

# 홍백 비단잉어와 홍백 비단잉어×홍잉어 교배종의 적색소 분석

황주애 · 김정은 · 이정호 · 김대희<sup>1</sup> · 김형수\*

국립수산과학원 중앙내수면연구소 내수면양식연구센터, <sup>1</sup>국립수산과학원 중앙내수면연구소

**Analysis of Red Coverage in Red- and White-koi Carp (*Cyprinus carpio*) and Red- and White-koi Carp (*C. carpio*) × Red Common Carp (*C. carpio*) Cross Progenies by Ju-ae Hwang, Jung Eun Kim, Jeong-Ho Lee, Dae-Hee Kim<sup>1</sup> and Hyeong Su Kim\*** (National Institute of Fisheries Science, Inland Fisheries Research Institute, Inland Aquaculture Research Center, Changwon 51688, Republic of Korea; <sup>1</sup>National Institute of Fisheries Science, Inland Fisheries Research Institute, Gapyeong 12453, Republic of Korea)

**ABSTRACT** The purpose of this study was to investigate color pattern and growth in cross progenies between kois and red common carp (*Cyprinus carpio*). Coverage of red color patches in skin was investigated in koi × koi (KK), koi × red common carp (KR) and red common carp × koi (RK) progenies in 170 days post-hatching (DPH) by analysis of digital photographs. KR cross group had higher length ( $P < 0.05$ ) and the mean weight than in the KK but there were no significant difference between KR and RK. All groups consisted of three color pattern white, white-red and red. The percentage of red-area coverage in skin was 64% in KK progenies, 56% in KR and 36% in RK. The red coverage (30~50%) was highly in KR (15%) than in KK (10%) and RK (12%). The application of red-area body coverage analysis may suggest potentially useful tool for ornamental fish selection.

**Key words:** Koi, red common carp, red- and white-koi carp, red coverage

## 서 론

비단잉어는 우리나라를 비롯하여 일본, 미국, 유럽 등에서 가장 인기 있는 관상어 품종이며, 홍백은 특히 일본에서 가장 선호하는 품종으로 현재까지 보고된 비단잉어의 색상은 13~14가지이다(Kuroki, 1981; Tamadashi, 1990). 고품질 비단잉어의 평가는 체형과 피부 무늬를 포함한 색상의 선명도가 중요한 판단기준으로 사용되고 있다. 이 중 비단잉어의 체색은 비단잉어의 품질을 높이기 위한 품목으로 비단잉어 표피의 선명도를 향상시키기 위한 다양한 연구결과가 보고되었다(Kim *et al.*, 2008; Kim and Lee, 2012, 2014, 2015). 특히 홍백 비단잉어의 적색무늬 비율은 홍백 비단잉어의 가치를 판단하는 중요한 기준으로 비단잉어 홍-백 무늬에 관한 연구로는 Image analysis를 이용한 적색색소 비율 분석 방법(Gomelsky *et al.*, 1996; Gomelsky *et al.*, 2003; David *et al.*, 2004; Novelo and Gomelsky,

2009)과 색소 표현형에 따른 유전자 다양성과 관련된 마커 개발(Bercovich *et al.*, 2012)이 보고되어 있다. 홍잉어는 중국에서 선발육종 및 다양성연구에 많이 사용되는 품종이며, 양식생산성과 관련해 경제적으로 중요한 이점을 가지고 있다(Wang *et al.*, 2006). 최근에 본 연구 그룹에서는 비단잉어와 홍잉어의 교배종이 KHV 바이러스에 대해 생존율과 임상증상이 개선되는 결과를 보고한 바 있다(Hwang *et al.*, 2017).

비단잉어 홍-백 무늬에 관한 연구는 보고되어 있으나 상대적으로 비단잉어와 홍잉어 교배종에 관한 보고는 없는 실정이다. 따라서 본 연구는 비단잉어×홍잉어 교배종(F1)에 대하여 성장도와 홍-백 무늬의 색소 분포 및 색소 비율을 분석하여 고품질 비단잉어의 중요한 기준이 되는 선택 선발에 관한 기초 자료를 제공하고자 한다.

