

## 남한강지류 북포천유역의 농약잔류량 조사

박경훈\* · 김찬섭<sup>1</sup> · 박병준 · 이병무 · 최주현 · 정미혜 · 김병석 · 박현주<sup>2</sup>

농업과학기술원 유해물질과, <sup>1</sup>농업과학기술원 농약평가과, <sup>2</sup>농촌진흥청 농업자원과  
(2007년 7월 5일 접수, 2007년 9월 4일 수리)

### Monitoring of pesticide residues in water and soil at the Bokpocheon watershed in Yangpyong

Kyung Hun Park\*, Byung Jun Park, Byung Moo Lee, Ju Hyeon Choi, Chan Sub Kim<sup>1</sup>, Mi Hye Jeong, Byung Seok Kim and Hyeon Ju Park<sup>2</sup>

(Division of Hazardous substances, National Institute of Agricultural Science and Technology(NIAST), Rural Development Administration(RDA), Suwon 441-707, Korea, <sup>1</sup>Division of Pesticide Safety, NIAST, RDA, Suwon 441-707, Korea, <sup>2</sup>Division of Agricultural Resources, Research Management Bureau, RDA, Suwon 441-707, Korea)

**Abstract :** This study was carried out to indicate the status of agricultural environment in Yangpyong area which is special protection area for tap water in Han river during three years(1996~1998). The main study was on pesticide monitoring, analysis of pesticides in Bokpocheon water and soil. Water in this small river for supplying to the rice was found nine pesticides residues, ranged from 0.1 to 22.7 ppb, similar patterns from survey conducted in National Institute of Agricultural Science and technology, Soil in rice paddy has also low levels of eleven pesticide residues, ranged from 0.002 to 0.55 ppm.

**Key words :** monitoring, pesticide, river, tube well, paddy soil

## 서 론

농약은 적은 비용으로서 작물로부터 병해충과 잡초를 방제하는 필수 영농자재로서 우리 나라의 농경지에 '90년대 이후 약 25,000톤 가량이 해마다 투하되어져 왔다(농약연보 2005). 농업생산력증가에 따른 농가 소득증대에도 불구하고 농약은 살포후의 식품 중 잔류나 환경오염의 원인의 하나라는 점에서 사회의 관심이 되어왔다.

작물 또는 토양에 살포된 농약은 대부분 식물체표면이나 토양의 표층부위에 존재하면서 일부는 용출이나 강우에 의해 씻겨 하천과 바다로 흘러들고 일부 농약은 대기 중으로 휘산하기도 한다. 이와 같이 농약은 자연환경에서 잔류 또는 이동하면서 분해·소실되는 과정을 거치면서 환경에 영향을 미치게 된다(정과 박, 1990). 농약은 등록 전에 엄격한 평가를 하는데, 이화학적 성상, 유효성분, 적용병해충 및 농작물

의 적용범위, 사용방법, 사용량을 확인하고, 약효, 약해, 잔류성, 독성을 평가하며 마지막에는 인축과 환경생물에 대한 위해성 평가를 실시한다. 이와 같이 농약을 사전평가하지만 주기적으로 사용된 농약의 잔류량을 조사하여 왔다. 1970년대 후반부터 하천수와 논토양 중 농약잔류량 실태조사를 한 결과 대부분 시료에서 농약이 검출되지 않거나, 잔류허용기준에 훨씬 미달하였으나(이해근 등 1983, 농약연구소 1982, 1991, 1992, 농업과학기술원 1995, 1997, 1998), 일부 농약은 하천수에서 농약사용시기에 적은 량이나 계속 검출이 되고 있어서 농업과학기술원에서는 주기적으로 하천수에 대한 모니터링을 하고 있다.

농경지에 사용된 농약에 의한 환경생물에 대한 위해성은 노출, 독성에 의해 평가될 수 있는데, 본 연구는 상수원 보호지역에서 환경을 보전하기 위한 연구의 일환으로 한강의 팔당댐상수원이 되고 있는 경기도 양평군 양서면의 한강지류인 북포천 주변을 대상으로 살포된 농약에 의한 하천수 및 토양 중 농약잔류량을 조사하여 환경생물에 대한 위해성을 평가하기

