

# 강릉시 주수천에 서식하는 쌀미꾸리 *Lefua costata* (Pisces: Namacheilidae)의 섭식생태

권혁영 · 한미숙<sup>1</sup> · 고명훈<sup>1,\*</sup>

에코박스, <sup>1</sup>고수생태연구소

**Feeding Ecology of the Eight Barbel Loach, *Lefua costata* (Pisces: Namacheilidae) in the Jusucheon (Stream) Gangneung-si, Korea by Hyeok-Yeong Kwon, Mee-Sook Han<sup>1</sup> and Myeong-Hun Ko<sup>1,\*</sup>** (Eco-bugs, Andong 36740, Republic of Korea; <sup>1</sup>Kosoo Ecology Institute, Seoul 07952, Republic of Korea)

**ABSTRACT** The feeding ecology of the eight barbel loach, *Lefua costata*, were investigated in the Jusucheon (Stream), Namyang-ri, Okgye-myeon, Gangneung-si, Gangwon-do, Korea from January to December 2013. *L. costata* mainly fed from March to December when the water temperature was higher than 5°C, and the feeding rate peaked in April~May and September~October. Their main food organisms analyzed by the index of relative importance (IRI) were Diptera (77.1%), Ephemeroptera (20.3%), Trichoptera (1.7%) and Odonata (0.4%) in Insecta. Other food organisms were various, such as Arhynchobdellida (0.6%) and Tubificida (0.1%) of Annelida, Nematoda (0.2%), fish (Actinopterygii, 0.1%), and Veneroida (0.01%) of the Mollusca. Major seasonal food organisms were Diptera (55.4%) and Ephemeroptera (41.6%) in spring, Diptera (92.7%) and Anelida (6.8%) in summer, Diptera (70.8%), Ephemeroptera (9.0%), Trichoptera (8.1%) and Annelida (7.7%) in autumn. By age, juvenile (0+) tended to eat only Diptera (mainly Chironomidae, 98.2%) that were relatively small in prey size. However, as it grew, the proportion of Diptera gradually decreased, and the proportion of relatively large Mayflies and Annelids increased. The size of the prey organisms showed rapid growth, with 2.5±1.05 mm for juvenile (0+), 3.2±1.29 mm for one year (1+), 3.7±2.05 mm for two years (2+), and 6.8±4.97 mm for three years or more (≥3+).

**Key words:** *Lefua costata*, eight barbel loach, feeding rate, index of relative importance (IRI), sizes of prey organisms

## 서 론

종개과(Namacheilidae) 어류는 소형 저서성 어류로 잉어목(Cypriniformes), 미꾸리상과(Cobitoidea)에 속하고, 현재 유라시아와 이티오피아에 42속 618종이 서식하고 있으며(Kottelat, 2012; Nelson *et al.*, 2016), 우리나라에서는 쌀미꾸리 *Lefua costata*, 종개 *Barbatula toni*, 대륙종개 *B. nuda* 2속 3종이 서식한다(Choi *et al.*, 1990). 본 연구종인 쌀미꾸리는 우리나라에서 제주도를 포함한 전역에 서식하는 자생종이며, 국외에는 중국과

러시아(시베리아)에 분포한다(Choi *et al.*, 1990; Kim, 1997). 서식지는 농수로나 늪, 호수의 진흙 바닥에 서식하는 것으로 알려져(Choi *et al.*, 1990; Kim, 1997) 하천 여울부의 돌과 큰돌 아래에 서식하는 근연종 종개, 대륙종개와 차이를 보인다(Byeon, 2010; Jeon and Ko, 2021). 최근 하천공사 및 농경지 정리 등의 원인으로 서식지 및 개체수가 감소되는 것으로 보고되었고, 이러한 근거로 멸종위협 등급은 2011년 준위협종(NT), 2019년은 관심대상종(LC)으로 평가되었다(NIBR, 2011, 2019).

쌀미꾸리에 대한 연구는 분류학적 연구(Yang *et al.*, 1991; Kim, 2001; Lee, 2011)와 서식지 특징과 연령(Han and Ko, 2022), 산란기 특징 및 난발생(Park *et al.*, 2020; Kim *et al.*, 2021) 등이 있다. 하지만 아직까지 섭식생태에 대한 연구는 간략

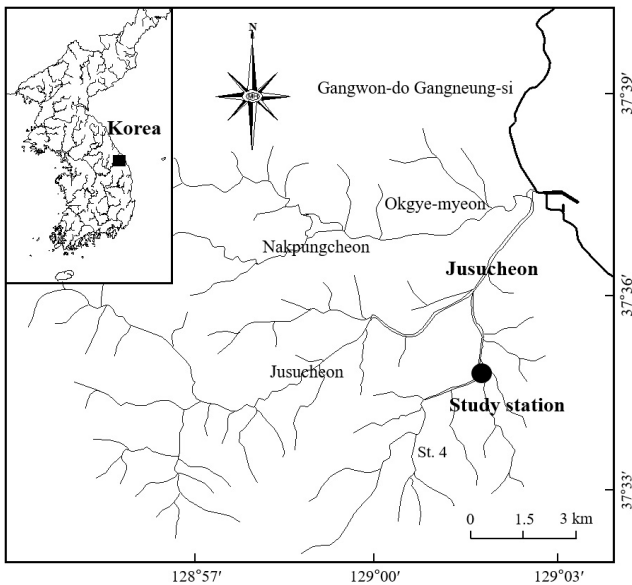
저자 직위: 권혁영(대표), 한미숙(대표이사), 고명훈(소장)  
\*Corresponding author: Myeong-Hun Ko Tel: 82-70-7370-6612,  
E-mail: hun7146@gmail.com

히 수서곤충을 먹는 것으로 알려졌을 뿐(Choi *et al.*, 1990; Kim, 1997) 자세한 연구는 진행되지 않았다.

따라서 본 연구에서는 자생종 쌀미꾸리의 섭식생태를 밝히기 위해 활동시기를 조사하고 계절별, 연령별로 먹이생물 분석하여 섭식 특징을 밝히며 나아가 근연종들과 비교·논의하고자 하였다.

### 재료 및 방법

쌀미꾸리의 섭식생태를 밝히기 위해 쌀미꾸리가 많이 서식하고 있는 강원도 강릉시 옥계면의 주수천에서 조사를 실시하였다(Fig. 1). 채집은 족대(망목 1×1, 3×3 mm)를 사용하였으며, 채집된 개체 중 식성 및 섭식량 분석이 필요한 개체는 10% 포르말린에 고정하였고 그 외 개체는 바로 방류하였다. 월별 섭식률 변화를 알아보기 위하여 2013년 매달 15일 전·후로 기온과



**Fig. 1.** Map showing the study stations of *Lefua costata* in the Jusucheon (Stream), Namyang-ri, Okgye-myeon, Gangneung-si, Gangwon-do, Korea, 2013.