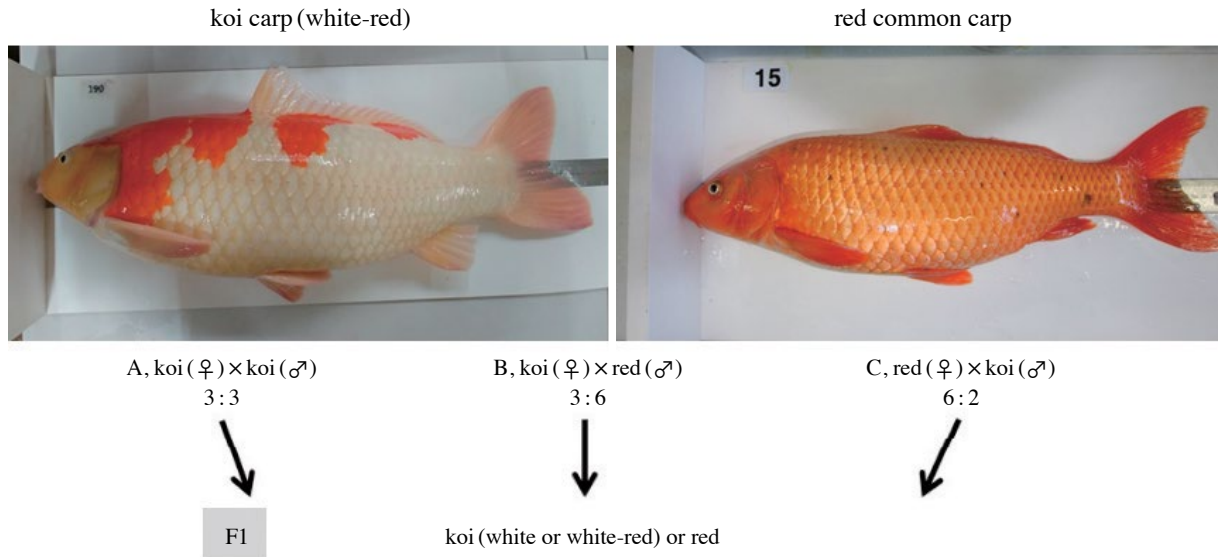
## 재료 및 방법

비단잉어와 홍잉어의 교배종을 생산하기 위해 국립수산과학

\*Corresponding author: Hyeong Su Kim Tel: 82-55-540-2720,  
Fax: 82-55-546-6292, E-mail: kimk2k@korea.kr

**Table 1.** Breeding combination in koi (*Cyprinus carpio*) and red common carp (*C. carpio*)

Group	koi × koi (KK)	koi × red common carp (KR)	red common carp × koi (RK)
Ratio	3 (♀) : 3 (♂)	3 (♀) : 6 (♂)	6 (♀) : 2 (♂)



**Fig. 1.** Breeding combination in koi (*Cyprinus carpio*) and red common carp (*C. carpio*).

원 중앙내수면연구소 내수면양식연구센터에서 사육관리 중인 홍백 비단잉어 (koi carp) 어미 암컷 (전장 516.9 ± 58.5 mm, 전중 2082.6 ± 63.6 g), 수컷 (전장 452.5 ± 57.4 mm, 전중 1275.8 ± 57.9 g)과 홍잉어 (Red common carp) 어미 암컷 (전장 516.9 ± 58.5 mm, 전중 2082.6 ± 63.6 g), 수컷 (전장 452.5 ± 57.4 mm, 전중 1275.8 ± 57.9 g)을 교배에 사용하였고 교배정보는 Table 1, Fig. 1과 같다. 자연 산란 후 사육온도는 24°C를 유지하였고 수정란은 수정 후 56시간부터 부화를 시작하였다. 부화 자어는 선택 분석이 가능한 시기까지 수온 24°C 내외의 조건에서 5회/1일 (어체중의 5%) 사료를 공급하며 사육 관리하였다. 비단잉어 홍·백 색소의 비율에 관한 분석은 Gomelsky *et al.* (2003)이 보고한 적색 색소의 분포비율 분석법에 따랐다. 비단잉어 치어의 홍·백 색소 분석의 시기를 결정하기 위해 일령별로 무늬의 발현 정도를 분석하였고 색소패턴이 선명해진 부화 후 170일령부터 선택 분석을 수행하였다. 적색 색소의 비율은 score 0~5까지 비율별로 구분하여 수치화하였다. 분석에 사용된 비단잉어 치어는 집단 별로 100개체씩 MS-222로 마취 후 측면 사진을 디지털 카메라 (SD Mark II; Canon, Korea)로 촬영하여 분석하였다. 동시에 집단별 성장도 비교를 위하여 계측형질 (전장, 체장, 체고 및 전중)을 측정하였다 (n = 100). 통계처리는 SPSS (SPSS 5.0; SPSS Inc., Chicago, IL, USA) program을 사용하여 one-way ANOVA-test를 실시하였고, Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 평균 간의 유의성을 검정하였다 (P < 0.05).

