

〈Original article〉

영농방법에 따른 시기별 미꾸리 개체군의 전장-체중 분석

신현선 · 송영주¹ · 권순익¹ · 어진우¹ · 이승현¹ · 김명현^{1,*}

농촌진흥청 연구정책국 연구운영과,
¹농촌진흥청 국립농업과학원 기후변화생태과

Monthly Change of the Length-weight Relationship of the Loach (*Misgurnus anguillicaudatus*) Population in Paddy Fields by Farming Practices

Hyun-Seon Shin, Young-Ju Song¹, Soon-Ik Kwon¹, Jinu Eo¹,
Seung-Hyun Lee¹ and Myung-Hyun Kim^{1,*}

Climate Change Team R&D Coordination Division, RDA, Jeonju 54875, Republic of Korea

¹National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Wanju 55365, Republic of Korea

Abstract - The objective of this study was to identify the effects of farming practices on the *Misgurnus anguillicaudatus* population, including their habitat characteristics, length frequency and the length-weight relationships of *M. anguillicaudatus* population; this study investigated the differences of the population living in environment-friendly (EFP) and conventional paddy fields (CP). As the result of age distribution by length frequency of *M. anguillicaudatus*, the EFP showed various age distributions which were not present in the CP. In particular, the age 0⁺ (28–51 mm) of individuals in the CP were significantly lower than those in the EFP. In May, the number of individuals was similar in CP and EFP, which led to the assumption that the *M. anguillicaudatus* population living in a shallow depth was killed by rotary and tillage works. The regression coefficient (b) in relation to the length-weight of *M. anguillicaudatus* population was 3.0, which appeared relatively stable as a habitat condition in the CP and EFP, except in June. The condition factor for *M. anguillicaudatus* population in the CP and the EFP showed a relatively stable monthly population, except in June which was likely to be influenced by the stress to lay their eggs or chemicals such as the use of pesticides. This change of habitat characteristics and length-weight relationship on *M. anguillicaudatus* population in rice paddy fields was influenced by farming practices as well as the time of year.

Keywords : conventional paddy field, environment-friendly paddy field, total length frequency distribution, age distribution

서 론

논은 우리나라의 주식인 벼를 재배하는 중요한 공간이며

물이 공급된 논에 모를 심으면서 벼의 재배가 시작된다. 논에 물 공급은 잡초 발생을 억제함으로써 벼의 생산성을 높일 뿐만 아니라 습지의 기능을 가지게 함으로써 다양한 생물의 서식공간을 제공한다(Elphic and Oring 2003; Taft and Haig 2005). 이러한 논 생태계의 특성으로 인해 매년 조류,

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

양서류, 어류, 곤충류 등 다양한 생물상들이 출현한다(Paoletti 1995).

특히, 논 생태계에서 대표적 어류로써 미꾸리속(Genus *Misgurnus*) 어류는 아시아 및 유럽에 분포하는 소, 중형 담수어류로서 남한에는 미꾸리(*Misgurnus anguillicaudatus*)와 미꾸라지(*Misgurnus mizolepis*) 등 2종이 보고되었다(Uchida 1939; Chyun 1977; Jeon 1983). 그중 하천, 농경지 및 저수지 등 우리나라 전역에 서식하는 미꾸리(*M. anguillicaudatus*)는 채집이 용이하고, 잡식성으로 다양한 먹이원의 영향을 반영할 수 있다. 또한 일정 수준의 오염에도 쉽게 사라지지 않는 내성종으로 성체의 크기는 평균 15 cm 정도로 생물지표 분석을 위한 샘플 확보가 쉽기 때문에 활용도가 매우 높다(Park *et al.* 1997). 미꾸리과는 가늘고 긴체형과 장호흡으로 수심이 얇고 수위변동이 빈번한 논에 서식하기 적합하며(Nam 2007; Kim *et al.* 2011), 타 어종에 비해 눈에 장기간 서식 및 산란하기 때문에 논 생태계의 주변환경에 상당히 민감하게 반응한다(Saitoh *et al.* 1988).

미꾸리과의 경우에는 80년대에만 해도 국내 전역의 농수로 및 늪에서 쉽게 관찰되었고, 그 생체량 또한 풍부하여 식용이나 낚시 생미끼용 등으로 수출하기도 하였다(Kim and Lee 1985). 그러나 경지정리 및 논 면적의 감소 등과 같은 농업환경변화, 그리고 화학비료 및 농약사용 등으로 인한 수환경 변화로 논 생태계에 내성 및 적응성이 높은 미꾸리과마저도 감소하고 있으며, 이로 인해 조류의 먹이원 확보에 위협이 되었다(Han *et al.* 2013a).

국내 미꾸리과에 관한 연구는 형태 및 유전학적 특성(Lim *et al.* 1996; Shin 2012), 호흡체계(Oh 2012), 장호흡 및 산소 소비량(Nam 2007), 영양성분과 이용(Kim and Lee 1985)에 대한 연구가 이루어져 있으며, 생태적 연구로는 서식지의 환경특성 대한 연구(Jeong 2010; Kim *et al.* 2011)가 이루어져 있다. 한편, 국내 논 생태계에서 수서생물에 관한 연구는 거의 이루어져 있지 않았으며, Han *et al.* (2008)과 Han *et al.* (2013b)에 의한 저서성 대형무척추동물에 관한 조사가 일부 이루어져 있다. 논 생태계의 생태적 안정성을 확인하기 위해서는 먹이사슬의 상위에 위치한 미꾸리과 개체군을 파악하는 것이 중요하며, 또한 이들 미꾸리과 개체군 유지에 영향을 주는 요인에 대한 원인 구명이 필요할 것으로 판단된다.

어류 개체군 유지에 영향을 미치는 생리·생태학적 분석으로는 전장-체중 상관도(Length-weight relationship)와 비만도 지수(Condition factor) 등을 이용하여 개체군 연구가 다양하게 진행되었다(Choi *et al.* 2006; Jang *et al.* 2007; Seo and Kim 2009; Byeon *et al.* 2011a, b; Kim *et al.* 2017).

