

선발육종기술을 이용한 북방전복의 성장

박철지, 이정호, 노재구, 김현철, 박종원, 황인준, 김성연

국립수산과학원 육종연구센터

Growth of Pacific abalone, *Haliotis discus hannai*, using selection breeding techniques

Choul-Ji Park, Jeong-Ho Lee, Jae Koo Noh, Hyun Chul Kim, Jong won Park, In Jun Hwang and Sung Yeon Kim

Genetics and Breeding Research Center, NFRDI, Gyeongsangnam-do 656-842, Korea

ABSTRACT

The growth rates of offspring of selected abalone (SA), *Haliotis discus hannai*, population for rapid growth were compared to those of offspring of the control abalone (CA) at bred under the same condition. The growth traits (shell length, shell breadth and total weight) of SA were significantly faster than those of CA at this experiment. At the 45th day and 90th day, the growth rates in shell length of SA were estimated 31.7% and 17.8% faster than those of CA, total weight of SA were estimated 43.7% and 25.6%, respectively. Moreover, the relative growth rate between shell length and total weight of SA showed significant differences higher than one in CA at 90th day. The results suggest a possibility of improving the growth rate of cultured abalone using selection techniques.

Keywords: Abalone, Selective breeding, Growth, Relationship

서론

우리나라의 전복은 생산량이 2001년 29 톤에서 2011년 약 7,000 톤으로 비약적인 증가추세를 보였으며 총 생산금액이 약 2,500 억원의 규모로 패류양식 산업의 대표적인 품종으로 중요한 위치를 차지하고 있다 (KNSO, 2012).

전복양식은 수산자원 고갈로 지난 수십 년 동안 전 세계적으로 널리 확장되어 왔다 (Gordon & Cook, 2004). 그러나 전복류는 성장속도가 느려 상품이 되기까지 장기간의 양생 기간을 요하는 생물로서 양식산업의 정착에 많은 어려움을 가지고 있다. 따라서 전복 양식산업에 있어 성장률 향상을 위한 육종연구가 매우 중요하게 취급되어지고 있다 (Vinna, 2002). 그중 선발육종방법은 양식생물의 생산성 향상을 위한 가장 일반적이고 효과적인 접근 방법으로서 선발육종을 통하여 생산성을 향상 시킨 연구 사례가 많이 보고되고 있다 (Argue *et al.*, 2002; Gjerde *et al.*, 2004; Gjedrem, 1983, 1997,

2000). 전복에 있어서도 선발육종을 위한 기초연구 결과, 성장형질은 모패의 유전형질과 깊은 관계를 가지고 있다고 Hara (1990, 1992) 는 보고하였으며, 또한 Hara & Kikuchi (1992) 는 선발 2세대의 경우 18개월령에 있어 2배 이상의 성장향상을 확인하고 선발육종의 유효성을 시사하였다. 그러나 이러한 선발육종을 통한 성장형질의 지속적인 개량을 위해서는 합리적이고 과학적인 선발에 의해서만 이루어질 수 있다. 선발에 의한 효과는 얼마나 정확하게 그 개체의 육종가를 추정할 수 있는가에 따라 좌우되며 전복의 육종가를 정확히 추정하기 위해서는 각장 및 중량 등의 경제형질에 대한 유전력과 유전상관과 같은 유전모수를 정확하게 추정하는 것이 필수적이다. 또한 이러한 유전능력평가와 더불어 근친교배에 의한 근교약세 현상을 사전에 방지하고 높은 유전적 다양성을 유지하기 위해서는 개체간의 유전적 유연관계분석이 필요하다. 이러한 다양한 정보들을 종합적으로 분석해야지만 지속적인 성장형질의 개량이 가능한 교배지침을 만들 수 있다.

본 연구는 성장형질의 지속적인 유전적 개량을 목적으로 2004년도에 유전적다양성을 고려하여 생산된 가계간의 유전능력을 분석하여 2008년도에 생산된 육종전복 선발 1세대의 성장형질에 관한 육종효율검정을 목적으로 하였다.

