

# 국내에 서식하는 잉어과 어류의 Passive integrated transponder (PIT) tag 적용에 따른 생존율 평가

윤 주 덕 · 장 민 호<sup>1,\*</sup>

(부산대학교 생물학과, <sup>1</sup>공주대학교 생물교육과)

**Survival Rate of the Korean Cyprinidae Subject to Passive Integrated Transponder (PIT) Tagging.** Yoon, Ju-Duk and Min-Ho Jang<sup>1,\*</sup> (Department of Biology, Pusan National University, Busan 609-735, Korea; <sup>1</sup>Department of Biology Education, Kongju National University, Kongju 314-701, Korea)

The survival rate of PIT tagged fish was investigated for five Korean Cyprinidae fish species, *Acheilognathus lanceolatus* (n=18, total length: 92.5±13.1 mm; body weight: 9.6±4.3 g), *Hemibarbus labeo* (n=28, TL: 220±74.4 mm; BW: 91.8±76.2 g), *Zacco koreanus* (n=13, TL: 116.5±23.8 mm; BW: 13.6±10.6 g), *Zacco platypus* (n=108, TL: 100.6±17.8 mm; BW: 8.7±4.8 g), *Opsariichthys uncirostris amurensis* (n=6, TL: 161.8±26.3 mm; BW: 27.5±18.3 g) with respect to applicability and effectiveness of PIT tagging. The survival rate were daily checked for 30 days. The survival rate was the highest and lowest for *Z. koreanus* and *Z. platypus*, respectively. The survival days were greater as fish total length increased. Based on these results, PIT tagging is not effective for *Z. platypus*, while PIT tagging for fish >150 mm was effect for field research.

**Key words :** fish surgery, passive integrated transponder, PIT tagging, Korean Cyprinidae, survival rate

## 서 론

표식-재포획법 (Mark-recapture)은 야외현장에서 대상 생물의 개체군 파악, 군집의 변화, 개체의 이동을 연구하는데 일반적으로 사용되며, 특히 담수어류의 이동 및 개체군 평가를 위해 가장 보편적으로 이용되는 기술이다. 표지법 (marking method)을 이용한 어류의 이동에 관한 연구는 구미 선진국을 중심으로 비교적 활발한 연구가 수행되어왔으며, 현재까지도 다양한 새로운 표지방법들이 지속적으로 개발, 적용되고 있다. 과거의 단순한 표지 방법에는 핀을 이용한 표지, 지느러미 일부를 절단하는 표

지 (fin clips), 염색시약을 이용한 지느러미 염색 (methylene blue) 등을 사용하였다. 최근에는 형광물질 표지법 (Visible Implant Elastomer, VIE), 방사선 동위원소를 이용한 표지, 표지태그 (floy anchor tag)를 이용한 표지, 수중음파 (Hydroacoustic), 수동형 완전자동 무선 태그 [Passive integrated transponder (PIT) tag], 라디오 발신기 (radio tag), 음파이용 발신기 (acoustic tag), 위성추적장치 등을 이용하여 대상 어류의 생태에 대한 구체적인 정보를 수집하고 있다 (Lucas and Baras, 2001).

PIT 태그는 외부 안테나로부터 전기신호를 받아 고유 번호를 안테나가 인식하게 되는 시스템으로 태그자체의 전력소비가 없어, 전지교환과 같은 번거로움 없이 계속 사

\* Corresponding author: Tel: 041) 850-8285, Fax: 041) 850-8842, E-mail: jangmino@kongju.ac.kr

용할 수 있는 이점을 가지고 있다(Morhardt *et al.*, 2000). PIT 태그의 크기는 동물에게 생리적, 행동적 장애를 주지 않을 만큼 작아, 생물체 내 삽입이 가능하다(Bubb *et al.*, 2002). 국외에서 PIT 태그를 이용한 담수어류나 가재류의 개체군 및 이동에 관한 연구는 비교적 활발히 수행되어왔다(Morhardt *et al.*, 2000; Roussel *et al.*, 2000; Zydlewski *et al.*, 2001). 어류의 경우 연구대상 어종이 경제성이 높은 연어과(Salmonidae) 어종에 국한되어 왔으나, 최근 종 다양성 보존이 곧 자국의 자원을 유지하기 위한 방안으로 인식되어 각 국가에서 자국의 보호종을 설정하고, 이들에 대한 정보를 얻기 위해 연어과 이외 어류의 이동에 대한 연구가 수행되기 시작하였다(Lucas and Baras, 2001; Jang *et al.*, 2004; Jang and Lucas, 2005; Lucas *et al.*, 2009).