**Table 1.** Total length range by age of *Lefua costata* in the Jusucheon (Stream), Okgye-myeon, Gangneung-si, Gangwon-do, Korea, April to September, 2013

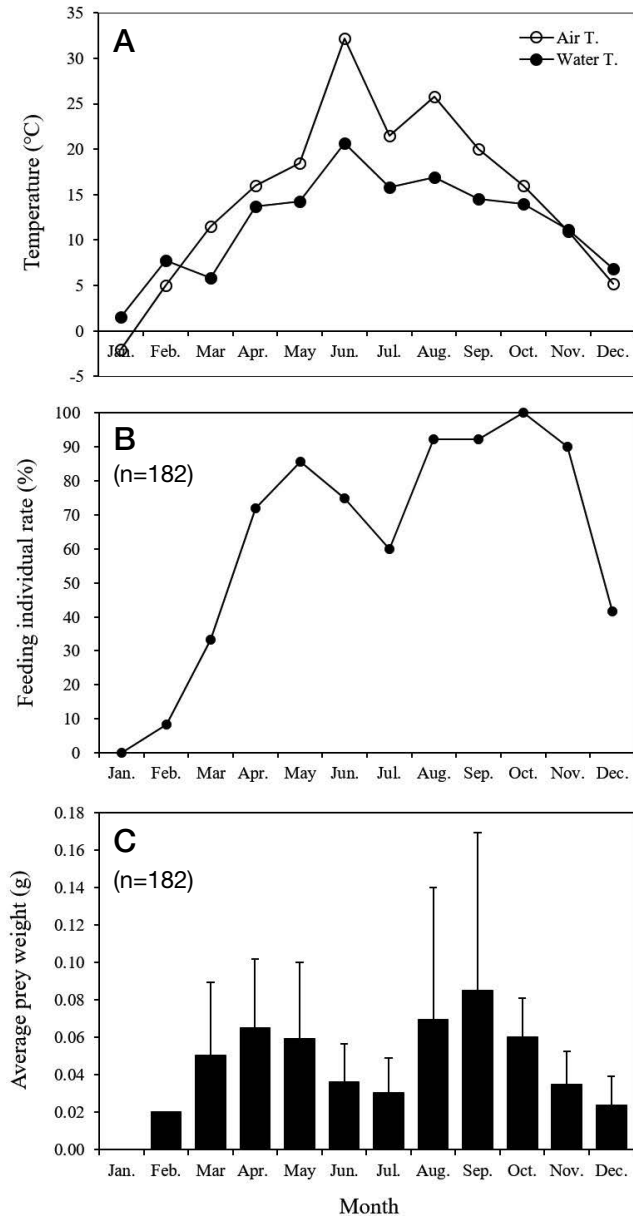
Season (Month)	Age	Total length (mm)			
		0+	1+	2+	≥3+
Spring (April)		20~39	40~55	56~69	70~93
Summer (July)		10~33	34~49	50~69	70~85
Autumn (September)		15~39	40~53	54~69	70~91

수온을 12시 기준으로 측정하고 만 2년생 이상(전장 50 mm 이상)의 개체 10~15개체를 선별하여 섭식개체율(섭식개체/전체개체×100)과 평균섭식량 변화를 조사하였는데, 먹이양은 전자저울 IZY-400 (Innotem corporation, Korea)을 이용하여 0.001 g 까지 측정하였다. 위 내용물 분석은 계절별인 4월과 7월, 9월에 채집된 개체 중 Han and Ko (2022)에 따라 연령별(0+, 1+, 2+, ≥3+, Table 1)로 구분하여 5개체를 선정하였다. 선정된 개체는 복부를 절개하여 소화관내용물을 적출한 후 해부현미경(Olympus SZX9, Japan)과 광학현미경(Olympus BX50, Japan) 상에서 Jo (1993)와 Yoon (1995), Won *et al.* (2005), Kim *et al.* (2013), Kwon *et al.* (2013), NIBR (2022) 등에 따라 먹이생물을 분류·동정하여 계수하고 eXcope (Dixi Science, Korea)를 사용하여 부피를 측정하였다. 먹이생물은 Pinkas *et al.* (1971)의 방법을 응용하여 개체수(%N)와 부피(%W), 출현빈도(%F)를 이용한 상대중요성지수(index of relative importance, IRI)로 계산( $IRI = (\%N + \%W) \times \%F$ )한 후 백분율로 환산하여(%IRI) 비교하였다. 또한 계절 및 연령에 따른 먹이변화는 상대중요성지수로 계산하여 비교하였으며, 먹이크기를 측정하여 변화폭 및 유의성을 검증하였다. 유의성은 SPSS 21.0을 사용하여 일원배치분산분석(One-way ANOVA,  $\alpha = 0.05$ )을 수행하여 검증하였다.

### 결 과

#### 1. 서식환경 및 섭식률 변화

연간 활동주기를 알아보기 위하여 월별로 온도와 섭식률(섭식개체율, 평균섭식량)을 조사하였다(Fig. 2). 1월의 기온은 -2.0, 수온도 1.5°C로 가장 낮았으며 위는 비어 있었다. 이후 2월 기온 5.0°C, 수온 7.8°C, 4월 기온 16.0°C, 수온 13.7°C, 6월 기온 32.2°C, 수온 20.6°C로 기온과 수온이 지속적으로 상승하여 최고치를 보였다. 쌀미꾸리는 2월에 1개체가 섭식을 하여 섭식개체율은 8.3%, 평균섭식량은 0.02 g이었고, 이후 3월 섭식개체율은 33.3%, 평균섭식량은 0.05±0.039 g으로 상승하였으며, 섭식개체율은 5월에 85.7%, 평균섭식량은 4월 0.06±0.037 g으로 첫 번째 정점을 보인 후 섭식개체율과 평균섭식량 모두 6월에 감소하였다. 7월은 장마의 영향으로 기온 21.5°C, 수온 15.8°C로 내려갔으나 8월은 다시 기온 25.8°C, 수온 16.9°C로 상승하였고, 9월부터 서서히 낮아지기 시작하여 10월 기온 16.0°C, 수온 14.0°C, 12월 기온 5.2°C, 수온 6.8°C를 보였다. 섭식개체율은 7월에 60.0%, 평균섭식량은 0.03±0.019 g으로 6월에 이어 연속적으로 낮아지는 경향을 보였으나, 이후 다시 높아지면서 섭식률은 10월 100.0%로 두 번째 정점을 보인 후 11월부터 낮아져 12월 41.7%로 감소하였고, 평균섭식량은 9월 0.08±0.084 g으로 정점을 보였으며 10월 이후 지속적으로 감소하여 12월 0.02±



**Fig. 2.** Monthly change in the temperature (A), feeding individual rate (B) and average prey weight (C) and of *Lefua costata* in the Jusucheon (Stream), Namyang-ri, Okgye-myeon, Gangneung-si, Gangwon-do, Korea, 2013.

0.016 g으로 낮아졌다. 따라서 쌀미꾸리의 섭식개체율과 평균섭식량으로 볼 때 주 먹이활동 시기는 수온 5°C 이상 되는 3월부터 12월까지로 추정되며, 섭식률의 정점은 4~5월, 9~10월 2번 나타났다.

