

# 유전적 개량 품종의 산업적 이용



노충환 박사, 홍경표 박사  
한국해양연구원 해양생물자원연구본부  
TEL) 031-400-6233, FAX) 031-406-2882  
E-mail) chnoh@kordi.re.kr

## 1. 여는말

양식 생산성 향상과 경쟁력 제고를 위한 방편으로 유전 육종의 중요성이 강조되고 있으며, 실제 양식업계에서의 기대 또한 증대되고 있는 실정이다. 최근 분자 생물학적 기법의 발달로 기존의 육종 기법이 더욱 고도화·다양화되고 있으나, 아직 산업적 적용이 쉽게 이루어지지 못하고 있다. 다만 선발 육종 기법과 계통간 잡종 기법이 40여년 전부터 체계적으로 양식 어종에 적용되었으며, 몇 종의 어류에 대해서만 산업적인 성공을 거두고 있다. 이 글에서는 유전 육종 분야의 기법인 선발과 계통간 교배 기법을 통한 유전적 개량 연구의 산업적 적용에 대한 보편적인 정보를 소개한다.

## 2. 양식 어류의 유전적 개량 전망

가축에 대한 본격적인 유전적 개량 사업은 50여년 전부터 지금까지 활발하게 적용되어, 닭, 젓소, 돼지 산업의 경우 획기적으로 생산성이 증대되었다. 닭의 경우, 1957년부터 꾸준한 선발을 통해 1994년에는 300%~400%의 성장 증대 효과

를 얻었으며, 이 기간 동안 육종 기법의 발전뿐만 아니라 사육 관리 방법(특히 사료 영양 분야)의 개선이 함께 진행되었다. 그러나 사료의 개선이 닭의 성장 증대에 미친 효과는 불과 14%에 불과한 것으로 알려져 있어(Havenstein 등, 1994; Knibb, 2000), 유전적으로 개량된 품종이 산업에 미치는 영향은 크다고 할 수 있다.

어류 양식 산업의 경우, 생산성 증대를 위한 유전적 개량 사업이 가축 산업에 비해 미미하다고 할 수 있다. 그 이유는 어류의 유전적 개량 효과가 가축에 비해 낮기 때문이 아니라, 중요성과 그에 따른 노력이 부족했기 때문이다. 대서양연어의 경우, 1970년대 중반부터 노르웨이 정부 주도하에 유전적 개량 사업이 실시되었으며, 이에 따라 상품어(3.4kg 기준) 생산 소요 기간이 1967년 기준 18개월에서 1997년 기준 10-12개월로 단축되었다(그림 1과 2).

일반적으로 어류의 선발 효과는 육상 동물보다 뛰어난 것으로 알려져 있다. 어류는 육상 동물에 비해 자손 생산량이 월등히 많고 특정 형질에 대한 다양한 유전적 변이를 가지므로 선발 강도를 높일 수 있는 장점이 있다. 따라서 어류의 유전적 개량은 육상 동물에 비해 훨씬 수월하게 이루어

질 수 있는 잠재력이 있다.

## 2.1 선발을 통한 양식 어류의 유전적 개량

양식 어류를 대상으로 정부가 주도하여 실시한 유전적 개량 사업은, 1975년 노르웨이에서 대서양연어와 무지개송어를 대상으로, 성장, 성숙, 내병성 및 육질의 개선을 위하여 최초로 실시되었다. 노르웨이에서 대서양연어와 무지개송어 양식 산업에 공급되는 수정란의 75%는 유전적으로 개량된 품종으로, 노르웨이의 생산량을 고려하면, 전세계 생산되는 대서양연어의 50%는 개량 품종의 수정란을 사용하는 것으로 간주할 수 있다. 또한 캐나다와 아이스랜드에서도 노르웨이와 비슷한 유전적 개량 사업이 진행되고 있으며, 일본에서도 참돔과 넙치를 대상으로 지자체 또는 연구기관이 이 사업을 진행하고 있다. 필리핀에서도 틸라피아를 대상으로 유전적 개량 사업을 실시하여, 필리핀 전체 어류 생산량의 19%를 틸라피아가 차지하고 있다. 이스라엘 및 헝가리에서는 잉

어를 대상으로 유전적 품종개량을 실시하고 있으며, 그밖의 나라(구소련, 칠레 등)에서도 민간 주도로 이 사업을 실시하고 있다.

## 2.2 유전적 개량 효과

이 분야 연구 결과는 1970년대 이후에 비로소 제시되기 시작하였으며, 이후 급격한 기술적 발전을 통해 현재에는 산업적 적용이 활발히 이루어지고 있다. 표 1에서와 같이 다양한 어종을 대상으로 성장과 내병성 관련 형질의 유전적 개량 사업이 진행되고 있으며, 산업적 성공을 거두고 있다.