Received: November 27, 2012 ; Accepted: December 10, 2012

Corresponding author: Choul Ji Park

Tel: +82 (55) 639-5812 e-mail: choulji@korea.kr

1225-3480/24458

재료 및 방법

1. 실험재료

실험에 사용한 전복류는 북방전복, *Haliotis discus hannai*,으로 2008년 5월에 성장 향상을 목적으로 각 개체 및 가계의 유전능력평가 및 유전적 유연관계 분석에 의해 디자인 되어진 교배지침에 따라 암:수의 1:1 교배방식으로 생산된 선발1세대 육종전복 (Selected abalone; SA) 이며 대조구 전복 (Control abalone; CA) 은 여수의 일반 전복양식장에서 어미로 사용되어지는 모패를 구입하여 육종전복 (SA) 생산한 날과 동일한 날에 일반 양식장에서 사용되어지는 암:수의 무작위 교배방법으로 생산한 전복이다. 본 육종효율검정 실험에 사용한 전복은 수정 후 12개월째로 평균 각장 35.13 ± 0.78 mm 을 각각 95마리씩 선별하여 사용하였으며, 실험 결과의 신뢰성을 높이기 위하여 2반복 실험으로 실시되었다

2. 사육환경 및 성장조사

각 실험구의 사육은 사각 콘크리트수조 (5 m × 3 m) 안에 그물망 가두리 (0.8 m × 0.8 m × 0.5 m) 4개를 설치하고, 전복의 은신처로 사용되는 쉘터 (0.5 m × 0.5 m) 를 깔아주었으며, 각 가두리에 주수가 될 수 있도록 주수구를 설치하여 환수량이 각각 20회전/일로 하여 되도록 동일한 수조환경을 만들어주었다. 수조 저면에는 직경 16 mm의 PVC 파이프를 30 cm 간격으로 1.0 mm의 구멍을 뚫어 aeration을 하였다. 실험기간은 5월 8일을 기준으로 90일간으로 하였으며, 먹이공급은 생다시마로 예상 섭취량의 2배가 되게 공급하여 사육기간 내에 먹이가 항상 충분하도록 하였다. 그리고 3일마다 청소 후에 신선한 먹이로 교환 해 주었다. 실험기간 동안의 수질조사는 매일 오후 1시에 수온, 염분 및 용존산소량을 측정하였으며 실험기간동안 사육수온의 범위는 14.0-23.8℃이며 염분은 31.4-35.4 psu로 평균 34.1 psu, 용존산소량은 6.4-9.0 mg/L로 평균 7.5 mg/L, pH는 7.8-8.2로 평균 8.0으로 전복의 서식환경범위에 벗어나지 않는 조건하에서 실시되었다.

3. 성장형질 조사

성장도의 조사를 위하여 실험 시작시점, 45일째 및 90일째에 각각의 실험구로부터 전 개체를 박리하여 각장, 각폭 및 중량을 측정하였다. 길이는 0.01 mm 까지 잴 수 있는 버니야캘리퍼스로 측정하였으며 중량은 전자저울을 이용하여 0.01 g 까지 측정하였다. 성장도는 ((육종구성장 - 대조구성장) / 대조구성장) × 100 으로 계산하였다. 이렇게 얻어진 각 실험구의 측정값들의 유의차의 유무는 SPSS 통계 패키지 (version 17.0) 에 의한 T-test (independant sample) 로 검정하였다. 그리고 성장형질들의 상대성장을 조사하기 위하여 각장에 대

한 각폭의 상대성장은 직선회귀식, 각장에 대한 중량은 지수곡선식으로 나타내었으며, 두 형질의 회귀방정식에 대한 설명력 (상관계수²)의 유의성 유무는 Fisher's Z변환 (Cohen & Cohen, 1983) 을 이용하여 검정하였다.

결 과

1. 생존율

실험기간동안의 각 실험구의 생존율을 Table 1.에 나타내었다. 육종구 (SA) 의 경우 45일째 97.4%, 90일째 95.8%로 나타났으며 대조구 (CA) 는 45일째 96.3%, 90일째 95.3%로 나타났다. 전 실험기간동안의 생존율에 있어 SA구 및 CA구의 통계적인 차이는 나타나지 않았다.

2. 45일째 성장

육종구 (SA) 및 대조구 (CA) 의 45일째 성장형질을 조사한 결과를 Table 1.에 나타내었다. SA구는 각장 38.91 ± 1.48 mm, 각폭 26.53 ± 1.15 mm 및 중량 7.08 ± 1.01 g으로 45일동안 각장 3.78 mm, 각폭 2.87 mm 및 중량 2.07 g이 성장한 것으로 나타난 반면 CA구는 각장 38.00 ± 0.38 mm, 각폭 25.66 ± 1.07 mm 및 중량 6.24 ± 0.86 g으로 같은 기간동안 각장 2.87 mm, 각폭 2.09 mm 및 중량 1.44 g이 성장한 것으로 나타나 SA구는 CA구보다 각장 31.7%, 각폭 37.3% 및 중량 43.7% 빠른 것으로 나타났다. 이러한 SA구 및 CA구의 45일째 성장차이에 대하여 유의성 검정을 한 결과 각장, 각폭 및 중량의 모든 형질에 있어 SA구가 유의적으로 빠른 것으로 나타났다 (P < 0.0001).

