

〈Original article〉

## 영농방법이 논에 서식하는 미꾸리 개체군의 체중-체장 관계에 미치는 영향

김명현\* · 최순군 · 어진우 · 권순익 · 송영주

농촌진흥청 국립농업과학원 기후변화생태과

### Influence of Farming Practices on Weight-Length Relationship of the Loach (*Misgurnus anguillicaudatus*) Population in Rice Paddy Fields

Myung-Hyun Kim\*, Soon-Kun Choi, Jinu Eo, Soon-Ik Kwon and Young-Ju Song

National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Wanju 55365, Republic of Korea

**Abstract** - The length frequency and weight-length relationships within the loach population of *Misgurnus anguillicaudatus* were investigated in environment-friendly (EFP) and conventional paddy fields (CP) in South Korea, in order to identify the influences of farming practices to the loach population living in paddy ecosystem. The size-frequency of distribution of *M. anguillicaudatus* populations noted to differ significantly when the loach populations of the EFP and the CP were compared. The mean weight and length of the loach population in EFP was greater than those of the loaches in CP. The equations based on weight and total length relationship in EFP and CP were  $W=0.000004L^{3.0747}$  and  $W=0.000002L^{3.2106}$ , respectively. The condition factor (K) against total length of loaches at two paddy field types with different farming practices indicates that the loach population in EFP (mean K=0.95) had access to better nutritional conditions than those in CP (mean K=0.67). It therefore appears that the size and structure of loach populations in rice paddy fields might be affected by farming practices.

**Keywords** : conventional practices, environment-friendly practices, condition factor, population structure

## 서 론

논과 그 주변 환경에는 다양한 생물들이 서식하고 있지만, 최근 경지정리, 제초제와 살충제 등 농약의 과도한 사용에 의해 그곳에 서식하고 있는 생물의 수가 감소하고 있다. 특히, 미꾸리(*Misgurnus anguillicaudatus*)는 미꾸리과

(Cobitidae) 미꾸리속(*Misgurnus*)에 속하는 담수어로 우리나라 전역에 분포하고 있다. 본 종은 주로 논이나 그 주변의 수로, 습지 등에 살고 있으며, 논이나 수로 등의 일시적 수역을 번식장소로 이용한다(Saitoh *et al.* 1988; Saitoh 1990; Tanaka 1999; Tanaka 2001; Kanou *et al.* 2007). 미꾸리는 논 생태계의 주요 어류이며, 깔따구류, 요각류 및 새각류와 같은 동물성 수서생물을 주로 섭식하는 것으로 알려져 있을 뿐만 아니라(Kim *et al.* 2011; Oh 2012; Han *et al.* 2013), 논을 주요 서식지로 이용하는 백로류의 중요한 먹이원으로 이

\* Corresponding author: Myung-Hyun Kim, Tel. 063-238-2503, Fax. 063-238-3823, E-mail. wildflower72@korea.kr

용되고 있다(Katayama *et al.* 2015). Han *et al.* (2013)은 영농방법에 따른 미꾸리류의 개체수 차이를 보고하였으며, 친환경농법 논에서 미꾸리류 개체수가 많다는 것을 제시하였으며, Saitoh *et al.* (1988)은 다른 어류에 비해 미꾸리는 논에 머무는 시간이 길고 논에서 산란하기 때문에 논 생태계의 환경변화에 매우 민감하게 반응한다고 하였다. Kano *et al.* (2010)은 농약이 논에서 미꾸리의 감소 또는 소멸의 주요요인의 하나라고 제시하였다. 이러한 근거에 의하여 논 생태계의 건전성을 평가하는 데 미꾸리 개체군을 이용하는 것이 매우 유용할 것으로 판단하였다. 따라서, 본 연구에서는 근거리에 위치하고 있는 친환경농법 논과 관행농법 논에 서식하는 미꾸리 개체군의 크기별 빈도분포 및 무게-길이 상관관계를 분석하여 영농방법이 미꾸리 개체군에 미치는 영향을 파악하고자 하였다.

