

유기농업 논에서 저서성대형무척추동물의 다양성*

김종선*** · 김도익** · 김선곤**** · 강범용**** · 고숙주**** · 임경호**** · 김홍재****

Biodiversity of Benthic Macroinvertebrate on Organic Rice Paddy Field

Kim, Jong-Sun · Kim, Do-Ik · Kim, Seon-Gon · Kang, Beomryong ·
Ko, Suk-Ju · Lim, Gyeong-Ho · Kim, Hong-Jae

Total collected benthic macroinvertebrates in rice paddy fields were identified 3 phylum, 5 class, 13 order, 25 family, 32 genera and 36 species, those in organic rice field were 12 order, 22 family and 28 species, and in conventional rice field were 10 order, 19 family and 25 species. The almost collected species inhabit lentic zone but *Semisulcospira libertina*, *Corbicula fluminea*, and *Tipula* sp. were habitat on lotic zone. The number of benthic macroinvertebrates species was higher in organic paddy field than in conventional field. Eleven species were collected only on organic but eight species only on conventional field. The number of individuals were 870 on organic rice field which higher 3.6-fold on conventional field. The diversity indices of organic rice field were 1.57-2.45 and 0.71-2.61 in the first and second survey, respectively. The higher diversity indices, the lower dominance indices.

Key words : *benthic macroinvertebrates, organic paddy field, diversity*

I. 서 론

저서성대형무척추동물은 선충류, 환형동물, 연체동물, 절지동물이 포함되는 동물군으로 (Hynes, 1970; Allen, 1995), 어떤 하천이나 저수지 또는 물기만 조금 있어도 서식이 확인될

* 본 시험은 농촌진흥청 유기농업사업단의 지원을 받아 수행한 “전남지역 유기농업 종합기술 시범 마을 현장실증 연구” 과제의 결과입니다.

** 교신저자, 전남농업기술원 친환경연구소 농업연구사(dikim@jeonnam.go.kr)

*** 전남대학교 생물학과

**** 전남농업기술원 친환경연구소

만큼 광범위하게 분포하고 있어, 동물지리학적인 측면과 생태학, 생물학적 수질평가 등에 널리 이용되고 있다. 이중 수서곤충은 생활사의 전부 또는 일부를 물속에서 생활하는 곤충을 말하는데 대형무척추동물의 95%에 이른다(Ward, 1992).

저서성대형무척추동물은 하천 바닥의 돌이나 모래 등에 서식하는 저서동물의 일종으로 이동능력이 낮고, 서식환경과 수질오염정도에 따라 독특한 분포를 보여서 수질오염을 평가하는 지표생물로 이용되고 있고(Surdic & Gaufin, 1978), 동물지리학적 정보와 동정, 분류 등 학술자료로서도 중요하게 여겨지고 있다.

저서성대형무척추동물은 생태학적으로 외부에서 유입되는 식물질이나 부식질 등을 섭취하거나 서식하는 조류(Algae)를 섭취하여 동물성 단백질로 전환 시키거나, 어류와 같은 고등척추동물의 먹이원이 되는 등 1차 또는 2차 소비자로서 역할을 지니기 때문에 수중생태계를 이해하고 먹이연쇄를 규명하는 데에도 중요한 역할을 하여 한 지역의 자연환경을 이해하는데 매우 유용하게 여겨지고 있다(Uchida, 1990).

저서성대형무척추동물에 대한 연구는 국외의 경우 19세기의 박물학적 연구를 거쳐 육수학의 한분야로 함께 연구되어지고 있으며, 현재는 분류학적 연구와 함께 환경생태분야의 연구가 많이 진행되고 있다(Davies, 1996).

우리나라에서의 본격적인 연구는 1967년 한국육수학회의 발족과 함께 라고 할 수 있으며, 현재는 수서곤충을 포함한 저서동물의 분류학적 연구(위 등 1991; 윤, 1988, 1995; 나 등, 1994; 권 등, 1993) 등 생물학적 다양성을 밝히는 작업이 진행되고 있는데, 아직까지도 일부 분류군에 그치고 있는 실정으로 지속적인 연구가 필요한 실정에 있다. 또 저서생물의 분포와 군집분석(나 등, 1991; 윤 등, 1992a; 조 등, 1992) 등 특정 하천과 산간계류 등에 서식하고 있는 종들의 분포특성과 현존량 등을 밝히는 작업이 진행되고 있는데 1990년대 후반부터는 환경영향평가와 같은 개발사업의 사전 조사에서 많은 일들이 진행되고 있다. 그 외에 생물학적 수질평가(윤 등, 1992b, 1992c), 생활사(김과 나, 1996) 등의 연구가 활발히 진행되고 있다.

인류가 농경사회로 전환되면서 이어져온 논농사는 논 자체가 쌀의 생산지이기도 하지만 유기물을 정화하고 저서성대형무척추동물의 서식의 장으로서도 큰 역할을 하였으나 인구증가에 따라 대량생산의 체계로 전환하면서 사용되어진 화학 비료와 농약(김 등, 1990)은 저서성대형무척추동물의 서식을 제한하게 되었고(한 등, 2000; 한, 2000; 한 등, 2003), 생물 농축현상으로 인한 피해를 인식하게 되면서 최근 들어 화학비료와 농약의 폐해를 줄이고 자 이들의 사용을 최대한 자제하는 유기농의 논농사 재배지가 늘고 있다. 논 생태계는 안정적인 물질순환이 이루어지는 자연생태계와는 달리 종 다양성과 안정성이 낮고 영속성이 없다는 특징을 가지고 있다. 논 생태계는 짧은 기간 동안 논 작업, 화학 비료와 농약의 과다사용 등으로 인한 오염문제와 농산물 안전성 문제가 대두되고 있고, 국제적으로도 지속 가능한 농업 저투입 농업기술 개발 및 적용에 따라 생태적으로 건전한 농업 방법이 요구되

고 있다(Wolfgang *et al.*, 2003).