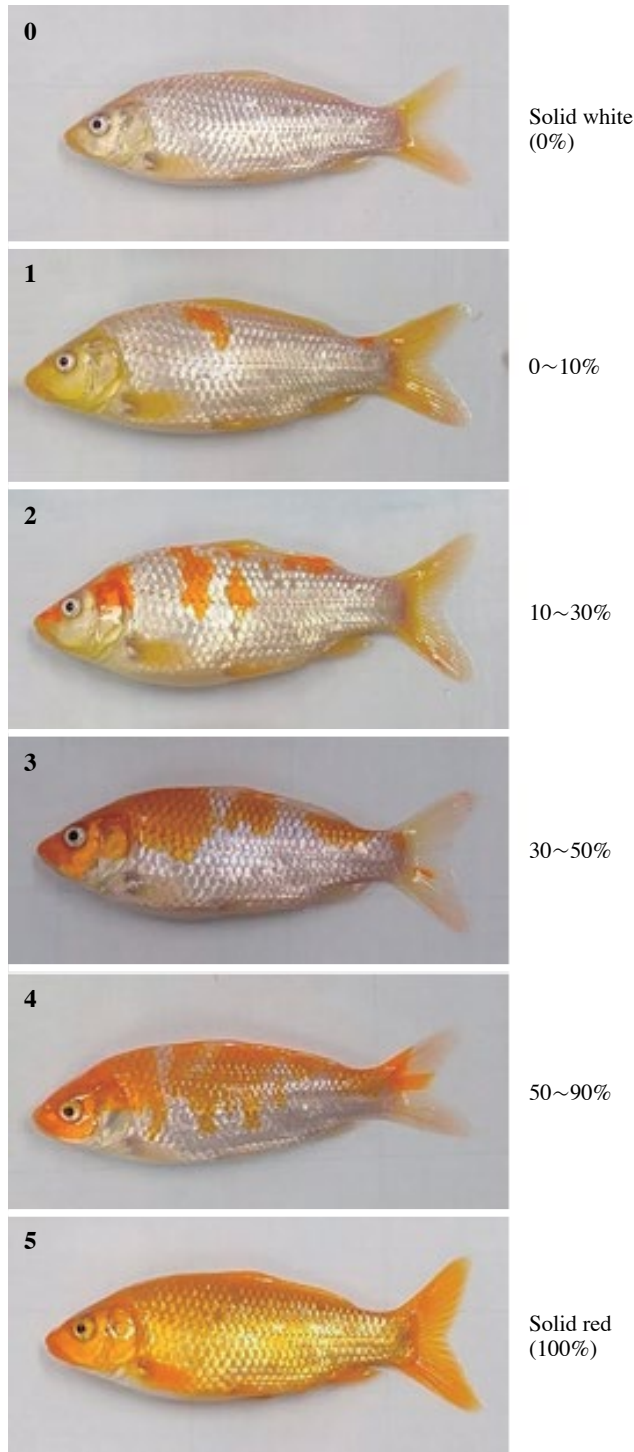
**Table 2.** Comparison of growth in koi and koi × red common carp progenies at 170 DPH

Group	Total length (mm)	Body length (mm)	Body height (mm)	Body weight (g)
KK	14.5 ± 3.1 <sup>a</sup>	11.6 ± 2.6 <sup>ns</sup>	3.9 ± 0.9 <sup>ns</sup>	54.2 ± 35.6 <sup>ns</sup>
KR	15.9 ± 2.8 <sup>b</sup>	12.6 ± 2.4	3.9 ± 0.8	59.2 ± 30.3
RK	15.4 ± 2.6 <sup>ab</sup>	12.3 ± 2.2	4.0 ± 1.6	53.9 ± 28.2

\*The values are presented the mean VSD (n = 100). The values that do not share a superscript letters are significantly different (P < 0.05) and <sup>ns</sup>not significant (P > 0.05).

### 결과 및 고찰

부화 후 170일령 (days post hatching; DPH) 비단잉어 × 비단잉어 (KK), 비단잉어 × 홍잉어 (KR)와 홍잉어 × 비단잉어 (RK) 교배집단에서 생산된 치어의 성장도를 분석하였다. Table 2와 같이 각 집단별 평균 전장 및 전중은 KK 집단 (14.5 ± 3.1 mm, 54.2 ± 35.6 g), KR 집단 (15.9 ± 2.8 mm, 59.2 ± 30.3 g), RK 집단 (15.4 ± 2.6 mm, 53.9 ± 28.2 g)이었다. 비단잉어 × 홍잉어 (KR) 집단의 전장과 전중은 비단잉어 × 비단잉어 (KK) 집단보다 유의하게 높았다 (P < 0.05). 전장의 성장도는 두 교배 집단에서 모두 비단잉어만 교배한 집단 (KK)보다 빠른 것으로 나타났다. 그러나 체장, 체고 및 전중은 교배 집단 간 유의적인 차이는 없었다 (P > 0.05). 비단잉어 치어의 성장은 체형과 더불어 비단잉어 상품어의 선별에 있어서 중요한 결정요소이며 (Kim *et al.*,