## 재료 및 방법

본 연구는 1979년 대호 대단위농업종합개발사업에 의해 조성된 간척지 논(37°02' N, 126°30' E)에서 수행하였다. 전체 농업지역의 면적은 3,904 ha이며, 그중 574.7 ha의 면적을 친환경농법을 이용하여 벼를 재배하고 있다(KAC Report 2008). 친환경농업지역 논은 1999년부터 현재까지 한국농어촌공사가 농약을 소량으로 사용하거나(저농약) 사용하지 않는(무농약) 친환경농법으로 관리하고 있으며, 관행농업지역 논은 친환경농업지역과 인접하여 있지만 개별 농가에서 tiadinil, clothianidin 등의 화학성분이 포함된 살충제와 이양전후로 fentrazamide, pyrazosulfuronethyl 등의 제초제를 사용하는 관행농법으로 관리하고 있었다. 미꾸리는 봄철 논에 물을 댈 때 논으로 들어와서 활동하며 가을철 벼 수확을 위해 논의 물을 빼게 되면 토양 속 또는 주변 수로로 이동하는 특성을 나타낸다. 따라서, 조사 시기를 논의 물을 빼기 전인 2014년 9월로 하였으며, 이때에 채집되는 미꾸리 개체들은 1년간 논에서 이루어진 영농활동의 영향을 받았다고 가정하였다.

미꾸리의 현장조사는 친환경 및 관행농업지역에서 무작위로 각각 10개 필지를 선정하였으며, 시판하는 길이 28 cm, 지름 13 cm의 미꾸리망(망목: 4 mm × 4 mm) 안에 어분을 넣고 각 필지별로 3개씩 설치하였다. 미꾸리망은 24시간 동안 설치 후 수거하였다. 채집된 미꾸리는 현장에서 10% 포르말린 용액에 고정한 후, 얼음상자에 담아 실험실로 이동하였다. 미꾸리의 동정은 기존 문헌을 참고하여 수행하였다(Kim 1997; Kim and Park 2002; Kim *et al.* 2005).

친환경 논과 관행 논에 서식하는 미꾸리 개체군의 특성

차이를 비교하기 위하여 채집된 모든 개체에 대하여 체중(weight), 전장(total length), 체장(body length)을 측정하였다. Kubota *et al.* (1965)의 구분에 따라 어류의 체장(body length) 15 mm 이하를 자어(larval stage), 15~50 mm를 치어(young stage), 50~80 mm를 미성어(immature stage), 80 mm 이상을 성어(adult stage)로 구별하였다.

어류의 전장(total length)과 체중(weight)을 이용한 개체군의 평가에 사용된 식은 다음과 같다(Anderson and Neumann 1996).

$$W = aL^b \quad (\text{Eq. 1})$$

여기에서  $W$ 는 체중(g),  $L$ 은 전장(mm),  $a$ 와  $b$ 는 매개변수이다.

일반적으로  $b$ 가 3.0보다 작으면 길이의 증가만큼 개체가 비대하지 않다는 것을 의미하고, 3.0보다 크면 반대로 길이에 비해 비대하다는 것을 뜻한다.

반면에 index of condition (또는 well-being)에 해당하는 비대지수(condition factor,  $K$ )는 길이-무게 상관관계(Eq. 1)의  $a$ 와  $b$ 보다 더 쉽게 설명되고 비교되며,  $K$ 는 다음의 식에 의해서 계산된다(Anderson and Neumann 1996).

$$K = \frac{W}{L^{-3}} \times 10^5 \quad (\text{Eq. 2})$$

친환경 논과 관행 논에 서식하는 두 미꾸리 개체군의 비교에 대한 통계 분석은 independent t-test를 이용하였고, 발육단계별 개체수 비교는 Pearson's Chi-squared test를 이용했다. 평균 개체수와 체중, 체장, 전장,  $K$ 는 평균과 표준오차로 나타냈다.