본 연구는 화학비료와 농약 등을 사용하는 기존의 관행농업 지역과 이들의 사용을 최소화 한 유기농 재배지를 선정하여 두 지역에서 서식하고 있는 저서성대형무척추동물을 조사하여 논 생태계의 다양성을 평가함으로써 논 생태계 다양성 보존과 건전성을 평가하기 위한 기초 자료를 제공하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 현장조사

저서성대형무척추동물의 채집은 뜰채(직경 30cm, 망목 1mm)를 이용하여 관행농법지역과 유기농법 지역에서 채집을 실시하였는데, 생태지수를 파악하기 위해 물이 들어오는 입구와 물이 빠져나가는 출구, 그리고 하상의 저니를 각각 1회씩의 정량채집 했고, 전체 다양성을 파악하기 위한 정성채집 1회 등 각각의 지역에서 4회씩 총 8회의 채집을 실시하였는데, 1차 조사는 2008년 7월 3일, 2차 조사는 8월 12일에 실시하였다. 조사지역은 전남 보성군 벌교읍 마동리 강대인 농가의 논을 유기농업 논으로 선정하였으며, 주변 500미터 떨어진 농가의 논을 관행논으로 선정하여 조사하였다. 관행논 이앙은 6월 1일로 재식밀도는 30×14cm, 시비량은 9.0-4.5-5.7(N-P-K, kg/10a) 수준이었다. 병해충 방제를 위해 이앙 하루전에 다카바입제를 육묘상자에 50g씩 살포하였으며 7월 30일과 8월 25일에 벼멸구약제인 프로탄과 코니도를 살포하였다. 유기농 논 이앙은 5월 26일로 재식밀도는 30×21cm이며 시비는 쌀겨 300kg/10a만 투입하였는데 쌀겨의 성분함량은 T-N 2.1%, P₂O₅ 4.5%, K₂O 2.4% 수준이었다.

채집된 시료는 Kahl's 용액에 고정하여 2~3일 후 75% Ethanol에 옮겨 보존하였다. 각 지점별 채집된 표본은 해부현미경 하에서 동정한 후 개체수를 산출하여 군집분석 자료로 이용하였다.

2. 동정

수서 곤충류를 제외한 저서성무척추동물의 동정은 Pennak(1978), 권 등(1993), 송(1995) 등을 참고하였고, 수서곤충의 동정은 윤(1988, 1995), 원 등(2005) 등을 참고하였다.

3. 군집분석

각 조사지점의 개체수를 바탕으로 제1, 제2 우점종을 선정하였고, 우점도 지수는 Mc-

Naughton's dominance index(DI)를 이용하여 산출하였다(McNaughton, 1967).

다양도 지수는 Margalef(1958)의 정보이론에 의하여 도출된 Shannon-Wiever function(H') (Pielou, 1969)을 이용하였으며, 종 풍부도 지수는 Margalef(1958) 지수를, 균등도 지수는 Pielou(1975)의 식을 사용하였다.

Ⅲ. 결 과

1. 조사기간 동안 출현한 저서성대형무척추동물상

본 조사에서 출현한 전체 저서성대형무척추동물은 총 3문 5강 13목 25과 32속 36종으로 나타났다(Table 1).

Table 1. List of benthic macroinvertebrate species identified in study sites

Phylum	Class	Order	Family	Scientific name	Korean name		
Mollusca	Gastropoda	Mesogastropoda	Ampullariidae	<i>Pomacea canaliculata</i>	왕우렁이		
			Pleuroceridae	<i>Semisulcospira libertina</i>	다슬기		
		Basommatophora	Lymnaeidae	<i>Lymnea auricularia coreana</i>	물달팽이		
			Physidae	<i>Physa acuta Draparnaud</i>	원뿔이물달팽이		
			Planorbidae	<i>Hippeutis cantori</i>	수정또아리물달팽이		
Pelecypoda	Unionoida	Unionidae	<i>Unio douglasiae</i>	말조개			
	Veneroida	Corbiculidae	<i>Corbicula fluminea</i>	재첩			
Annelida	Oligochaeta	Archioligochaeta	Naididae	<i>Chaetogaster limnaei</i>	물지렁이		
			Tubificidae	<i>Limnodrilus gotoi</i>	실지렁이		
			Hirudinea	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	<i>Glossiphonia complanata</i>	갈색넙적거머리
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Cloeon dipterum</i>	연못하루살이		
			Odonata	Coenagrionoidae	<i>Cercion calamorum</i>	등검은실잠자리	
						<i>Ischnura asiatica</i>	아시아실잠자리
					Aeshnidae	<i>Anax parthenope julius</i>	왕잠자리
			Libellulidae	<i>Sympetrum depressiusculum</i>	고추잠자리		

Phylum	Class	Order	Family	Scientific name	Korean name
		Hemiptera	Corixidae	<i>Hesperocorixa kolthoffi</i>	왕물벌레
				<i>Sigara septemlineata</i>	어리방물벌레
			Notonectidae	<i>Notonecta triguttata</i>	송장헤엄치게
			Gerridae	<i>Aquaris paludum</i>	소금쟁이
		Coleoptera	Dytiscidae	<i>Cybister</i> sp.	
				<i>Hydaticus grammicus</i>	꼬마줄물방개
				<i>Hydaticus</i> sp.	
				<i>Laccophilus difficilis</i>	깨알물방개
			Gyrinidae	<i>Gyrinus japonicus francki</i>	물맴이
			Hydrophilidae	<i>Berosus</i> sp.	
				<i>Helochaeres striatus</i>	좁물맴이
				<i>Hydrochara affinis</i>	잔물맴이
				<i>Laccobius bedeli</i>	점물맴이
		Diptera	Tipulidae	<i>Tipula KUa</i>	각다귀
			Simuliidae	<i>Simulium</i> sp.	
			Chironomidae	<i>Chironomus</i> 1sp.(백색)	
				<i>Chironomus</i> 2sp.(적색)	
				<i>Chironomus</i> 3sp.(녹색)	
			Culicidae	<i>Culicidae</i> sp.	
		Trichoptera	Leptostomatidae	<i>Goerodes</i> sp.	
3	5	12	25	35	

출현 분류군별 조성을 살펴보면, 절지동물문에 속하는 수서곤충류가 6목 15과 22속 26종으로 전체 분류군의 72.2%로 다수를 차지하였고, 이외에 연체동물문 2강 4목 7과 7속 7종(19.4%)과 환형동물문 2강 3목 3과 3속 3종(8.3%)이 출현하였다. 수서곤충류 중에서는 딱정벌레목에 속하는 종이 3과 8속 9종이 출현하여 전체의 25.0%를 차지하여 가장 높은 비율을 나타내었고, 다음으로 파리목 4과 4속 6종(16.7%), 노린재목 3과 4속 5종(13.9%), 잠자리목 3과 4속 4종(11.1%), 하루살이목과 날도래목이 각각 1종씩(2.8%)의 순 이었다(Fig. 1A).