### 2.2.1 성장 형질

성장이 빠른 어류는 생산 기간을 단축시키고 자금 회전율을 높여 막대한 비용 절감 효과가 크다. 특히 우리나라와 같이 태풍, 적조 및 어병에 의해 대량 폐사가 빈번한 경우, 이러한 위험 요소에 노출되는 기회가 줄어들어 양식 위험도가 감소하게 된다.

성장 형질에 대한 유전적 개량 사업은 여러 나라에서 다양한 어종을 대상으로 진행되고 있다. 이 중, 노르웨이에서 1975년부터 시작한 유전적 개량 사업이 가장 성공적인 예로 들 수 있는데, 이 사업을 통해 대서양연어의 상품어(50g→3.5kg) 생산 소요 기간이 선발전 18개월에서, 선발 1세대에 17개월, 선발 4세대에 14개월로 단축되었으며, 현재에는 약 10-12개월로 단축되었다(그림 2). 이를 통해 어체중 3.5kg에 도달하였을 때 수확시, 단위 체중(1kg) 증가에 소요되는 경비는 세대당 US 0.14 달러 절감되며, 노르웨이의 전체 생산량을 고려하면, 약 2,800만 달러가 절감된다(Gjedrem, 1997).

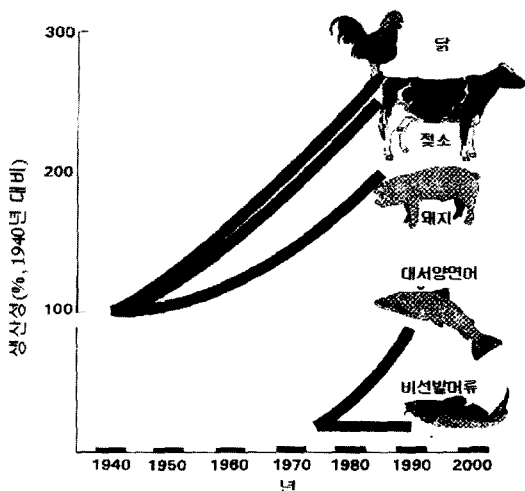


그림 1. 가축과 어류의 생산성 증대 (Gjedrem, 1997의 그림 인용).

## 기획특집

표 1. 어종별 유전 형질 개량 대상 형질 및 효과

Brook trout <i>Salvelinus fontinalis</i>	선발 (3세대)	내병성	생존율 향상(2%→69%)	Ehkinger, 1977
	선발	내병성	생존율 향상 (4.3%→96.1%)	Okamoto et al., 1993
무지개송어 <i>Onchorhynchus mykiss</i>	선발 (6세대)	성장	성장률 증가(30%)	Kincaid, 1983
	계통간 교배	성장	성장률 증가(22%)	Dunham, 1996
대서양연어 <i>Salmo salar</i>	선발 (4세대)	성장	생산기간단축 (18개월→10-12개월) 사료효율 <sup>1</sup> 증가	Gjedrem, 1997
Coho salmon <i>Oncorhynchus kisutch</i>	선발 (4세대)	성장	성장률 증가(60%)	Hershberger et al., 1990
	선발 (4세대)	성장	성장률 증가(55%)	Padi, 1995
차널메기 <i>Ictalurus punctatus</i>	선발 (1세대), 계통간 교배	성장	성장률 증가(12-18%)	Dunham and Smitherman, 1983, 1984
	선발 (3세대)	성장	성장률 증가(21-29%)	Rezk et al., 2003
gilthead seabream <i>Sparus aurata</i>	선발	성장	성장률 증가 <sup>2</sup>	Knibb et al., 1997
틸라피아 <i>Oreochromis spp.</i>	선발	성장	성장률 증가(13-14%)	Gjerde, 1986
잉어 <i>Cyprinus carpio</i>	선발	체형 육질	형질 개량	Ankorion et al., 1992 Dunham, 1996
	계통간교배	성장	성장률 증가(20-25%)	Bakos and Gorda, 1995
참돔 <i>Pagrus major</i>	선발	성장	성장률 증가 (7세대, 100%)	Murata et al., 1996 Tanigucji and Perez-Enriquez, 2000
			성장률 증가 (4세대, 40%)	Noh et al., 2002
넙치 <i>Paralichthys olivaceus</i>	선발	성장	성장률 증가 <sup>2</sup> 사료효율 증가	Ogata et al., 2002

1. 사료효율(FER, Feed efficiency ration: 증체량/사료섭식량).

2. 구체적인 데이터 제시되어 있지 않음.