## 결과 및 고찰

### 1. 크기별 빈도 분포

친환경 논과 관행 논에서 각 10필지에서 채집된 미꾸리 총 개체수는 각각 418 개체와 313 개체로 친환경 논이 관행 논보다 1.3배 높은 것으로 나타났다(Table 1). Han *et al.* (2013) 및 Jeong (2010)의 연구에서는 미꾸리류의 밀도는 친환경 논이 관행 논보다 높은 것으로 보고하였다. 하지만, 본 연구 결과를 필지별 평균값을 비교하면, 친환경 논이 46.4 ( $\pm 8.3$ ) 개체, 관행 논이 34.8 ( $\pm 6.3$ ) 개체로 통계적 유의한 차이가 확인되지 않았다( $p=0.28$ ). 동일 영농형태 내에서 필지 간에 미꾸리 개체수의 변동폭이 크게 나타났는데, 이는 필지에 따라 물관리와 수로와의 연결성 등에 차이가 있기 때문으로 판단된다. 두 지역에서 채집된 모든 개체수를 대상

으로 발육단계별 구분하여 비교한 결과에서는 친환경 논과 관행 논에서 개체수 차이가 확인되었다(Table 1 and Fig. 1;  $X^2=79.991$ ,  $df=3$ ,  $p<0.0001$ ). 즉, 친환경 논과 관행 논 모두 체장 50~80 mm인 미성어가 각각 288 개체, 132 개체로 가장 많았지만, 그 비율은 각각 68.9%, 42.2%로 친환경 논이 훨씬 높았다(Table 1). 치어의 경우 관행 논이 112 개체(35.8%)로 친환경 논(41 개체, 9.8%)보다 월등히 높은 것으로 나타났다. 성어의 비율은 친환경 논과 관행 논에서 각각 21.3%, 22.0%로 낮은 것으로 나타났으며, 전년도 5~6월에 부화한 개체들이 그해 겨울까지 대부분 폐사한 결과로 해석할 수 있다. Kubota (1961a, b)는 미꾸리를 양식할 경우에는 부화한 개체들이 폐사하지 않고 다음해까지 생존하지만 농경지 주변 하천에서는 1년 이상의 개체가 약 10%로 존재하는 것을 보고하였다. Kubota (1961a)는 이러한 결과에 대하여 미꾸리가 서식하는 수역의 건조와 논에 살포되는 석회 가 가장 큰 원인이라고 하였다. 야외에서 미꾸리의 번식기

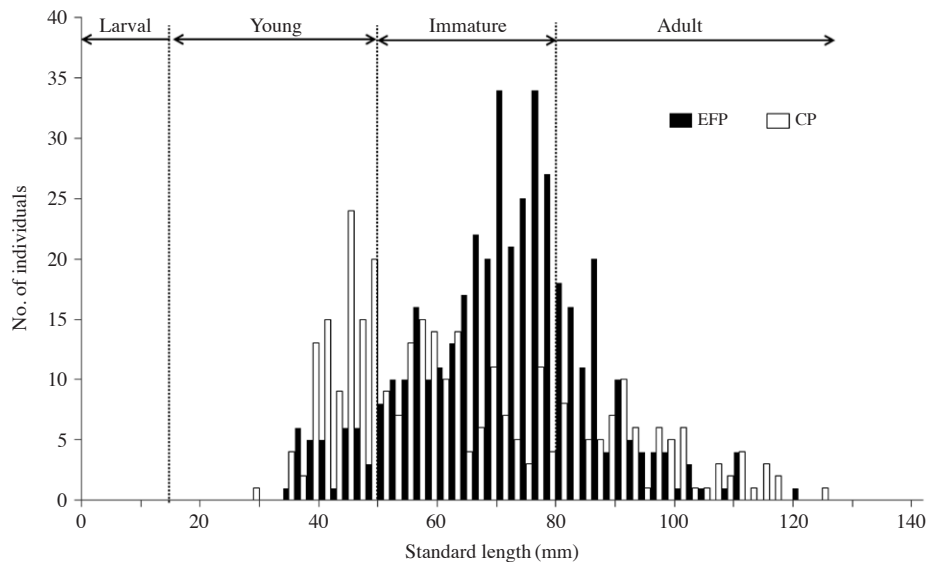
는 5월부터 8월이므로(Kimura and Koya 2011), 본 조사지 논에서 처음으로 미꾸리의 산란이 시작된 시기는 논에 물을 댄 시기인 5월 12일로 판단할 수 있다. 사육 하에서 미꾸리는 부화 후 30일이 지나면 체장이 34 mm가 되고, 3개월이 되면 69 mm, 6개월이 되면 72~73 mm, 12개월이 되면 암컷 104 mm, 수컷 97 mm가 되는 것으로 보고되고 있다(Kubota 1961b). 이를 근거로, 본 연구에서 채집된 2014년 9월 말의 체장 80 mm 이상의 성어는 전년도에 부화하였고, 50~80 mm인 미성어는 2014년 5월에 부화하였고, 체장 15~50 mm인 치어는 2014년 7월~8월에 부화한 것으로 판단된다. 관행 논에서 미성어의 개체수가 친환경 논에 비하여 낮은 것은 관행 논에서 일반적으로 행해지는 이앙 전후(5월~6월)로 살포된 제초제가 초기 발육단계에 있는 미꾸리 개체군의 사망률을 높였기 때문으로 추정된다. Umemura (2004)는 농약이 미꾸리의 수명과 생식에 직접적으로 영향을 미치는 것으로 보고했다. 치어의 경우 관행 논에서 친환경 논보다 높은 밀도로 나타난 것에 대해서는 그 원인을 명확히 파악할 수 없었으며, 향후 월별 밀도변화 등과 같은 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