국내에서는 토착어종과 고유어종의 복원 및 보존을 위한 종의 분포양상, 행동 및 이동 양상을 파악하기 위하여 이동성 평가 연구가 선행되어야 함에도 불구하고, 현재까지 국내 담수에 분포하는 어류의 대부분은 이동 여부가 파악되지 않은 상황이며, 국내에서 표지법을 이용한 어류 연구는 매우 제한적으로 이루어졌다(Jang *et al.*, 2005). 특히, 국내에 서식하는 토착종과 고유종인 중·소형의 잉어과 어류에 대한 PIT 태그를 이용한 이동성 평가 연구는 전무한 실정이다.

야외 현장에서 PIT 태그를 이용한 이동성 평가 연구의 적용을 위해서는, PIT 태그 적용이 가능한 적절한 대상 어종을 선택하여, 실험실내에서 PIT 태그 부착후, 생존률 파악이 선행되어야 한다. 일본산 소형 담수 잉어과 4종을 선택하여, PIT 태그 부착후, 생존율을 파악한 적은 있으나(장 등, 2007), 국내에 서식하는 잉어과 어종을 대상으로 PIT 태그의 적용성이 평가된 적은 없다. 따라서, 본 연구는 담수어류의 표지법 telemetry 적용을 위한 기본적인 연구로서, 비교적 저렴한 가격에 가장 높은 효율성을 가지며, 어류의 이동 정도를 정확하게 파악할 수 있는 PIT 태그를 국내 대표적인 담수 토착종인 소형 잉어과 어류인 납자루(*Acheilognathus lanceolatus*), 누치(*Hemibarbus*

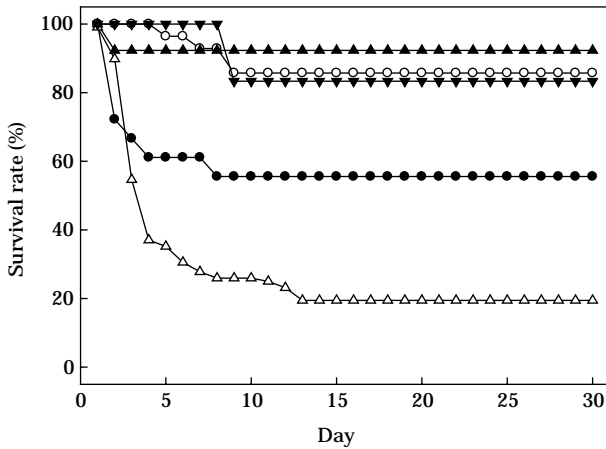
*labeo*), 참갈겨니(*Zacco koreanus*), 피라미(*Zacco platypus*), 끄리(*Opsariichthys uncirostris amurensis*)에 부착한 후, 실험실 내에서 생존율을 평가하여 담수생물의 보존과 복원을 위한 어류 이동 및 행동연구에 대한 기초자료를 얻고자 한다.

재료 및 방법

본 연구를 위해 사용된 납자루, 누치, 참갈겨니, 피라미, 끄리는 충남 공주시에 위치한 유구천에서 채집하여, 공주대학교 생물교육과 동물생태 실험실에서 빛(14 h : 10 h)과 온도(23°C)가 조절되는 4개의 항온수조(용량: 300 L)에서 사육하였다. 각 어류는 탱크 내 산소농도를 7~8 mg L<sup>-1</sup>로 유지하기 위하여 염소가 제거된 물을 지속적으로 공급하여 물의 흐름을 유지하였다. 각 어류는 매일 오전 9시에 독일 Tetra사의 비타민, 미네랄 등 필수 영양소가 배합된 인공사료 테트라민(Tetra GmbH, D-49304 Melle, Germany)을 먹이로 하여, 체중의 최소 3% 정도의 양으로 1일 1회 동일시간(09:00~09:30)에 공급하였다. 7~14일간의 적응 기간 후 PIT 태그(길이 11 mm, 직경 2 mm, 무게 0.088 g)을 각 실험 대상어류 체중의 2~5%를 넘지 않는 범위에 포함되는 어류만을 선택하였다. 각 어류는 종별로 건강상태가 양호한 개체들을 선별하였으며, 실험에 이용된 5종의 어류는 모두 173개체였다(Table 1). 각 PIT 태그의 고유번호는 어류 체내 삽입 전 작동유무를 파악하기 위하여 미니 포터블 리더(MPR-HS5900L, Digital Angel, USA)를 이용하여 확인하며, 모든 수술장비와 PIT 태그는 수술 전 70% 알콜로 소독하였다. PIT 태그 삽입을 위해 각 개체들은 2-phenoxyethanol 0.03% (v/v)하에서 마취 후 메스를 이용하여 복부(가슴지느러미와 배지느러미 사이)에 4 mm 길이로 배를 가른 후, 태그를 삽입하고, 생체 접착제(3M™ Vetbond™ Veterinary Tissue Adhesive, USA)를 사용하여 가능한 완전하게 봉합되도록 하였다. 각 대상 생물들의 생존율을

