.

김영배, 이성규, 김용화, 노정구 (1988) diazinon과 carbofuran의 송사리와 미꾸리에 대한 선택적 독성과 AChE 저해. 한국환경농학회지 7(2):117～123.

김중호,이영하, 최종우, 이규승 (1989) 담수토양내 미생물에 의한 diazinon의 분해. 한국미생물학회지 27(2):139～146.

농림부 (1999) 농업환경 보존을 위한 농약의 표준생태독성시험법 연구 p.29.

농약공업협회 (2001) 농약사용지침서.

농촌진흥청 (2000) 농약의 등록시험기준과 방법(농촌진흥청 고시 2000-1호).

농촌진흥청 (2002) 농약의 등록시험기준과 방법(농촌진흥청 고시 2002-1호)

농촌진흥청 (1992) 농약잔류성시험법.

문영희 (1986) 담수토양중에 있어서의 제초제 butachlor의 분해속도에 미치는 각종 토양 환경조건의 영향. 한국 잡초학회지 10(1):41～48.

문영희 (1990) 실외조건의 담수조건중 fenitrothion,IBP, butachlor의 소실, 한국환경농학회지 9(1):9～13.

양재설 (1986) 수중 농약성분이 어류독성에 미치는 영향시험. 농진청 시험연구보고서 pp.213～221.

오병렬 (1983) 수도에 대한 butachlor의 약해특성에 관한 연구. 전북대학교 대학원 박사학위논문

이서래 (1988) 환경독성학의 새로운 과제. 한국환경농학회지 7(1):70~71.

이서래 (1995) 수질중 농약잔류 허용기준 설정을 위한 근거자료, 한국환경농학회지 14(3): 356.

장계남 (1991) 담수어 양식. 오성출판사 pp.255~258.

정영호, 박영선 (1990) 농약학. 전국농업기술자협회 p.95.

조성진 외 (1990) 삼정 토양학. 향문사 pp.254~276.

최종우, 이규승 (1987) 담수토양중 diazinon과 Dursban의 분해에 관하여. 한국환경농학회지 13(3):1~11.

Toxicological effects of pesticides on loach in rice paddy

Yeon-Ki Park*, Kyeong-Hoon Park, Jin-Bok Joo, Kee-Sung Kyung, Byung-Seok Kim, Jin-Sup Shin, Gap-Hee Ryu, Chul-han Bae and Kyu-Seung Lee (*National Institute of Agricultural Science & Technology, RDA, 441-707, Suwon, Korea and [1]Department of Agricutural Chemistry, Chungnam National University Taejon, 305-764, Korea*)

Abstract : A toxicological study of the pesticides for rice paddy to loach was conducted with iprobenfos 17% GR, diazinon 3% GR, and butachlor 5% GR to establish the field test method and their toxicological effects on loach under the actual field conditions. The type C of cage was more effective in the sense of a little stress from the cage. The nets for shading and for preventing the birds were necessary to maintain the water temperature and to prevent the predators. The cumulative mortality of loach exposed to iprobenfos 17% GR , diazinon 3% GR and butachlor 5% GR were 10, 55 and 22%, respectively, during 7 days of exposure. The averaged concentration of the pesticides in paddy water 2 days after application were 1.67, 0.22 and 0.26 mg/L, and mortalities were 7, 50 and 17%, respectively, representing the similar results with acute toxicity (48h-LC_{50}).

*Corresponding author (Fax : +82-331-290-0521, E-mail : pyk519@rda.go.kr)