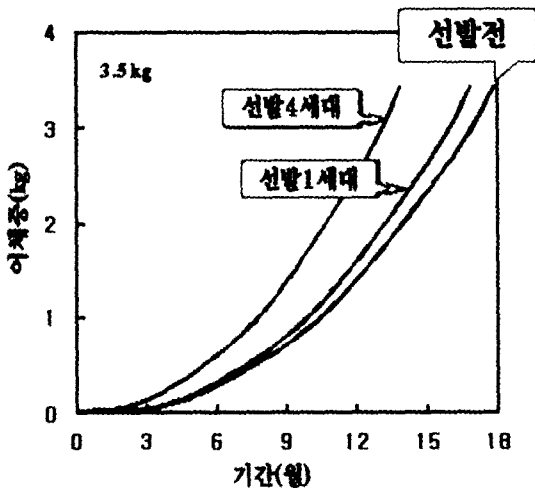


그림 2. 선발에 따른 대서양연어의 성장 및 상품어(3.5kg 기준) 생산 소요 기간 (Gjedrem, 1997의 그림을 재작성한 것임).

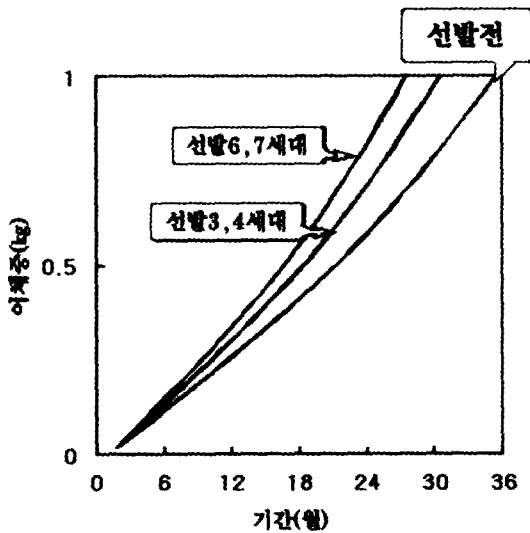


그림 3. 선발에 따른 참돔의 성장 및 상품어(1kg 기준) 생산 소요 기간(Murata 등, 1996의 그림을 재작성한 것임).

또 다른 성공적인 예로서 일본의 참돔을 들 수 있다. 일본은 1964년부터 참돔의 유전적 개량 사업을 통해 상품어 1kg 생산 소요 기간이 선발전

36개월에서, 선발 1세대에 34개월, 선발 2세대에 33개월, 선발 3, 4세대에 29개월, 선발 5, 6세대에 26개월 그리고 선발 6, 7세대에 25개월로 단축하였다(그림 3). 이 사업을 통해 4년생 기준으로 2.5배 성장이 빠른 품종을 생산하였다(Murata 등, 1996).

### 2.2.2 내병성 관련 형질

내병성 향상은 생산량의 증대, 사료 비용 절감 그리고 약품 사용 감소 등을 위해 성장 형질과 함께 유전적으로 개량되어야 할 중요한 형질로서, 연어과 어류에서 성공적으로 내병성 관련 형질의 개량이 이루어져 왔다. 강송어(*Salvelinus fontinalis*)의 경우 선발을 통해 내병성이 향상되었으며, *Aeromonas salmonicida*에 대한 내병성 조사에서 내병성 향상 품종의 생존율은 69%로서 그렇지 못한 품종(2%)에 비해 월등히 높은 생존율을 나타내었다. 무지개송어에서도 유전적 개량을 통해 IPNV에 대한 내성을 가진 품종을 생산한 바 있다(Okamoto 등, 1993).

### 2.2.3 상품성 관련 형질

성장과 내병성 관련 형질 이외에 상품성과 관련된 형질로는 성숙, 체형 그리고 육질을 들 수 있다. 성숙 관련 형질은 성숙시 체형의 변화에 따른 상품성 저하를 방지하며, 상품 가치를 좀더 연장할 수 있는 장점이 있어 연어·송어류의 형질 개량에 주로 적용되는 형질이다. 대서양연어의 경우 형질 개량을 통해 11%의 성장을 개량 효과를 가지며 동시에 성숙 관련 형질에서 22%의 개량효과를 나타낸 바 있다. 그러나 일반적으로 성숙 관련 형질의 유전적 개량은 성장 형질에 비해 그 효과가 저조한 것으로 알려져 있다(Gjedrem,

2000).

체형에 관한 유전적 개량은 잉어가 가장 대표적이다. 잉어의 경우 이스라엘에서 선발과 계통간 잡종을 통해 성장률이 뛰어난 품종을 생산한 바 있다(Vandeputte, 2003). 그러나 그 밖의 시도에서는 선발을 통한 성장률 증대 효과가 지조한 반면 체형 개량 효과는 뛰어난 것으로 알려져 있다(Ankorion 등, 1992). 육질 개량에 관한 연구는 연어·송어류와 메기류에서 시작되었으며, 무지개송어와 대서양연어에서 유전적 개량을 통해 체색을 향상 시키는 품종을 생산하였다(Gjrdre와 schaeffer, 1989; Rye와 Gjrdre, 1992).