3. 90일째 성장

육종구 (SA) 및 대조구 (CA) 의 90일째 성장형질을 조사한 결과를 Table 1.에 나타내었다.

SA구의 90일째의 성장은 각장 42.40 ± 2.77 mm, 각폭 29.09 ± 2.04 mm 및 중량 8.98 ± 1.93 g으로 90일동안 각장 7.27 mm, 각폭 5.43 mm 및 중량 3.97 g이 성장한 것으로 나타났으며 CA구는 각장 41.30 ± 2.62 mm, 각폭 27.98 ± 1.95 mm 및 중량 7.96 ± 1.62 g으로 같은 기간동안 각장 6.17 mm, 각폭 4.41 mm 및 중량 3.16 g이 성장한 것으로 나타나 SA구는 CA구보다 각장 17.8%, 각폭 23.1% 및 중량은 25.6% 빠른 것으로 나타났다. 이러한 SA구 및 CA구의 45일째 성장차이에 대하여 유의성 검정을 한 결과 각장, 각폭 및 중량의 모든 형질에 있어 SA구가 유의적으로 빠른 것으로 나타났다 (P < 0.0001).

4. 성장형질간의 상대성장

각 실험구에 있어 각장에 대한 각폭 및 중량의 상대성장을

Table 1. The growth and survival rates of selected abalone (SA) for rapid growth and control abalone (CA).

Date	Growth Traits	SA	CA
Initial day	S (%)	100%	100%
	SL (mm)	35.13 ± 0.83	35.13 ± 0.73
	SB (mm)	23.66 ± 0.78	23.57 ± 0.69
	TW (g)	5.01 ± 0.48*	4.80 ± 0.46
45th day	S (%)	97.4%	96.3%
	SL (mm)	38.91 ± 1.48*	38.00 ± 0.38
	SB (mm)	26.53 ± 1.15*	25.66 ± 1.07
	TW (g)	7.08 ± 1.01*	6.24 ± 0.86
90th day	S (%)	95.8%	95.3%
	SL (mm)	42.40 ± 2.77*	41.30 ± 2.62
	SB (mm)	29.09 ± 2.04*	27.98 ± 1.95
	TW (g)	8.98 ± 1.93*	7.96 ± 1.62

Value : mean ± SE of duplication.

S : survival rate, SL : shell length, SB : shell breadth, TW : total weight.

* Indicates a significant difference between SA and CA at p < 0.0001.

Table 2. Regression relationship of 2 characters on shell length in selected abalone (SA) for rapid growth and control abalone (CA) at measurement day

Date	Characters	SA	CA
Initial day	SL (x) and SB (y)	$y = 0.6903x - 0.5905$ $r = 0.730$	$y = 0.6417x + 1.0261$ $r = 0.676$
	SL (x) and TW (y)	$y = 0.256e^{0.0845x}$ $r = 0.731$	$y = 0.1937e^{0.0913x}$ $r = 0.705$
45th day	SL (x) and SB (y)	$y = 0.6662x + 0.6081$ $r = 0.858$	$y = 0.6695x + 0.2209$ $r = 0.861$
	SL (x) and TW (y)	$y = 0.2408e^{0.0866x}$ $r = 0.875$	$y = 0.2289e^{0.0867x}$ $r = 0.854$
90th day	SL (x) and SB (y)	$y = 0.6899x - 0.1664$ $r = 0.937$	$y = 0.7034x - 1.075$ $r = 0.948$
	SL (x) and TW (y)	$y = 0.2931e^{0.0801x}$ $r = 0.948^*$	$y = 0.3267e^{0.0767x}$ $r = 0.921$

r : coefficient of correlation, SL, SB, TW are shown in Table 1.

* Indicates a significant difference between SA and CA at p < 0.05.

조사하기 위하여 각장에 대한 각폭의 상대성장은 직선회귀식, 각장에 대한 중량은 지수곡선식으로 나타내었으며 각각의 두 형질간의 상관계수를 구하여 육종구 (SA) 와 대조구 (CA) 의 차이를 비교하였다 (Table 2).

