

도입된 잉어과 어류 3종의 외부형태 및 염색체 특징

김성원 · 최낙중 · 이종윤 · 이완옥 · 장선일

국립수산진흥원 청평내수면연구소

중국원산으로 한국에 도입된 초어(*grass carp*, *Ctenopharyngodon idellua*), 대두어(*bighead carp*, *Aristichthys nobilis*) 및 백련어(*silver carp*, *Hypophthalmichthys molitrix*)의 외부형태 및 염색체 특징에 대한 기본 정보를 얻기 위하여 본 연구를 하였다. 초어는 새파, 체측비늘, 지느러미들의 기초수와 계측치에서 대두어 및 백련어와 차이를 보였다. 대두어와 백련어는 복부에 용골과 외부형태 등에서 유사했으나, 새파와 체측의 반문에서 쉽게 구분되었다. 그러나 염색체 수는 $2n=48$, arm number (fundamental number, NF)는 84로 모두 동일하였다. 연구된 3종의 염색체는 모두 metacentric chromosome이 10쌍, submetacentric chromosome이 8쌍, acrocentric 또는 telocentric chromosome이 6쌍으로 구성되어 있었다. 그리고 외부형태 형질, 국명 및 핵형의 유연관계에 대해서 논의하였다.

서 론

잉어과(Cyprinidae)에 속하고 중국이 원산인 *Ctenopharyngodon idellua* (Cuvier et Valenciennes), *Aristichthys nobilis* (Richardson) 및 *Hypophthalmichthys molitrix* (Cuvier et Valenciennes)는 주요한 양식 대상종으로 여러 나라에 이식되었고(Anonymous, 1989), 한국에도 1963년부터 도입되어 1974년까지 여러 차례 방류되었거나 양식되고 있다(김, 1970a, b). *Hypophthalmichthys molitrix*는 1963년 11월 일본으로부터 22,000미를 도입하여 낙동강에 방류하고 일부 부산 수산대학교와 청평내수면연구소에서 사육하였다. 그 후 1967년 100,000미, 1968년 20,000미 그리고 1974년 30,000미를 도입하여 방류하였다. *Aristichthys nobilis*는 1967년 대만에서, *Ctenopharyngodon idellus*는 대만과 일본에서 도입된 후 방류되거나, 청평내수면연구소에 일부 친어용으로 사육되고 있다(정, 1977).

다른 나라에서는 이식된 이들 종에 있어서 외부형태 뿐만 아니라 염색체의 특징 및 잡종 유도 등

여러 가지 생물학적인 특징을 조사하여 양식하고 있는 반면 한국에서는 이식된 이래 지금까지 외부 및 세포유전학적인 특징에 대해서 전혀 알려져 있지 않다. 또한 이들의 국명도 연구자에 따라 달리 사용되고 있는 바 *Ctenopharyngodon idellua*는 초어(*grass carp*)로 모두 사용하고 있으나, *Aristichthys nobilis*는 흑연 또는 대두어(*bighead carp*)로, *Hypophthalmichthys molitrix*는 백연, 백련 또는 백련어(*silver carp*)로 달리 사용하고 있어 이들에 대한 논의가 필요하였다(김, 1970 ; 정, 1977 ; 김, 1994).

따라서 본 연구에서는 한국에 도입된 *Ctenopharyngodon idellua*, *Aristichthys nobilis* 및 *Hypophthalmichthys molitrix*의 외부형태 및 염색체의 특징을 조사하고, 3종 사이의 형태적 차이와 염색체의 특징에 따른 유연관계와 국명 사용에 대하여 논의하였다.

재료 및 방법

1. 실험어류

대만과 일본으로부터 국립수산물진흥원 청평내수면연구소에 이식되어 사육중인 중국원산 잉어과(Cyprinidae) 어류인 초어(*Ctenopharyngodon idellus*), 대두어(*Aristichthys nobilis*) 및 백련어(*Hypophthalmichthys molitrix*) 3종을 대상으로 외부형질과 염색체의 특징을 조사하였다.

2. 외부형질

외부형태 조사는 종마다 15마리(체장이 100mm 이상)를 10% formalin에 고정한 후, Hubbs and Lagler(1958)의 기준에 의해 계수, 계측하였다. 일부 표본의 계수는 실체현미경(Nikon SMZ-10, Japan)을, 계측은 digital caliper를 이용하였다. 본 연구에 사용된 표본은 국립수산물진흥원 청평내수면 연구소에 보존하였다.