**Table 1.** Details of the total length (TL), and body weight (g) of five Korean Cyprinidae species used for PIT tagging application experiment.

Species	Ind. (n)	Total length (mm)		Body weight (g)	
		Mean	SD	Mean	SD
<i>Acheilognathus lanceolatus</i>	18	92.5	13.1	9.6	4.3
<i>Hemibarbus labeo</i>	28	220.0	74.4	91.8	76.2
<i>Zacco koreanus</i>	13	116.5	23.8	13.6	10.6
<i>Zacco platypus</i>	108	100.6	17.8	8.7	4.8
<i>Opsariichthys uncirostris amurensis</i>	6	161.8	26.3	27.5	18.3

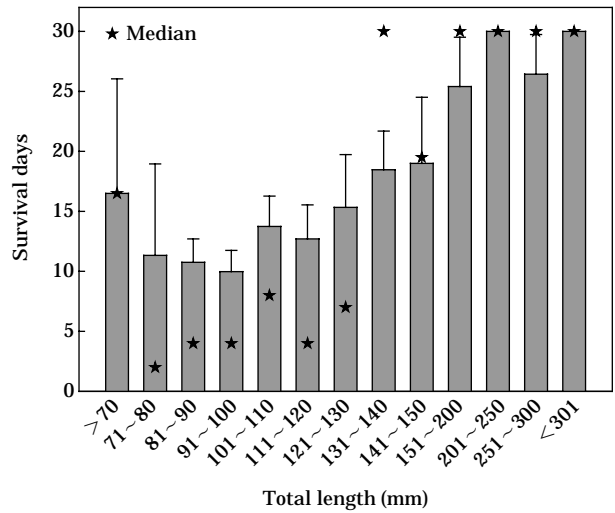


**Fig. 1.** Survival rate of PIT tagged Korean Cyprinidae species for 30 days (●, *Acheilognathus lanceolatus*; ○, *Hemibarbus labeo*; ▲, *Zacco koreanus*; △, *Zacco platypus*; ▼, *Opsariichthys uncirostris amurensis*).

파악하기 위하여 30일간 매일 각 종별 개체들의 생존여부를 관찰하였다.