**Table 1.** Numbers of individuals of *M. anguillicaudatus* collected from environment-friendly (EFP) and conventional paddy fields (CP)

Developmental stage	EFP		CP	
	No. of Individuals	Ratio (%)	No. of individuals	Ratio (%)
Larval	0	0.0	0	0.0
Young	41	9.8	112	35.8
Immature	288	68.9	132	42.2
Adult	89	21.3	69	22.0
Total	418	100	313	100

## 2. 무게-길이 상관관계

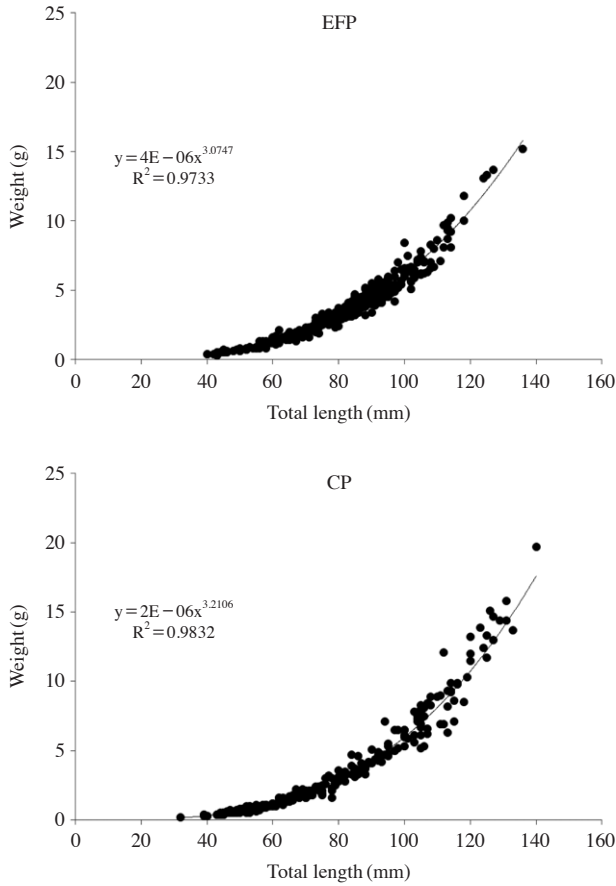
미꾸리 개체군의 평균 체중은 친환경 논이  $3.7(\pm 0.1)$  g으로 관행 논  $3.2(\pm 0.2)$  g보다 높은 것으로 나타났지만( $p<0.05$ ), 범위는 관행 논(0.2~19.7 g)이 친환경 논(0.3~15.2 g)보다 넓은 것으로 나타났다(Table 2). 체장 및 전장은 친환경 논이 각각 평균  $70.3(\pm 0.7)$  mm,  $81.4(\pm 0.8)$  mm로 관행 논