따라서 본 연구는 논 생태계의 건전성 평가에 중요한 지표가 되는 미꾸리 개체군의 크기 분포, 전장-체중 상관도, 비

만도 지수 등과 같은 생태적 특성을 친환경농법 논과 관행농법 논에서 조사하여, 영농방법에 따른 시기별 미꾸리 개체군의 변화 차이를 밝히고자 수행하였다.

재료 및 방법

본 연구는 2015년 5월부터 9월까지 한 달 간격으로 조사를 실시하였다. 조사 대상지역은 1979년 대호 대단위농업종합개발사업에 의해 조성된 간척농지(37°02'N, 126°30'E)에서 수행되었다. 전체 벼 재배 지역의 면적은 3,904 ha이며, 그 중 574.7 ha의 면적을 친환경농업방법을 이용하여 벼를 재배하고 있다(KRC Report 2008). 친환경농업지역은 화학살충제를 소량으로 사용하거나 사용하지 않고 있으며, 관행농업지역 친환경농업지역과 인접하여 있지만 개별 농가에서 Tiadinil, Clothianidin 등의 화학성분이 포함된 화학살충제와 이양 전후로 Fentrazamide, Pyrazosulfuronethyl 등의 제초제를 사용하는 관행농법으로 벼를 재배하고 있었다. 미꾸리는 봄철 논에 물을 댈 때 논으로 이입하여 활동하다가 가을철 벼 수확을 위해 논의 물을 빼게 되면 토양 속 또는 주변 수로로 이동하는 특성을 나타낸다. 조사는 친환경농업지역과 관행농업지역을 구분하여 각각 10필지씩 무작위 선정하여 수행하였다.

어류채집은 논 한 필지마다 통발(4×4 mm) 3개를 일정 간격으로 설치하였고, 24시간이 경과한 후 수거하였다. 채집된 어류는 10% 포르말린에 고정 후 실험실에서 분류·동정하였다. 어류의 동정은 국내에서 지금까지 발표된 검색표(Kim 1997; Kim and Park 2002a)에 의거하여 분류하였다. 채집된 어류 중 개체수 출현율이 높은 미꾸리를 대상으로 연구를 실시하였다.

개체군 분석은 친환경농법 논 및 관행농법 논에서 출현한 미꾸리를 대상으로 전장-체중 관계를 이용한 미꾸리 개체군의 전장-체중 상관도와 비만도 지수를 분석하였다. 어류의 전장-체중 상관도와 비만도 지수는 어류의 건강상태 및 생식능력의 정도를 파악할 수 있으며, 서식처등급, 수질, 먹이 이용능력 등의 다양한 정보를 제공하는 자료로 사용된다(Anderson and Gutreuter 1983; Busacker *et al.* 1990; Ney 1993). 전장-체중 상관도(Length-weight relationship)는 Anderson and Gutreuter (1983)의 $W = aTL^b$ (W: weight, TL: Total length, a, b: parameter)를 따랐으며, 비만도 지수(Condition factor; K)는 Anderson and Neumann (1996)의 $K = W/TL^3$ (W: weight, TL: Total length)을 적용하였다.

미꾸리 개체군의 전장크기를 비교하기 위해서 전 개체의 전장을 측정하여 전장빈도분포(Total length frequency

distribution)를 나타내었다. Kubota *et al.*(1965)의 미꾸리 크기 분류기준을 기반으로 본 연구에서는 미꾸리의 출현율을 분석하여 Age 0⁺ (28~51 mm), Age 1⁺ (52~88 mm), Age 2⁺~ (89 mm 이상) 등 총 3개의 연령대로 구분하였다. 관행농법 논과 친환경농법 논의 미꾸리의 성장단계별 출현율을 비교하였다. 친환경농법 논과 관행농법 논에 서식하는 미꾸리 개체군의 비교에 대한 통계 분석은 Student t-test를 이용하였고, 평균 개체수와 전장, 체중은 평균과 표준오차로 나타내었다.

결과 및 고찰

1. 미꾸리 출현 및 시기별 출현 현황

조사기간 동안 관행농법 및 친환경농법 논에서 채집된 미꾸리는 총 1,783개체로 확인되었으며, 영농방법별로 관행 논에서 485개체 (평균 16.1개체), 친환경 논에서 1,298개체 (평균 43.2개체)로 조사되었다. 미꾸리 개체군의 출현 개체수는 친환경 논이 관행 논보다 평균 출현 개체수가 약 2.7배 높게 나타났으며, 친환경 논에서 비교적 안정적으로 서식하는 것으로 나타났다. 친환경농법에 의한 재배는 생물다양성 보전 및 유지를 위해 중요한 인자로 인지되고 있으며 (Hesler *et al.* 1993; Smukler *et al.* 2010), 본 연구결과 미꾸리 개체군은 농법에 따른 출현 차이로, 논 생태계의 생물 서식환경이 친환경 논에서 비교적 양호한 것으로 판단된다. 이와 유사한 연구를 실시한 Han *et al.*(2013) 및 Jeong (2010)의 연구에 따르면, 영농방법에 따른 미꾸라지 개체군 변동요인 분석연구에서도 2.4배 친환경 논에서 높은 비율을 보였다. 또한 Kim *et al.*(2017)에서도 미꾸리의 서식밀도가 친환경 논이 관행 논보다 높다는 것을 밝혔다. 이는 관행 논에 투입된 제초제와 화학비료 등이 미꾸리의 서식에 영향을 미치며, 또한 논 필지별 인위적 간섭빈도, 시가지 비율, 산림 발달정도 등의 주변환경 조건이 미꾸리 개체수에 영향을 미칠 것으로 언급된 바 있다(Han *et al.* 2013).