### 2.2.4 부가 효과

선발을 통해 성장률 향상된 품종은 특정 환경에서의 생존율과 내병성이 향상되고 아울러 사료 효율이 향상되는 경우가 있다.

대서양연어의 경우 비선발 품종은 4세대에 걸친 선발을 통해 성장이 향상된 품종에 비해 단위 체중(1kg) 증가에 따른 사료 섭취량이 17% 더 많으며, 동시에 에너지와 단백질 소비율이 7% 더 높았다. 그리고 사료 효율(FER: 증체량/사료섭식량)은 0.93으로서 선발 품종의 1.16에 비해 낮았다(Thodesen, 1999). 넙치의 경우에서도 대서양연어와 동일한 경향을 보인다. 성분을 달리하여 제조한 사료를 공급한 결과 2세대에 걸쳐 선발한 넙치 품종은 비선발 품종에 비해 사료 섭취량이 많고 동시에 사료 효율도 높은 것으로 조사되었다(Ogata et al., 2002).

이상에서 유전적 개량을 통해 성장률이 향상된 품종의 긍정적인 부가 효과를 열거하였다. 그러나 오랜 기간 동안의 선발은 오히려 유전적 다양성 저하에 따른 내병성 저하 및 성장률 저하를

유도할 수도 있어 선발 강도의 조절을 통해 이러한 부작용을 방지하여야 하며, 좀더 적극적인 방법으로는 종내 계통간 교배 기법을 적용할 수 있다. 계통간 교배 기법은 성장률, 내병성 향상을 유도하기 위한 목적 이외에도 양식 어류의 유전적 다양성을 확보하기 위한 유용한 목적으로 적용된다.

### 2.3 경제적 효과

양식 어류의 선발을 통한 유전적 개량은 비교적 오랜 기간이 소요되기 때문에 그에 따른 투자 비용이 많이 들게 마련이다. 그러나 선발 프로그램에 따른 유전적 개량 효과가 비교적 뛰어나며, 양식 산업의 생산성 증대에 미치는 영향이 크기 때문에 단위 투자 비용에 비해 그 부가가치는 높다고 할 수 있다. 가축의 경우 이익 대비 투자 비용 비율은 5:1 ~ 50:1로 알려져 있다. 어류의 경우 가축에 비해 자손 생산량이 많고 선발 강도를 높일 수 있는 장점이 있으므로 이익 대비 투자 비용의 비율이 가축 보다 높을 것으로 예상된다. 어류의 유전적 개량 역사가 가축에 비해 짧기 때문에 다양한 데이터를 확보할 수 없지만 양식 어류에 있어서는 노르웨이의 대서양연어와 무지개송어를 대상으로 실시된 선발 프로그램의 운용 결과에서 데이터를 확보할 수 있다. 노르웨이에서는 선발 프로그램 운용 비용이 연간 약 3백만 US 달러로서, 이 프로그램에서는 성장, 내병성, 성숙 그리고 육질 관련 형질에 대한 유전적 개량을 위해 매년 360 집단에 대한 가계 분석을 실시하고 있다. 연간 생산량 약 2십만톤을 감안할 때 선발 프로그램을 통해 얻을 수 있는 이익은 매년 약 4천5백만 US 달러이다. 이를 이익 대비 투자 비용의 비율로 환산하면 15:1로서 가축과 크게 다

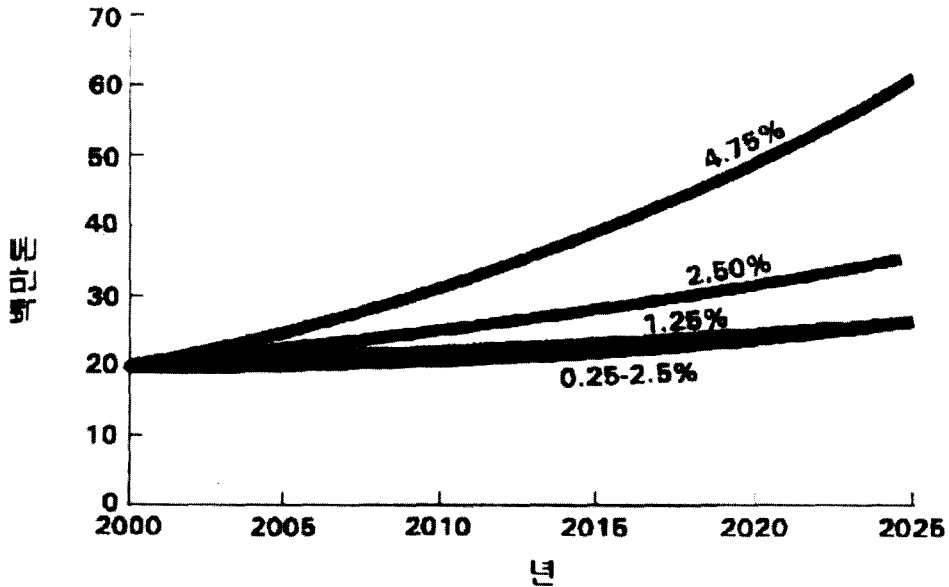


그림 4. 소비량 충족에 필요한 양식 생산량 예상 증가율(4.75%)과 유전적 개량에 따른 생산량 예상 증가율 (Gjedrem, 1997의 그림 인용).