**2. 위 내용물**

쌀미꾸리의 위내용물을 계절별로 분석한 결과 Table 2와 같이 나타났다. 먹이생물의 개체수에서는 절지동물문(Arthropoda),

곤충강(Insecta)의 파리목(Diptera)이 85.2%로 가장 높았고, 그 다음으로 하루살이목(Ephemeroptera) 6.4%, 날도래목(Trichoptera) 2.5%, 잠자리목(Odonata) 0.2% 순으로 많았고, 갑각강(Crustacea)의 새각목(Branchiopoda) 0.9%, 그 외 선형동물문(Nematoda, 2.4%), 환형동물문(Annelida, 1.9%), 연체동물문(Mollusca) 0.3%, 척삭동물문(Chordata) 0.1%였다. 파리목은 갈따구과가 561개체(84%)로 가장 많았으며, 그 외에 동애등애과(Stratiomyidae, 3개체), 각다귀과(Tipulidae, 2개체), 물가파리과(Ephydriidae, 2개체), 떡파리과(Simuliidae, 1개체) 순으로 많았다. 두 번째 많은 수가 포함된 하루살이목은 알락하루살이과(Ephemerellidae, 27개체), 남작하루살이과(Heptageniidae, 8개체), 하루살이과(Ephemeridae, 5개체), 꼬마하루살이과(Baetidae, 3개체) 순으로 나타났는데, 알락하루살이과는 민하루살이 *Cincticostella levanidovae* (13개체), 등줄하루살이 *Teloganopsis punctisetae* (1개체), 미동정 개체(13개체)였다. 세 번째 많은 수가 나타난 날도래목은 네모집날도래과(Lepidostomatidae, 12개체), 우묵날도래과(Limnephilidae, 2개체), 가시날도래과(Goeridae, 1개체), 나비날도래과(Leptoceridae, 1개체), 날도래과(Phryganeidae, 1개체) 순이었다. 그리고 잠자리목은 물잠자리과(Calopterygidae) 1개체가, 갑각강의 새각목은 코끼리물벼룩과(Bosminidae) 6개체가 관찰되었다. 그 외에 선형동물문은 미동정 16개체가 관찰되었고, 환형동물문은 환대강(Clitellata)의 실지렁이목(Tubificida), 실지렁이과(Tubificidae, 10개체), 턱거머리목(Arhyndobdellida), 돌거머리과(Erpbodellidae), 돌거머리(*Erpbodella lineata*, 3개체)가 확인되었으며, 이매패강(Bivalvia)의 백합목(Veneroidea, 2개체), 마지막으로 본 연구종인 척삭동물문, 잉어목(Cypriniformes), 종개과(Namacheilidae)의 쌀미꾸리 1개체가 확인되었다.

먹이생물의 부피비에서는 하루살이목이 38.7%로 가장 높았고, 그 다음으로 잠자리목 27.9%, 턱거머리목 13.4%, 파리목 7.1%, 잉어목 8.3%, 날도래목 3.6% 등의 순으로 우세하게 나타났다. 출현빈도는 파리목이 90.0%로 가장 높았고, 하루살이목 48.3%, 날도래목 30.0%, 선형동물문 8.3%, 실지렁이목 6.7%, 턱거머리목 5.0%, 연체동물문 3.3% 등의 순으로 높았다. 먹이생물의 개체수, 부피비, 출현빈도를 모두 포함하여 계산하는 상대중요성지수(IRI)로 분석한 결과, 파리목 77.1%, 하루살이목 20.3%, 날도래목 1.7%, 턱거머리목 0.6%, 잠자리목 0.4%, 선형동물문 0.2% 등의 순으로 나타나 파리목과 하루살이목이 가장 중요한 먹이생물이었다.

**3. 계절 및 연령에 따른 먹이조성 변화**

계절 및 연령에 따른 먹이생물의 상대중요성지수 결과는 Fig. 3과 같다. 전체 연령별 조성을 보면, 당년생(0+)는 파리목 98.2%, 하루살이목 1.4% 등으로 파리목이 월등히 높았고, 1년

**Table 2.** The number, weight, occurrence ratio and index of relative importance (IRI) of the stomach content compositions of *Lefus costata* (n = 60) in the Jusucheon (Stream), Namyang-ri, Okgye-myeon, Gangneung-si, Gangwon-do, Korea, April to September, 2013

Prey organism	Number				Number (%)	Weight (%)	Occurrence (%)	IRI	IRI (%)
	Apr. (n = 20)	Jul. (n = 20)	Sep. (n = 20)	Total					
<b>Phylum Arthropoda 절지동물문</b>									
<b>Class Insecta 곤충강</b>									
<b>Order Diptera 파리목</b>	<b>107</b>	<b>390</b>	<b>72</b>	<b>569</b>	<b>85.2</b>	<b>7.1</b>	<b>90.0</b>	<b>8304.1</b>	<b>77.1</b>
Family Tipulidae 각다귀과									
<i>Antocha</i> KUa 명주각다귀 KUa	1			1	0.1	0.4	1.7		
<i>Tipula latemarginata</i> 애아이노각다귀			1	1	0.1	1.9	1.7		
Family Chironomidae 깔따구과	105	388	68	561	84.0	3.6	88.3		
Family Stratiomyidae 동애등에과	1		2	3	0.4	0.2	5.0		
Family Ephydriidae 물가파리과		2		2	0.3	1.0	3.3		
Family Simuliidae 딱파리과			1	1	0.1	0.0	1.7		
<b>Order Ephemeroptera 하루살이목</b>	<b>30</b>	<b>2</b>	<b>11</b>	<b>43</b>	<b>6.4</b>	<b>38.7</b>	<b>48.3</b>	<b>2182.0</b>	<b>20.3</b>
Family Ephemeridae 하루살이과	3	2		5	0.7	2.3	6.7		
Family Ephemerellidae 알락하루살이과									
<i>Cincticostella levanidovae</i> 민하루살이	2		11	13	1.9	6.5	13.3		
<i>Teloganopsis punctisetae</i> 등줄하루살이	1			1	0.1	0.1	1.7		
Ephemerellidae spp.	13			13	1.9	15.1	11.7		
Family Baetidae 꼬마하루살이과	3			3	0.4	0.2	5.0		
Family Heptageniidae 납작하루살이과									
<i>Ecdyonurus levis</i> 네점하루살이	3			3	0.4	4.3	3.3		
Unidentification spp.	5			5	0.7	10.2	6.7		
<b>Order Trichoptera 날도래목</b>	<b>4</b>		<b>13</b>	<b>17</b>	<b>2.5</b>	<b>3.6</b>	<b>30.0</b>	<b>184.5</b>	<b>1.7</b>
Family Goeridae 가시날도래과	1			1	0.1	0.6	1.7		
Family Lepidostomatidae 네모집날도래과			12	12	1.8	2.3	11.7		
Family Leptoceridae 나비날도래과	1			1	0.1	0.1	1.7		
Family Limnephilidae 우묵날도래과					0.0	0.0	0.0		
<i>Nothopsyche</i> KUa 갈색우묵날도래 KUa	2			2	0.3	0.6	3.3		
Family Phryganeidae 날도래과			1	1	0.1	0.0	1.7		
<b>Order Odonata 잠자리목</b>	<b>1</b>			<b>1</b>	<b>0.2</b>	<b>27.9</b>	<b>1.7</b>	<b>46.8</b>	<b>0.4</b>
Family Calopterygidae 물잠자리과	1			1	0.1	27.9	1.7		
<b>Class Crustacea 갑각강</b>									
<b>Order Branchiopoda 새각목</b>	<b>6</b>			<b>6</b>	<b>0.9</b>	<b>0.0</b>	<b>1.7</b>	<b>1.5</b>	<b>0.0</b>
Family Bosminidae 코끼리물벼룩과	6			6	0.9	0.0	1.7		
<b>Phylum Nematoda 선형동물문</b>									
Nematoda spp.		3	13	16	2.4	0.2	8.3	21.3	0.2
<b>Phylum Mollusca 연체동물문</b>									
<b>Class Bivalvia 이매패강</b>									
<b>Order Veneroida 백합목</b>		1	1	2	0.3	0.1	3.3	1.4	0.0
<b>Phylum Annelida 환형동물문</b>									
<b>Class Clitellata 환대강</b>									
<b>Order Arhynchobdellida 턱거머리목</b>		1	2	3	0.4	13.4	5.0	69.2	0.6
Family Erpobdellidae 돌거머리과									
<i>Erpobdella lineata</i> 돌거머리		1	2	3	0.4	13.4	5.0		
<b>Order Tubificida 실지렁이목</b>		8	2	10	1.5	0.6	6.7	14.0	0.1
Family Tubificidae 실지렁이과		8	2	10	1.5	0.6	6.7		
<b>Phylum Chordata 척삭동물문</b>									
<b>Class Actinopterygii 조기강</b>									
<b>Order Cypriniformes 잉어목</b>			1	1	0.1	8.3	1.7	14.1	0.1
Family Nacheilidae 종개과									
<i>Lefua costata</i> 쌀미꾸리			1	1	0.1	8.3	1.7		
Total	148	405	115	668		100.0		10838.9	100.0