3. 두신장 세포분열 유도

어류의 두신장 세포분열 유도는 활성 효모부유액을 이용하였다. 10% glucose 용액에 50mg/ml 빵효모(bake-yeast)를 녹인 후 40℃ 항온기에 방치하여 효모 부유액을 활성화시켰다. 활성화된 부유액을 어체중 100g당 1ml이 되게하여 복강에 주사한 후 1톤 FRP 수조에 수용하고, 산소가 충분히 유입되도록 폭기하면서 24-48시간 방치하였다.

4. 염색체

활성 효모부유액으로 24-48시간 처리된 어류를 대상으로 1% colchicine을 복강에 어체중 100g당 0.2ml을 주입하고 3시간 방치한 다음 어류를 희생시켜 두신장을 적출한 다음 Lee et al. (1987)의 방법에 따라 염색체 표본을 제작하였다. 종별 10마리를 대상으로 염색체 표본을 제작하여 모니터가 부착된 광학현미경(Olympus, Japan)하에서 염색체 수와 크기를 조사하고, Levan et al. (1964)의 방법에 따라 분류하였다.

결과 및 고찰

한국에 도입되어 청평내수면연구소에서 사육하고 있는 중국원산 잉어과 어류 3종의 계수 계측형질은 Table 1에서 보는 바와 같다. 외부형태를 보면, 초어(grass carp, *Ctenopharyngodon idellus*)는 유공 측선린이 40개 내외이고 복부에 융기선이 없어 100개 내외의 비늘과 복부에 융기선이 있는 백련어(silver carp, *Hypophthalmichthys molitrix*) 및 대두어(bighead carp, *Aristichthys nobilis*)와 다르다. 그리고 백련어와 대두어는 외부형태가 유사하나, 백련어는 체색이 은백색이고, 가슴지느러미 기부 바로 아래로부터 융기선이 있으며, 새파가 분리되지 않았다. 그러나 대두어는 체색이 암흑색이고, 불규칙한 반문이 흩어져 있으며, 배지느러미 아래로부터 융기선이 있고, 새파가 가늘고 많지만 분리되어 있어 두종이 쉽게 구분된다. 한편 두종의 계수 및 계측치에서도 측선 상부린수, 체고, 두장, 미병장 그리고 양안간격등에서 차이를 보였다(Table 1; Fig. 1).

이들 3종은 모두 주요한 양식 대상으로 전세계에 널리 이식되어 있는데(Anonymous, 1989), 일본에서는 방류되어, 일부 하천에서 자연번식하는 것으로 알려져 있다(Masuda et al., 1984; Nakabo, 1993). 그러나 한국에서는 1963년 도입되어 하천 및 연구소에 이식된 이래 자연번식되었다는 보고는 없다(김, 1994). 그리고 도입된 개체를 일부가 청평내수면연구소에서 친어용으로 사육되고 있는데, 이에 대한 계수 및 계측형질이 지금까지 알려져 있지 않았으며, 이들의 국명도 연구자에 따라 달리 사용되고 있는 실정이다(김, 1970a, b; 정, 1977). 특히 이들에 대한 국명은 *Ctenopharyngodon idellus*는 초어로 모두 사용하고 있으나, *Hypophthalmichthys molitrix*는 백련, 백련 또는 백련어로, *Aristichthys nobilis*는 흑련, 대두어로 달리 사용하고 있어(김, 1970; 정, 1977; 김, 1994), 이들의 통일된 국명사용이 요구된다. 그러므로 본 연구에서는 *Ctenopharyngodon idellus*는 초어, *Hypophthalmichthys molitrix*는 백련어로, *Aristichthys nobilis*는 대두어로 사용하는 것이 지금까지 사용되는 여러 논문이나 보고서의 사용빈도나 인지도

Table 1. Counts and measurements of *Ctenopharyngodon idella*, *Aristichthys nobilis* and *Hypophthalmichthys molitrix*. Figures in parentheses indicate mean values