르지 않다(Gjedrem, 1997). 어종에 따라 선발에 의한 유전적 개량 효과를 결정짓는 중요한 요인 중 하나는 그 어종의 세대 간격이다. 틸라피아의 경우 한 세대에서 다음 세대로 옮겨 가는데 소요되는 기간은 1년 이내로서 매년 새로운 선발 세대를 생산할 수 있어 유전적으로 개량된 품종의 산업적 적용력이 매우 높다. 따라서 이익 대비 투자 비용은 대서양연어에 비해 월등히 높아질 수 있다. 우리나라의 주요 양식 대상 해산 어종인 넙치와 조피볼락 그리고 돝류의 세대 간격은 대서양연어(4년)와 크게 다르지 않고 두 나라의 물가를 감안하면, 물론 어종마다 유전적 개량 효과가 다르지만, 우리나라 양식 어종에서도 대서양연어와 비슷한 부가가치를 얻을 수 있을 것으로 예상된다.

대서양연어의 경우 유전적으로 개량된 품종은 노르웨이 전체 생산량의 약 75%를 차지하며, 전세계 생산량의 약 50%를 차지하는 반면 프로그램

램 운용 역사가 짧은 다른 몇 어종의 경우 유전적으로 개량된 품종의 생산량은 그 어종의 전체 생산량의 극히 일부에 불과하다.

선발을 통한 새로운 품종 개발에 소요되는 기간이 비교적 길고, 이에 따라 월등한 경쟁력을 가진 품종의 생산이 아직은 미진하다. 그러나 지속적인 개량을 통해 생산된 품종의 경쟁력은 차츰 강화될 것이며, 개량 품종의 산업 생산량은 급속히 증가할 것으로 예상된다. 유전적으로 개량된 품종의 생산은 다른 품종 또는 어종에 대한 즉 생산 업체간 경쟁력뿐만 아니라 다른 국가와의 경쟁력에서 우위를 점할 수 있으며, 좀 더 나아가 축산 생산물과의 경쟁력에서도 앞서가게 될 것이다.

어업에 의한 수산물(해조류 제외) 생산량은 약 1억톤에 한정될 것으로 예상되므로 수산물 수요의 부족 부분은 양식에 의존해야한다. 따라서

2025년에는 인구 증가(85억명)에 따른 수산물 예상 수요량(1인당 19.1kg)이 어업 생산량 보다 약 6천2백만톤이 초과되므로 이를 양식 생산량이 충당하여야 하며(New, 1997), 매년 약 4.75%씩 양식 생산량이 증가해야 앞으로의 수요에 부합되는 공급이 가능하다(Gjedrem, 1997). 유전적 개량 프로그램에 의해 어류와 새우류의 세대당 성장률 향상 효과는 약 15%로 간주하고 세대 간격이 3년임을 감안하여 계산하면 매년 약 3%의 생산량 증대가 예상된다. 현재 양식 대상 종(해조류 제외)의 25%와 50%에 대해 유전적 개량 프로그램이 적용된다면, 각각 매년 약 1.25% 및 2.5%씩 생산량이 증가할 것으로 계산된다. 그리고 전체 양식종에 대해 유전적 개량 프로그램이 적용된다면 매년 약 5%의 생산량 증대가 예상되고, 이는 2025년까지 예상되는 수요량 증가율 4.75%/년과 부합되게 된다(그림 4). 따라서 적절한 프로그램의 운용으로 개발된 품종의 생산은 양식 생산량의 증대에 크게 기여할 수 있다(Gjedrem, 1997).

## 2.4 유전적 개량 프로그램 운영

1971년 노르웨이에서 대서양연어에 대한 유전적 개량 프로그램을 시작할 당시에는 경제적으로 유용한 형질에 대한 유전적 정보를 거의 가지고 있지 못하였다. 따라서 프로그램 운용에 대한 구체적인 방법론이 설정되어 있지 않았다. 차츰 프로그램이 진행되면서 다양한 결과가 도출되었고 이를 통해 아래와 같이 구체적인 요소에 대한 인식이 이루어졌다.