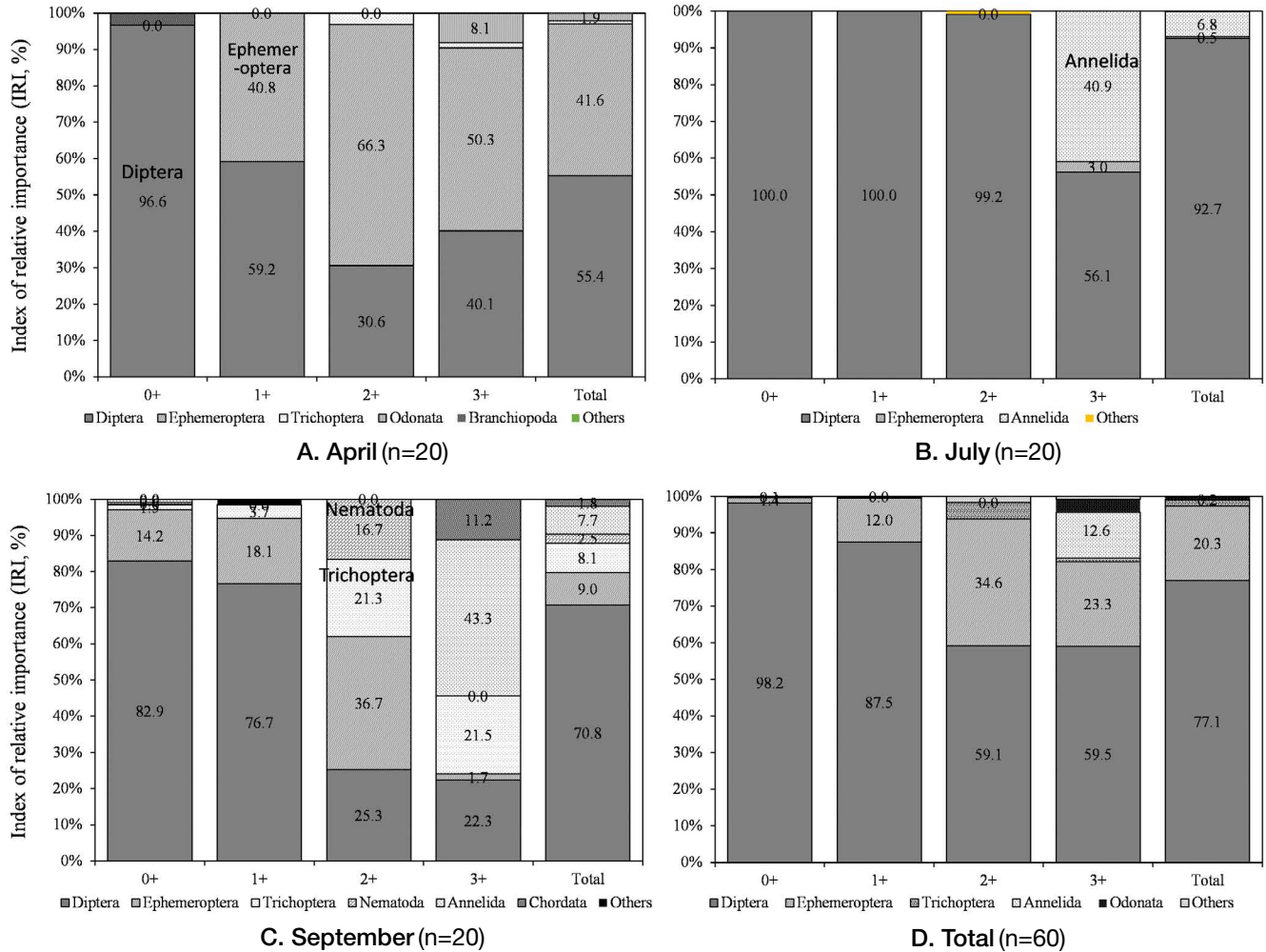


Fig. 3. Seasonal and ontogenetic (age) changes in composition of stomach contents by index of relative importance (IRI) of *Lefua costata* (n = 60) in the Jusucheon (Stream), Namyang-ri, Okgye-myeon, Gangneung-si, Gangwon-do, Korea, April to September, 2013.

생(1+)은 파리목 87.5%, 하루살이목 12.0% 등의 순으로 1년생보다 파리목이 소폭 감소하고 하루살이목이 소폭 증가하였다. 2년생(2+)은 파리목 59.1%, 하루살이목 34.6%, 날도래목 4.5% 등의 순으로 나타나 1년생보다 파리목은 대폭 감소하고 하루살이목과 날도래목이 대폭 증가하였으며, 3년생 이상(≥3+)은 파리목 59.5%, 하루살이목 23.3%, 환형동물문 12.6%, 잠자리목 3.6%, 날도래목 1.0% 등의 순으로 2년생보다 환형동물문과 잠자리목이 증가하고 하루살이목과 날도래목은 감소하였으며 파리목은 변화가 없었다(Fig. 3D).