**Fig. 2.** Color variability with regard to red coverage in koi x red common carp (KR). 0; solid white, 1; white-red 0~10%, 2; white-red 10~30%, 3; white-red 30~50%, 4; white-red 50~90%, 5; solid red 100%.

2008) 고가의 비단잉어를 빠르게 성장시키는 것은 사료나 인건비 등의 경제적 손실을 줄일 수 있는 방법이다.

Gomelsky *et al.* (2003)은 비단잉어의 적색색소의 분포범위

**Table 3.** Distribution of red coverage in breeding combination as determined by 170 DPH

Red coverage (%)	KK		KR		RK	
	No.	%	No.	%	No.	%
0% (solid white)	9	18	5	10	6	12
0~10%	5	10	10	20	3	6
10~30%	16	32	11	22	6	12
30~50%	5	10	7	14	6	12
50~90%	6	12	0	0	1	2
100% (solid red)	9	18	17	34	28	56

에 따라 무늬를 분석하는 방법을 제안하였다. 홍백 비단잉어 어미의 적색색소 범위는 12.8~45%까지 다양한 것으로 알려져 있는데 (Novelo and Gomelsky, 2009) 본 연구에 사용된 홍백 비단잉어 어미의 적색무늬의 범위는 30~50%로 나타났다 (Fig. 1). 비단잉어 집단과 비단잉어 x 홍잉어 교배 집단의 적색색소 패턴은 흰색, 적색-흰색, 적색의 3가지로 나타났으며 세 집단의 적색무늬 범위는 10~90%로 다양하였고 적색무늬의 비율은 KK 집단 64%, KR 집단 56%, RK 집단 32%로 KK 집단에서 가장 높은 것으로 확인되었다. 적색무늬의 발현율의 범위가 30~50%인 집단의 비율은 KK 집단 10%, KR 집단 14%, RK 집단 12%로 KR 집단에서 발현율이 가장 좋았다 (Fig. 2, Table 3). Kim *et al.* (2017)은 비단잉어의 색도분석을 위해 색차계 (Minolta Chroma Meter CR-400, Japan)를 사용한 색소분석방법을 사용하였고 이는 비단잉어 등쪽 표피의 빨간색 부위에 대한 L (lightness), a (redness), b (yellowness)를 구분하여 분석하는 방법이다 (Skrede, 1987; Gouveia *et al.*, 2003). 색차계를 사용한 분석법은 적색색소의 선명도를 분석하는 방법으로 적색색소의 분포범위를 분석하여 패턴을 비교하는 분석법과는 차이가 있다. 따라서 추후 분석에서는 이를 반영하여 비단잉어의 교배 집단 간 적색색소의 패턴과 색차계를 이용한 적색색소의 선명도를 비교 분석한다면 보다 고품질의 비단잉어를 선별할 수 있을 것으로 사료된다.

### 요 약

본 연구는 고품질 비단잉어 생산을 위해 비단잉어와 홍잉어 교배종의 성장과 적색색소의 빈도분석을 통해 비단잉어 색도를 분석하였다. 색소 및 성장도 분석을 위해 부화 후 170일령 비단잉어를 각 교배 집단별로 [비단잉어 x 비단잉어 (KK), 비단잉어 x 홍잉어 (KR)와 홍잉어 x 비단잉어 (RK)] 100개체씩 분석하였다. 성장도 분석 결과 비단잉어 x 홍잉어 (KR) 교배집단에서 전장과 전중의 성장이 가장 높았다. 교배 그룹 모두 흰색, 적색-흰색, 적색의 3가지 색소 패턴을 보였다. 적색색소 분포는 KK 집단이 64%, KR 집단이 56%, RK 집단이 36%였다. 적색

색소 범위의 빈도분석 결과 적색색소 30~50%를 차지하는 비율이 KK 집단이 10%, RK 집단이 12% 그리고 KR 집단이 14%로 가장 높았다. 비단잉어 적색색소 빈도 분석에 관한 연구는 비단잉어 선별을 위한 분석 도구로서 활용이 가능할 것으로 판단된다.