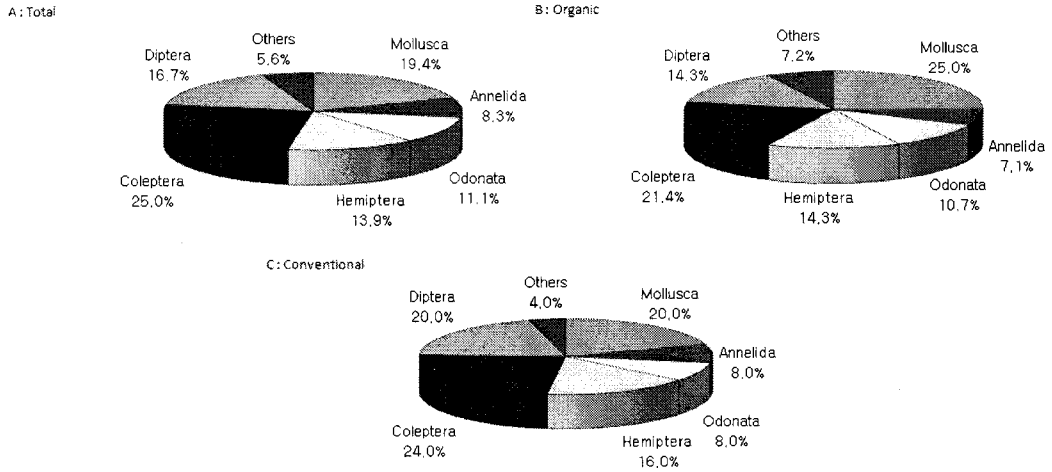


Fig. 1. The composition of benthic macroinvertebrate in conventional and organic paddy field.

조사 지역별로는 유기농법 지역에서 출현한 저서성대형무척추동물은 총 3문 4강 12목 22과 27속 28종이었다. 이중 절지동물문에 속하는 수서곤충류가 6목 13과 18속 19종으로 전체 분류군의 67.9%로 다수를 차지하였다. 이외에 연체동물문 2강 4목 7과 7속 7종(25.0%)과 환형동물문 1강 2목 2과 2속 2종(7.1%)이 출현했다. 수서곤충류 중에서는 딱정벌레목이 3과 6속 6종(21.4%)으로 가장 다양한 종이 출현했고, 다음으로 노린재목과 파리목이 각각 3과 4속 4종과 3과 3속 4종(14.3%), 잠자리목 2과 3속 3종(10.7%), 하루살이목과 날도래목이 각각 1종씩(3.6%)의 순이었다(Fig. 1B).

관행농법 지역에서는 총 3문 5강 10목 19과 23속 25종이었다. 이중 수서곤충류가 5목 12과 16속 18종으로 전체 분류군의 72.0%로 다수를 차지하였다. 이외에 연체동물문 2강 3목 5과 5속 5종(20.0%)과 환형동물문 2강 2목 2과 2속 2종(8.0%)이 출현했다. 수서곤충류 중에서는 딱정벌레목이 3과 6속 6종(24.0%)으로 가장 다양한 종이 출현했고, 다음으로 파리목 3과 3속 5종(20.0%), 노린재목 3과 4속 4종(16.0%), 잠자리목 2과 2속 2종(8.0%), 하루살이목 1종(4.0%)의 순이었다(Fig. 1C).

조사시기별 출현 양상을 살펴보면, 1차 조사에서는 총 3문 5강 12목 21과 24속 26종으로 나타났고(Table 2), 분류군별 조성은 수서곤충류가 6목 13과 16속 18종으로 전체의 69.2%로 다수를 차지하였다. 이외에 연체동물문 5종(19.2%)과 환형동물문 3종(11.5%)이 출현하였다. 수서곤충류 중에서는 파리목에 속하는 종이 6종이 출현하여 전체의 23.1%를 차지하여 가장 높은 비율을 나타내었고, 다음으로 딱정벌레목 4종(15.4%), 잠자리목과 노린재목이 각각 3종(11.5%), 하루살이목과 날도래목이 각각 1종씩(3.9%)의 순이었다.

조사 지역별로는 유기농법 지역에서는 총 3문 4강 11목 17과 18속 19종이었고, 수서곤충

Table 2. Individuals of benthic macroinvertebrate collected in conventional and organic paddy field in Boseong area in at 1st sampling.

Species	Conventional					Organic					Total
	1 ^{a)}	2	3	4	Total	1	2	3	4	Total	
<i>Pomacea canaliculata</i>	2		4	20	26	4			5	9	35
<i>Semisulcospira libertina</i>							1			1	1
<i>Lymnea auricularia coreana</i>						17	6		26	49	49
<i>Hippeutis cantori</i>				1	1	2	2		3	7	8
<i>Corbicula fluminea</i>				2	2			3		3	5
<i>Chaetogaster limnaei</i>			3		3			36		36	39
<i>Limnodrilus gotoi</i>								27		27	27
<i>Glossiphonia complanata</i>				1	1						1
<i>Cloeon dipterum</i>	4	2		21	27		75	1	1	77	104
<i>Cercion calamorum</i>		1			1						1
<i>Ischnura asiatica</i>						1			2	3	3
<i>Sympetrum depressiusculum</i>		1			1						1
<i>Sigara septemlineata</i>	1	18		6	25				2	2	27
<i>Notonecta</i> sp.		1		2	3						3
<i>Aquaris paludum</i>		2		4	6				1	1	7
<i>Hydaticus</i> sp.						3				3	3
<i>Berosus</i> sp.	6	5			11						11
<i>Helochares striatus</i>						1			3	4	4
<i>Hydrochara affinis</i>									1	1	1
<i>Tipula</i> KUa 각다귀 KUa				1	1						1
<i>Simulium</i> sp.							1			1	1
<i>Chironomus</i> 1sp.	1			11	12	7	64		12	83	95
<i>Chironomus</i> 2sp.		1			1		1	8		9	10
<i>Chironomus</i> 3sp.			6		6						6
<i>Culicidae</i> sp.	1			1	2	7	2		2	11	13
<i>Goerodes</i> sp.							1			1	1
<i>Number of species</i>	6	8	3	11	17	8	9	5	11	19	26
<i>Number of population</i>	15	31	13	70	129	42	153	75	58	328	457