Characters	<i>Ctenopharyngodon idella</i> (n=15)	<i>Aristichthys nobilis</i> (n=15)	<i>Hypophthalmichthys molitrix</i> (n=15)
Standard length(mm)	120.0 - 165.1	119.3 - 161.2	112.9 - 280.5
Counts			
Dorsal fin rays	Ⅲ, 7	Ⅲ, 7	Ⅲ, 7
Anal fin rays	Ⅲ, 7 - 8(8)	Ⅲ, 12 - 13(13)	Ⅲ, 11 - 12(12)
Pectoral fin rays	I, 17 - 18(17)	I, 17 - 18(17)	I, 17 - 18(18)
Lateral line scales	38 - 42(40)	96 - 103(99)	97 - 109(100)
Upper lateral line scales	7	19 - 21(20)	24 - 27(25)
Lower lateral line scales	5	15 - 17(16)	14 - 15(14)
Gill rakers	5 - 7(6) + 11 - 12(11)	≥ 300	Connected (spongelike sieve membrane)
Measurements			
In SL (%)			
Body depth	20.7 - 23.2(21.9)	25.4 - 27.9(26.9)	27.0 - 31.3(29.1)
Head length	28.5 - 30.9(29.6)	34.3 - 36.8(36.1)	29.5 - 31.3(31.7)
Dorsal fin base length	8.7 - 10.6(9.8)	9.7 - 10.6(10.2)	9.6 - 11.2(10.4)
Anal fin base length	7.3 - 10.0(8.9)	13.2 - 16.2(14.8)	13.9 - 17.3(15.9)
Predorsal length	52.8 - 55.2(54.1)	52.8 - 59.7(55.0)	52.3 - 56.5(54.2)
Preanal length	79.4 - 81.4(80.1)	70.1 - 73.6(71.3)	69.3 - 75.8(72.0)
Caudal peduncle length	11.0 - 14.6(13.1)	14.6 - 18.9(17.0)	13.1 - 15.8(14.6)
Caudal peduncle depth	11.5 - 12.9(12.2)	9.2 - 10.0(9.6)	9.5 - 10.8(10.1)
In HL (%)			
Eye diameter	18.3 - 24.9(20.8)	19.3 - 23.6(22.0)	14.6 - 24.1(20.5)
Snout length	30.7 - 33.5(32.4)	29.4 - 33.0(31.1)	24.9 - 30.6(27.0)
Interorbital width	42.3 - 46.6(44.5)	39.8 - 48.3(43.4)	34.4 - 41.2(37.7)

Table 2. Distribution of diploid chromosome number in the three species of Chinese carps

Species	Distriution of diploid chromosome numbers											Total no. of the observed cells
	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	
<i>Ctenopharyngodon idellua</i>	5	9	4	6	10	7	150	9	1	2	1	204
<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	3	4	7	3	15	10	139	12	10	4	2	209
<i>Aristichthys nobilis</i>	1	5	6	2	19	14	147	11	2	3	1	211

에서 뿐만 아니라 영명의 common name에도 포함되는 것으로 사료된다.

한편 이들 3종의 염색체 수는 모두 $2n=48$ 로 나타났다(Table 2), 핵형에 대한 idiogram은 다른 연구자들에 의해 밝혀져 생략했지만, metacentric chromosome이 10쌍, submetacentric chromosome이 8쌍, acrocentric 또는 telocentric chromosome이 6쌍으로 모두 fundamental number(NF)가 84(NF=84)로 구성되어 있어 차이가 없었다(Marian and Krasznai, 1979; Beck and Biggers, 1980; Zegu *et al.*, 1983). 그리고 염색체 전체 크기에 있어서는 초어가 62.35 μ m, 백련어가

73.23 μ m 그리고 대두어가 76.17 μ m로 나타나 일반적으로 초어의 염색체의 크기가 대두어와 백련어의 염색체 크기에 비해 작게 나타났다(Fig. 2). 이와 같은 결과는 원산지인 중국과 이들이 이식된 나라들에서의 조사 결과와 비슷했다(Marian and Krasznai, 1979; Beck and Biggers, 1980; Zegu *et al.*, 1983). 초어와 대두어의 경우 인위적으로 교잡종을 생성시킨 여러 문헌의 예가 있다(Beck and Biggers, 1980; Zegu *et al.*, 1983; Allen and Stanley, 1983). 이들 종의 핵형분석에 있어서 본 연구와 다른 연구자들간의 차이는 colchicine 과다 처리에 의한 염색체의 응축현상에 의한 것으로 생