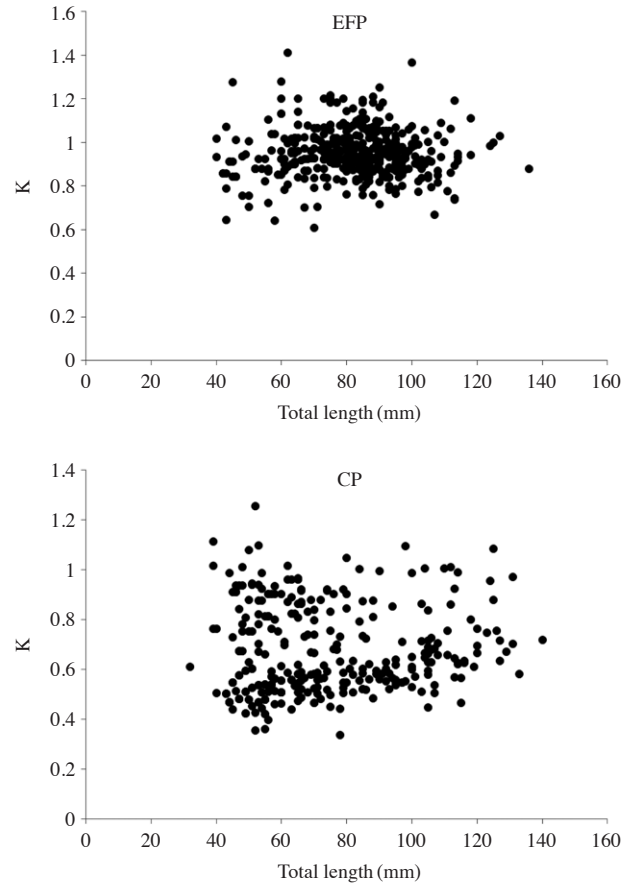
**Fig. 1.** Size-frequency distribution of *M. anguillicaudatus* collected from environment-friendly (EFP) and conventional paddy fields (CP).

**Table 2.** Weight, body length and total length of *M. anguillicaudatus* collected from environment-friendly (EFP) and conventional paddy fields (CP). Parenthesis indicate standard error

Farming type	Weight (g)		Body length (mm)		Total length (mm)	
	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range
EFP	3.7 (0.1)	0.3–15.2	70.3 (0.7)	34–120	81.4 (0.8)	40–136
CP	3.2 (0.2)	0.2–19.7	63.4 (1.2)	28–124	73.4 (1.3)	32–140
<i>p</i> -value	<i>p</i> <0.05		<i>p</i> <0.0001		<i>p</i> <0.0001	



**Fig. 2.** Weight-length relationships for *M. anguillicaudatus* collected from environment-friendly (EFP) and conventional paddy fields (CP).



**Fig. 3.** Condition factor (K) for *M. anguillicaudatus* collected from environment-friendly (EFP) and conventional paddy fields (CP).

63.4 (±1.2) mm, 73.4 (±1.3) mm보다 높게 나타났지만(각각 *p*<0.0001), 범위는 관행 논이 친환경 논보다 넓은 것으로 나타났다(Table 2). 친환경 논이 미꾸리 체장 및 전장의 평균 길이가 관행 논보다 높은 이유는 관행 논이 미꾸리 치어의 비율이 상대적으로 높기 때문이다.

무게-길이 상관관계에서 매개변수 *b*의 값은 친환경 논과 관행 논 모두 3.0에 가깝게 나타나 성장 상태가 양호한 것으로 확인되었지만, 관행 논(3.2)이 친환경 논(3.0)보다 조금 높은 것으로 나타났다(Fig. 2). 본 연구의 친환경 논에서 *b*값

(3.0747)은 Kubota (1961b)가 보고한 야외 자연하천에서 결과(*b*=2.9957)와 거의 일치하였다.