SA구 및 CA구에 있어 실험시작일, 45일째 및 90일째의 각

장에 대한 각폭 및 중량의 상대성장을 조사한 결과 통계적으로 유의한 상관관계를 가지고 있는 것으로 나타났다. 특히 90일째에는 각장에 대한 각폭의 상관계수가 SA구는 0.937, CA구는 0.948로 높은 상관관계를 나타내었으며 각장에 대한 중량의 상관계수도 각각 0.948 및 0.921로 높은 상관관계를 나타

내었다. 이러한 SA구 및 CA구에 있어 각장에 대한 각폭 및 중량의 상대성장률에 대한 차이의 유무를 조사하기 위하여 이들 상관관계수간의 유의성을 검정하였다. 그 결과 SA구와 CA구의 유의한 차이를 나타낸 것은 90일째의 각장에 대한 중량에 있어 SA구가 CA구보다 유의적으로 높은 상관관계를 나타내었다 ($P < 0.05$).

고 찰

전복류에 있어 느린 성장은 양식산업의 최대 중요 요인으로 생각되어 전 세계적으로 전복류의 성장형질의 향상에 대한 연구들이 진행되어지고 있다 (Lucas *et al.*, 2006; Kube *et al.*, 2007). 그 중 아시아 지역에서 산업적으로 가장 중요시하는 북방전복 (*H. discus hannai*) 에 있어 Hara (1990, 1992) 는 종묘생산현장에서 서로 다른 모패에 의한 인공종묘의 성장을 조사한 결과 모패 차이에 따른 자손의 성장 차이 및 선발에 의한 성장의 향상을 확인함에 따라 전복의 성장형질은 모패의 유전형질과 깊은 관계를 가지고 있을 것이라고 보고하였다. 또한 Hara & Kikuchi (1992) 는 선발2세대의 18개월령에 있어 2배이상의 성장향상을 확인 하였으며 선발육종의 유효성을 시사하였다. 더욱이 Kawahara *et al.*, (1997, 1999) 는 선발회수와 선발강도는 성장개선 및 형질의 균질화에 유효하며 그 성장형질은 약 4년 후의 수확 시점까지 그대로 유지되기 때문에 양식용의 산업화 품종개발에는 초기선발이 유효하다고 보고 하였으며 약 6개월령부터 1년령까지의 유전율이 0.2-0.6으로 선발육종에 의한 성장개선이 충분히 가능하다는 것을 객관적인 수치로 나타내었다.

본 연구에서는 이러한 전복의 선발육종의 유효성 및 가능성을 바탕으로 2008년도에 생산된 육종전복 선발 1세대의 12개월령의 성장형질에 관한 육종효율성 조사를 같은날 일반양식장에서 사용되는 어미를 이용하여 생산한 대조구와 동일사육환경에서 2반복실험을 통하여 검정하였다. 그 결과 45일째 및 90일째에 있어 육종구 (SA) 는 대조구 (CA) 보다 모든 성장형질에 있어 유의하게 빠른 것으로 나타났다. 실험 시작일로부터 45일째의 각 성장형질의 차이를 보면 SA구는 CA구보다 각장 31.7%, 각폭 37.3% 및 중량 43.7% 빠른 것으로 나타났으며 90일째는 각장 17.8%, 각폭 23.1% 및 중량은 25.6% 빠른 것으로 나타났다. 이러한 결과는 Hara (1992) 의 12개월령 선발 1세대 (평균 각장 26.8 mm) 의 15.5% 성장 개선효과 보다 높게 나타났다.

SA구 및 CA구에 있어 성장형질간의 연관성을 확인하기 위하여 각장에 대한 각폭 및 중량의 상대성장률 상관계수를 구하여 비교하였다. 그 결과 전 실험기간동안 모든 실험구는 각장에 대한 각폭 및 중량의 상대성장률이 통계적으로 유의한 상관관계를 가지고 있는 것으로 나타났다. 그리고 모든 실험구에 있

어서 사육기간의 경과에 따라 상관계수가 점차적으로 높아지고 있었다. 특히 90일째에는 각장에 대한 각폭 및 중량간의 상관계수가 모두 0.92 이상으로 높은 상관관계를 나타내었다. 이러한 결과는 실험재료로 사용한 12개월령의 전복치패의 경우 폐각형태의 변화가 진행되고 있는 시점이라 생각되어지며 0.92 이상의 상관계수를 나타낸 90일째에는 전복의 폐각의 형태가 변화하지 않는 시점이라 생각되어진다. 따라서 90일째에 나타난 SA구와 CA구의 각장과 중량에 대한 상대성장률의 유의한 차이는 육종효과에 의해 나타나는 차이라고 생각되어진다.