### 2.4.1 기초 집단 생산

성공적인 유전적 개량을 위해서는 유전적 다양

성을 확보해야한다. 이를 위해 지역적으로 격리 가능성이 높은 어종에 대해서는 심수 또는 수심 지역으로부터 자연산 어류 집단을 확보해야한다. 대서양연어의 경우 40여 곳의 강으로부터 다양한 계통을 수집하였으며, 혹시 자연적으로 있을지 모르는 유전적 다양성 저하를 예방하기 위하여 유용 계통에 대해서는 계통간 교배를 실시하여 유전적 다양성 확보를 시도하였다. 이 경우 이러한 노력을 통해 매년 약 200여 가계(family)에 대한 검증을 실시하여 각종 형질에 대한 데이터를 확보하였다. 대서양연어의 경우 세대 간격이 약 4년으로 길어 유전적 개량 효과 검증 기간이 길다. 따라서 집약적 연구를 위해 가계 검증은 매년 실시하여, 가계별·연령별 집단 확보가 필요하였다. 해산 어종의 경우 대서양연어와는 달리 지역적 격리에 따른 유전적 차이를 크게 기대하기는 어렵다. 그러나 우리나라 조피볼락의 경우 계통별(지역별 양식산, 지역별 자연산) 성장 차이가 두드러지게 나타나는 것으로 조사된 바 있으므로, 계통별 기초 집단의 확보가 가능하다.

### 2.4.2 대상 형질 선정 및 개량 방법

유전 형질 개량 프로그램은 주로 성장 형질을 중심으로 선발 및 계통간 교배 기법이 적용되고 있다(Gjedrem, 2000). 선발이 형질 개량 프로그램의 주 기법으로 활용되고 있으나, 선발 과정 중에 계통간 교배 기법이 동반하여 적용되는 경우가 많다. 따라서 현재 선발에 의한 프로그램에는 특정 시기에 계통간 교배 기법이 동반 적용되었거나, 유전적 다양성 확보를 위해 어느 시기에는 적용될 것으로 예상된다.

형질 개량 프로그램의 주 목표는 일반적으로 성장률에 집중되게 된다. 그러나 앞서 언급한대

로 성장률이 향상된 품종은 부가적으로 내병성, 사료 효율 그리고 상품성 관련 형질 등이 동반되어 개량되는 경향이 있다. 따라서 산업적 이용성을 극대화시키기 위해서는 우선적으로 성장 관련 형질에 대한 개량이 실시되어야 할 것으로 생각된다. 각각의 계통은 오랜 기간 동안 서로 다른 환경에 적응하였기 때문에 유전적으로 많은 차이를 가진다. 어떤 경우 낮은 수온에 적응된 계통은 고수온에 적응된 계통보다 고수온에서 성장이 빠른 것으로 알려져 있다. 따라서 다양한 환경 조건에서 성장 관련 형질의 검증과 각 환경별 최적 품종의 생산이 필요할 수도 있다. 그러나 이는 프로그램 운용에 따른 비용 대비 효과가 매우 적다. 그리고 대서양연어의 예에서 볼 때, 다양한 환경에도 불구하고 노르웨이에서는 유전적으로 개량된 한 품종만 산업적으로 이용하면 되는 것으로 알려져 있다(Gunnes와 Gjedrem, 1981).

### 2.4.3 산업화

유전적 개량에 따른 산업적 효과는 단 1-2세대 만에 나타나지는 않는다. 새로운 품종의 확립에 소요되는 세대 수가 많은 뿐 아니라 충분한 친어군의 확보와 양어가들의 노력이 동반되어야 한다. 더욱이 산업적 효용성을 극대화시키기 위해서는 프로그램 운영 기관과 민간 산업체간의 네트워크가 잘 구성되어야 한다. 물론 연구 기관이 프로그램을 주도하고 발전시켜 나가야 하지만 산업화를 위해서는 민간 업체의 참여가 필수적이다. 애초 연구 기관이 한 두 세대를 통해 개발하고, 시험 양식을 통해 검증된 품종은 수정란 또는 종묘 공급을 통해 민간 업체로 이전된다. 민간 업체에서는 사육 과정 중에 주요 형질 관련 데이터를 기록하고, 이 데이터는 다시 연구 기관에 보내져

다음 세대의 개량 품종을 생산하는데 활용되어야 한다. 이러한 과정을 통해 데이터는 축적되고 세대가 거듭됨에 따라 더욱 더 우수한 개량 품종이 생산되고 동시에 산업적 적용성이 증대된다. 물론 정부 기관이 주도하지 않더라도 민간 업체에 의한 프로그램의 운용이 충분히 가능하다. 가축에 있어서는 대형 민간 기업에 의해 독단적으로 프로그램이 운용되는 사례가 많고, 소수의 기업이 전세계에 개량 품종을 공급하고 있다. 이를 통해 전세계 가축 생산량의 많은 부분을 민간 기업이 생산한 개량 품종이 담당하고 있다. 어류에 있어서도 세계적인 기업이 연어·송어류, 잉어, 틸라피아 등에 대해 국내외적인 공급을 실시하고 있다. 그러나 전세계 어류 생산량의 약 1%~2%만이 개량된 품종으로서, 가축에 비하면 극히 낮은 비율이다.