a) 1 : an outlet for water, 2 : an entry to water, 3 : paddy field bed, 4 : qualitative collection

류가 6목 10과 11속 12종으로 전체 분류군의 63.2%로 다수를 차지하였다. 이외에 연체동물문 5종(26.3%)과 환형동물문 2종(10.5%)이 출현했다. 수서곤충류 중에서는 파리목이 4종(21.1%)으로 가장 다양했고, 다음으로 딱정벌레목 3종(15.8%), 노린재목 2종(10.5%), 하루살이목, 잠자리목과 날도래목이 각각 1종씩(5.3%)의 순이었다. 관행농법 지역에서 출현한 저서성대형무척추동물은 총 3문 5강 10목 15과 15속 17종이었고, 수서곤충류가 5목 10과 10속 12종으로 전체 분류군의 70.6%로 다수를 차지하였다. 이외에 연체동물문 3종(17.6%)과 환형동물문 2종(11.8%)이 출현했다. 수서곤충류 중에서는 파리목이 5종(29.4%)으로 가장 다양했고, 다음으로 노린재목 3종(17.6%), 잠자리목 2종(11.8%), 하루살이목과 딱정벌레목이 각각 1종씩(5.9%)의 순이었다.

2차 조사에서는 총 3문 5강 13목 21과 25속 25종이 출현했고(Table 3), 출현분류군별은 수서곤충류가 6목 12과 16속 16종으로 전체 분류군의 64.0%로 다수를 차지하였고, 이외에 연체동물문 6종(24.0%)과 환형동물문 3종(12.0%)이 출현하였다. 수서곤충류 중에서는 딱정벌레목에 속하는 종이 7종으로 전체의 28.0%를 차지하여 가장 높은 비율을 나타내었고, 다음으로 잠자리목과 노린재목이 각각 3종(12.0%), 파리목 2종(8.0%), 하루살이목 1종(4.0%)의 순이었다.

Table 3. Individuals of benthic macroinvertebrate collected in conventional and organic paddy field in Boseong area in at 2nd sampling.

Species	Conventional					Organic					Total
	1 ^{a)}	2	3	4	Total	1	2	3	4	Total	
<i>Pomacea canaliculata</i>	5	10	1	12	28	8	25	8	6	47	75
<i>Lymnaea auricularia coreana</i>				3	3	1		6		7	10
<i>Physa acuta</i>		1		2	3		1		8	9	12
<i>Hippeutis cantori</i>	2	16		3	21	12		9		21	42
<i>Unio douglasiae</i>									1	1	1
<i>Corbicula fluminea</i>						1			4	5	5
<i>Chaetogaster limnaei</i>			1		1	2	1			3	4
<i>Limnodrilus gotoi</i>						1	1	341		343	343
<i>Glossiphonia complanata</i>				2	2						2
<i>Cloeon dipterum</i>	6	2		7	15	7	6	1	9	23	38
<i>Cercion calamorum</i>	9	1	1	3	14	1	1		11	13	27

Species	Conventional					Organic					Total
	1 ^{a)}	2	3	4	Total	1	2	3	4	Total	
<i>Anax parthenope julius</i>									1	1	1
<i>Sympetrum depressiusculum</i>	1				1						1
<i>Hesperocorixa kolthoffi</i>	6		1	4	11		2	2	7	11	22
<i>Notonecta triguttata</i>							23	1	16	40	40
<i>Aquaris paludum</i>									1	1	1
<i>Cybister</i> sp.		1			1						1
<i>Hydaticus grammicus</i>		1		2	3						3
<i>Laccophilus difficilis</i>								1		1	1
<i>Gyrinus japonicus francki</i>				1	1				1	1	2
<i>Berosus</i> sp.	2				2				1	1	3
<i>Hydrochara affinis</i>				1	1						1
<i>Laccobius bedeli</i>				3	3						3
<i>Chironomus</i> 1sp.	3		1	2	6			9		9	15
<i>Culicidae</i> sp.						5				5	5
<i>Number of species</i>	8	7	5	13	17	9	8	9	12	19	25
<i>Number of population</i>	34	32	5	45	116	38	60	378	66	542	658

a) 1 : an outlet for water, 2 : an entry to water, 3 : paddy field bed, 4 : qualitative collection

조사 지역별로는 유기농법 지역에서는 총 3문 4강 12목 19과 19속 19종이었고, 수서곤충류가 6목 11과 11속 11종으로 전체 분류군의 57.9%를 차지하였다. 이외에 연체동물문 6종(31.6%)과 환형동물문 2종(10.5%)이 출현했다. 수서곤충류 중에서는 노린재목과 딱정벌레목이 각각 3종씩(15.8%)으로 가장 다양한 종이 출현했고, 다음으로 잠자리목과 파리목이 각각 2종씩(10.5%), 하루살이목 1종(5.3%)의 순이었다. 관행농법 지역에서는 3문 4강 9목 14과 17속 17종이었고, 수서곤충류가 5목 8과 11속 11종으로 전체 분류군의 64.7%를 차지하였다. 이외에 연체동물문 4종(23.5%)과 환형동물문 2종(11.8%)이 출현했다. 수서곤충류 중에서는 딱정벌레목이 6종(35.3%)으로 가장 다양했고, 다음으로 잠자리목 2종(11.8%), 하루살이목, 노린재목과 파리목이 각각 1종(5.9%)의 순이었다.

