

<단보>

시마연어 0+기 스몰트에 대한 유전율 추정

최미경 · 여인규**

국립수산진흥원, *제주대학교 해양생산과학부

Estimation of Heritability for Underyearing Smolt of Masu Salmon (*Oncorhynchus masou*)

Mi-Kyung CHOE and In-Kyu YEO**

National Fisheries Research and Development Institute, Busan 619-900, Korea

*Faculty of Applied Marine Science, Cheju National University, Jeju 690-756, Korea

Heritability estimations of masu salmon smolt at underyearing of age were described. Masu salmon was taken from aquaculture station of Mori in Japan. After fertilization, the offsprings in each family were reared in separate egg trays and fingerling tanks. The percentage of fish in each tank which smoltified at 11-month old was recorded, and environmental and genetic factors influencing the percentage smoltification were also studied. Percentage of smoltification was not significantly affected by the number of fish held in a tank, or fish density (correlation coefficient 0.10). However, there was a high correlation (0.821~0.565) between smolt percentage and growth related traits of fish in a family. Heritability estimated from total data was 0.47 ± 0.13 , when effects of tanks were ignored.

Key words: Masu salmon, *Oncorhynchus masou*, Heritability, Smolt

연어과 어류는 일반적으로 하천에서 산란·부화되고, 스몰트(smolt)화가 일어난 후에는 바다로 강하하는 것으로 알려져 있다(Tsiger et al., 1994). 시마연어의 경우에 있어서도, 부화 후 약 1년 반 정도를 하천에서 머물다 봄에서 여름에 걸쳐 parr의 형태에서 스몰트로 형태변이가 일어남과 동시에 바다로 강하한다(Kubo, 1974, 1980; Utho, 1976; Tsygir, 1988). 시마연어의 하천잔류형을 parr라고 하는데 이는 바다로 강하하는 일없이 일생을 하천에서 보낸다. 이에 비해 시마연어의 스몰트는 유어기의 일정 기간을 하천에서 보낸 다음, 봄·여름에 걸쳐 강하한다. 시마연어의 스몰트는 몸통이 유선형이고 등지느러미와 꼬리지느러미의 끝이 검고 몸표면이 은백색을 띠는데, 이러한 현상이 스몰트화의 외부형태학적 특징이다(Kubo, 1974).

한편, 연어과 어류의 자원량 조성은 치어의 인위적인 방류사업에 크게 의존하고 있다. 시마연어의 경우, 짧은 하천생활을 하는 백연어 등과 달리 하천에서의 생활기간이 길어 방류사업에 어려움을 겪고 있다. 더욱이 이른 시기의 성숙은 높은 사망률과 어육의 질을 떨어뜨리는 것으로 보고되고 있는데(Refstie et al., 1977), 1세어 스몰트는 2세 혹은 3세어 스몰트의 개체에 비해 성숙이 늦은 것으로 알려지고 있다(Ritter, 1975). 그러므로 빠른 시기의 스몰트 생산은 방류사업을 위해서 무엇보다도 시급히 해결되어야 할 과제중 하나이다.

연어과 어류의 유전율은 대부분의 형질에 대해서 효과적인 육종 반응을 얻을 수 있을 만큼 충분히 큰 것으로 알려져 있다(Gjed-

rem, 1983; Klupp, 1979; Kinghorn, 1983). 따라서 본 연구는 시마연어 0+ 스몰트에 대한 유전율을 추정하여, 스몰트를 증가를 위한 유전적 개량의 가능성에 대하여 검토하였다.

본 연구에서는 못 양식으로 사육된 만 2년의 성숙 친어 중에서 무작위로 추출한 수컷 20마리(평균전장 29.5 ± 2.9 cm, 평균체중 382.5 ± 108.5 g)와 암컷 20마리(평균전장 32.8 ± 1.8 cm, 평균체중 530.8 ± 75.1 g)로 전 형매군 20가족을 만들어 실험에 사용하였다.