물론 수산양식은 축산에 비해 개발 역사가 짧다. 그러나 앞서 언급한 바와 같이 유전적인 개량 잠재력이 뛰어난 어류가 가축에 비해 상대적으로 개발이 뒤쳐진 이유는 중요성 인식 부족이 주 원인이라고 할 수 있다. 따라서 양식 산업의 경쟁력 강화를 위해서는 국가적인 투자이외에도 민간 기업들의 적극적인 노력이 뒤받침 되어야 할 것으로 생각된다.

## 3. 결론

선발과 계통간 교배 기법을 적용한 유전 형질 개량 프로그램을 통해서 생산된 개량 품종은 일반적으로 매세대당 약 10~15% 성장률이 향상되며, 성장률 향상과 더불어 내병성, 상품성 등 다른 형질이 동반되어 개량되는 효과가 있다.

이러한 성장률 향상은 상품어 생산 기간의 단



축을 통해 생산 원가가 절감되며, 자금 회전이 빨라진다. 여러 세대를 통해 생산된 개량 품종은 어류 취급시 스트레스를 상대적으로 적게 받아 생존율이 높은 경향이 있다. 그리고 내병성 향상과 더불어 약품 사용이 감소되므로 이에 따른 생산 원가의 절감이 예상된다. 따라서 품종 개량을 위한 프로그램의 운용이 필요하며, 이를 통해 생산된 개량 품종은 산업적 이용성이 높고, 생산성 증대에 크게 기여할 것이다. 비록 어류의 품종 개량은 가축에 비해 질적·양적으로 크게 뒤쳐져 있지만 어류는 자손 생산량이 많고 다양한 유전적 변이를 가지므로 가축에 비해 더 뛰어난 잠재력을 가지고 있다. 현재 전세계적으로 개량 품종이 양식 산업에 활용되는 비율은 전체의 약 1~2%에 불과하다. 그러나 선발과 계통간 교배에 의한 유전 형질 개량은 단 1세대만에 개량 품종의 생산이 가능하고 직접적으로 산업에 활용할 수 있기 때문에, 선도적인 노력이 필요하다. 이를 통해 국내의 양식 기업들간의 경쟁력뿐만 아니라 축산물과의 경쟁력에서도 우위를 점할 수 있으며, 인구 증가에 따른 단백질 수요량에 적극적으로 대처할 수 있을 것으로 생각한다.

#### 4. 닫는 말

- 이 글은 유전 육종 기법의 하나인 선발 육종을 중심으로 실시된 유전적 개량 프로그램의 산업적 적용에 관하여 서술하였다. 최근 분자 생물학적 연구 기법의 발달로 인해 보다 많은 기법이 이 프로그램에 적용되고 있으나 산업적 적용 결과가 두드러지지 않아 이 글에서는 제외하였다.
- 이 글 중 일부는 World Aquaculture, March (1)

에 실린 T. Gjedrem의 글을 발췌해서 원문을 옮겨 적었다. 모든 참고 문헌에 대해서 재확인 절차를 거치려고 노력하였으나 몇 편의 참고 문헌에 대해서는 원문 또는 요약문을 수집할 수 없어 재확인 절차를 거치지 못하였다.

- 이 글에서 인용한 노르웨이의 대서양연어와 일본의 참돔의 예에서, 유전 형질 개량 프로그램 운용 시작시(개량 전)와 여러 세대가 지난 후 개량된 품종의 상품어 생산 기간의 비교는 유전적 형질 개량에 의해서만 얻어진 결과는 아니라고 생각한다. 현재의 양식 기술은 60, 70년대에 비해 괄목하게 발전하였으며, 따라서 생산 기간 단축에는 이러한 제반 양식 관리 기술의 발전이 동반되었을 것이다. 참돔의 경우 본문에 언급한 Murata 등(1996)의 결과에 의하면 4년생 기준으로 생산 기간이 2.5배 단축되었다고 하였지만, N. Taniguchi는 6-7세대의 선발에 의해 1.5배 단축되었고, 그 나머지는 사료의 개선 등 제반 사육 관리 기법의 발전에 의한 것이라고 주장한 바 있다.
- 부족한 이 글을 끝까지 읽어 주신 여러분께 감사드리며, 여러분들의 고견을 기대합니다.