관행 논과 친환경 논의 시기별로 미꾸리 개체군을 살펴보면 (Table 1, Fig. 2), 두 농법은 미꾸리 개체군의 출현 개체수 차이와 증감 경향에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 5월의 경우 관행 논과 친환경 논에서 미꾸리 개체군은 두 농법 모두 출현 개체수가 유사한 것으로 분석되었다. Kubota (1961a, b)의 연구에서는 양식 미꾸리는 부화한 치어 개체들이 다음해까지 생존하지만 농경지 주변의 하천에 서식하는 미꾸리의 경우에는 1년 이상의 개체가 약 10%만이 생존하는 것을 보고하였다. 또한 이러한 결과는 미꾸리가 서식하는 수역의 건조 조건과 논에 살포된 석회가 가장 큰 원인이라고 하였다(Kubota 1961a). 그러나 5월에 관행 논과 친환경 논에 서식하는 미꾸리 개체수가 거의 유사한 것은 관행 및 친환경 논 모두 이앙 전에 경운 및 로터리 작업 등을 하며 이러한 과정에서 두 지역의 미꾸리가 유사하게 살아남았기 때문으로 판단된다. 6월의 경우 친환경 논이 관행 논에 비해 미꾸리 개체군의 개체수 증가 폭이 높게 나타난 것은 관행 논에 화학비료 및 제초제 등의 영향을 받아 개체수가 적게 나타난 것으로 보인다. 이와 관련하여 Umemura (2004)의 연구에서 미꾸리의 생식과 수명에 농약이 직접적인 영향을 끼치는 것으로 보고하였다. 6월에서 8월까지 관행 논과 친환경 논에 서식하는 미꾸리 개체수가 감소하는 경향이 나타났다. 이와 관련하여 Kim *et al.*(2017)의 연구에서는 동일 영농형태 내에서 필지 간에 미꾸리 개체수의 변동폭이 크게 나타난 것을 필지에 따라 물관리와 수로와의 연결성 등에 차이가 있는 것으로 보았고, 또 다른 가능성은 6월의 경우 중간 물 떼기 시기나 강우 시에 성장한 미꾸리가 인근 수로로 이동한 것으로 추정된다(Tanaka 1999). 따라서 본 연구결과에서는 물 떼기와 장마로 인해 논에서 서식하던 미꾸리 개체군이 각 물관리 및 수로의 연결성 등과 같은 차이로 인하여 농수로로 이동한 개체수가 높아 나타난 결과로 판단된다. 9월의 경우 두 농법 모두 높은 개체수가 출현하였는데, 논 토양 속에 서식하던 미꾸리 개체군이 논 토양 표층으로 이동하면서 나타난 결과로 판단된다. 따라서 추후에는 이앙 전·후의 미꾸리 개체군의 이동에 관한 보다 세부적 추가 연구

Table 1. Monthly abundance, total length and body weight of *Misgurnus anguillicaudatus* by cultivation methods

Month	Abundance		Total length (mm)		Body weight (g)	
	CP	EFP	CP	EFP	CP	EFP
May	1.5±4.1	1.7±4.5	83.9±27.2	94.8±15.4	3.4±3.7	3.8±1.9
June	2.5±5.4	11.2±12.6	46.5±20.1	54.4±26.5	0.9±1.4	1.8±2.6
July	2.6±8.6	8.6±8.0	52.8±20.9	57.5±18.0	1.1±1.6	1.3±1.5
August	2.1±3.8	6.9±7.6	62.9±25.7	73.4±15.5	2.4±3.3	2.7±1.9
September	7.5±10.0	14.8±12.8	69.1±20.2	71.3±15.9	2.5±2.0	2.3±1.7

CP: conventional paddy field, EFP: environment-friendly paddy field, dark-gray: $p < 0.01$, gray: $p < 0.05$

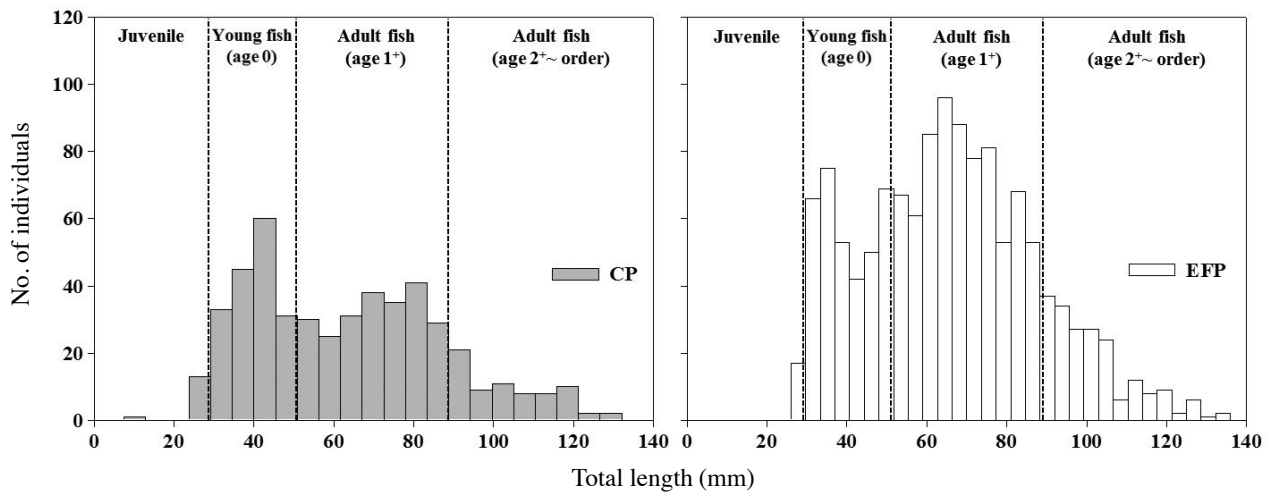


Fig. 1. Size-frequency distribution of *Misgurnus anguilicaudatus* collected from the environment-friendly and conventional paddy fields (CP: conventional paddy field, EFP: environment-friendly paddy field).

가 필요할 것으로 사료된다.

2. 농법에 따른 전장 및 체중 비교

관행 논과 친환경 논에 서식하는 미꾸리 개체군의 전장을 계측한 결과 관행 논은 7.5~170 mm의 범위로 평균 6.0 mm (± 2.7)을 나타냈고, 친환경 논은 26~136 mm의 범위로 10.5 mm (± 4.4)로 농법에 따라서 전장 범위와 평균 전장이 비교적 큰 차이를 보이는 것으로 나타났다. 관행 논에 서식하는 미꾸리의 전장 범위가 넓은 것으로 나타나 Kim *et al.* (2017)의 연구결과와 일치하는 것으로 나타났고, 관행 논에 비해 친환경 논에 서식하는 미꾸리 개체군의 평균 전장은 약 4.5 mm가 더 큰 것으로 나타났다. 또한 미꾸리 개체군의 무게는 친환경 논이 평균 약 0.3 g 정도 더 무거웠다. 관행 논에서는 최소 및 최대전장이 친환경 논에 비해서 폭 넓게 나타났는데 이는 같은 논 내에서의 개체군 종내 경쟁이 친환경 논이 관행 논보다 높기 때문인 것으로 보인다. 이게 반해 친환경 논에서는 관행에 비해 비교적 작은 개체의 출현율이 높았는데 이는 농약과 같은 화학물질의 유입이 적고, 산란할 수 있는 성어 개체군이 친환경 논에 더 많이 분포하며 또한 어린 개체가 서식할 수 있는 서식공간 및 먹이 등이 풍부히 제공되기 때문인 것으로 판단된다.