\*연락처 : Tel: +82-31-290-0538, Fax: +82-31-290-0538,  
E-mail: sikyale@rda.gov.kr

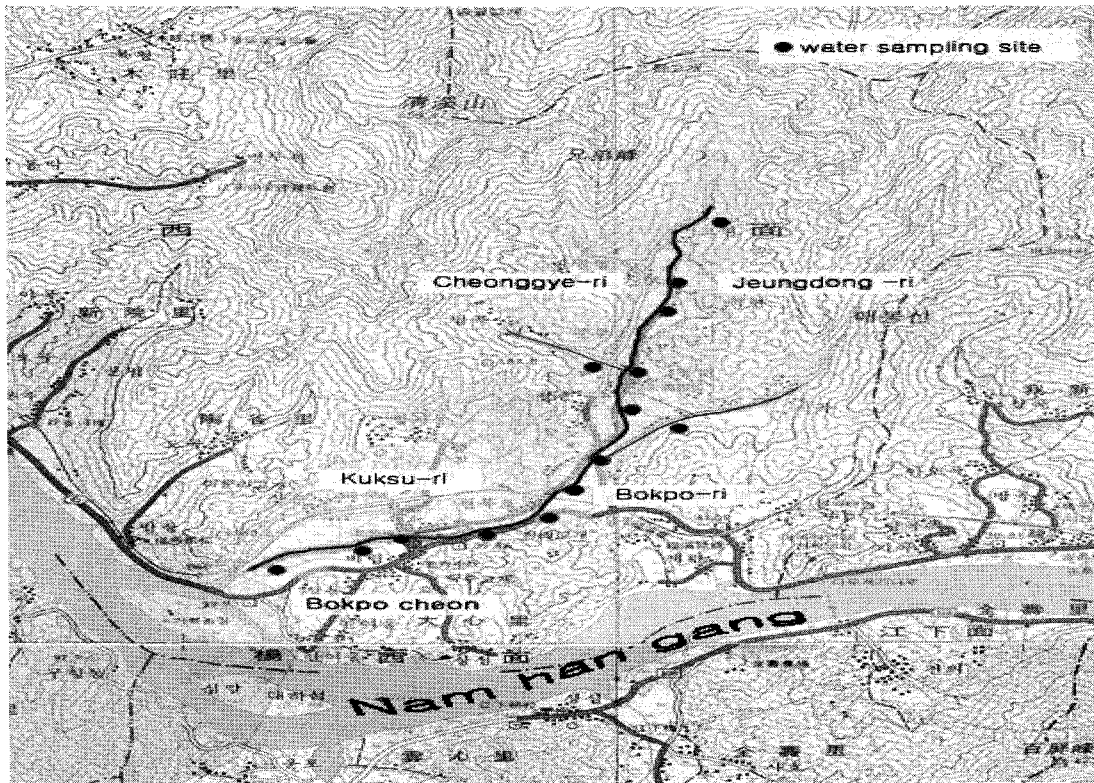


Fig. 1 Sampling area, Kyunggi-do Yangpyung-gun. Bokpocheon, a branch stream of the Namhan river, is main stream close to 4 small towns, Cheonggye-ri, Jeungdong-ri, Kuksu-ri, Bokpo-ri.

위한 자료로서 수행하였다.

### 재료 및 방법

**하천수 및 관정수 시료의 채취 :** 하천수는 그림 1에서 보는 바와 같이 양평군 양서면의 북포천 주변에서 3년에 걸쳐 채취하였는데(1996~1998), 1년차에서는 양평군 양서면의 북포천 상류지점의 계곡에서 남한강유입지역까지 농경지배열, 배수로 위치 등을 고려하여 9지점을 선정 1~12월까지 매월 1회 하천수를 채취하였고, 관정수는 북포천지역에서 사용하고 있는 채수 가능한 관정 중에서 4월과 9월에 7개, 6월에 9개 지점에서 각각 채수하였다. 2년차 하천수 시료채취는 1년차 9지점과 5지점을 추가하여 14지점에서 1~10월까지 매월 1회씩 채취하였고, 한편 북포천 지역의 범씨 침중기인 4월30일과 5월 1, 2일에는 증동리와 청계리의 양쪽 하천이 만나는 지점과 그 지점에서 하류 쪽으로 5개 지점을 더한 6지점에서 3일간 별도로 각각 채취하여 범씨소독약 prochloraz를 분석하였다. 2년차 관정수 시료는 6월에만 12개의 관정에서 시료를 각각 1점씩 채취하여 잔류분석에 이용하였다. 3년차는 관정수는 채취하지 않았고, 하천수 시료는 5월부터 9월

까지 매월 첫째 주와 셋째 주에 청계리와 증동리의 지천이 만나는 지점과 북포교 다리 아래의 2지점에서 하천수를 채취하여 농약잔류량을 분석하였다. 모든 하천수 및 관정수 시료는 1 L 용매병에 채취하여 냉장 보관하면서 잔류분석에 이용하였다.