이상의 결과를 정리하면 전복육종기술을 통하여 성장향상을 목적으로 생산된 선발 1세대 육종구는 일반 대조구보다 모든 성장형질에 있어 유의적으로 빠른 성장률을 나타내었으며, 90일째의 각장과 중량간의 상대성장률 비교에 있어서도 육종구가 대조구보다 유의적으로 높은 상관관계를 나타내었다. 이러한 결과는 속성장을 목적으로 선발된 모패의 성장관련 유전형질에 의한 영향이라고 생각되어진다. 그러나 본 실험에서는 12개월령의 평균 각장 35 mm의 전복치패를 이용하여 90일간의 사육실험으로 얻어진 결과로서 폐각형태의 변화가 진행 중이라고 생각되어지기 때문에 폐각형태의 변화가 일어나지 않는 40 mm이상의 전복을 이용한 육종효율검정도 필요하다고 생각되어진다.

요 약

속성장을 위한 선발 1세대 전복 (Selected abalone : SA) 의 성장률을 조사하기 위하여 동일 사육 환경 조건에서 대조구 전복 (Control abalone : CA) 과 비교실험을 하였다. 그 결과 각 성장형질 (각장, 각폭 및 중량) 은 SA구가 CA구보다 유의하게 빠른 것으로 나타났다. 45일째 및 90일째의 평균 각장에 있어 SA구가 CA구 보다 각각 31.7% 및 17.8% 빠르게 나타났으며, 중량에 있어서도 각각 43.7% 및 25.6% 빠른 것으로 나타났다. 더욱이 90일째의 각장과 중량의 상대성장률 비교에 있어서도 SA구가 CA구 보다 유의적으로 높은 상관관계를 나타내었다. 이러한 결과는 선발육종기술을 이용하여 양식 전복의 성장률을 증대할 수 있는 가능성을 시사하고 있다.

사 사

본 연구는 국립수산물과학원 (RP-2012-AQ-126) 의 지원에 의해 연구 되었습니다.

REFERENCES

Argue, B.J., Arce, S.M., Lotz, J.M., Moss, S.M. (2002) Selective breeding of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) for growth and resistance to Taura Syndrome Virus. *Aquaculture*, **204**: 447-460.

- Cohen, J., Cohen, P. (1983) Applied Multiple regression / correlation analysis for the behavioral sciences(2nd ed), LEA Lawrence Erlbaum Associates, INC, New Jersey.
- Gordon, H.R., Cook, P.A. (2004) World abalone fisheries and aquaculture update: supply and market dynamics. *Journal of Shellfish Research*, **23**: 935-939.
- Gjerde, B., Terjesen, B.F., Barr, Y., Lein, I., Thorland, I. (2004) Genetic variation for juvenile growth and survival in Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Aquaculture*, **236**: 167-177.
- Gjedrem, T. (1983) Genetic variation in quantitative traits and selective breeding in fish and shellfish. *Aquaculture*, **33**: 51-72.
- Gjedrem, T. (1997) Selective breeding to improve aquaculture production. *World aquaculture*, **28**: 33-45.
- Gjedrem, T. (2000) Generic improvement of cold-water species. *Aquaculture Research*, **31**: 25-33.
- Hara, M. (1990) The effect of genetics of growth in three groups of abalone seeds. *Bull. Tohoku. Reg. Fish. Res. Lab.*, **52**: 73-78.
- Hara, M. (1992) Breeding of abalone / cross and selection. *Fish Genetics Breeding Science*, **18**: 1-12.(in Japanese)
- Hara, M., Kikuchi S. (1992) Increasing growth rate of abalone, *Haliotis discus hannai*, using selection techniques. *NOAA Technical Report*, **106**: 21-26
- Kawahara, M., Noro, M., Omori, O., Kijima, A. (1999) Estimation of heritability for juvenile growth rate in the abalone, *Haliotis discus hannai* INO. *Fish Genetics Breeding Science*, **28**: 95-103.(in Japanese)
- Kawahara, M., Noro, M., Omori, O., Hasekura, O., Kijima, A. (1997) Genetic progress for growth in different selected populations of abalone, *Haliotis discus hannai*, at different hatcheries. *Fish Genetics Breeding Science*, **25**: 81-90.(in Japanese)
- KNSO (2012) Korea National Statistical Office. KOSIS Statistical DB, DaeJeon, Korea.
- Kube, P.D., Appleyard, S.A., Elliott, N.G. (2007) Selective breeding greenlip abalone (*Haliotis laevis*): Preliminary result and issue. *Journal of Shellfish Research*, **26**: 821-824.
- Lucas, T., Macbeth, M., Degnan, S.M., Knibb, W., Degnan, B.M. (2006) Heritability estimates for growth and tropical abalone *Haliotis asinina* using microsatellite to assign parentage. *Aquaculture*, **259**: 146-152.
- Viana, M.T. (2002) Abalone Aquaculture, An overview. *World Aquaculture* pp. 34-39.