3. 농법에 따른 생육단계별 비교 및 시기별 특성

두 지역에서 출현한 모든 개체수를 대상으로 생육단계별 비교한 결과에서는 관행 논과 친환경 논에서 각 성장단계별로 차이를 보이는 것으로 확인되었다 (Fig. 1). 관행 논은

Age 0⁺는 185개체, Age 1⁺가 227개체, Age 2⁺ 이상은 72개체로 나타났으며, 친환경 논은 Age 0⁺는 372개체, Age 1⁺가 730개체, Age 2⁺ 이상은 195개체가 출현하였다. 친환경 논이 관행 논보다 Age 0⁺는 약 2배, Age 1⁺가 1.8배, Age 2⁺ 이상이 2.7배로 친환경 논이 치어, 미성어, 성어 등의 연령별 개체군의 크기가 약 2배 이상 높은 것으로 나타났다. Age 0⁺의 어린 개체군이 매우 풍부하게 서식하고 있는 것으로 볼 때, 산란이 가능한 미꾸리 성어가 친환경 논에 약 2.7배 더 많이 분포하는 것과 성어가 산란하기에 충분한 서식환경 및 수환경 조건이 형성되어 치어가 비교적 높은 비율을 차지하는 것으로 판단된다. 비율적 측면에서는 Age 2⁺ 이상이 두 영농 방법에서 약 15%의 생존율을 보이는 것으로 나타나 Kubota (1961a, b)의 10%의 생존율보다 높은 것으로 나타났다. 이와 같은 차이는 논 내(15%)와 농경지 주변 하천(10%)에서 서식하는 미꾸리의 생존율이 다르다는 것을 나타내며, 하천에 비해 논 내의 서식이 5% 정도 높은 생존율을 보이는 것으로 나타났다.

시기별 특성을 살펴보면, 두 농법 모두 5월에 논에서 채집된 미꾸리는 대부분 Age 1⁺과 Age 2⁺ 이상이 채집되었고, 그 외의 시기는 다양한 크기의 미꾸리 개체군이 서식하는 것으로 나타나 Kim *et al.* (2011b)이 보고한 5월의 미꾸리 대부분이 성어 출현 결과와 거의 일치한다 (Fig. 2). 또한 5월 이후 논에서 채집된 미꾸리과는 대부분 미성어 정도의 크기로 논에서 부화 후 서식하고 있는 것으로 보인다 (Naruse and Oishi 1996). 6월에 관행 논에서 Age 1⁺의 개체수가 친환경 논에 비하여 낮은 것은 관행 논에 5~6월 살포된 제초제가 초기 생육단계에 있는 어린 미꾸리 개체군의 생존에 위협