### 결과 및 고찰

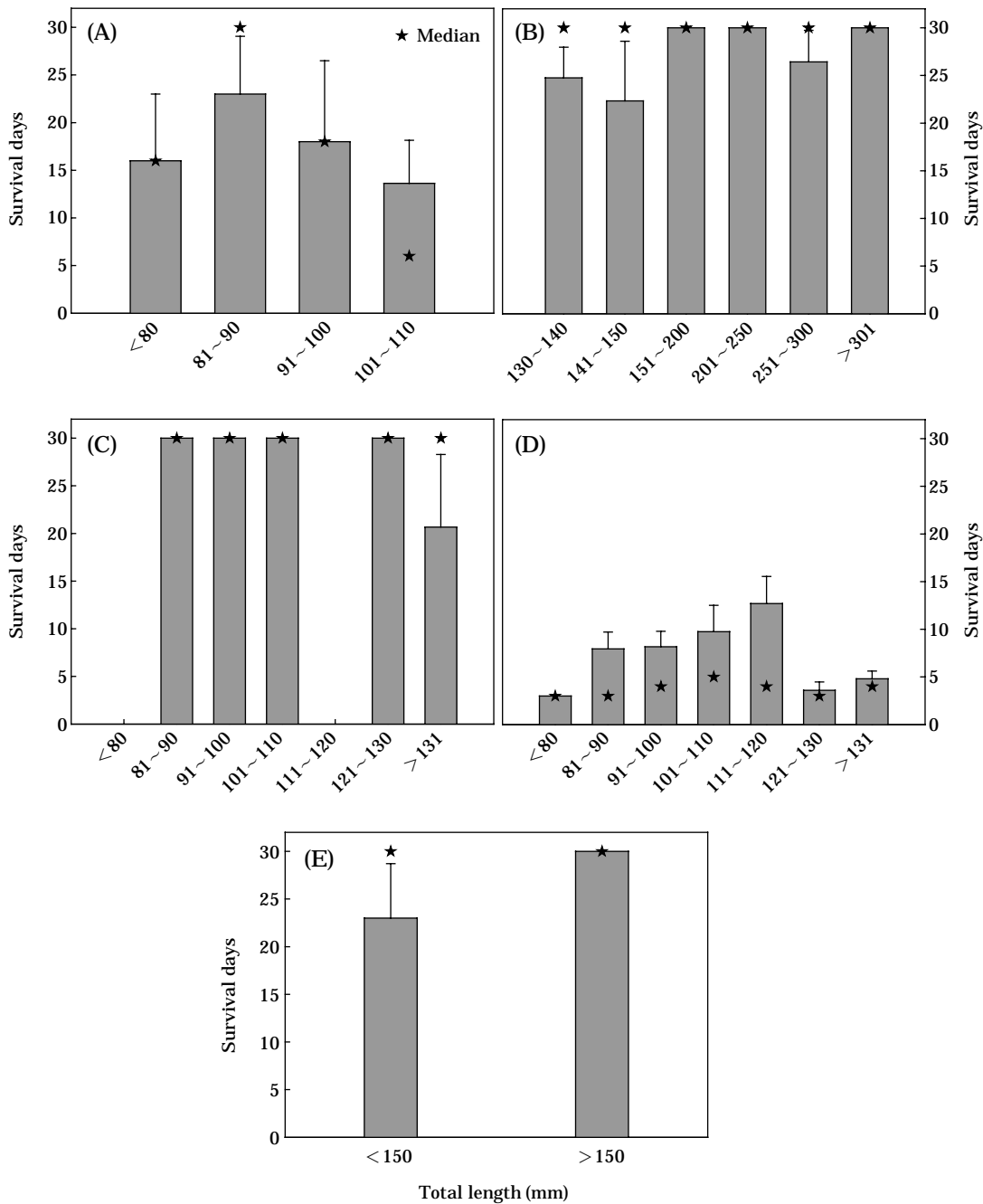
본 연구를 위해 사용된 각 어종에 따른 생존율의 변화에서 참갈겨니가 가장 높은 생존율을 나타냈으며, 피라미는 가장 낮은 생존율을 나타냈다(Fig. 1). 참갈겨니는 실험을 실시한 하루 뒤에 한 개체가 사망한 이후로 30일 지나 실험이 종료될 때까지 사망한 개체가 나타나지 않았다. 반면, 피라미의 경우는 실험 당일 한 개체가 사망하였고, 하루가 지난 뒤에 10개체가 사망하여 89.8%의 생존율을 나타냈다. 아울러 실험 3일째 49개체가 사망하여 생존율이 54.6%로 낮아졌다. 이후에도 사망개체가 꾸준히 증가하여 7일째에 27.8%의 생존율로 감소한 이후 12일째까지 23.2%로 생존율 감소가 둔화되었다가 13일째에 4개체가 사망한 이후 실험이 종료되는 30일까지 생존율이 19.4%를 유지하였다. 납자루는 2일째에 5개체가 사망하여 생존율이 72%로 낮아졌으나 이후 사망률이 낮아져 실험종료 시에는 56.6%로 나타났다. 누치의 경우 실험 4일째까지 사망한 개체가 없었으나, 5일과 7일째 각각 한 개체씩 사망하였고 9일째에 2개체가 사망한 이후 실험이 끝날 때까지 85.7%의 생존율을 나타냈다. 끄리는 실험 9일째에 한 개체만이 사망한 이후 실험 종료 시까지 83.3%의 생존율을 나타냈다.



**Fig. 2.** Mean survival days of PIT tagged 173 Korean Cyprinidae individuals by each size class. Star indicates median.