2. 개체수 현존량

본 조사에서 출현한 저서성대형무척추동물 전체 개체수 현존량은 총 1,115개체였으며, 이중 환형동물문 416개체로 전체의 37.3%를 차지하여 가장 높은 비율을 나타내었고, 다음으로 연체동물문 21.8%, 하루살이목 12.7%, 파리목 12.4%, 노린재목 9.0% 순이었다.

조사 지역별로는 유기농법 지역에서는 총 870개체가 출현하여 이중 환형동물문 409개체로 전체의 47.0%를 차지하여 가장 높은 비율을 나타내었고, 다음으로 연체동물문 18.3%, 파리목 12.6%, 하루살이목 11.5%, 노린재목 6.3% 순이었다. 관행농법 지역에서는 총 245개체가 출현하였으며, 이중 연체동물문 84개체로 전체의 34.3%를 차지하여 가장 높은 비율을 나타내었고, 다음으로 노린재목 18.4%, 하루살이목 17.1%, 파리목 11.4%, 딱정벌레목 9.0% 순이었다.

조사 시기별로 살펴보면 1차 조사에서는 총 457개체가 출현하였으며, 이중 파리목이 126개체로 전체의 27.6%를 차지하여 가장 높은 비율을 나타내었고, 유기농법 지역에서는 총 328개체가 출현하여 이중 파리목이 104개체로 전체의 31.7%, 관행농법 지역에서는 총 129개체가 출현하였으며, 이중 노린재목이 34개체로 전체의 26.4%를 차지하였다.

2차 조사에서는 총 658개체가 출현하였으며, 이중 환형동물문 349개체로 전체의 53.0%를 차지하여 가장 높았는데, 유기농법 지역에서는 총 542개체가 출현하여 이중 환형동물문이 346개체로 전체의 63.8%, 관행농법 지역에서는 총 116개체가 출현하였으며, 이중 연체동물문이 55개체로 전체의 47.4%를 차지하였다.

3. 군집분석

본 조사에서 출현한 우점종과 우점도는 Table 4와 같이 나타났다.

우점종을 조사 시기별로 살펴보면, 1차 조사에서 관행농법 지역은 연체동물문의 왕우렁이(*Pomacea canaliculata*), 하루살이목의 연못하루살이(*Cloeon dipterum*), 노린재목의 어리방물벌레(*Sigara septemlineata*), 딱정벌레목의 물땡땡이류(*Berosus* sp.), 파리목의 깔다구류(*Chironomus* 3sp.)가 우점종으로 나타났으며, 유기농법 지역은 연체동물문의 물달팽이(*Lymnaea auricularia coreana*), 환형동물문의 물지렁이(*Chaetogaster limnaei*)와 실지렁이(*Limnodrilus gotoi*), 하루살이목의 연못하루살이, 파리목의 깔다구류(*C.* 1sp.)가 우점종으로 나타났다.

2차 조사에서 관행농법 지역은 연체동물문의 왕우렁이와 수정또아리물달팽이(*Hippeutis cantori*), 환형동물문의 물지렁이, 잠자리목의 등검은실잠자리(*Cercion calamorum*), 노린재목의 왕물벌레(*Hesperocorixa kolthoffi*)가 우점종으로 나타났으며, 유기농법 지역은 연체동물문의 왕우렁이와 수정또아리물달팽이, 환형동물문의 실지렁이, 노린재목의 송장해엄치레

(*Notonecta triguttata*)가 우점종으로 나타났다.

Table 4. Biodiversity of benthic macroinvertebrate in study sites.

Survey	Culture	Site	1st dominance species 2nd dominance species	Dominance Index(DI)	Diversity Index(H')	Richness Index(RI)	Evenness Index(EI)
1st ('08, 07.03)	Conventional	1 ^{a)}	<i>Berosus sp.</i> <i>Cloeon dipterum</i>	0.67	2.21	1.84	1.23
		2	<i>Sigara septemlineata</i> <i>Berosus sp.</i>	0.74	2.03	2.04	0.98
		3	<i>Chironomus 3sp.</i> <i>Pomacea canaliculata</i>	0.77	1.53	0.78	1.39
	Organic	1	<i>Lymnea auricularia coreana</i> <i>Chironomus 1sp.</i>	0.57	2.45	1.87	1.18
		2	<i>Cloeon dipterum</i> <i>Chironomus 1sp.</i>	0.91	1.57	1.59	0.71
		3	<i>Chaetogaster limnaei</i> <i>Limnodrilus gotoi</i>	0.84	1.65	0.92	1.03
2nd ('08, 08.12)	Conventional	1	<i>Cercion calamorum</i> <i>Hesperocorixa kolthoffi</i>	0.44	2.74	1.99	1.32
		2	<i>Hippeutis cantori</i> <i>Pomacea canaliculata</i>	0.81	1.90	1.73	0.98
		3	<i>Pomacea canaliculata</i> <i>Chaetogaster limnaei</i>	0.40	2.32	2.48	1.44
	Organic	1	<i>Hippeutis cantori</i> <i>Pomacea canaliculata</i>	0.53	2.61	2.20	1.19
		2	<i>Pomacea canaliculata</i> <i>Notonecta triguttata</i>	0.80	1.95	1.71	0.94
		3	<i>Limnodrilus gotoi</i> <i>Hippeutis cantori</i>	0.93	0.71	1.35	0.32

^{a)} 1 : an outlet for water, 2 : an entry to water, 3 : paddy field bed.