#### 참 고 문 헌

- Ankorion, Y., et al., 1992. Bidirectional mass selection for body shape in common carp. *Genetics, Selection and Evolution*. 24:43-52.
- Ankorion, Y., 1966. Investigation on the heredity of some morphological traits in the common carp, *Cyprinus carpio* : Ph. D. Thesis, The Hebrew University, Israel.
- Bakos, J. and S. Gorda., 1995. Genetic improve-

- ment of common carp strains using intraspecific hybridization, *Aquaculture*, 129:183-186.
- Dunham, R.A., 1996. Contribution of genetically improved aquatic organism to global food security. International conference on sustainable contribution of fisheries to food security. Government of Japan and FAO, Rome, 150pp.
- Dunham, R.A. and R.O. Smitherman, 1983. Cross-breeding channel catfish for improvement of body weight in earthen ponds. *Growth*, 47:97-103
- Dunham, R.A. and R.O. Smitherman, 1984. Ancestry and breeding of catfish in the U.S. Alabama Agricultural Experimental Station. *Circ.* 273, 100pp.
- Gjerde, B. and L.R. Schaeffer, 1989. Body traits in rainbow trout. 2. Estimates of heritabilities and of phenotypic and genetic correlations *Aquaculture*, 80:25-44.
- Gjerde, B., 1986. Growth and reproduction in fish and shellfish. *Aquaculture*, 57:37-55.
- Gjedrem, T., 1979. Selection for growth and domestication in Atlantic salmon, *Z. Tierzucht. Zuchtungsbiol.*, 96:56-59.
- Gjedrem, T., 1997. Selective breeding to improve aquaculture production. *World Aquaculture* March (1):33-45.
- Gjedrem, T., 2000. Genetic improvement of cold-water fish species. *Aquaculture Research*, 31:25-33.
- Gunnes, K. and T. Gjedrem, 1981. A genetic analysis of body weight and length in rainbow trout reared in sea water for 18 months. *Aquaculture*, 24:161-174.
- Harvenstein et al., 1994. Carcass composition and yield of 1991 vs. 1957 broilers when fed 'typical' 1957 and 1991 broiler diets. *Poultry Science*, 73:1795-1804.
- Hershberger, W.K., et al., 1990. Genetic changes in growth of coho salmon in marine netpens, produced by ten years of selection. *Aquaculture*, 85:187-197.
- Kincaid, H.L., 1983. Results from six generation of selection for accelerated growth rate in a rainbow trout population. The future of aquaculture in North America (Abstract), p. 26-27. Fish. Cult. Sect., American Fisheries Society.
- Kinbb, W., et al., 1997. Selection for growth in the gilthead seabream. *Israel J. of Aquaculture (Bamidgeh)*, 49:57-66.
- Knibb, W., 2000. Genetic improvement of marine fish - which method for industry? *Aquaculture Research*, 30:11-23.
- Murata, O. et al., 1996. Selective breeding for growth in red sea bream. *Fisheries Science* 62:845-849.
- New, M.B., 1999. Global aquaculture : Current trends and challenges for the 21century. *World Aquaculture*, March (1):63-79.
- Noh, C.H., et al., Selection and intraspecific hybrid for growth in the red seabream (Abstract). 2002 Korea-Japan joint symposium on aquaculture. p. 41-42. Korean Aquaculture Society.

- Ogata, H., et al., 2002. Growth, feed efficiency and feed intake of offspring from selected and wild Japanese flounder. *Aquaculture*, 211:183-193.
- Okamoto, N. et al., 1993. Resistant of a rainbow trout strain to infectious pancreatic necrosis. *Aquaculture*, 117:71-76.
- Padi, J.N., 1995. Response and correlated response to four generation of selection for increased body weight in the Kansas strain channel catfish growth in earthen ponds. Ph. D. Thesis. Auburn University, US.
- Rezk, M.A., et al., 2003. Response to three generation of selection for increased body weight in channel catfish, grown in earthen ponds. *Aquaculture* (in press).
- Rye, M. and B. Gjerde, 1992. Phenotypic and genetic parameters of body composition traits and flesh color in Atlantic salmon. Ph. D. thesis. Agriculture University of Norway, 33p.
- Taniguchi, N. and R. Perez-Enriquez, 2000. Genetic evaluation of brood stock for aquaculture of red sea bream by DNA markers. (in) Recent advances in marine biotechnology vol. 4. *Aquaculture*, (eds) M. Fingerman and R. Nagabhushanam, Science Publishers, Inc. UK, pp. 1-16.
- Thodesen, J., et al., 1999. Feed intake, growth and feed utilization of offspring from wild and selected Atlantic salmon. *Aquaculture*, 180:237-246.
- Vandeputte, M., 2003. Selective breeding of quantitative traits in the common carp (*Cyprinus carpio*): a review. *Aquatic Living Resources*, 16:399-407.