1) 봄(4월)

4월의 전체 먹이조성은 파리목 55.4%, 하루살이목 41.6%, 잠자리목 1.9%, 날도래목 0.9% 등의 순서로 나타나 파리목과 하루살이목이 대부분을 차지하였다. 연령별로 보면, 당년생 치어는 파리목이 96.6%, 새각목 3.4%로 파리목이 매우 높은 비율을 차

지하였고, 1년생은 파리목 59.2%, 하루살이목 40.8%로 파리목의 비율이 감소하고 하루살이목의 급격히 증가하였다. 또한 2년생은 하루살이목이 66.3%, 파리목 30.6%, 날도래목 3.1%로 1년생보다 하루살이목과 날도래목이 증가한 반면 파리목은 급격히 감소하였으며, 3년생 이상은 하루살이목 50.3%, 파리목 40.1%, 잠자리목 8.1%, 날도래목 1.5% 등으로 나타나 2년생보다 하루살이목과 날도래목은 감소하고 파리목과 잠자리목은 증가하였다(Fig. 3A).

2) 여름(7월)

7월의 전체 먹이조성은 파리목 92.7%, 환형동물문 6.8%, 하루살이목 0.5% 등의 순으로 나타나 파리목의 비율이 월등히 높았다. 당년생과 1년생은 모두 파리목만 섭식하였고, 2년생은 파리목 99.2%, 연체동물문 0.5%, 선형동물문 0.3%로 파리목이 월등히 높았으며, 3년생 이상은 파리목 56.1%, 환형동물문 40.9%,

하루살이목 3.0% 등으로 2년생보다 환형동물문과 하루살이목이 급격히 증가하고 파리목은 급격히 감소하였다(Fig. 3B).

3) 가을(9월)

9월의 전체 먹이조성은 파리목 70.8%, 하루살이목 9.0%, 날도래목 8.1%, 환형동물문 7.7%, 선형동물문 2.5% 등의 순으로 나타나 파리목의 비율이 매우 높았다. 당년생은 파리목 82.9%, 하루살이목 14.2%, 날도래목 1.5% 등의 순으로 높게 나타나 파리목의 비율이 월등히 높았고, 1년생은 파리목 76.7%, 하루살이목 18.1%, 날도래목 3.7% 등의 순으로 나타나 당년생보다 파리목은 소폭 감소하고 하루살이목과 날도래목이 소폭 증가하였다. 또한 2년생은 하루살이목 36.7%, 파리목 25.3%, 날도래목 21.3%, 선형동물문 16.7% 등의 순으로 나타나 1년생보다 하루살이목과 날도래목, 선형동물문이 급격히 증가하고 파리목이 급격히 감소하였으며, 3년생 이상은 환형동물문 43.3%, 파리목 22.3%, 날도래목 21.5%, 척삭동물문 11.2%, 하루살이목 1.7%

등의 순으로 나타나 2년생보다 환형동물문과 척삭동물문이 급격히 상승하고 하루살이목이 급격히 감소하였다(Fig. 3C).

4. 성장에 따른 먹이 크기 변화

연령별 먹이생물의 크기를 측정하여 비교한 결과 Fig. 4와 같다. 전체 먹이생물 크기를 보면, 당년생(0+) 2.5±1.05 mm, 1년생(1+) 3.2±1.29 mm, 2년생(2+) 3.7±2.05 mm, 3년생 이상(≥3+) 6.8±4.97 mm로 나타나 연령이 높아지면서 먹이생물의 크기는 급격히 커지는 경향을 보였는데(Fig. 4D), 통계적 유의성은 당년생과 1년생은 차이가 없었으나(One-way-ANOVA,  $P>0.05$ ), 1년생과 2년생은 약간의 유의성을( $P<0.05$ ), 2년생과 3년생 이상은 큰 유의성을 보였다( $P<0.001$ ). 먹이생물의 수는 당년생 160개, 1년생 187개, 2년생 194개, 3년생 이상 127개로 당년생에서 2년생까지 지속적으로 증가하였으나 이후 3년생 이상은 크게 감소하여 가장 적었다.

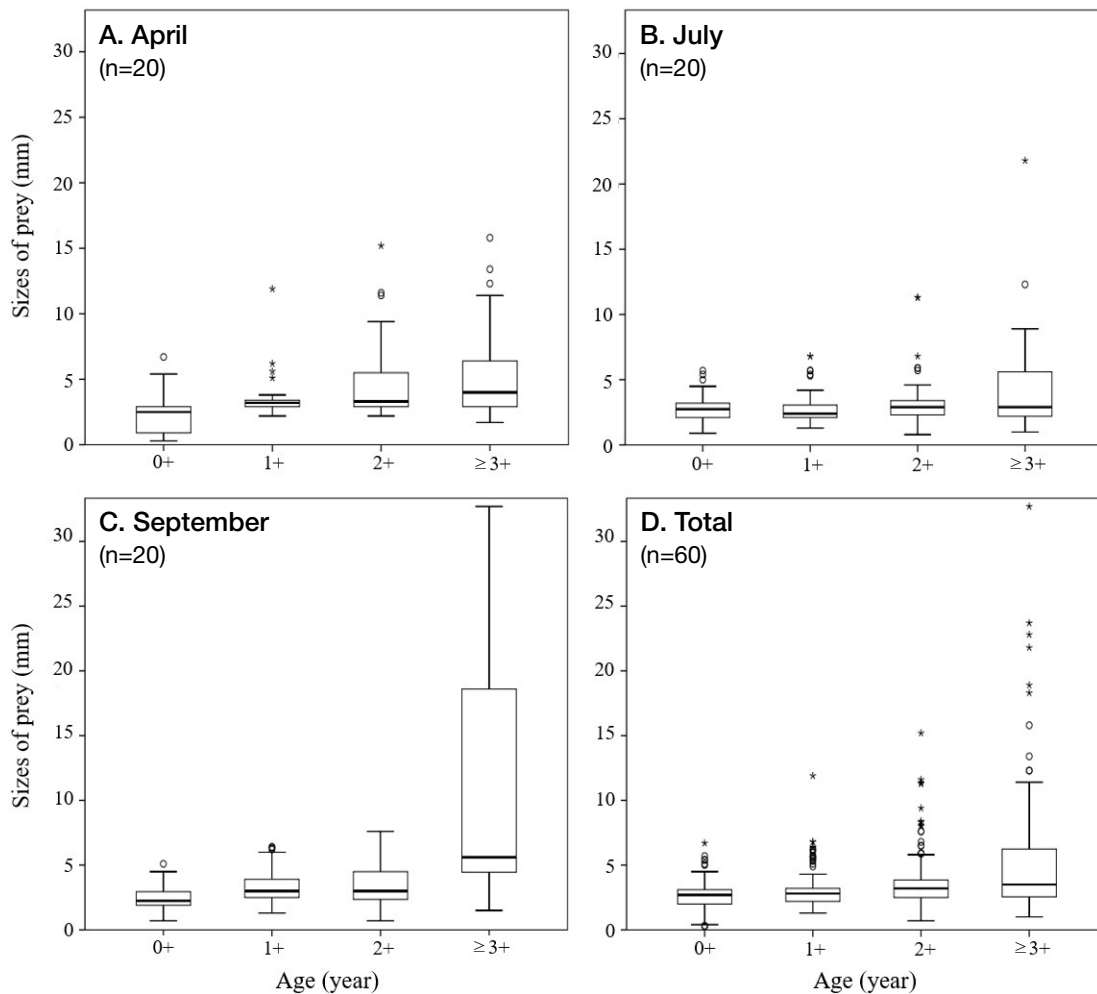


Fig. 4. Ontogenetic change in sizes of prey organisms of *Lefua costata* (n=60) in the Jusucheon (Stream), Namyang-ri, Okgye-myeon, Gangneung-si, Gangwon-do, Korea, April to September, 2013. The diagrams indicate the median (horizontal line) and 50% range (rectangle). Open circle indicate potential outlier and black star indicate extreme value.