생존률 평가 대상 각 개체들의 전장이 70 mm 이하를 제외하고는 전장이 길수록 생존기간이 긴 것으로 나타났다(Fig. 2). 중간 구분 없이 70 mm 이하 개체에서는 70~80 mm 사이의 개체들보다 5일정도 더 생존하는 것으로 나타났으나 이외에는 대부분 크기의 증가에 따라 생존기간도 증가하는 것으로 나타났다. 특히 중앙값(median)이 30일을 나타낸 150 mm 이상의 개체들은 사망개체가 거의 없이 30일간 생존할 수 있는 것으로 나타나 PIT 태그 적용이 용이한 것으로 나타났다. 120~150 mm 사이의 개체를 사용할 경우 생존일이 약 15일로 단기적 용에 적합한 것으로 나타났으며, 100 mm 이하의 개체들에서는 생존일이 10일 이하로 낮게 나타나, 개체 선별에 주의를 기해야 할 것으로 생각된다. 하지만 70 mm 이하의 전장에서 오히려 장기간 생존하였는데 이는 종별 생존율에 의한 영향이 크게 작용한 것으로 판단된다.

각 종별 크기에 따른 생존율에서는 크기가 큰 개체를 이용한 누치가 130 mm 이상의 개체에서 생존일이 30일을 채웠으며, 이외에도 누치보다 작은 크기의 참갈겨니 역시 30일 동안 생존한 개체들이 대부분 이었다(Fig. 3). 피라미는 전장의 길이에 관계없이 생존기간이 15일 이내로 매우 짧게 나타났다. 납자루의 경우는 전장이 다른 종들에 비해 작았으나, 생존기간이 비교적 길게 나타났다. 실험에 사용된 납자루는 69 mm부터 110 mm에 이르는 다양한 크기의 개체들이었다. 납자루는 연구에 사용된 다른 종들에 비해 복강의 크기가 크기 않았지만 생존기간이 길었던 것은 감염 등에 저항력이 강했던 것으로 판단



**Fig. 3.** Mean survival days of PIT tagged five Korean Cyprinidae species (A, *Acheilognathus lanceolatus*; B, *Hemibarbus labeo*; C, *Zacco koreanus*; D, *Zacco platypus*; E, *Opsariichthys uncirostris amurensis*). Star indicates median.

된다. 특히 최소 체장인 69 mm의 개체는 30일을 생존하였으나, 110 mm 개체는 단지 4일만을 생존한 것으로 볼 때 PIT 태그의 삽입 위치나 삽입과정에서 내장의 손상이 생존기간을 결정하는 것으로 생각된다. 끄리는 PIT 태그를 삽입한 개체가 많지 않고, 크기 또한 피라미나 참갈겨니에 비해 다소 큰 개체들이 많아 생존기간이 대부분 30

일을 넘었다. 끄리는 전장이 138 mm인 개체가 가장 작은 개체였고, 현장에서의 PIT 태그 실험이 보통 30일 정도로 수행된다는 점을 고려할 때, 전장이 140 mm인 개체들을 사용하면 현장적용이 용이할 것으로 판단된다. 따라서 본 실험결과 피라미를 제외한 국내에 서식하고 있는 소형 담수어류에도 PIT 태그 적용이 가능할 것으로 사료되

며, 이러한 크기의 어류를 이용한 PIT 태그의 현장 적용은 어류 생태 연구에 있어 효율적일 것으로 판단된다.

또한 본 실험에서는 피라미에서만 3개체에서 PIT 태그가 빠져나왔는데, 이는 봉합과정에서 충분히 건조시키지 못해 발생했을 것으로 판단된다. 하지만 장 등(2007)이 소형담수 어류의 PIT 태그 적용 후 생존을 실험을 실시한 경우에는 자연적인 봉합을 유도하였어도 태그가 하나도 이탈되지 않은 것으로 나타났다. 피라미를 제외한 다른 종에서는 PIT 태그가 이탈하지 않았던 점을 고려할 때 생체접합은 PIT 태그의 소실이나 미생물 감염을 어느 정도는 예방할 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 생체접합은 PIT 태그의 이탈을 방지하고, 미생물 감염으로 인해 높은 초기 폐사율을 감소시킬 수 있는 방법으로 사료된다. 본 실험 결과 피라미의 생존율이 비교적 낮게 나타났다. 실제로 이는 태그를 삽입하기 위해 수행되는 마취과정에서도 쉽게 사망하는 경우가 발생하기도 하는 것으로 보아, 다른 종들에 비하여 외부 스트레스를 잘 극복하지 못하는 점 등이 생존율을 떨어뜨리는 요인일 것으로 생각된다. 피라미와 같은 활동성이 강하며 외부스트레스에 상대적으로 저항력이 약한 어류에 대한 태그 적용에는 봉합과정에서 주의를 기울여야하며, 아울러 현장에 직접 적용 시에는 고수온보다는 저온인 시기에 적용하는 것이 더 높은 효율을 나타낼 것으로 판단된다. 또한 고수온시기에 적용을 위해서는 현장의 어류를 채집하여 실험실에서 태그를 삽입한 후 일주일 정도 사육 후에 동일한 장소에 방류하여 실험에 임하는 것이 효율적일 것으로 판단된다.