수컷의 정자와 암컷의 알로부터 인위적인 수정이 이루어진 수정란은 가족별로 스텐레스제 바구니(19 cm×15 cm×20 cm)에 수용하여, 실내수조(185×50×20 cm)에서 배양하였다. 배양수조의 수온은 10°C로 고정시켰으며, 사육수는 순환여과수를 분당 200 L가 되도록 공급하였다. 부화된 자어는 난황흡수직후 자어용 분말사료(일본, 협화발효)로 사육하였고, 사료 공급 개시 약 3주 후에 각 가족으로부터 270마리를 임의 추출하여, 실외 550 L 혹은 1100 L의 수조에 분리 수용하여 실험을 시작하였다. 단, 전형매가족 중 3가족은 자어수의 부족으로 248~256마리를 수용하였다. 사육수는 생물여과를 행한 순환수를 공급하고 유수량을 매시간 약 60톤으로 했다. 수온은 사육기간 중 14~20°C의 범위였다. 먹이는 성장에 따라 포식량을 공급했다. 분리수용시의 사육환경은 가능한 한 동일한 조건이 되도록 하였다. 표식은 실외 사육 실시 후 4개월째에 기름지느러미 절단법에 의한 표식을 행하여 두 가족씩 혼합사육을 행하였다. 스몰트의 측정은 생존개체에 한하여 급격한 성장이 이루어지고 많은 가족에서 스몰트 개체가 출현한 시기인 8월(11개월령)에 행하였다. 그리고, 각 개체에 대한 성장형질의 측정도 동시에 행하였다. 스몰트 판정은 Kubo(1974, 1980)에 의해, 유전율의 추정은 Becker(1984)에 의해 각각 행하였다. 각각의 성장 형

*Corresponding author: ikyeo99@cheju.cheju.ac.kr

Table 1. Heritabilities and standard errors of heritabilities (S.E.) with total families (T.F.) and all the families (A.F.) containing more than 20 individuals for smoltification at 1 year age in masu salmon

Trait	Heritability	S.E.
T.F.	0.47	0.13
A.F.	0.48	0.16

질과 스몰트화와의 상관관계는 student t-test로 분석하였다.

본 연구 결과, 실의 사육수조에서 8개월 (11개월령)간 사육 후 11개월령의 전체 생존 개체수는 678마리 (가족 평균 34 ± 28)였다. 이 때 각 가족의 평균 전장 (T.L.)은 115.0~160.0 mm, 평균 체중 (B.W.) 18.3~44.6 g, 평균 체고 (B.D.) 24.0~36.4 mm 및 평균 두장 (H.L.) 22.4~30.8 mm였다. 시마연어 0+기의 각 가족에 대한 스몰트율은 0~80%로, 가족간에 큰 차이를 보였다.

본 연구에서 추정된 시마연어 0+ 스몰트에 대한 유전율을 Table 1에 나타내었다. 시마연어 0+ 스몰트에 대한 유전율은 0.47로 추정되었다. 본 연구에서 사육기간 중 사망으로 인하여 가족별로 개체수의 차이가 발생하여 가족의 크기가 20개체 이상인 가족 (18가족)만으로 유전율의 재 추정을 실시하였다. 그 결과 유전율은 0.48로 전 개체를 사용하였을 경우와 비슷한 수치를 나타내었다. 또한 본 연구에서는 전장, 체중, 체고 및 두장의 성장관련형질과 스몰트화와의 관계를 추정하기 위하여, 계측된 전 개체에 대하여 스몰트 여부와 성장관련형질과의 관계를 분석하였다 (Fig. 1). 그 결과 시마연어의 성장형질은 0+ 스몰트에 영향을 미치는 것으로 나타났다 ($P < 0.0001$). 더욱이 각 가족의 스몰트율과 각 성장관련형질에 대한 가족 평균과의 상관관계는 매우 높은 것으로 나타났다 (T.L., $r = 0.821$, $P < 0.0001$; B.W., $r = 0.769$, $P < 0.0001$; B.D., $r = 0.565$, $P < 0.0001$; H.L., $r = 0.701$, $P < 0.0001$). Refstie 등 (1977)은 어체중의 크기와 스몰트율의 상관관계가 0.89~0.95로 높게 나타나는 것으로 보고하고 있어 본 연구결과와 유사한 결과를 나타내었다.