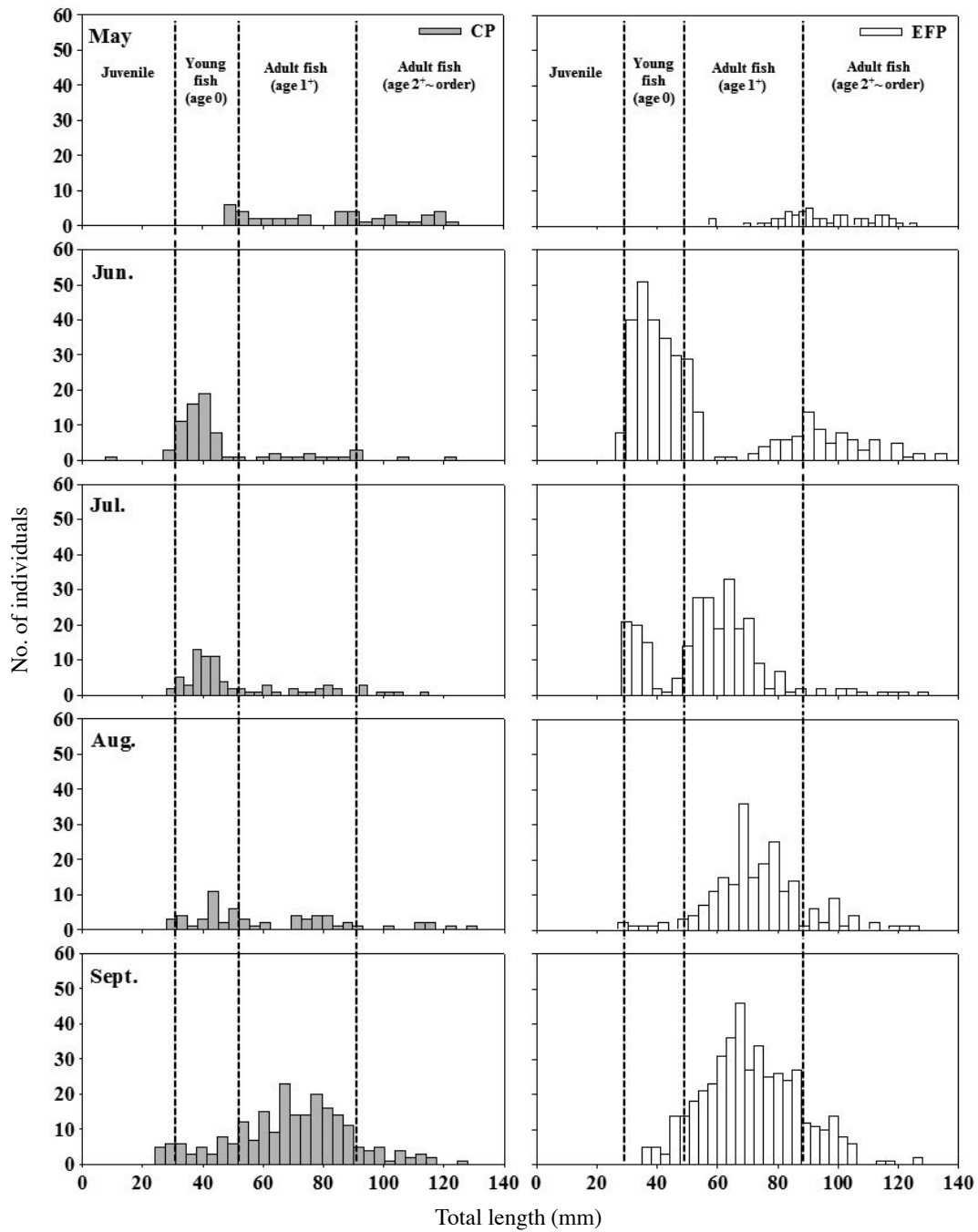


Fig. 2. The monthly size-frequency distribution of *Misgurnus anguillicaudatus* collected from the environment-friendly and conventional paddy fields (CP: conventional paddy field, EFP: environment-friendly paddy field).

이 되었기 때문인 것으로 추정된다(Kim *et al.* 2017). Kubota (1961b)의 사육 연구에서 부화한 후 1개월이 지나면 34 mm 까지 자라고, 3개월이 되면 69 mm가 되는 것으로 보고하였다. 미꾸리 산란시기를 4~7월임을 고려할 때 (Kim and Park 2002b), 미꾸리의 산란기는 논에 물을 댄 5월 12일로 추정하

였다(Kim *et al.* 2017). 이와 관련하여 관행 논에서는 6월에 부화한 치어는 9월까지 비교적 높은 비율을 차지하는 것으로 나타났으나, 친환경 논에서는 5월에 부화한 치어는 6월부터 9월까지 순차적으로 성장하는 것으로 나타나 부화 후 성장까지 안정적으로 미꾸리 개체가 유지되는 것으로 나타났

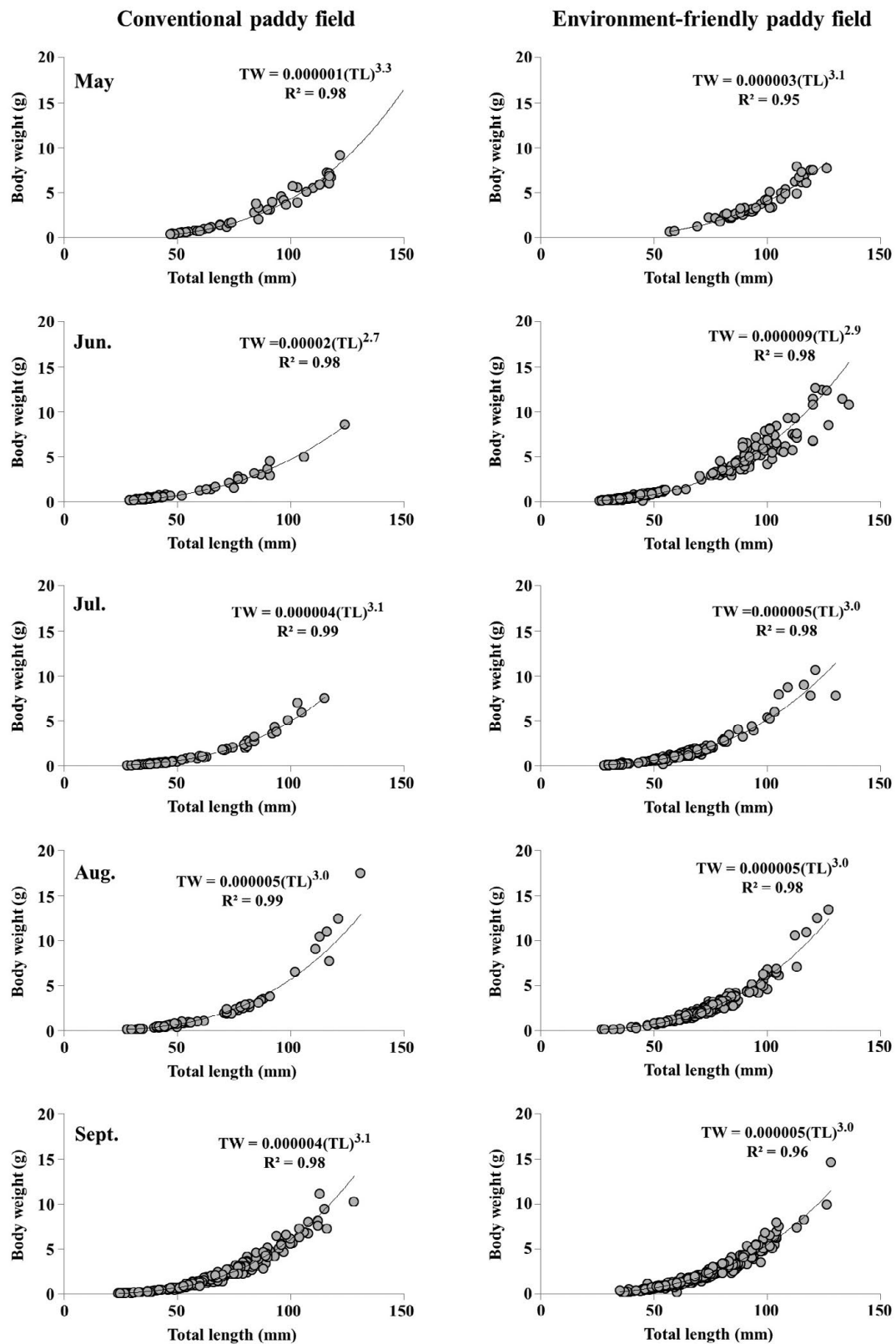


Fig. 3. The length-weight relationship and condition factors for *Misgurnus anguillicaudatus* population in environment-friendly and conventional paddy fields.