**하천수와 관정수의 잔류농약분석 :** 물시료 500 mL를 취하여 1 L용 분액여두에 옮기고 여기에 포화식염수 50 mL, dichloromethane 50 mL를 차례로 넣고 분액여두진탕기로 진탕 한 후 10분간 정치하여 분리된 아래층을 sodium sulfate anhydrous층에 제거한 후 round flask에 모으고 다시 dichloromethane 50 mL를 분액여두에 넣어 앞서와 같이 조작을 반복하였다. 모아진 용매는 회전증발농축기에서 날려보내고 10 mL의 잔류분석용 hexane(10% acetone 함유)에 녹였다. 이중 1~2  $\mu$ L를 취하여 gas chromatograph의 NPD 및 ECD 검출기에 주입 분석하였는데 분석기기의 조건은 그림 2와 같다. 시료와 표준품의 크로마토그램상의 retention time을 비교하여 농약성분을 정량하였다.

분석대상 농약과 분석법의 검출한계는 농업과학기술원의 확립된 방법에 따라 수행하였는데(농업과학기술원, 1995), 분석대상 살균제는 edifenphos, etridiazole, flutolanil, hexaconazole, iprobenfos, isoprothiolane,

<b>Instrument</b>	HP - 5890 II	
<b>Detector</b>	ECD (Electron Capture Detector), NPD (Nitrogen Phosphorus Detector)	
<b>Column</b>	HP-5 30m × 320 $\mu$ m(I.D) × 0.25 $\mu$ m(film thickness)	
<b>Temperature</b>	<b>Column</b>	20°C/min. 5°C/min.
	<b>Detector</b>	Column 80°C(2min.) -----160°C(10min.)-----250°C (10min.)
<b>Flow rate</b>	<b>Injector</b>	270°C
	<b>Carrier</b>	230°C
	<b>Fuel</b>	N <sub>2</sub> 2 mL min <sup>-1</sup> .
	<b>Air</b>	H <sub>2</sub> 3.5 mL min <sup>-1</sup> .
	<b>Make-up</b>	105 mL min <sup>-1</sup> .
<b>Injection type</b>	N <sub>2</sub> 30 mL min <sup>-1</sup> .	
<b>Injection volume</b>	Spilitless	
	1 $\mu$ L(ECD), 2 $\mu$ L(NPD)	

Fig. 2 Analysis conditions of gas chromatography.

mepromil, oxadixyl, pencycuron, probenazole, prochloraz, tricyclazole 등 12종이었고, 살충제는 buprofezin, chlorpyrifos, chlopyrifos-methyl, carbofuran, carbosulfan, diazinon, dimethylvinphos, fenobucarb, fenitrothion, fenthion, isofenphos, isoprocarb, metolcarb, parathion, phenthoate, phosmet, pirimiphos-methyl, pyridaphenthion, quinalphos 19종이었으며, 제초제는 bifenox, butachlor, chlometoxyfen, chlornitrofen, dimepiperate, dimethametryn, dithiopyr, esprocarb, fenclorim, mefenacet, molinate, naproanilide, oxadiazone, pendimethalin, piperophos, pretilachlor, propanil, pyributicarb, simetryne, thiobencarb 20종으로 모두 51성분을 대상으로 분석하였고, 분석법의 검출한계는 0.01~0.002 mg kg<sup>-1</sup>, 회수율은 70~120% 이내였다.

**토양시료의 채취 및 잔류농약분석** : 1년차의 토양시료는 양평군 양서면 청계리, 증동리의 논토양 28점을 농사를 시작하기 전인 3월 말과 4월초에 걸쳐 1점당 500 g씩을 채취하여 분석하였고, 2년차 시료는 1년차 시료채취지점에서 28점을 채취하고 추가로 인근 북포천유역의 북포리와 국수리의 논토양 10점을 채취하여 모두 38점의 시료를 1년차와 같은 방법으로 채취하여 분석하였고, 3년차 시료는 2년차 시료 채취농가 중에서 선택한 11농가의 논토양 11점을 4월과 10월에 2회에 걸쳐 채취하였다. 채취한 시료는 음건한 후 2 mm 체를 통과한 토양 50 g을 300 mL삼각 플라스크에 넣고 여기에 0.2 M-NH<sub>4</sub>Cl 50 mL와 acetone 100 mL를 넣은 다음 1.5시간 진탕한 후 여과하였다. 시료 중 농