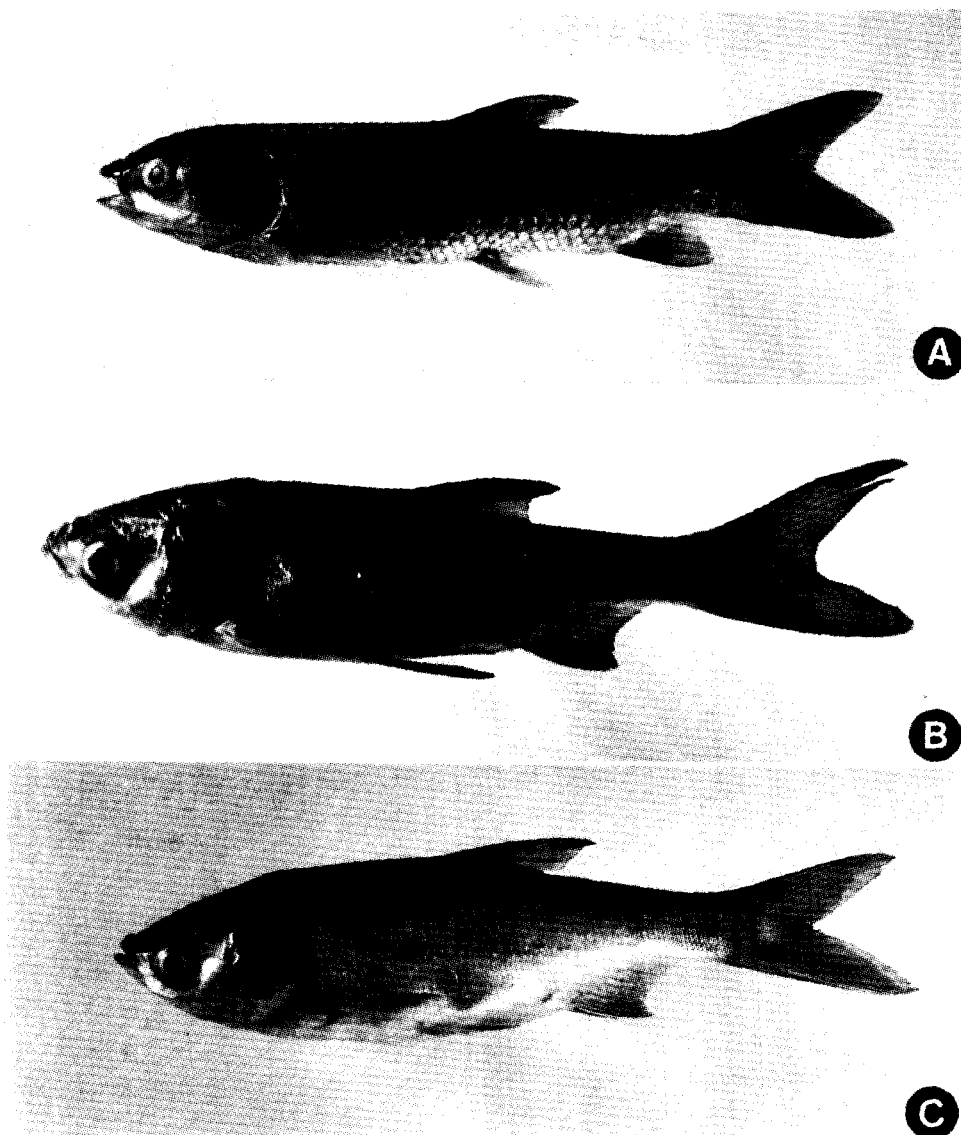


Fig 1. Morphology of the three species of Chinese carps. A. *Ctenopharyngodon idella*, 123.1 mm SL; B. *Aris-tichthys nobilis*, 155.3mm SL; C. *Hypophthalmichthys molitrix*, 161.5mm SL.

각된다. 이들 도입된 3종은 잉어과(Cyprinidae)의 황어아과(Leuciscinae)에 속하는 초어 *C. idellua*와 Hypophthalmichthyinae아과에 속하는 백련어 *H. molitrix*와 대두어 *A. nobilis*가 외부형태에 있어서도 뚜렷한 차이를 보였으며, 중국에서 보고한 연구결과와도 일치하였다(Cheng and Zheng, 1987). 그러나 염색체의 형태에 있어서는 동일하

게 나타나 유전적으로 매우 밀접한 유연관계가 있는 것으로 생각되며, 형태적 차이와 염색체의 유연관계에 대해서는 좀더 세밀한 세포유전학적 연구가 필요한 것으로 사료된다.