### 1) 봄(4월)

4월의 먹이생물 크기를 보면, 당년생  $2.3 \pm 1.56$  mm, 1년생  $3.6 \pm 1.96$  mm, 2년생  $4.6 \pm 2.94$  mm, 3년생 이상  $5.3 \pm 3.36$  mm로 먹이생물은 연령이 높아지면서 급격히 커지는 경향을 보였으며(Fig. 4A), 통계적 유의성은 당년생은 1~3년생 이상, 1년생과 3년생 이상은 유의한 차이를 보였으나( $P < 0.05$ ) 1년생과 2년생, 2년생과 3년생 이상은 유의한 차이를 보이지 않았다( $P > 0.05$ ). 먹이생물의 수는 당년생 26개, 1년생 27개, 2년생 45개, 3년생 이상 50개로 연령이 높아지면서 모두 먹이생물 수도 증가하였다.

### 2) 여름(7월)

7월의 먹이생물 크기를 보면, 당년생  $2.8 \pm 0.89$  mm, 1년생  $2.7 \pm 0.93$  mm, 2년생  $3.1 \pm 1.50$  mm, 3년생 이상  $4.2 \pm 3.32$  mm로 대체로 연령이 높아지면서 커지는 경향을 보였으나(Fig. 4B), 통계적 유의성은 당년생과 1년생, 2년생은 서로 유의한 차이가 없었으며( $P > 0.05$ ) 이들과 3년생 이상은 모두 유의한 차이를 보였다( $P < 0.01$ ). 먹이생물의 수는 당년생 102개, 1년생 127개, 2년생 113개, 3년생 이상 62개로 1년생이 가장 많고 3년생 이상이 가장 적었다.

### 3) 가을(9월)

9월의 먹이생물 크기를 보면, 당년생  $2.4 \pm 0.96$  mm, 1년생  $3.4 \pm 1.50$  mm, 2년생  $3.4 \pm 1.71$  mm, 3년생 이상  $11.0 \pm 9.71$  mm로 먹이생물은 연령이 높아지면서 커지는 경향을 보였는데(Fig. 4C), 통계적 유의성은 당년생과 1년생, 2년생은 서로 유의한 차이가 없었으며( $P > 0.05$ ) 이들과 3년생 이상은 모두 큰 유의한 차이를 보였다( $P < 0.001$ ). 먹이생물의 수는 당년생 32개, 1년생 33개, 2년생 36개, 3년생 이상 15개로 당년생부터 2년생은 대체로 유사한 먹이수를 보였으나 3년생 이상은 이들의 절반 이하의 먹이생물수를 보여 차이를 보였다.

## 고 찰

쌀미꾸리의 연 활동주기는 섭식체온과 평균섭식량으로 볼 때 주로 수온  $5^{\circ}\text{C}$  이상 되는 3월부터 12월까지로 나타나고 4~5월, 9~10월에 높게 나타나고 여름인 6~7월은 비교적 낮게 나타났다. 이러한 원인은 4~5월이 산란을 위해, 9~10월은 월동을 위해 섭식률이 급격히 증가하나 6~7월은 장마로 인해 유량이 급격히 증가하고 먹이생물이 많이 유실되기 때문에 감소하는 것으로 알려졌으며, 같은과의 종개(Jeon and Ko, 2021), 근연과인 미꾸리과(Cobitidae)의 참종개 *Iksookimia koreensis* (Ko et al., 2009), 왕종개 *I. longicarpa* (Kim and Ko, 2005), 북방종개 *I. pacifica* (Ko, 2015), 동방종개 *I. yongdokensis* (Ko et al.,

2016), 줄종개 *Cobitis tetralineata* (Kim et al., 2006), 점줄종개 *C. nalbanti* (Ko et al., 2009)와 유사하게 두 번의 정점을 보였으나 정점 시기는 약간의 차이를 보였다. 한편 일 활동주기에서 미꾸리과의 왕종개(Kim and Ko, 2005)와 참종개(Ko et al., 2009), 북방종개(Ko, 2015), 동방종개(Ko et al., 2018), 줄종개(Kim et al., 2006)와 점줄종개(Ko et al., 2009), 미호종개 *C. choii* (Ko and Bang, 2018) 등은 주행성 어류로, 얼룩새코미꾸리 *Koreocobitis naktongensis*는 야행성 어류로 보고되었는데(ME, 2009), 추후 종개과 어류에서도 일 활동주기에 대한 연구가 필요하다고 생각된다.

쌀미꾸리는 주로 수서곤충과 작은 동물들을 섭식하는 것으로 간략히 보고되었는데(Choi et al., 1990; Kim, 1997), 본 조사에서 상대중요성지수(IRI%)로 분석한 결과, 절지동물문 곤충강의 파리목(77.1%), 하루살이목(20.3%), 날도래목(1.7%) 등을 주로 섭식하는 식충성 어류로 나타났다. 같은과의 종개는 상대중요성지수(IRI%)로 곤충강의 파리목(57.0%)과 하루살이목(29.3%), 날도래목(13.5%) 등을 주로 섭식하는 것으로 보고되어(Jeon and Ko, 2021) 주요 먹이생물은 동일하였으나 비율에는 차이를 보였고, 대륙종개는 먹이수로 파리목(73.8%), 하루살이목(23.2%), 날도래목(3.0%) 순으로 높게 나타난다고 보고하여(Byeon, 2010) 주요 먹이생물 순서는 동일하였으나 비율에는 차이를 보였다. 본 조사지역에서 쌀미꾸리는 수심 40~80 cm의 유속이 느리고 하상은 펄이며 수초가 많은 소에 주로 서식하는 것으로 보고되었고(Han and Ko, 2022), 주로 섭식한 파리목, 하루살이목, 날도래목의 먹이생물은 주로 정수 및 유수지역에 널리 서식하는 저서성대형무척추동물로, 유충 시기의 령기별 크기가 다양하여 쌀미꾸리의 생육단계별 맞춤형 먹이원으로 쉽게 이용되었을 것으로 판단된다. 또한 근연종 종개와 대륙종개의 주요 먹이생물 비율에서 차이를 보이는 것은 서식지 차이, 즉 종개와 대륙종개는 유수역의 큰돌과 돌, 자갈에 주로 서식하기 때문에(Byeon, 2010; Jeon and Ko, 2021) 쌀미꾸리와 차이를 보이는 것으로 추정된다.