친환경 논과 관행 논에서 채집된 미꾸리 개체군의 비대지수(*K*)를 분석한 결과 친환경 논이 0.95 (±0.01)로 관행 논 0.67 (±0.01)보다 높은 것으로 나타났다(Fig. 3; *p*<0.0001). 비대지수는 먹이, 서식환경 및 건강상태 등과 밀접한 관련이 있으며 (Han *et al.* 2007), 높은 비대지수는 일반적으로 어류에 있어 풍부한 먹이원 유용을 반영하는 높은 에너지 축적으로 설명된다(Seo 2005). 따라서, 높은 비대지수를 나타낸

친환경 논에 미꾸리 개체군이 관행 논보다 훨씬 양호한 영양상태를 나타냈다. Kim *et al.* (2012)은 산간계류형 소하천과 농약을 사용하는 농수로에 서식하는 미꾸리를 대상으로 비대지수를 산출한 결과 농약에 영향을 받지 않는 산간계류형 소하천(0.54)이 농약을 사용하는 농수로(0.52)와 통계적으로 유의한 차이를 확인하지 못하였다. 그들의 결과는 서식지 유형에 차이가 있기 때문에 직접적으로 비교하는 것은 문제가 있다고 판단된다. 미꾸리는 상시적으로 물이 존재하는 수로에서 월동을 하고, 논에 물을 댄 후에 월동 개체들이 논과 같은 일시적 수역으로 이동하여 번식하는 특성을 가지고 있기 때문이다(Tanaka 2001). Kim *et al.* (2012)의 농약을 사용하는 농수로의 비대지수는 본 연구의 관행 논보다도 낮은 값을 나타내는 것을 볼 때, 미꾸리 개체군에서 비대지수는 그들의 서식환경에 민감하게 변화하는 것으로 판단되며, 향후 논 생태계의 환경평가에 유용한 지표로 사용이 가능할 것으로 생각된다.

이상의 결과를 토대로 판단할 때, 제초제 및 살충제의 사용과 같은 관행농법은 논에 서식하는 미꾸리 개체군에 영향을 미치고 있다는 것을 확인할 수 있었으며, 향후 이러한 영향의 원인을 좀 더 명확히 밝히기 위해서는 이들 개체군의 발육단계별 빈도분포를 시기별로 조사하는 것이 필요할 것으로 판단된다.

## 적 요

친환경농법과 관행농법으로 대별되는 영농방법이 논 생태계에 서식하는 미꾸리 개체군에 미치는 영향을 파악하기 위하여 2014년 9월에 친환경 논과 관행 논에서 미꾸리망을 이용하여 미꾸리 개체군의 빈도분포 및 무게-길이 상관관계를 조사하였다. 그 결과 채집된 전체 미꾸리의 발육단계별 개체수 빈도분포는 큰 차이를 나타냈다. 미꾸리의 무게와 길이의 평균값은 친환경 논이 관행 논보다 큰 것으로 나타났다지만, 범위는 관행 논이 높게 나타났다. 무게-길이 상관관계식은 친환경 논과 관행 논에서 각각  $W=0.000004L^{3.0747}$ ,  $W=0.000002L^{3.2106}$ 으로 나타났다. 평균 비대지수( $K$ )는 친환경 논이 0.95로 관행 논 0.67보다 높게 나타났다. 결과적으로 영농방법이 논에 서식하는 미꾸리 개체군의 발육에 영향을 미치는 것으로 파악되었다.

## 사 사

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업 (과제번호: PJ00997 002)의 지원에 의해 이루어진 것임.