우점도를 조사 시기별로 살펴보면, 1차 조사에서 관행농법 지역은 0.67-0.77의 범위와 유기농법 지역은 0.57-0.91의 범위를 나타내었다. 2차 조사에서 관행농법 지역은 0.40-0.81의 범위와 유기농법 지역은 0.53-0.93의 범위를 나타내었다. Shannon-Wiever function (H')에 의해 평가된 종 다양도 지수는 우점도와는 반대의 상관관계를 나타낸다. 본 조사에서는 1차 조사에서 관행농법 지역은 1.53-2.21의 범위와 유기농법 지역은 1.57-2.45의 범위를 나타내

었다. 2차 조사에서 관행농법 지역은 1.90-2.74의 범위와 유기농법 지역은 0.71-2.61의 범위를 나타내었다(Table 4). 풍부도는 1차 유기농업 논에서 0.92-1.87, 2차에서 1.35-2.20의 범위를 나타내었으며, 균등도는 각각 0.71-1.32, 0.32-1.19를 나타내었으며 관행 논에서도 유사한 결과를 보여주었다.

4. 유기농업논과 관행농업 논 의 차이

조사기간 동안 출현한 저서성대형무척추동물은 총 3문 5강 13목 25과 32속 36종이었는데, 출현한 분류군별 양상을 보면 주로 정수역에서 출현하는 종들이 많았지만 일반적으로 유수역에서 출현하는 다슬기나 재첩, 각다귀 등도 출현하는 것으로 보아 우리나라의 농업이 관계농업을 하기 때문에 하천지역에서 서식하는 종들이 포함되어지는 것으로 보인다.

유기농법 지역에서 출현한 분류군은 3문 4강 12목 22과 27속 28종이었고, 관행농법을 하는 지역에서 출현한 분류군은 3문 5강 10목 19과 23속 25종으로 유기농법 지역에서 3종이 더 출현하였다(Table 2, 3). 출현 분류군별 특성은 크게 유의한 결과를 찾기 힘들었고, 관행농법지역에서 출현하지 않았으나 유기농법 지역에서만 출현한 종이 11종이었고, 관행농법 지역에서만 출현한 종이 8종이었다.

1차 조사에서 개체수가 가장 많은 종은 깔다구류(*C. 1sp.*), 연못하루살이, 물달팽이, 물지렁이, 어리방물벌레였으며, 2차 조사에서는 실지렁이, 송장해엄치게, 연못하루살이, 수정또아리물달팽이, 등검은실잠자리였다. 이들 주요 종들은 유기농업 논에서 더 많이 채집되어 이들 개체군 중에서 지표생물을 선발할 수 있을 것으로 보인다(Fig. 2).

개체수는 두 지역간에 큰 차이가 있었는데, 관행농법 지역에서는 245개체가 출현한 반면 유기농법 지역에서 총 870개체가 출현하여 3.55배 이상 높게 나타났다(Table 2, 3). 이것은 예견할 수 있는 바와 같이 관행농법 지역에 유입된 농약과 같은 독성물질이 큰 영향을 주었을 것으로 판단된다.

IV. 고 찰

자연생태계의 생물다양성은 유전적 요인과 환경요인 또는 종들 상호작용을 통하여 안정적인 생태계를 유지하지만 농업생태계는 생산을 목적으로 에너지를 투입하게 되므로 논 생태계가 일정하게 유지 되지 못하고 연속적이지 못하는 특성을 가지고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 유기농업을 수행하고 있는 논에 대한 생태계를 파악하여 서식 생물들의 파괴를 최소화 하는 작업이 필요하다.

본 조사에서 총 3문 5강 13목 25과 32속 36종의 저서성대형무척추동물이 조사되었으며,

이중 유기농업 지역에서 28종이 확인되어 관행논보다 3종이 더 많아 관행논보다 유기농업으로 농사를 짓는 것이 생물다양성을 위해 더 유리함을 알 수 있었다. 한 등(2002)도 논에서 수서 무척추동물의 개체수는 관행논보다 친환경 시험구에서 58% 더 높다고 보고한바 있다. 특히 2급수 지표생물인 깔다구류(*C. 1sp.*)는 일반 관행논의 12마리에 비해 유기농 논에서 83마리로 6.9배 더 많이 서식하고 있었으며, 다슬기, 말조개, 실지렁이, 아시아실잠자리 등은 유기농업 논에서만 발견되었다(Table 2, 3). 그러나 한 등(2002)은 친환경 지역에서는 물방개와 날도래 종류가 다양하게 서식한다고 보고하였는데 본 시험에서는 물방개는 채집이 되었으나 날도래류는 채집이 되지 않았는데 이는 날도래목에 속한 종들은 대부분 유수역을 선호하는 경향성을 갖고 있기 때문으로 판단된다.

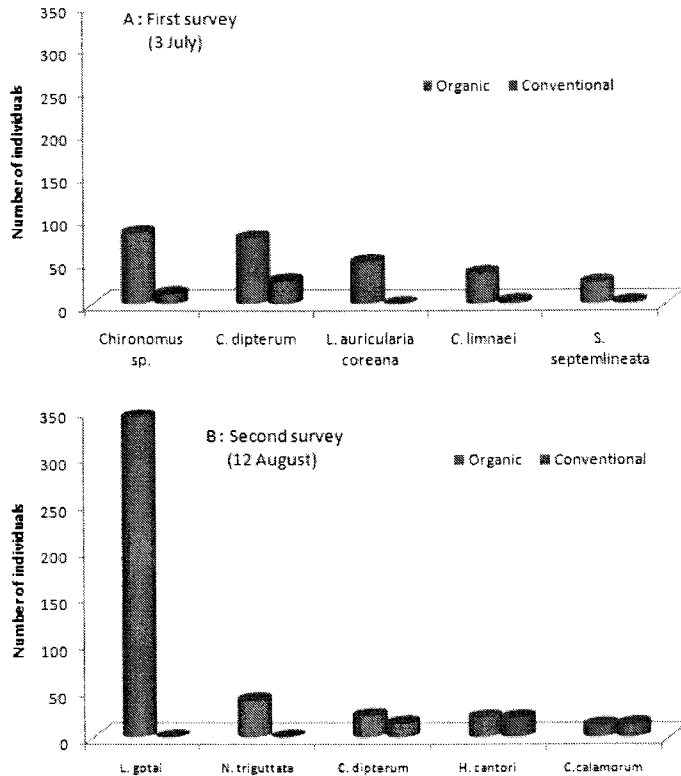


Fig. 2. Individuals of the five major species in conventional and organic paddy field.