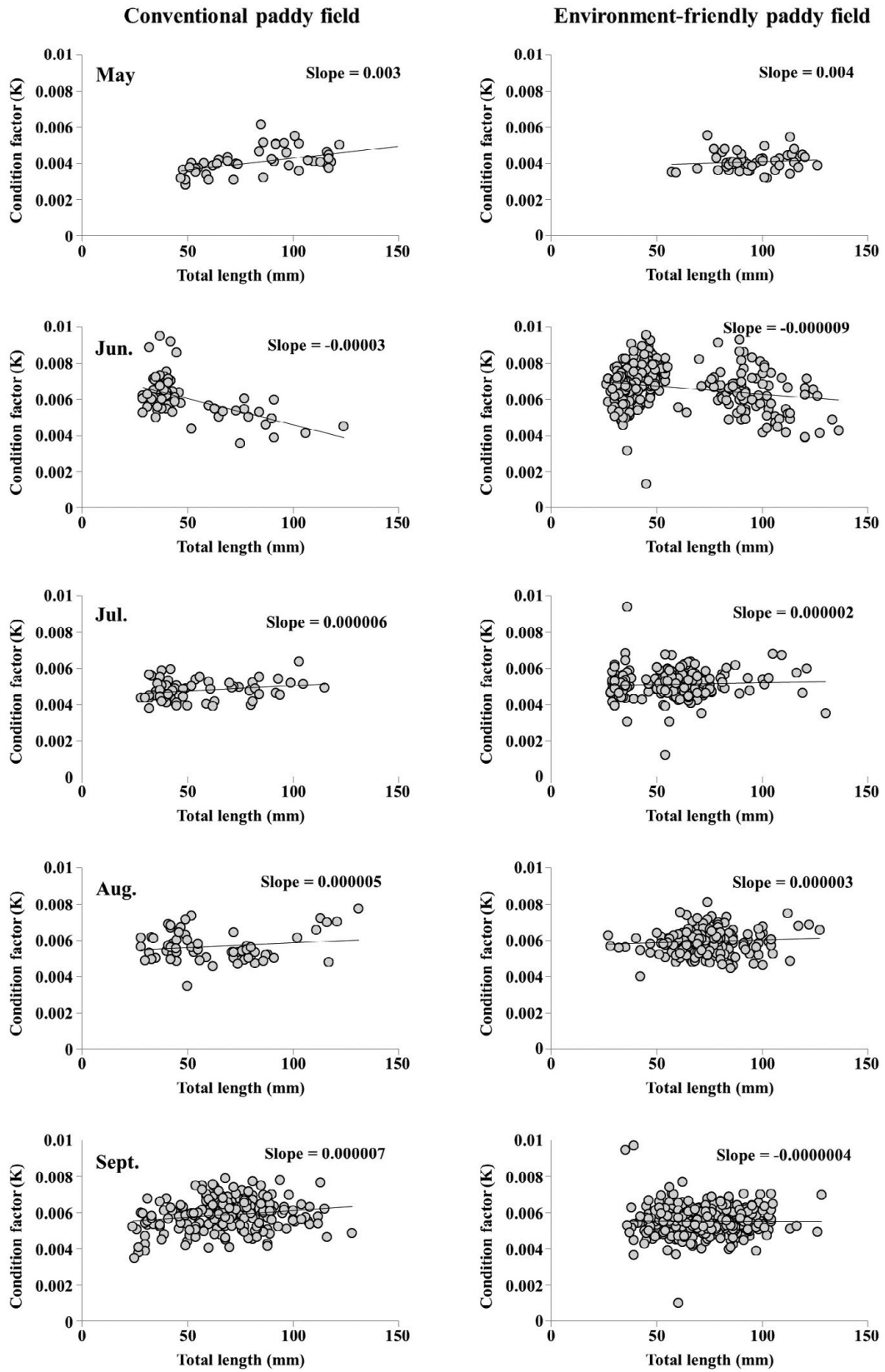


Fig. 4. Condition factor (K) for *Misgurnus anguillicaudatus* collected from the environment-friendly and conventional paddy fields.

다(Fig. 2).

4. 농법에 따른 전장-체중 상관도 및 비만도 비교

관행 논과 친환경 논에 서식하는 미꾸리 개체군을 대상으로 전장-체중 상관도와 비만도 지수를 분석하였다(Figs. 3 and 4). 일반적으로 전장-체중 상관도의 회귀계수 b 값은 3.0을 기준으로 개체군 전장에 따라 비대 여부를 나타내게 된다(Han *et al.* 2007). 관행 논과 친환경 논에서 서식하는 미꾸리 개체군의 전장-체중 상관도 분석 결과 회귀계수 b 값이 관행 논이 2.7~3.3의 범위로 나타났으며, 친환경 논에서는 2.9~3.1의 범위를 보이는 것으로 나타났다. 두 농법에서 6월을 제외한 모든 시기에 회귀계수 b 값이 3.0 이상으로 미꾸리 개체군은 비교적 안정적인 서식을 하고 있는 것으로 사료된다. 본 조사지역의 선행연구 결과에서는 회귀계수 b 값이 관행 논(3.2)이 친환경 논(3.0)보다 조금 높은 것으로 나타나(Kim *et al.* 2017), 5월에 관행 논(3.3)과 친환경 논(3.1)의 결과와 유사하였으나, 6월을 제외한 7, 8, 9월은 3.0으로 거의 같은 값을 보이는 것으로 나타났다. 그러나 6월에는 관행 논과 친환경 논에서 각각 2.7과 2.9로 가장 낮은 것으로 나타났는데, 이는 관행 논에 경우에는 제초제나 농약 및 산란 스트레스 등의 영향을 받는 것으로 추정되며, 친환경 논에 경우에는 주로 산란 스트레스 등의 생리적인 부분과 먹이 경쟁 등의 영향을 받는 것으로 판단된다. 만약 농약이나 제초제와 같은 스트레스로 성장도가 낮아진 것과 폐사로 이어질 경우에는 친환경 논에 대한 유용한 간접지표로 미꾸리가 큰 역할을 할 것으로 판단되며, 또한 친환경 논에 대한 정책적 자료로도 큰 기여를 할 것으로 생각된다. 그러나 회귀계수 b 값이 6월에 낮은 이유에 대해서는 향후 6월 미꾸리 개체군에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