## REFERENCES

- Anderson RO and RM Neumann. 1996. Length, weight, and associated structural indices. pp. 447-482. In *Fisheries Techniques*, 2<sup>nd</sup> edition (Murphy BR and DW Willis eds.). American Fisheries Society. Bethesda, Maryland.
- Han MS, KJ Cho, HK Nam, KK Kang, YE Na, M Kim and MH Kim. 2013. Variation in population size of mudfish by agricultural practices in paddy fields. *Korean J. Environ. Agric.* 32:24-34.
- Han SC, HY Lee, EW Seo, JH Shim and JE Lee. 2007. Fish fauna and weight-length relationships for 9 fish species in Andong reservoir. *J. Life Sci.* 17:937-943.
- Jeong MR. 2010. A study of habitat environmental characteristics of mudfish inhabited in rice field. Master Dissertation, Korea National University of Education.
- Kano Y, Y Kawaguchi, T Yamashita and Y Shimatani. 2010. Distribution of the oriental weatherloach, *Misgurnus anguillicaudatus*, in paddy fields and its implications for conservation in Sado Island, Japan. *Ichthyol. Res.* 57:180-188.
- Kanou K, S Saito, S Fuchigami, A Imamura, H Imai and Y Taki. 2007. Occurrence patterns and food habits of introduced alien loach *Paramisgurnus dabryanus* and native loach *Misgurnus anguillicaudatus* at irrigation drainages around rice fields in the Watarase river system, Central Honshu, Japan. *Aquacul. Sci.* 55:109-114.
- Katayama N, H Murayama and M Mashiko. 2015. The effect of organic farming on food intake and abundance of egrets and herons in rice fields. *Jpn. J. Ornithol.* 64:183-193.
- Kim IS. 1997. Illustrated encyclopedia of fauna & flora of Korea Vol. 37 Freshwater Fishes. Ministry Education, Seoul.
- Kim IS and JY Park. 2002. Freshwater fishes of Korea. Kyohak Press Co., Seoul, 465p.
- Kim IS, Y Choi, CL Lee, YJ Lee, BJ Kim and JH Kim. 2005. Illustrated book of Korean fishes. Kyohak Press., Seoul, 512p.
- Kim JH, SY Han and DH Yeom. 2012. The ecological health screening assessment of agricultural area using biomarkers and bioindicators in *Misgurnus anguillicaudatus* (case study). *Korean J. Pesti. Sci.* 16:62-68.
- Kim JO, HS Shin, JH Yoo, SH Lee, KS Jang and BC Kim. 2011. Functional evaluation of small-scale pond at paddy field as a shelter for mudfish during midsummer drainage period. *Korean J. Environ. Agric.* 30:37-42.
- Kimura A and Y Koya. 2011. Annual reproductive cycle of a wild population of oriental weather loach *Misgurnus anguillicaudatus* in Gifu Prefecture, central Japan. *Japan. J. Ichthyol.* 58:1-12.
- Kubota Z. 1961a. Ecology of the Japanese loach, *Misgurnus*

- anguillicaudatus* (CANTOR)-VI. Frequency distribution of body length and body weight. Contr. Shimonoseki College Fish. 338:241–245.
- Kubota Z. 1961b. Ecology of the Japanese loach, *Misgurnus anguillicaudatus* (CANTOR)-IV. Growth and Fatness. Contr. Shimonoseki College Fish. 336:213–234.
- Kubota Z, M Kuga, T Okamasa and T Maeda. 1965. Studies on culturing of Japanese loach, *Misgurnus anguillicaudatus* (CANTOR)-VII. Yield of the loach fry cultured in ponds, with estimation of the suitable stage to transferring, suitable ingredient of artificial food and the promotive effect of mud covering the bottom. Contr. Shimonoseki College Fish. 443:59–73.
- Oh MK. 2012. Study on respiratory system of *Misgurnus mizolepis* (Cobitidae) related to environmental change of rice field. PhD Dissertation, Chonbuk National University.
- Saitoh K. 1990. Reproductive and habitat isolation between two populations of the straited spined loach. Environ. Biol. Fishes 28:237–248.
- Saitoh K, O Katano and A Koizumi. 1988. Movement and spawning of several freshwater fishes in temporary waters around paddy fields. Jpn. J. Ecol. 38:35–47.
- Seo J. 2005. Fish fauna and ecological characteristics of dark chub (*Zacco temminckii*) population in the mid-upper region of Gam stream. Korean J. Limnol. 38:196–206.
- Tanaka M. 1999. Influence of different aquatic habitats on distribution and population density of *Misgurnus anguillicaudatus* in paddy fields, Japan. J. Ichthyol. 46:75–81.
- Tanaka M. 2001. The seasonal changes of the *Misgurnus anguillicaudatus* (Cantor) population in paddy fields and surrounding waters. Jpn. J. Environ. Entomol. Zool. 12:91–101.
- Umemura J. 2004. Distribution of Cobitidae in Toyota City and evaluation of river environment. Res. Yahagi River 8:249–258.

Received: 20 June 2017

Revised: 20 September 2017

Revision accepted: 22 September 2017