계절별 먹이생물은 봄(4월)에 파리목(55.4%)과 하루살이목(41.6%) 등을, 여름(7월)에 파리목(92.7%)과 환형동물문(6.8%) 등을, 가을(9월)에 파리목(70.8%), 하루살이목(9.0%), 날도래목(8.1%), 환형동물문(7.7%) 등을 주로 섭식하여 큰 차이를 보였다. 종개도 봄에 파리목과 하루살이목, 여름에는 하루살이목과 파리목, 가을에는 파리목과 날도래목을 섭식하는 비율이 높은 것으로 보고하여(Jeon and Ko, 2021) 계절별 주요 먹이생물에는 차이가 있으나 계절에 따라 먹이생물이 크게 변하는 것은 동일하였다. 이러한 현상은 환경적 변화와 관련이 있는데(Wotton, 1990), 특히 계절에 따라 주 먹이생물인 수서곤충의 유충이 성충으로 우화하고 여름의 장마로 인해 먹이생물이 유실되면서 종조성에 변화가 있기 때문이었을 것으로 판단된다.

어류는 성장함에 따라 먹이생물이 크게 변화하는데, 쌀미꾸리

는 당년생과 1년생은 비교적 크기가 작은 파리목의 깔따구를 주로 섭식하나 성장함에 따라 깔따구의 비율이 감소하고 2년생은 하루살이목, 3년생 이상은 환형동물문, 잠자리목 등으로 비교적 크기가 큰 먹이생물로 바뀌었다. 특히 3년생 이상은 환형동물문의 턱거머리목과 실지렁이목, 잠자리목, 어류 등 크기가 크고 다양한 수생동물을 섭식하였기 때문에 당년생~2년생보다도 먹이 수가 적었던 것으로 판단된다. 종개는 당년생이 크기가 작은 파리목과 날도래목을 주로 섭식하지만 성장하면서 파리목과 날도래목은 감소하고 크기가 큰 하루살이목의 비율이 증가하는 것으로 보고되었고(Jeon and Ko, 2021), 대륙종개도 당년생이 크기가 작은 파리목을 주로 섭식하지만 성장하면서 파리목의 비율이 감소하고 크기가 큰 하루살이목의 비율이 급격히 증가하는 것으로 보고되어(Byeon, 2010) 성장하면서 작은 크기의 먹이에서 큰 먹이로의 변화는 동일하였으나 먹이생물 구성에는 차이를 보였다.

생육단계 및 계절에 따른 쌀미꾸리의 먹이섭식 특성 분석 결과, 단계별 먹이선택의 특이성을 보였으나 이는 특정 분류군을 먹이원으로써 선호하는 습성보다는 해당 계절 및 생육단계에 적합한 먹이원의 크기를 선택함에 따른 결과로 판단된다. 특히 여름철에 전체 생육단계에서 파리목의 섭식비율이 높은 점은 부화 직후 수서곤충의 비율이 높아(Dineen *et al.*, 2007) 상대적으로 개체수가 많은 파리목을 주먹이원으로 선택하는 경향을 보인 것으로 판단되며, 어린 개체들의 파리목 섭식비율이 높은 것은 상대적으로 포식이 용이한 소형의 깔따구류를 먹이원으로 선택했기 때문으로 사료된다.

9월에 채집된 쌀미꾸리 1개체(전장 81 mm, 암컷, 3년생 이상)의 먹이생물에서 쌀미꾸리 1개체가 관찰되었는데, 이 개체는 당년생 치어로 약 전장 32.7 mm였다. 동종포식(carnivalism)은 경골어류 중 Ingraulidae, Esoquidae, Poeciliidae, Gasterosteidae, Percidae, Cyprinidae가 대표적이며 36과 이상에서 보고되었고(Smith and Reay, 1991; Manica, 2002), 우리나라에서는 포식성이 강한 외래종 배스 *Micropterus salmoides*에서 동종포식이 보고되었다(Ko *et al.*, 2008; Park *et al.*, 2019, 2021). 하지만 아직까지 미꾸리상과에 포함되는 종개과와 미꾸리과 어류에서 동종포식은 보고된 바 없어 특이현상으로 주목되었다.

## 요 약

쌀미꾸리 *Lefua costata*의 섭식생태를 밝히기 위해 2013년 1월부터 12월까지 강원도 강릉시 옥계면 남양리에서 조사를 실시하였다. 쌀미꾸리는 주로 수온 5°C 이상 되는 3월부터 12월까지 섭식을 하였고, 섭식률은 4~5월, 9~10월에 정점을 보였다. 위 내용물을 상대중요성지수(IRS)로 분석한 결과, 주로 절지동물문(Arthropoda) 곤충강(Insecta)의 파리목(Diptera, 77.1%),

하루살이목(Ephemeroptera, 20.3%), 날도래목(Trichoptera, 1.7%), 잠자리목(Odonata, 0.4%)이었으며, 그 외 먹이생물은 환형동물문(Annelida)의 턱거머리목(Arhyngobdellida, 0.6%)과 실지렁이목(Tubificida, 0.1%), 선형동물문(Nematoda, 0.2%), 어류(Actinopterygii, 0.1%), 연체동물문(Mollusca)의 백합목(Veneroida) 등 다양하였다. 계절별로 보면, 봄에는 파리목(55.4%)과 하루살이목(41.6%)을, 여름에는 파리목(92.7%)과 환형동물문(Annelida, 6.8%)을, 가을에는 파리목(70.8%)과 하루살이목(9.0%), 날도래목(8.1%), 환형동물문(7.7%)을 주로 섭식하였다. 연령별로 보면 당년생 치어(0+)는 비교적 먹이 크기가 작은 파리목(주로 깔따구과(Chironomidae), 98.2%)만 거의 섭식한 반면, 성장하면서 파리목의 비율이 점점 감소하고 비교적 크기가 큰 하루살이목과 환형동물문의 비율이 증가하였다. 먹이생물 크기는 당년생 치어(0+) 2.5 ± 1.05 mm, 1년생(1+) 3.2 ± 1.29 mm, 2년생(2+) 3.7 ± 2.05 mm, 3년생 이상(≥3+) 6.8 ± 4.97 mm로 성장하면서 급격히 커지는 경향을 보였다.