Fig. 2 Metaphase chromosomes of the three species of Chinese carps.

A. *Ctenopharyngodon idella* (glass carp) $\times 1,000$; B. *Aristichthys nobilis* (bighead carp) $\times 1,000$;
C. *Hypophthalmichthys molitrix* (silver carp) $\times 1,000$.

인 용 문 헌

- Allen, S. K., Jr. and J. G. Stanley. 1983. Ploidy of hybrid glass carp \times bighead carp determined by flow cytometry. *Trans. Amer. Fisher. Soc.* 112: 431 - 435.
- Anonymous. 1989. Integrated fish farming in China. NACA Technical Manual, Bangkok. 7: 278pp.
- Beck, M. and C. J. Biggers. 1980. Karyological analysis of *Ctenopharyngodon idella*, *Aristichthys nobilis*, and their F1 hybrid. *Trans. Amer. Fisher. Soc.* 109: 433 - 438.
- Cheng, Q. and B. Zheng. 1987. Systematic synopsis of Chinese fishes. *Sci. Press, Beijing*. 1458pp (in Chinese).
- Hubbs, C. L. and K. F. Lagler. 1958. Fishes of the Great Lakes region. *Bull. Cranbrook Inst. Sci.*, 26: 1 - 213.
- Lee, G. Y., S. I. Jang, M. J. Yun and J. N. So. 1987. Karyotypes of sixteen species of gobiid fishes from Korea. *Korean J. Genetics* 9: 59 - 72.
- Levan, A., K. Fredga and A. A. Sandberg. 1964. Nomenclature for centromeric position on chromosomes. *Hereditas* 52: 201 - 220.
- Marian, T. and Z. Krasznai. 1979. Comparative karyological studies on Chinese carps. *Aquaculture* 18: 325 - 336.
- Masuda, H., K. Amaoka, C. Araga, T. Uyeno and T. Yoshino. 1984. The fishes of the Japanese Archipelago. Tokai Univ. Press, Tokyo. 437 pp.
- Nakabo, T. 1993. Fishes of Japan with pictorial keys to the species. Tokai Univ. Press, Tokyo. 1474 pp.
- Zegu, S., X. Kesheng and B. Guodong. 1983. Study on Triploid of Grass carp and its karyotype. *Trans. Chin. Ichthyol. Soc.* 3: 53 - 60 (in Chinese).

- 김성원. 1994. 초어류의 교배방법에 따른 성장 비교 연구. 건국대학교 농축대학원 석사학위논문, 22 pp.
- 김인배. 1970. 초어 및 백련의 인공번식에 관한 연구. 한수지 3: 19 - 26.
- 김인배. 1970. 초어 및 백련의 종묘생산에 관한 연구. 한수지 4: 113 - 120.
- 정문기. 1977. 한국어도보. 일지사, 서울. 727 pp.

Morphological and Chromosomal Characteristics of the Three Introduced Cyprinid Species (Cyprinidae)

Seoung - Won Kim, Nack - Joong Choi, Jong - Yun Lee, Wan - Ok Lee and Seon Il Jang

National Fisheries Research and Development Agency, Chongpyong Inland Fisheries Research Institute, Kyonggi - do 477 - 810, Korea

This study was carried out to obtain the basic information on morphological and chromosomal characteristics in the three species of Chinese carps (grass carp; *Ctenopharyngodon idellua*, bighead carp; *Aristichthys nobilis*, and silver carp; *Hypophthalmichthys molitrix*) introduced to Korea from China. *C. idellua* was differ from *A. nobilis* and *H. molitrix* by the number of gill rakers, scales, fin rays, body proportion. *A. nobilis* and *H. molitrix* were similar in having ventral keel and many scale number, but *H. molitrix* was differ from *A. nobilis* by the connected gill rakers and body color pattern. Diploid chromosome and arm number (fundamental number, NF) of the three species were all the same to $2n=48$ and $NF=84$. Diploid chromosome numbers in the three species are consisted of 10 pairs of metacentric chromosome, 8 pairs of submetacentric chromosome and 6 pairs of acro and/ or telocentric chromosome. Morphological and karyological relationship of the three Chinese carps are discussed.

Key Words : *Ctenopharyngodon idellua*, *Aristichthys nobilis*, *Hypophthalmichthys molitrix*, Chromosome.