약성분의 추출은 수질분석과 동일하게 하여 농축한 후 hexane 10 mL로 녹인 다음, 5 mL를 취하여 column정제를 실시하였다. 유리칼럼(10mm×40cm)에 활성화시킨 florisil 5 g을 채우고 다진 다음 그 위에 무수 sodium sulfate를 1.5 cm 채우고 hexane(GR급) 40 mL를 흘린 후 시료 5 mL를 loading시킨 후 첫 번째 용매(hexane 49.65% dichloromethane 50% acetonitrile 0.35%) 50 mL를 용출시켰다. 다시 두 번째 용매(hexane 48.5% dichloromethane 50% acetonitrile 1.5%)를 첫 번째 용매와 같이 용출시켰다. 세 번째 용매(hexane 45% dichloromethane 50% acetonitrile 5%)도 같은 방법으로 용출시켰다. 용출액을 각각 round flask에 모아 용매는 날려보내고 n-hexane 5mL에 녹여 기기분석시료로 하였다. 분석대상 농약과 분석법의 검출한계는 농업과학기술원의 방법을 이용하였다(농업과학기술원 1996, 1998).

## 결과 및 고찰

### 1년차 하천수 및 관정수 중 농약잔류량

남한강의 지류이면서 팔당댐에 바로 연결되는 북포천에서 하천수를 월별 채수하여 잔류농약을 분석한 결과 표 1과 같이 7종의 농약이 검출되었다. 4월에 범씨소독약 성분인 prochloraz가 1지점(그림 1의 위쪽에서 4번째 지점)에서 검출되었는데, 이는 범씨소독 후 버린 폐기액이 배수구를 통해 바로 하천으로 흘러 들어간 것으로 농가방문조사로 밝혀져(농촌진흥청, 1999), 범씨 소독 후 남은 폐액은 하천으로 바로 버리

Table 1. Pesticide residues in water of Bokpocheon, a branch stream of the Namhan river in 1996

Sampling time(month)	No. of sample	Pesticides	Detection range (ppb)	Detected no. of site
January	8	ND <sup>b)</sup>	-	-
February	7	ND	-	-
March	8	ND	-	-
April	27(7) <sup>a)</sup>	prochloraz	1.0	1
May	8	ND	-	-
June	18(9)	carbofuran	4.0~5.0	4
July	9	carbofuran	4.0	1
		diazinon	2.0	1
		fenobucarb	6.0	1
		fenitrothion	2.0	1
		iprobefos	0.7~22.7	7
		tricyclazole	20.9	1
August	8	iprobefos	0.4~0.9	7
September	16(7)	ND	-	-
October	8	ND	-	-
November	8	ND	-	-
December	8	ND	-	-

<sup>a)</sup>( ) ; Samples of tube well water near Bokpocheon basin, <sup>b)</sup>Not Detected.

지 말아야 할 것으로 판단되었다. 6월에 4지점에서 살충제인 carbofuran이, 7월에는 살균제와 살충제성분 6종이 검출되었으나, 검출된 모든 농약의 농도는 음용수 허용기준보다 낮았다. 그중 iprobefos는 최상류 지점을 제외한 모든 시료에서 검출되었으며 최고농도는 22.7 ppb이었고, 8월에도 iprobefos가 8개 시료중 7개 지점에서 검출되었는데 농약사용실태 조사에서도 이 약제가 살균제중에서 가장 많이 사용되었음을 알 수 있었다(농촌진흥청, 1999). 최고농도가 검출된 지점은 비교적 상류지점이었고 가장 하류 쪽인 팔당댐과 만나는 지점에서는 최고농도의 1/10수준이었다. 7월에 가장 많은 종의 농약이 검출되었는데 모두 도열병약과 벼물바구미의 방제시기와 일치하였고, 4, 6, 7, 8월에만 농약이 북포천의 하천수 중에서 검출되었으나 나머지 시기에는 농약이 전혀 검출되지 않았다. 5월은 벼 이앙기에 해당되어 많은 농약이 사용되었는데도 불구하고 농약이 검출되지 않은 이유는 잦은 강우에 의한 희석영향으로 보인다. 한편 관정수 시료에서는 농약이 전혀 검출되지 않았다.