일반적으로, 연어과 어류에서의 스몰트 연령은 어체 사이즈에 의존하는 것으로 보고되고 있다 (Elson, 1957; Koch, 1968; Kubo, 1974; Knuston and Grav, 1975; Aida et al., 1984). Parr에서 스몰트화로 변화하는 시기에 스몰트의 최소한의 사이즈 즉 역치에 도달하면 스몰트는 진행된다고 하는 것이다. 즉, 봄이나 이른 여름까지 이런 역치 사이즈에 도달해 있지 못하면 이듬해 봄까지 지속적인 성장에도 불구하고 parr로서 하천에 잔류하게 된다고 하는 것이다. 그렇지만, 어떠한 어체의 크기에서 스몰트화가 일어나는지에 대해서는 아직까지 정확하게 밝혀져 있지 않다. 본 연구에서는 시마연어 0+ 스몰트가 성장관련 형질과 밀접한 관계를 나타내어, 성장형질의 영향을 받고 있는 것으로 추정된다. 이러한 결과는 대서양연어에서도 비슷한 양상을 나타내어 각 가족의 스몰트율과 평균체중간의 상관관계수가 0.89~0.95 이었고, 가족간의 스몰트율은 사육수조의 밀도에 크게 영향을 받는 것으로 보고되고 있다 (Refstie et al., 1977). 그러나, 본 연구에서는 사육기간 동안 사망률이 발생하여 각 탱크당의 사육밀도에 차이가 발생하였음에

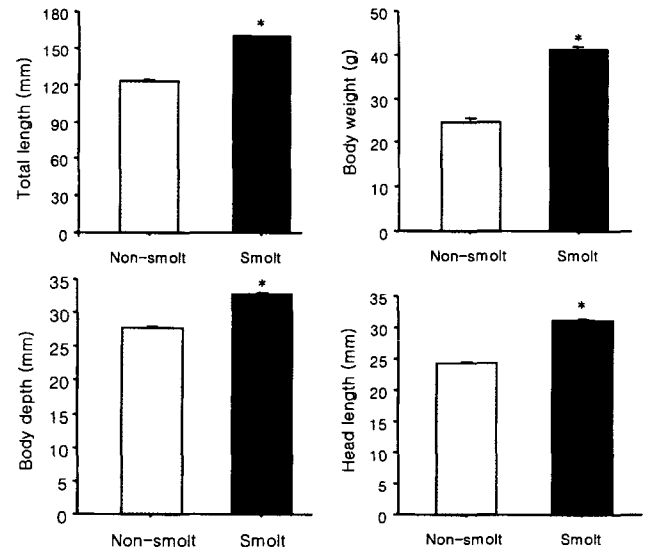


Fig. 1. Effects of growth-related traits on smoltification. Vertical bars represent the S.E. of mean for 462 non-smolts and 216 smolts; $P < 0.0001$.

도 불구하고 사육밀도가 스몰트화에 미치는 영향은 없는 것으로 추정되었다 ($r = 0.007 \sim 0.188$). 본 연구에서의 이와 같은 결과는 사육밀도가 성장형질에 유의한 영향을 미치지 않은 것에 기인한 것으로 추정된다.

이상의 결과로 보아 시마연어의 0+ 스몰트는 유전적인 영향을 강하게 받는 것으로 추정되며, 스몰트 형질이 유전적 개량을 목적으로 하는 육종 가능형질인 것으로 판단된다. 본 연구에서 얻어진 시마연어 0+ 스몰트 유전율 (0.47~0.48)은 선발에 의한 높은 육종효과를 시사하였다. 시마연어의 0+기 스몰트율을 높이기 위해서는 유전율이 0.5 이상일 경우에는 개체선발이, 0.5 이하일 경우에는 가족선발이 보다 효과적인데 (Gjedrem, 1983), 본 연구결과로는 가족선발이나 조합선발이 유효할 것으로 판단된다.