저서성대형무척추동물의 분류군별 종수 비율을 보면 전체적으로 딱정벌레가 25.0%로 가장 높은 비율을 나타내었으며 유기농업 논에서는 연체동물문이 25.0%, 딱정벌레목이 21.4%이었으며, 관행 논에서는 딱정벌레목 24.0%, 파리목과 연체동물문이 각각 20.0%를 차지하고 있었다. 특히 1차 조사에서 잠자리목이, 2차 조사에서는 하루살이목이 관행 논에서만

채집되어 유기농업 논과 차이가 있었다. 이것은 논 생태계내 군집구조가 벼의 생육이 진행됨에 따라 변화한다는 윤(1997)의 결과처럼 시기에 따라 발생하는 종이 차이가 있음을 보여주고 있다. 한 등(2007)은 1997년부터 2006년까지 논에서 채집한 표본을 토대로 수서무척추동물이 5문 7강 72과 222종이 분포한다고 보고한바 있는데 본 시험에서의 3문 5강 13목 25과 32속 36종과는 차이가 많이 나지만 지속적인 조사가 이루어진다면 이번 보고보다는 더 많은 종류가 있을 것으로 판단된다. 개체수 비율 역시 차이가 났는데 전체적으로 환형동물문 37.7%로 많았는데 관행농업 논에서는 연체동물문이 34.3%로 더 많이 발생하였다 (Fig. 4). 관행논 1차 조사에서는 노린재목이 2차 조사에서는 연체동물문이, 유기농업 논에서는 각각 파리목, 환형동물문의 개체수 비율이 가장 높게 나타났다.

군집생태학에서 종 다양도를 나타내기 위해 가장 자주 사용되는 지수들은 Shannon지수, 종다양도, 풍부도 등이 있다(Magurran, 1988). 본 시험에서 다양도 지수는 유기농업과 관행논 모두 일정한 양상 없이 조사 지점에 따라 높거나 낮은 수치를 보여주고 있다(Table 4). 이것은 논이라고 하는 특수 생태계 때문으로 생각되는데 논은 벼를 재배한 후 물을 제거하고, 농사가 시작되는 시기에 다시 관수를 하기 때문에 서식 종의 수가 많은 제한을 갖으며, 실지렁이와 같은 종은 짧은 기간 동안에 대량증식이 이루어져서 종의 수에 비해 너무 많이 개체가 채집되는 양상을 나타나게 했다. 그러나 Nakatani와 Ishii(2002)는 노린재목을 대상으로 논에 살충제와 살균제, 제초제를 사용하는 시험구와 전혀 사용하지 않은 시험구를 만들어 시험한 결과, 농약 사용구는 종다양성이 3.61이고 사용하지 않은 시험구에서는 4.26으로 종 다양성에 차이가 많으며 종수도 44종과 56종으로 차이가 난다고 하여 친환경을 함으로써 종 다양도가 증가되는 것으로 판단된다. 균등도는 한 종의 우점도가 커질수록 0값에 접근하고 한 군집내에서 각 종들의 개체수가 비슷할 때 최대값을 보이는 특성이 있는데 본 시험에서도 우점도 지수가 큰 경우 균등도 역시 작아지는 경향을 보여주고 있었다.

논 생태계의 건전성을 평가하는 지표생물을 선별하기 위해 우점종 중에서 실지렁이나 연못하루살이가 유력할 것으로 판단되는데 최 등(2007)은 농업지역의 종 다양도 지수가 2.36으로 도시지역(1.92)과 공단지역(1.28) 보다 높으며 이를 기초로 농업 지역의 곤충 다양성 지수는 2.1 이상, 무비무농약으로 벼를 재배하는 지역에서 지표곤충은 남방폭탄먼지벌레를 선정한다. 특히 지렁이는 산성토양의 개량 효과와 여러 유기물의 섭취와 미생물의 상호작용, 영양물질의 효율성을 증가시키며, 토양내의 질소와 탄소의 재순환에 중요한 역할을 하므로(Edwards, 1988), 농업생태계를 건전하게 유지하는데 중요한 역할을 담당하고 있으며 유기농업 토양에서는 지렁이의 밀도가 증가하고 있는 추세이다(홍과 김, 2007). 이상의 결과와 보문 등을 통해 유기농업을 실시함으로써 논 생태계가 건전해짐을 알 수 있으며 실지렁이나 연못하루살이 등의 지표생물 추가와 함께 장기적인 유기농 생태계 조사가 이루어지기를 기대한다.

V. 적 요

조사지역에서 출현한 저서성대형무척추동물은 총 3문 5강 13목 25과 32속 36종이었는데, 출현한 분류군별 양상을 보면 주로 정수역에서 출현하는 종들이 많았지만 일반적으로 유수역에서 출현하는 다슬기나 재첩, 각다귀 등도 출현하였다.

유기농법 지역에서 출현한 분류군은 3문 4강 12목 22과 27속 28종이었고, 관행농법을 하는 지역에서 출현한 분류군은 3문 5강 10목 19과 23속 25종으로 유기농법 지역에서 3종이 더 출현하였다. 출현 분류군별 특성은 크게 유의한 결과를 찾기 힘들었고, 관행농법 지역에서 출현하지 않았으나 유기농법 지역에서만 출현한 종이 11종이었고, 관행농법 지역에서만 출현한 종이 8종이었다. 개체수는 두 지역간에 큰 차이가 있었는데, 관행농법 지역에서는 245개체가 출현한 반면 유기농법 지역에서 총 870개체가 출현하여 3.6배 이상 높게 나타났다.

종 다양도 지수는 1차 조사에서 관행농법 지역은 1.53-2.21의 범위와 유기농법 지역은 1.57-2.45의 범위를 나타내었다. 2차 조사에서는 각각 1.90-2.74와 0.71-2.61의 범위를 나타내어 우점도와 반대의 결과를 보여주었다.

[논문접수일 : 2009. 2. 27. 논문수정일 : 2009. 3. 9. 최종논문접수일 : 2009. 3. 24.]