2년차 하천수 및 관정수 중 잔류농약

2년차 북포천의 잔류농약 분석결과(표 2) 농약 비 사용기인 1월에서 4월까지와 9월에서 10월까지는 전

혀 농약이 검출되지 않았다. 농약이 검출되지 않은 이유는 농약이 농경지에서 수계로 유입되지 않은 경우와 유입이 되었더라도 너무나 적은 양이어서 희석이 되어 검출한계이하로 되었을 것으로 판단하였다. 5월 시료에서 살충제 carbofuran, 살균제 isoprothiolane, 제초제 butachlor가 검출되었는데, 이들 성분은 모두 수도용으로 많은 양이 사용되었고 농업과학기술원의 관계수 중 농약잔류실태조사에서도 검출된 바 있다(농업과학기술원, 1995). 벼농사 농약사용성수기인 6월과 7월 시료는 5월 시료와 마찬가지로 3종 농약과 벼멸구약인 fenobucarb가 검출되었고, 8월 시료에서는 isoprothiolane 한 성분만이 검출되었다. 검출된 농약의 검출범위는 매우 낮은 수준이었다. 벼씨침종기에 채취한 하천수 18점과 5월 시료 14점에서 벼씨소독약의 주성분인 prochloraz가 전년도와 달리 전혀 검출되지 않았다. 관정수 중 잔류농약분석결과도 전년과 마찬가지로 전시료(12점)에서 농약이 전혀 검출되지 않았다.

3년차 하천수 중 잔류농약

조사지역을 관통하는 하천수(북포천)중 농약잔류량은 표 3과 같이 5월에 채취한 시료에서 벼물바구미 방제용인 carbofuran과 벼 이화명나방 및 굴파리 방제용인 idazinon과 벼 제초제인 butachlor가 검출되었으

Table 2. Pesticide residues in water of Bokpocheon, a branch stream of the Namhan river in 1997

Sampling time (month)	No. of sample	Pesticides	Detection range (ppb)	Detected no. of site
January	14	ND	-	-
February	14	ND	-	-
March	14	ND	-	-
April	14	ND	-	-
May	14(18) <sup>a)</sup>	carbofuran	3.7~21.0	5
		isoprothiolane	0.2~0.8	8
		butachlor	1.1~4.2	8
June	14(12) <sup>b)</sup>	isoprothiolane	0.2~0.9	2
		butachlor	1.1~4.2	8
July	14	isoprothiolane	0.9~3.2	11
August	14	isoprothiolane	0.4~1.9	11
September	14	ND	-	-
October	14	ND	-	-

<sup>a)</sup>No. of samples for prochloraz analysis, <sup>b)</sup>( ) ; No. of tube well samples during April 30~May 2, disinfection period of rice seed.

Table 3. Pesticide residues in water of Bokpocheon, a branch stream of the Namhan river in 1998

Sampling time (month)	No. of samples	Pesticides	Detection range (ppb)	Detected no. of site
May	10	carbofuran	1.8	1
		diazinon	0.4~0.6	2
		butachlor	1.1~3.7	2
		molinate	7.3	1
June	10	isoprothiolane	0.2~0.3	2
		butachlor	0.3	1
		molinate	0.5	1
July	10	iprobefos	0.5~6.5	4
		isoprothiolane	0.2~1.2	3
		tricyclazole	1.1~1.4	3
		carbofuran	0.5~0.8	3
		fenobucarb	0.5	1
August	10	iprobefos	0.7	1
		isoprothiolane	0.2~1.2	2
		tricyclazole	1.6	1
		diazinon	0.1	1

나 검출범위가 음용수 허용기준의 1/10수준이었다. 벼 제초제인 molinate는 1년차와 2년차 시료에서는 검출되지 않았으나 이번에 처음으로 검출되었고, 검출농도가 7.3 ppb로 WHO의 음용수 허용기준 7 ppb를 초과한 것으로 나타났다. 이 하천수가 상수원 취수지인 팔당댐으로 흘러 들어가서 취수원이 되므로 안전성에 문제점이 있는 것으로 판단할 수도 있으나 molinate는

상수원수의 고도정수처리과정에서 효과적으로 제거되므로 인체위해성은 낮을 것으로 판단되고(박 등, 2002), 약제 사용시기가 벼 이앙 전에 한번 사용하는 약제이므로 큰 문제점은 없다고 본다. 그러나 molinate는 설치류에 노출시 testosterone 생성 저해가 예상되고, 잉어류에 노출시 hemoglobin, hematocrit 농도를 감소시키므로 미국 환경보호청에서는 설치류와

Table 4. Preliminary risk of pesticide detected in water at Bokpocheon using acute freshwater invertebrate and freshwater fish toxicity data