## 사 사

이 논문은 2018년도 국립수산물품질관리원 수산시험연구사업 담수 수산생물 종보존 및 복원연구(R2018036)의 지원으로 수행된 연구입니다.

## REFERENCES

- Bercovich, D., S. Korem, L. Shauder and G. Degani. 2012. Genetic diversity of color phenotypes in the koi (*Cyprinus carpio* L.) as identified by molecular markers. *J. Bio. Chem.*, 3: 249-255.
- David, L., S. Rothbard and I. Rubinstein. 2004. Aspects of red and black color inheritance in the Japanese ornamental (Koi) carp (*Cyprinus carpio* L.). *Aquaculture*, 233: 129-147.
- Duncan, B. 1955. Multiple-range and multiple F tests. *Biometrics*, 11: 1-42.
- Gomelsky, B., N.B. Cherfas, N. Ben-Dom and G. Hulata. 1996. Color inheritance in ornamental (koi) carp (*Cyprinus carpio* L.) inferred from color variability in normal and gynogenetic progenies. *Isr. J. Aqua.-Bamidgheh.*, 48: 219-230.
- Gomelsky, B., N.B. Cherfas, G. Hulata and S. Dasgupta. 2003. Inheritance of the white-red (Kohaku) color complex in ornamental (Koi) carp (*Cyprinus carpio* L.). *Isr. J. Aqua.-Bamidgheh.*, 55: 147-153.
- Gouveia, L., P. Rema, O. Pereira and J. Empis. 2003. Colouring ornamental fish (*Cyprinus carpio* and *Carassius auratus*) with microalgal biomass. *Aquacult. Nutr.*, 9: 123-129.
- Hwang, J.A., J.E. Kim, H.S. Kim and J.H. Lee. 2017. Immune response to Koi herpesvirus (KHV) of Koi and Koi × red common carp (*Cyprinus carpio*). *Dev. Reprod.*, 4: 361-370.
- Kim, Y.O. and S.M. Lee. 2012. Effects of dietary inclusion of *Spirulina*, astaxanthin, canthaxanthin or paprika on the skin pigmentation of red- and white-colored fancy carp *Cyprinus carpio* var. koi. *Korean J. Fish. Aquat. Sci.*, 45: 43-49. (in Korean)
- Kim, Y.O. and S.M. Lee. 2014. Effects of dietary carotenoids sources on growth and skin color of red- and white-colored fancy carp white-colored fancy carp *Cyprinus carpio* var. koi. *Korean J. Fish. Aquat. Sci.*, 47: 790-795. (in Korean)
- Kim, Y.O. and S.M. Lee. 2015. Influence of *Spirulina* level in diet on skin of red- and white-colored fancy carp *Cyprinus carpio* var. koi. *J. Kor. Soc. Fish. Mar. Edu.*, 27: 414-421. (in Korean)
- Kim, Y.O., J.Y. Jo and S.Y. Oh. 2008. Effects of dietary *Spirulina*, *Chlorella*, and *astaxanthin* on the body color of red- and white-colored carp, *Cyprinus carpio*. *J. Kor. Fish. Soc.*, 41: 193-200. (in Korean)
- Kim, Y.O., S.Y. Oh and S.M. Lee. 2017. Growth and skin color of red- and white-colored fancy carp *Cyprinus carpio* var. koi reared at different water temperatures. *Korean J. Fish. Aquat. Sci.*, 50: 257-262. (in Korean)
- Kuroki, T. 1981. The latest manual to nishikigoi, Shimonoseki-city, Japan. Shin-Nippon-Kyoiku-Tosho Co. Ltd., 272pp.
- Novelo, N. and B. Gomelsky. 2009. Comparison of two methods for measurement of red-area coverage in white-red fish for analysis of color variability and inheritance in ornamental (koi) carp *Cyprinus carpio*. *Aqua. Living Resour.*, 22: 113-116.
- Skrede, G. 1987. Rapid analysis in food processing and food control. In: *Proceedings of the Fourth European Conference on food Chemistry*, pp. 1-4.
- Tamadashi, M. 1990. The cult of the koi. 2<sup>nd</sup> edition, Neptune, New Jersey, USA, TFH Publications Inc., 288pp.
- Wang, C.H., S.F. Li, S.P. Xiang, J. Wang, Z.G. Liu, Z.Y. Pang, J.P. Duan and Z.B. Xu. 2006. Addictive, dominance genetic effects for growth-related traits in common carp, *Cyprinus carpio* L. *Aquacult. Res.*, 37: 1481-1486.