참 고 문 헌

1. 권오길·박만갑·이준상. 1993. 원색 한국패류도감. 아카데미서적.
2. 김용화·윤일병·유순애. 1990. 농약이 자연 생태계에 미치는 영향 조사연구. 환경청 특정연구보고서. pp. 200.
3. 김종길·최영철·최지영·심하식·박해철·김원태·박병도·이종은·강기경·이덕배. 농업 생태계내 수서곤충류의 생태분석 및 환경평가. 한울곤지. 46(3): 335-341.
4. 김중선·나철호. 한국산 강도래목 곤충 2종(*Oyamia nigribasis*, *Kamimuria coreana*)의 생활사와 우화양상에 관한 연구. 한국육수학회지. 29(2): 75-79
5. 나철호·김중선·강양원·함순아. 1994. 한국산 강도래류 3과(넓은가슴강도래과, 그물강도래과, 강도래과)에 관한 분류학적 연구. 한국분류학회지 10(1): 1-15.
6. 나철호·조영관·김중선. 1991. 지리산 뱀사골 강도래목 유충의 계절 및 고도에 따른 분포. 한국육수학회지. 24(2): 69-76.
7. 송광래, 1995. 한국산 거머리강(환형동물문)의 분류. 고려대학교 석사학위 논문.

8. 원두희·권순직·전영철. 2005. 한국의 수서곤충. (주)생태조사단.
9. 위인선·나철호·이종빈·백순기. 1991. 수환경오염에 대한 수서곤충 지표 종에 관한 연구 - 영산강을 중심으로-. 환경생물학회지. 9: 42-54.
10. 윤일병. 1988. 한국동식물도감, 제30권 동물편(수서곤충류). 문교부.
11. 윤일병·공동수·원두희. 1992a. 금호강 수계 저서성대형무척추동물 군집의 시공간적 분포. 한국육수학회지. 25: 167-175.
12. 윤일병·공동수·유재근. 1992b. 저서성대형무척추동물에 의한 생물학적 수질평가 연구 (I). 한국환경생물학회지. 10: 24-39.
13. 윤일병·공동수·유재근. 1992c. 저서성대형무척추동물에 의한 생물학적 수질평가 연구 (II). 한국환경생물학회지. 10: 40-55.
14. 윤일병. 1995. 수서곤충검색도설. 정행사.
15. 윤종철. 1997. 논 생태계내 절지동물 군집구조와 그 변화 패턴. 서울대학교 대학원 박사 학위논문. pp. 105.
16. 조영관·백순기·김종선·나철호. 1992., 동북천 수계에 서식하는 수서곤충의 군집에 관한 연구. 한국육수학회, 26(4): 285-292.
17. 최영철·김종길·최지영·김원태·심하식·박병도. 2007. 곤충다양성 지수를 이용한 도시 및 공단지역 농경지 환경평가. 한울곤지. 46(3): 363-373.
18. 한민수. 2000. 친환경 농업 지역에서의 생물다양성 평가. 농공기술(5-6): 38-42.
19. 한민수·나은영·김진오·오영주·김성필. 2003. 노에서의 생물다양성 평가 및 지표생물 개발. 한국과학기술원 연구보고서. 371-381.
20. 한민수·강기경·김진호·김세근·고분환·박형만. 2000. 논농사에 있어서 생물 다양성 평가. 농과원 농환연보. 128-137.
21. 한민수·나영은·방혜선·김명현·김민경·노기안·이정택. 2007. 논 생태계 수서무척추동물상. 한국환경농학회지. 26(3): 267-273.
22. 한민수·신중수·나영은·이남종·박문희·김세근. 2002. 환경농업 시범마을 논시비에 따른 무척추 동물 개체수 변화. 한국환경농학회지. 21(2): 96-101.
23. 홍용·김태홍. 2007. 농생태계 서식하는 지렁이 종 분포조사. 한국환경생물학회지. 25(2): 88-93.
24. Allen, J. D. 1995. Stream ecology. Structure and function of running waters. Chapman & Hall, London.
25. Davies, S. P. 1996. 1995 NABS Secretary report. *Bull. N. Am. Benthol. Soc.*
26. Edwards, C. A. 1988. Breakdown of animal, vegetable and industrial organic wastes by earthworms. Earthworms in waste and environmental management. SPB Academic Publishing, The Hague, The Netherlands. pp. 21-31

27. Feber, R. E., L. G. Firbank, P. J. Johnson, D. W. Macdonald. 1997. The effects of organic farming on pest and non pest butterfly abundance. *Agriculture, Ecosystem and Environment*. 64: 133-139.
28. Hynes, H. B. N. 1970. *The ecology of running water*. Liverpool Univ. Press.
29. Magalof, R. 1958. Information theory in ecology. *General systematics*. 3: 36-71.
30. Magurran, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. 179pp. Cambridge University Press. London.
31. McNaughton, S. J. 1967. Relationship among functional properties of California Grassland. *Nature*. 216: 168-198.
32. Nakatani Y. and M. Ishii. 2002. Species diversity of Heteroptera communities in border vegetation of paddy fields cultivated with or without agrochemical application. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 46: 92-96.
33. Pennak, R. W. 1978. *Fresh-water invertebrates of United States*. 2nd. ED. John Wiley & Sons Inc., New York.
34. Pielou, E. C. 1969. *An introduction to mathematical ecology*. Wiley Interscience, pp. 29-331.
35. Pielou, E. C. 1975. *Ecological diversity*. Wiley, New York. 165pp.
36. Surdick, R. F., A. R. Gauffin. 1978. Environmental requirements and pollution tolerance of Plecoptera. EPA-600/4-77-062. Cincinnati, Ohio, USA.
37. Uchida, S. 1990. *Distribution of Plecoptera in the Tama-gawa river system, central Japan*. Kluwer Academic publishers.
38. Ward, J. V. 1992. *Aquatic insect ecology. 1. Biology and habitat*. John Wiley & Sons, New York.
39. Wolfgang B., A. Harenberg, J. Zimmerman, B. Wei. 2003. Biodiversity, the ultimate agri-conventional indicator? Potential and limits for the application of faunistic elements as gradual indicators in agroecosystem. *Agriculture Ecosystem & Environment*. 99-123.