Pesticide	Highest concentration (ppb, A)	Freshwater invertebrate		Freshwater fish	
		Acute toxicity (LC <sub>50</sub> , ppb, B)	ETR(Exposure toxicity ratio, A/B)	Acute toxicity (LC <sub>50</sub> , ppb, C)	ETR(A/C)
butachlor	4.2	2,400(Dm)	0.002	320(C)	0.013
carbofuran	21.0	2.23(Cd)	9.42	88(B)	0.239
diazinon	2.0	0.2(S)	10	90(R)	0.022
fenitrothion	2.0	2.3(Dm)	0.90	1,720(Bt)	0.001
fenobucarb	6.0	320(Dm)	0.019	16,000(C)	0.0004
iprobefos	22.7	-	-	51,000(C)	0.0004
isoprothiolane	3.2	62,000(Dm)	0.00005	6,800(R)	0.0005
molinate	7.3	19,400(Dm)	0.0004	210(R)	0.035
prochloraz	1.0	4,300(Dm)	0.0002	1,500(R)	0.0007
tricyclazole	20.9	20,000(Dm)	0.001	7,300(R)	0.003

B : Bluegill, Bt : Brook trout, C : Carp, Cd : *Ceriodaphnia dubia*, Dm : *Daphnia magna*, R : Rainbow trout, S : Scud.

어류에 대한 독성시험을 제출하도록 요구한 바 있고 (EPA, 2002), 일본에서도 후쿠시마현 등에서의 잉어 대량 폐사사고 원인이 논에 사용한 molinate인 것으로 지목한 바 있어서(金, 1994), 국내에서도 전국적인 잔류조사나 안전성평가가 수행되어 이 농약에 대한 안전성을 확보하기 위한 노력이 이루어지고 있다. 6월에는 벼 도열병방제용인 isoprothiolane, 벼 제초제인 butachlor와 molinate가 검출되었으나 음용수 허용기준 미만이었고, 7월에는 벼 도열병방제용인 iprobefos, isoprothiolane, tricyclazole이 벼물바구미 방제용인 carbofuran, 벼멸구 방제용인 fenobucarb가 검출되었는데, isoprothiolane과 carbofuran은 음용수 허용기준 이하였고, iprobefos, tricyclazole, fenobucarb는 비교할 만한 음용수 허용기준이 없었는데, 이들 농약은 전국 하천수에서도 검출되고 있는 약제이므로 우리나라에 맞는 기준의 설정이 필요하다고 판단된다. 8월 시료에서는 벼 도열병방제용인 iprobefos, isoprothiolane, tricyclazole 등과 벼 이화명나방 및 굴파리 방제용인 diazinon이 검출되었으며 음용수 허용기준 미만이거나 기준이 없어 비교할 수 없었다. 9월과 10월 시료에서는 농약이 전혀 검출되지 않았다.

이상 3년의 북포천 하천수 중 잔류농약분석결과 수 도용 농약인 butachlor, carbofuran, diazinon, fenitrothion, fenobucarb, iprobefos, isoprothiolane, molinate, tricyclazole가 하천수에서 검출되었는데, 이는 전국 하

천수를 대상으로 한 농약잔류량 조사결과와 비슷한 것으로 나타났고(농약연구소, 1992), 특히 벼농사용 농약을 사용하지 않는 1~3월과 9~12월에는 농약이 검출되지 않아 하천수의 농약잔류량 조사는 농약사용시기인 4~8월에만 실시하여도 될 것으로 판단되었다.

#### 물중 검출농약의 수서생물에 대한 독성과 위해성

검출농약 농도를 각 농약별 수서생물 급성독성값으로 나눈 비율인 노출독성비로 위해성을 표현할 수 있는데, 3년간 북포천 물에서 검출된 농약의 최고농도를 각 농약의 수서무척추동물과 어류의 급성독성값 (EPA, Tomlin, 2003)으로 나눈 노출독성비로 수서생물에 대한 위해성을 표 4에서 나타내었다.

수서무척추동물에 대한 위해성은 diazinon, carbofuran 및 fenitrothion의 노출독성값이 각각 최고 10, 9.42, 0.9로 높게 나타나 위해성이 있었고 나머지 농약들은 위해성이 낮음을 알 수 있었는데, 앞으로 이들 검출된 농약의 복합노출에 의한 위해성이나 물벼룩과 비슷한 감수성을 가진 다른 수서무척추동물의 독성과 위해성에 대한 조사연구가 계속되어야 할 것으로 판단되었다. 그러나 어류의 노출독성값은 매우 낮아 어류에 대해서는 안전함을 알 수 있었다.