시마연어의 이른 시기의 스몰트는 방류사업에 있어 경제적인 면에 크게 영향을 미치고 있음에도 불구하고 0+ 스몰트율의 증가를 위한 유전적인 면에 기초를 둔 연구는 본 연구가 처음이다. 그러나, 본 연구에서 나타난 것과 같이 0+ 스몰트가 유전적인 면에 크게 영향을 받고 있는 만큼 이에 대한 지속적인 연구가 요망되어진다. 또한 스몰트에는 형태적 변화 이외에도 생리적, 행동학적 변화가 함께 동반되어지는 것이므로 스몰트율의 증가를 위해서는 이들에 관한 연구도 함께 이루어져야 할 것이다.

참 고 문 헌

- Aida, K., T. Kato and M. Awaji. 1984. Effects of castration on the smoltification of precocious male masu salmon *Oncorhynchus masou*. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 50, 565~571.
- Becker, W.A. 1984. Manual of quantitative genetics, 4th edition. Academic Enterprises, Pullman, Washington, 188 pp.
- Elson, P.F. 1957. The importance of size in the change from parr to smolt in Atlantic salmon. Can. Fish Cult., 21, 1~6.

- Gjedrem, T. 1983. Genetic variation in quantitative traits and selective breeding in fish and shellfish. *Aquaculture*, 33, 51~72.
- Klupp, P. 1979. Genetic variance for growth in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Aquaculture*, 18, 123~134.
- Knutson, S. and T. Grav. 1975. Seawater adoption in Atlantic salmon (*Salmo salar*) at different experimental temperatures and photo-periods. Int. Counc. Explor. Sea, Comm. Meet. 20. Anadromous and Catadromous fish Committee. Fisheries Improvement, 24 pp.
- Koch, H.J.A. 1968. Perspectives in endocrinology hormones in the lives of lower vertebrate. In *Perspectives in endocrinology: hormones in the live of lower vertebrates*, E.J.W. Barrington and C. Barker Jorgensen, eds. Academic Press, London, New York. pp. 305~349.
- Kubo, T. 1974. Notes on the phase differentiation and smolt transformation of juvenile masu salmon (*Oncorhynchus masou*). *Sci. Rep. Hokkaido Salmon Hatchery*, 28, 9~26.
- Kubo, T. 1980. Studies on the life history of masu salmon (*Oncorhynchus masou*) in Hokkaido. *Sci. Rep. Hokkaido Salmon Hatchery*, 34, 1~95.
- Refstie, T., T.A. Steine and T. Gjedrem. 1977. Selection experiments with salmon. II. Proportion of Atlantic salmon smoltifying at 1 year of age. *Aquaculture*, 10, 231~242.
- Ritter, J.A. 1975. Relationships of smolt size and age with age at first maturity in Atlantic salmon. Tech. Rep. Ser. No. MAR/T-75-5, Resource development Branch, Mari-times Region, 7 pp.
- Tsiger, V.V., V.I. Skirin, N.I. Krupyanko, K.A. Kashkin and A. Yu. Semenchenko. 1994. Life history forms of male masu salmon (*Oncorhynchus masou*) in south Primor'e, Rissia. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 51, 197~208.
- Tsygir, V.V. 1988. Age of masu salmon. *Vopr. Ikhtiol.*, 28, 248~258.
- Utoh, H. 1976. Study of mechanism of differentiation between the stream resident form and the seaward migratory form of masu salmon *Oncorhynchus masou* Brevoort. I. Growth and sexual maturity of precocious masu salmon parr. *Bull. Fac. Fish Hokkaido Univ.*, 26, 321~326.

1999년 10월 5일 접수

2001년 7월 21일 수리