## REFERENCES

- Byeon, H.K. 2010. Ecological study of *Orthrias nudus* (Balitoridae) in the Eoron Stream of Korea. Korean J. Ichthyol., 22: 162-167.
- Choi, K.C., S.R. Jeon, I.S. Kim and Y.M. Son. 1990. Coloured illustrations of the freshwater fishes of Korea. Hyangmun Publishing Co. Ltd., Seoul, Korea, 277pp.
- Dineen, G., S.S.C. Harrison and P.S. Giller. 2007. Seasonal analysis of aquatic and terrestrial invertebrate supply to streams with grassland and deciduous riparian vegetation. Biol. Environ., 107B: 167-182.
- Han, M.S. and M.H. Ko. 2022. Fish community characteristics, and habitat characteristics and the age of the eight barbel loach, *Lefua costata* (Pisces: Nacheilidae) in the Jusuchon of Gangneung-si. Korean J. Ichthyol., 34: 160-171. <https://doi.org/10.35399/ISK.34.3.2>.
- Jeon, Y.L. and M.H. Ko. 2021. Habitat characteristics and feeding ecology of the siberian stone loach *Barbatula toni* (Pisces: Nacheilidae) in the Bukcheon (Stream). Korean J. Ichthyol., 33: 278-286. <https://doi.org/10.35399/ISK.33.4.8>.
- Jo, K.S. 1993. Illustration of the freshwater zooplankton of Korea. Academy Publishing Company, Seoul, Korea, 387pp.
- Kim, H.S., M.S. Han and M.H. Ko. 2021. Spawning period characteristics and early life history of the eight barbel loach, *Lefua costata* (Pisces: Balitoridae). Korean J. Environ. Ecol., 35: 285-293. <https://doi.org/10.13047/KJEE.2021.35.3.285>.
- Kim, I.S. 1997. Illustrated encyclopedia of fauna & flora of Korea, Vol. 37, Freshwater fishes. Ministry of Education, Yeongi, Korea, 518pp.
- Kim, I.S. and M.H. Ko. 2005. Ecology of *Iksookimia longicarpa* (Cobitidae) in the Seomjin River, Korea. Korean J. Ichthyol., 17:



- 112-122.
- Kim, I.S., M.H. Ko. and J.Y. Park. 2006. Population ecology of Korean sand loach *Cobitis tetralineata* (Pisces: Cobitidae) in the Seomjin River, Korea. *J. Ecol. Field Biol.*, 29: 277-286.
- Kim, M.C., S.P. Cheon and J.G. Lee. 2013. Invertebrates in Korean freshwater ecosystems. Geobook, Seoul, Korea, 483pp.
- Kim, S.Y. 2001. Molecular phylogeny of family Cobitidae (Pisces, Cypriniformes) of Korea inferred from nucleotide sequence of mitochondrial cytochrome *b* gene. Doctoral Thesis, Chonbuk National University, Jeonju, Korea, 108pp.
- Ko, M.H. 2015. Habitat characteristics and feeding ecology of the Korean endemic species, *Iksookimia pacifica* (Pisces: Cobitidae) in the Bukcheon (stream), Korea. *Korean J. Ichthyol.*, 27: 275-283.
- Ko, M.H. and I.C. Bang. 2018. Habitat characteristics, age, feeding ecology of the endangered miho spine loach, *Cobitis choii* (Pisces: Cobitidae). *Korean J. Ichthyol.*, 30: 92-99.
- Ko, M.H., H.J. Kim, R.Y. Myung and Y.J. Won. 2018. The activity period and feeding ecology of the Korean eastern spined loach, *Iksookimia yongdokensis* (Pisces: Cobitidae). *Korean J. Ichthyol.*, 30: 27-35.
- Ko, M.H., J.Y. Park and S.H. Kim. 2009. Habitat environment and feeding habitat of *Iksookimia koreensis* and *Cobitis lutheri* (Pisces: Cobitidae) in the Mangyeong River, Korea. *Korean J. Ichthyol.*, 21: 253-261.
- Ko, M.H., J.Y. Park and Y.J. Lee. 2008. Feeding habitats of an introduced large mouth bass, *Micropterus salmoides* (Perciformes; Centrarchidae), and its influence on ichthyofauna in the Lake Okjeong, Korea. *Korean J. Ichthyol.*, 20: 36-44.
- Ko, M.H., Y.S. Jeon and Y.J. Won. 2016. The habitat, age and spawning characteristics of the Korean eastern spined loach, *Iksookimia yongdokensis* (Pisces: Cobitidae) in the Chuksancheon (stream), Korea. *Korean J. Ichthyol.*, 28: 72-78.
- Kottelat, M. 2012. Conspectus cobitidum: an inventory of the loaches of the world (Teleostei: Cypriniformes: Cobitoidei). *The Raffles Bull. Zool., Suppl.*, 26: 1-199.
- Kwon, S.J., Y.C. Jeon and J.H. Park. 2013. Benthic macroinvertebrates. *Nature & Ecology*, Seoul, Korea, 791pp.
- Lee, K.S. 2011. A taxonomic study on the eight barbel loach, *Lefua costata* (Pisces: Balitoridae), from Korea. Master Thesis, Chonbuk National University, Jeonju, Korea, 36pp.
- Manica, A. 2002. Filial cannibalism in teleost fish. *Biol. Rev.*, 77: 261-277. <https://doi.org/10.1017/S1464793101005905>.
- ME (Ministry of Environment). 2009. Development of culture techniques and construction of monitoring system for released seedlings of endangered fish *Koreocobitis nakdongensis*. Soonchunhyang University, Asan, Korea, 81pp.
- Nelson, J.S., T.C. Grande and M.V.H. Wilson. 2016. *Fishes of the world* (Fifth edition). John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, USA, 707pp.
- NIBR (National Institute of Biological Resources). 2011. Red data book of endangered fishes in Korea. Ministry of Environment, Incheon, Korea, 202pp.
- NIBR (National Institute of Biological Resources). 2019. Red data book of Republic of Korea, Volume 3. Freshwater fishes. Ministry of Environment, National Institute of Biological Resources, Incheon, Korea, 250pp.
- NIBR (National Institute of Biological Resources). 2022. National list of species of Korea. Retrieved from <https://kbr.go.kr>. version (12/2022).
- Park, J.M., S.J. Cho and K.H. Han. 2020. Early life history of *Lefua costata* (Cypriniformes: Balitoridae) from Korea. *Dev. Reprod.*, 24: 307-316. <https://doi.org/10.12717/DR.2020.24.4.307>.
- Park, J.S., S.H. Kim, H.T. Kim, J.G. Kim, J.Y. Park and H.S. Kim. 2019. Study on feeding habits of *Micropterus salmoides* in habitat types from Korea. *Korean J. Ichthyol.*, 1: 39-53.
- Park, S.C., K.Y. Lee, K.S. Choi, M.S. Han and M.H. Ko. 2021. In-habitat status and gastric contents of invasive fish species and the effect on fish fauna at three reservoirs in National Parks of Korea. *Korean J. Ichthyol.*, 33: 84-94. <https://doi.org/10.35399/ISK.33.2.5>.
- Pinkas, L., M.S. Oliphant and I.K.K. Iverson. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California water. *Fish. Bull.*, 152: 1-105.
- Smith, C. and P. Reay. 1991. Cannibalism in teleost fish. *Reviews in Fish Biol. Fish.*, 1: 41-64.
- Won, D.H., S.J. Kwon and Y.C. Jeon. 2005. *Aquatic insects of Korea*. Korean Ecosystem Service, Seoul, Korea, 360pp.
- Wotton, R.J. 1990. *Ecology of teleost fishes*. Chapman Hall, New York, USA, 404pp.
- Yang, S.Y., H.Y. Lee, H.J. Yang and J.H. Kim. 1991. Systematic study on the fishes of family Cobitidae (Pisces, Cypriniformes) I. Geographic variation of *Nemacheilus toni*, *Lefua costata*, and *Niwaella multifasciata*. *Korean J. Zool.*, 34: 110-122.
- Yoon, I.B. 1995. *Aquatic insects of Korea*. Jeonghange Publishing Company, Seoul, Korea, 262pp.