관행 논과 친환경 논에서 채집된 미꾸리 개체군 분석을 위해 비만도 지수를 산출하였으며, 비만도 지수는 어류에 필요한 풍부한 먹이원의 유무와 먹이원을 이용한 에너지 축적량을 나타낸다(Seo 2005). 6월에 관행 논과 친환경 논에서 서식하는 미꾸리 개체군의 비만도 지수 분석 결과 slope값의 값으로 나타나 불안정적인 개체군을 형성하고 있는 것으로 분석되었다(Fig. 4). 9월에 친환경 논에서 음의 값을 나타냈는데, 이는 관행 논에 비해 2배 이상의 개체수를 보이며 밀도가 높은 것으로 나타나 미꾸리의 성장에는 미꾸리의 밀도가 낮을수록 높게 나타나므로 미꾸리의 먹이 부족, 즉 개체군 내 경쟁으로 인한 결과로 판단된다(Lee *et al.* 2014). 따라서 미꾸리의 연령별, 서식처에 따른 먹이 분석 등의 연구도 앞으로 필요할 것으로 생각된다.

결과적으로 제초제 및 살충제 등을 사용하는 관행 논에

서식하는 미꾸리 개체군은 낮은 개체수 현존량과 치어 성장 등과 같은 영향을 미치는 것으로 확인되었으며, 또한 6월에 미꾸리 개체군의 성장도와 비만도 지수가 낮은 것에 대한 영향을 명확히 밝히기 위해서는 미꾸리 개체군에 영향을 미치는 다양한 원인에 대해서 좀 더 세부적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

적 요

논 생태계는 일부 생물의 개체군 유지를 위한 중요한 서식지로서 역할을 하고 있다. 이러한 논 생태계를 대상으로 농법에 따른 수생태계에 미치는 영향에 대한 연구는 미비하다. 따라서 친환경농법 및 관행농법과 같은 재배 방식의 차이는 생물서식지에 다양한 영향을 미치기 때문에 두 농법에 따른 미꾸리 개체군의 서식특성 및 성장도의 차이를 확인하였다. 조사기간은 2015년 5월부터 9월까지였고, 대호 간척농지를 대상으로 하였다. 영농방법에 따라 개체수, 미꾸리 개체군 분포, 전장-체중 상관도 및 비만도 지수 비교, 미꾸리 개체군의 전장크기 등을 비교하였다.

미꾸리 개체군의 크기는 친환경 논에서 월등히 큰 것을 확인할 수 있었다. 또한 연령대 분포는 친환경 논이 다양한 연령층의 미꾸리가 서식하는 것으로 나타났으나 관행 논은 Age 0⁺ (28~51 mm)의 개체들이 대부분 성장하지 못하고 사멸하며, 일부 내성을 지니는 개체만이 성장하는 것으로 판단된다. 특히 5월에 관행 논과 친환경 논에서 거의 비슷한 미꾸리 개체수를 보이는 것은 로터리 및 경운에 의해서 토양의 얇은 깊이에서 서식하는 미꾸리가 폐사된 것으로 판단되어 무경운이 미꾸리 개체군 유지에 큰 기여를 할 것으로 판단된다. 친환경 논에 미꾸리는 먹이섭식 및 영양상태가 안정적인 것으로 나타났다. 또한 6월에 관행 논 및 친환경 논에서 성장도 및 비만도가 낮은 것에 대하여는 추가적인 조사연구가 필요할 것으로 판단된다. 관행 논에서 미꾸리 개체군의 개체수 회복 및 연령대 회복을 위해서는 농약과 같은 화학물질 사용을 제한해야할 것으로 사료되며, 또한 관행농법보다 친환경농법으로 재배할 경우 미꾸리 개체의 유지 및 회복에 큰 기여를 할 것으로 기대된다.

사 사

본 연구는 국립농업과학원 농업과학기술연구개발사업(과제번호: PJ01249003)의 지원에 의해 이루어진 것임.