#### 논토양 중 잔류농약

북포천유역의 논토양 중 잔류농약분석결과 1년차는

Table 5. Pesticide residues in paddy soil at Yangpyung area near Bokpocheon, a branch stream of the Namhan river

Sampling		No. of samples	Pesticides	Detected no. of site(rate, %)	Detection range(ppm)
Year	Month				
1996	April	28	isoprothiolane	4(14.3)	0.01~0.112
			iprobefos	3(10.7)	0.06~0.55
			dimethametryn	1(3.6)	0.03
			piperophos	1(3.6)	0.03
			thiobencarb	2(7.1)	0.004~0.08
1997	April	38	butachlor	7(18.4)	0.005~0.013
			diazinon	7(18.4)	0.002~0.003
			isoprothiolane	9(23.7)	0.005~0.036
			dimeperate	2(5.3)	0.009~0.009
			thiobencarb	2(5.3)	0.010~0.123
1998	April	11	butachlor	4(36.4)	0.03~0.11
			iprobefos	2(18.2)	0.01~0.04
			isoprothiolane	3(27.3)	0.02~0.06
			molineate	4(36.4)	0.01
			parathion	1(9.1)	0.02
			thiobencarb	3(27.3)	0.02~0.05
	October	11	butachlor	3(27.3)	0.03~0.11
			fenitrothion	5(45.5)	0.01
			iprobefos	5(45.5)	0.02
			isoprothiolane	5(45.5)	0.02~0.04
			molineate	5(45.5)	0.03~0.06
thiobencarb	5(45.5)	0.05~0.73			

표 5와 같이 논토양 28점에서 isoprothiolane 등 5성분이 검출되었고 검출범위는 0.004~0.55 ppm으로 나타났다. 이 범위는 농업과학기술원에서 행한 일반 논토양 중 잔류농약분석결과 나타난 수준과 비슷하였다(농업과학기술원, 1995). 2년차 논토양 중 잔류 농약은 1년차와 마찬가지로 5종의 농약이 농약 분석결과 양평 논토양에서 검출된 butachlor 등 5종에서 검출된 4종의 제형이 입제로서 수도용이었다. 검출량은 모두 낮은 수준으로 농업과학기술원에서 조사한 결과(농업과학기술원, 1995)와 검출양상이 비슷하였다. 3년차 논토양 중 잔류농약 분석결과는 표 5와 같이 동일한 11개 논토양에서 4월에 채취한 시료에서 butachlor 등 6개 농약이 0.01~0.06 ppm 수준으로 검출되었고 10월 시료에서는 butachlor 등 6개 농약이 0.01~0.73 ppm 이 검출되었다. 농약의 검출빈도와 검출수준이 10월 시료에서 4월보다 상대적으로 높게 나왔는데 이는 농약을 사용 후 시료 채취까지의 경과시간이 짧기 때문에 분해가 덜된 것으로 판단되었다. 또한 농약의 검출수준은 전국적인 논 토양 중 농약잔류량(농업과학기술원, 1995)과 큰 차이가 없이 낮은 수준으로 판단이 되었고, 10월 시료에서 검출된 농약은 농가에서

사용한 농약 중 일부인 것으로 확인이 되었다(농촌진흥청, 1999).

#### 논토양 중 검출농약의 토양생물에 대한 독성과 위해성

농약의 토양생물에 대한 위해성은 대표적인 토양생물인 지렁이에 대해서 평가하는데(OECD, 2001), 검출된 농약 중 지렁이에 대한 독성값(LC<sub>50</sub>)은 diazinon, parathion 및 piperophos가 각각 374.2, 267, 180 ppm으로 조사되었고(Tomlin, 2003), 노출독성비는 각각 0.000008, 0.00007 및 0.0002 로 위해성이 매우 낮음을 알 수 있다. 나머지 농약의 위해성은 비교할 독성자료가 없어서 산출하지 못하였지만 표 5에서 thiobencarb의 최고 검출농도가 0.73 ppm 이므로 반수 치사농도가 이 농도와 같거나 높아야 위해성이 높다고 판단할 수 있는데, Edward와 Coulson (1992)과 박 등(2003)이 조사한 농약의 지렁이에 대한 독성값은 1 ppm 이상으로 독성값이 없는 다른 농약들의 위해성도 높게 나타나지 않을 것으로 판단되었다. 하지만 지렁이를 제외한 논에 서식하는 다른 수서생물에 대한 잔류농약의 영향에 대해서는 앞으로 지속적인 조사연구가 필요하다고 생각된다.