## 적 요

국내에 서식하는 5종의 담수 잉어과 어류(참갈겨니, 피라미, 누치, 남자루, 끄리) 173개체를 대상으로 PIT 태그를 체내 삽입 후, 30일 간 매일 생존율을 파악하여 태그의 적용성과 활용 가능성을 타진하였다. 생존율 테스트 결과, 참갈겨니가 가장 높은 생존율을, 피라미가 가장 낮은 생존율을 보였으며, 전반적으로 개체의 전장이 길수록 생존 기간도 긴 것으로 나타났다. 초기 사망률은 외과적 수술과정에서 내부 장기의 손상 등과 관련이 있는 것으로 보였다. 본 실험결과 피라미를 제외한 국내에 서식하고 있는 소형 담수어류에도 PIT 태그 적용이 가능할 것으로 사료되며, 종에 따라 다소 차이는 있으나, PIT 태그의 야외현장 적용을 위해서는 전장 150 mm의 개체를 사용하는 것이 적절할 것으로 판단된다.

## 사 사

본 연구는 공주대학교 과학영재교육원의 지원(과학영재 제2008-6호)과 수생태계 내 생물서식처 복원기술개발사업의 지원으로 수행되었습니다.

## 인 용 문 헌

- 장민호, 윤주덕, 도윤호, 주기재. 2007. 소형담수 잉어과 어류의 PIT tag 적용을 위한 생존률 평가. 한국육수학회지 **19**(4): 371-377.
- Bubb, D.H., M.C. Lucas, T.J. Thom and P. Rycroft. 2002. The potential use of PIT telemetry for identifying and tracking crayfish in their natural environment. *Hydrobiologia* **483**: 225-230.
- Jang, M.H., K. Ha, D.H. Bubb and M.C. Lucas. 2004. Habitat availability, distribution and abundance of spawning lampreys in the Yorkshire Derwent system. Report of a joint project by the University of Durham with the Environment Agency, 71pp.
- Jang, M.H. and M.C. Lucas. 2005. Reproductive ecology of the river lamprey. *J. Fish Biol.* **66**: 499-512.
- Jang, M.H., G.I. Cho and G.J. Joo. 2005. The impact of unregulated fishing on the size distribution of a fish population in a temperate upland stream pool. *J. Freshwater Ecol.* **20**: 191-193.
- Lucas, M.C. and E. Baras. 2001. Migration of Freshwater Fishes. Blackwell Science, Oxford, UK, 352pp.
- Lucas, M.C., D.H. Bubb, M.-H. Jang, K. Ha and J.E.G. Masters. 2009. Availability of and access to critical habitats in regulated rivers: effects of low-head barriers on threatened lampreys. *Freshwater Biol.* **54**: 621-634.
- Morhardt, J.E., D. Bisher, C.I. Handlin and S.D. Mulder. 2000. A portable system for reading large PIT tags from wild trout. *N. Am. J. Fish. Manag.* **20**: 276-283.
- Roussel, J.M., A. Haro and R.A. Cunjak. 2000. Field-test of a new method for tracking small fishes in shallow rivers using passive integrated transponder (PIT) technology. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **57**: 1326-1329.
- Zydlewski, G.B., A. Harom K.G. Whalen and S.D. McCormick. 2001. Performance of stationary and portable passive transponder detection systems for monitoring fish movements. *J. Fish Biol.* **58**: 1471-1475.

(Manuscript received 11 February 2009,  
Revision accepted 4 March 2009)