REFERENCES

- Anderson R and S Gutreuter. 1983. Length, weight and associated structural indices. In: Fisheries techniques. L. Nielsen and D. Johnson (Eds). American Fisheries Society, Bethesda, Md. pp. 283–300.
- Anderson RO and RM Neumann. 1996. Length, weight, and associated structural indices. In Fisheries Techniques, 2nd edition (Murphy BR and DW Willis eds.). American Fisheries Society, Bethesda, Maryland. pp. 447–482.
- Busacker GP, IR Adelman and EM Goolish. 1990. Growth, In: Schreck CB, Moyle PB (Eds) Methods for fish biology. American Fisheries Society, Bethesda Md. pp. 363–387.
- Byeon HK, JK Choi and CR Jang. 2011a. The fish fauna and population of *Zacco koreanus* in the upper region of the Gapyeong stream. Korean J. Environ. Ecol. 25:65–70.
- Byeon HK, JK Choi and CR Jang. 2011b. The characteristic of fish fauna by habitat type and population of *Zacco koreanus* in the Tan stream. Korean J. Environ. Ecol. 25:71–80.
- Choi JS, SC Park, YS Jang, KY Lee and JK Choi. 2006. Population dynamics of Korean chub (*Zacco Koreanus*, Cyprinidae) in the upstream and downstream of Lake Hoengseong. Korean J. Environ. Ecol. 20:391–399.
- Chyung MK. 1977. The fishes of Korea. Il-Ji Sa. Seoul. pp. 209–214.
- Elphick CS and LW Oring. 2003. Conservation implications of flooding rice fields on winter waterbird communities. Agric. Ecosyst. Environ. 94:17–29.
- Han MS, KJ Cho, HK Nam, KK Kang, YE Na, MR Kim and MH Kim. 2013a. Variation in population size of Mudfish by agricultural practices in paddy fields. Korean J. Environ. Agric. 32:24–34.
- Han MS, HK Nam, KK Kang, M Kim, YE Na, HR Kim and MH Kim. 2013b. Characteristics of benthic invertebrates in organic and conventional paddy field. Korean J. Environ. Agric. 32:17–23.
- Han MS, YE Na, HS Bang, MH Kim, KK Kang, HK Hong, JT Lee and BG Ko. 2008. Aquatic invertebrates in paddy ecosystem of Korea. National Academy of Agricultural Science. Suwon. Korea. pp. 1–529.
- Han SC, HY Lee, EW Seo, JH Sim and JE Lee. 2007. Fish fauna and length-weight relationships for 9 fish species in Andong reservoir. Korean J. Life Sci. 17:937–943.
- Hesler LS, AA Grigarick, MJ Orazo and AT Palrang. 1993. Arthropod fauna of conventional and organic rice fields in California. J. Econ. Entomol. 86:149–158.
- Jang YS, JS Choi, KY Lee, JW Seo and BC Kim. 2007. Length-weight relationship and condition factor of *Zacco platypus* in the Lake Hoengseong. Korean J. Ecol. Environ. 40:412–418.
- Jeon SR. 1983. Studies on the distribution and key of Cobitidae fishes (Cypriniformes) from Korea. Bull. Sangmyong Women's Univ. 11:289–321.
- Jeong MR. 2010. A study of habitat environmental characteristics of mudfish inhabited in rice field. Master Dissertation, Korea National University of Education.
- Kim HS and HK Lee. 1985. Studies on nutrient composition of loach-2. Seasonal variations in heavy metal contents of loach in various area. J. Nutr. Health 18:167–172.
- Kim IS. 1997. Illustrated encyclopedia of fauna & flora of Korea Vol. 37 Freshwater Fishes. Ministry of Education Republic of Korea. p. 629.
- Kim IS and JY Park. 2002a. Freshwater fishes of Korea. Kyohaksa. p. 465.
- Kim IS and JY Park. 2002b. Freshwater fishes of Korea. Kyohak Publishing Co. Ltd. pp. 230–233.
- Kim JO, HS Shin, JH Yoo, SH Lee, KS Jang and BC Kim. 2011a. 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.
- Kim JO, HS Shin, JH Yoo, SH Lee, KS Jang and BC Kim. 2011b. Distribution of fish in paddy fields and effectiveness of fishways as an ecological corridor between paddy fields and streams. Korean J. Ecol. Environ. 44:203–213.
- Kim MH, SK Choi, J Eo, SI Kwon and YJ Song. 2017. Influence of farming practices on Length-weight relationship of the Loach (*Misgurnus anguillicaudatus*) population in rice paddy fields. Korean J. Environ. Biol. 35:446–451.
- Kubota Z. 1961a. Ecology of the Japanese loach, *Misgurnus anguillicaudatus* (CANTOR)-VI. Frequency distribution of body length and body weight. J. Shimonoseki Coll. Fish 338:241–245.
- Kubota Z. 1961b. Ecology of the Japanese loach, *Misgurnus anguillicaudatus* (CANTOR)-IV. Growth and Fatness. J. Shimonoseki Coll. Fish 336:213–234.
- Kubota Z, M Kuga, T Okamasa and 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. J. Shimonoseki Coll. Fish 443:59–73.
- Lee YS, HG Han, SG Lim, KS Kim, EJ Kang and CJ Cheong. 2014. The Effects of various rice and loach densities on water quality, loach growth, and rice production in paddy fields. J. Korean Soc. Environ. Technol. 15:263–269.
- Lim HS, MS Kim, YS Seok, SD Park and HH Lee. 1996. Characterization and DNA structure analysis of replication ori-

- gin of *Misgurnus mizolepis*. Kor. J. Fish Aquat. Sci. 9:93–100.
- Nam KC. 2007. Intestinal respiration and oxygen consumption of mud loach (*Misgurnus mizolepis*), MS thesis, Pukyong National University. Busan, Korea.
- Naruse M and T Oishi. 1996. Annual and daily activity rhythms of loaches in an irrigation creek and ditches around paddy fields. Environ. Biol. Fishes 47:93–99.
- Ney JJ. 1993. Practical use of biological statistics. Inland fisheries management of North American Fisheries Society. Bethesda, Md. pp. 137–158.
- Oh MK. 2012. Study on respiratory system of *Misgurnus mizolepis* (Cobitidae) related to environmental change of rice field. PhD thesis. Chonbuk National University. Chonbuk, Korea.
- Paoletti MG. 1995. Biodiversity, traditional landscapes and agroecosystem management. Landsc. Urban Plan. 31:117–128.
- Park IS, BS Kim, JH Im, HM Park, YK Nam, CH Jeong and DS Kim. 1997. Improved early survival in backcrosses of male mud Loach (*Misgurnus mizolepis*) × Cyprinid Loach (*M. anguillicaudatus*) hybrids to female Cyprinid Loach. J. Aquaculture 10:363–371.
- 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 JW. 2005. Fish fauna and ecological characteristics of dark chub (*Zacco temminckii*) population in the mid-upper region of Gam stream. Korean J. Ecol. Environ. 38:196–206.
- Seo JW and HS Kim. 2009. A study of fish community on up and downstream of Hwabuk Dam under construction in the upper Wie stream. Korean J. Ecol. Environ. 42:260–269.
- Shin LS. 2012. Morphogenetic characteristics of Chinese muddy loach (*Misgurnus mizolepis*) and muddy loach (*M. anguillicaudatus*). MS thesis. Chonnam National University. Gwangju, Korea.
- Smukler SM, S Sánchez-Moreno, SJ Fonte, H Ferris, K Klonsky, AT O’Geen, KM Scow, KL Steenwerth and LE Jackson. 2010. Biodiversity and multiple ecosystem functions in an organic farmscape. Agric. Ecosyst. Environ. 139:80–97.
- Taft OW and SM Haig. 2005. The value of agricultural wetlands as invertebrate resources for wintering shorebirds. Agric. Ecosyst. Environ. 110:249–256.
- Tanaka M. 1999. Influence of different aquatic habitats on distribution and population density of *Misgurnus anguillicaudatus* in paddy fields. Jpn. J. Ichthyol. 46:75–81.
- Uchida K. 1939. The fishes of Korea. Bull. Fish. Exp. Sta. Gov. Gener. Korea. 1:330–346.
- Umemura J. 2004. Distribution of Cobitidae in Toyota city and evaluation of river environment. Res. Yahagi River 8:249–258.

Received: 27 December 2017

Revised: 3 January 2018

Revision accepted: 5 January 2018