**감사의 글**

본 연구는 농촌진흥청 대형공동연구사업인 ‘상수원 보호지역 환경보전형 농업현장 연구’의 일환으로 수행되었습니다.

**인용문헌**

Edward P. J. and Coulson J. M., (1992) Choice of earthworm species for laboratory tests. *Ecotoxicology of earthworms*. Intercept 169~176.  
<http://www.epa.gov/fedrgstr/EPA-PEST/2002/April/Day-02/p7946.htm>.  
[http://www.epa.gov/pesticides/reregistration/status\\_page\\_b.htm](http://www.epa.gov/pesticides/reregistration/status_page_b.htm).  
 OECD(2001). OECD Guidance for industry data submission on plant products and their active substances(dossier guidance). Data point IIIA10.6.1 & III A10.6.2.  
 Tomlin, C. (ed.) (2003) *The pesticide manual* (13th ed), British Crop Protection Council.  
 金澤純 (1994) 農藥과 環境科學. 合同出版, pp.190~191.  
 농약연구소 (1982) 시험연구보고서, 토양중의 농약잔류량 조사, pp.106~110.  
 농약연구소 (1982) 시험연구보고서, 전국 주요 하천수의 농약잔류량 조사, pp.111~117.  
 농약연구소 (1991) 시험연구보고서. 시설재배지 토양

중 농약잔류량 조사, pp.189~191.  
 농약연구소 (1992) 관개수 중 농약잔류량 조사, pp.368~370.  
 농업과학기술원 (1995) 시험연구사업보고서(작물보호부편), pp.781~785.  
 농업과학기술원 (1996) 시험연구사업보고서(작물보호부편), pp.1127~1135.  
 농업과학기술원 (1997) 시험연구사업보고서(작물보호부편), pp.44~47.  
 농업과학기술원 (1998) 시험연구사업보고서(농업환경부편), pp.45~48.  
 농약연보. (2005) 농약공업협회, 문선기획 pp.12~15  
 농촌진흥청 고시(제 2006-8호). 농약의 품목등록신청 서류 검토 및 농약시료 검사기준.  
 농촌진흥청 대형공동 연구사업 보고서 (1999) 상수원 보호지역 환경보전형 농업 현장 연구 pp.3~32.  
 박경훈, 박연기, 주진복, 경기성, 신진섭, 김찬섭, 박병준, 엄재열 (2003) 농약의 지렁이에 대한 위해성평가, *농약과학회지* 7(4):280~287.  
 박주황, 박종우, 김종수, 김장익 (2002) 상수처리과정 중 제초제 molinate의 제거, *J. Korean Soc. Agric. Chem. Biotechnol.* 45(3):145~151.  
 이해근, 이영득, 박영선, 신용화 (1983) 주요하천수에 대한 농약잔류 실태조사, *Korean J. Environ. Agric.* (2):83~89.  
 정영호, 박영선 (1990) *농약학*, 문선사 pp.58~93.

**남한강지류 북포천유역의 농약잔류량 조사**

박경훈\* · 김찬섭<sup>1</sup> · 박병준 · 이병무 · 최주현 · 정미혜 · 김병석 · 박현주<sup>2</sup>

농업과학기술원 유해물질과, <sup>1</sup>농업과학기술원 농약평가과, <sup>2</sup>농촌진흥청 농업자원과

요약 : 남한강 지류인 북포천 하천수와 토양을 대상으로 3년간 잔류농약을 분석한 결과 하천수에서 벼농사용 농약인 butachlor, carbofuran, diazinon, fenitrothion, fenobucarb, iprobenfos, isoprothiolane, molinate, tricyclazole 등 9종이 0.1~22.7 ppb 수준으로 검출되었는데, 이는 전국 하천수를 대상으로 한 농업과학기술원의 농약잔류량 조사결과(1998년)와 비슷한 수준으로 나타났고, 농약사용기인 5, 6, 7, 8월에만 농약이 검출되었으며, 검출수준은 우리나라 먹는 물의 수질기준보다는 낮은 수준이었고, 이지역의 관정수에서는 농약이 전혀 검출되지 않았다. 논토양에서는 butachlor, diazinon, dimeperate, dimethetryn, fenitrothion, iprobenfos, isoprothiolane, molinate, parathion, piperophos, thiobencarb 등 11종의 농약이 0.002~0.55 ppm의 낮은 수준으로 검출되었다.

색인어 : 농약, 농약잔류량 분석, 하천수, 관정수, 토양