

동질배수체

한국양식 편집부

인위 동질 3배체·4배체는 어패류의 양식에 있어서 이용 가치가 있다고 여겨진다. 1980년대 중반까지, 3배체는 어패류를 통하여 높은 확률로 생산 가능하게 되어 양식에 이용할 때 해명되지 않으면 안되는 그 생물학적 성질에 대해서도 밝혀지게 되었다. 한편, 4배체는 어류에 있어서 유도되어 성공한 예가 있으나, 그 생산의 빈도는 극히 낮고 생물학적 성질을 조사하는 단계에 이르지 못하였다. 여기서는 3배체가 수산양식에 중요하다고 생각되어지는 성장과 불임성의 문제를 거론하여 그 이용성에 관해 평가하고, 4배체에 대해서는 유도 기술상에 있어서의 문제점을 중점적으로 검토하겠다.

1. 3배체의 성장

어류의 3배체의 성장에 관한 최초의 논의는 Swarup에 의해 있었으며, 그는 큰가시고기(*Gastrosteus aculeatus*) 2배체와 3배체 미성어기에서 성어기까지의 체장을 비교하여, 양자간의 차이가 없다고 결론지었다. Valenti는 blue tilapia *Tilapia aurea*의 배수체의 체장이 부화 후 6주 쯤까지는 변화가 없으나, 부화 후 14 주일 쯤에 2배체보다 커지는 것을 확인하였다. 이것들은 실험적 단위에서 행해지는 것으로 1980년대에 들어와 중요 양식 종을 양식 단위에서 사육하여 3배체의 성장 특성이 검토되었다. 주요한 연구 결과는 표 1에

요약하였다. 패류에서는 3배체의 성장에 대한 것이 적고, 조개류의 몇몇 종에서 보고되어져 있다(표 2). 이것들을 종합하여 성장특성을 정리하면 다음과 같다.

1) 어패류의 3배체에는 염색체 배가를 직접적인 원인으로 그것에 필적하는 체 용적의 증대가 일어나지 않는다. 이것은 세포 용적의 증대와 함께 세포 수가 감소하여 결과적으로 본질적인 성장이 규제되었기 때문이라고 여겨진다. 세포의 크기와 세포 수의 관계에 대해서는 다음과 같은 보고가 있다. 3배체 잉어(치어)의 적혈구는 장축 방향으로 길어져 2배체의 약 1.4배의 면적비가 되고, 그 수는 2배체에 대하여 약 0.6배로 감소하였다. 또 3배체 Atlantic salmon *Salmo salar*(부화 자어, 치어, 미성어)의 적혈구 용적은 2배체의 약 1.5배로 되고, 그 수는 2배체에 비해 약 0.7배로 감소한다. 각 기관의 세포에 대해서 보면 3배체 큰가시고기의 후뇌(後腦) 단면의 직경은 2배체와 동일하고, 핵은 크지만 단면적에서 차지하는 그 수는 2배체 보다도 명확하게 적고, 또 전신수관(前腎輸管)의 직경은 양자에 있어 차이가 없고, 관을 한 층으로 구성하고 있는 세포의 수는 2배체 26개에 비해 3배체에는 18개였다고 한다.

양서류에서도 3배체 newt *Triturus viridescens*의 외새(外鰓) 세포, 두부의 황색 소포, 미부 표피·

어류 동질 3배체의 성장

어 종	염색체 배가처리	사육 형태	조사시의 연령(기간)	형질* 2배체와 성장비교	3배체(2배체) 개시시 종료시	비 고 3배체(2배체)
무지개 송어	고온	혼합	1년어 (12월~8월)	BW 나뭇	52.2(57.6), 339.4(393.1)	사료효율 90.15(84.36)
		분리		BW 조금 좋음	51.4(53.2), 373.0(362.7)	
	고온	혼합	1년어	BW 나뭇	79.3(79.3), 200.4(210.0)	사료효율 82.7(74.9)
		분리		BW 좋음	79.3(79.3), 207.8(196.5)	
산천어 (하천잔류형)	고온	혼합 분리	0년어 (7월~12월)	BW 나뭇 차이없음		
홍연어	고온	분리	1년어 (12월~3월)	BW 좋음	18.7(21.5), 78.7(78.6)	일간성장률 1.44(1.40)
Atlantic salmon	고온	분리	0~1년어 (12월~9월)	BW 거의동일		
은 어	저온	분리	1년어 (5월~10월)	BW 성장기는 거의동일	3.0(3.4), 45.6(36.4)	
		BL 성숙기는 좋음		6.2(6.3), 14.6(13.4)		
	저온	혼합	1년어 (6월~8월)	BW 나뭇	9.2(8.2), 26.6(27.8)	
		분리		BW 좋음	9.3(8.0), 22.2(20.2)	
미꾸라지	저온	혼합	0년어	BW 나뭇	종료시 ♀, 5.2±0.71(7.5±0.50) ♂, 7.0±0.78(6.6±0.84)	
1년어 (3개월)			♀, 좋음 ♂, 동일	♀, 6.5(6.5), 10.1(7.7) ♂, 7.8(7.8), 9.9(9.6)		
channel catfish	저온	분리	0~1년어 (14개월)	BW 좋음	4.43(4.41), 466.0(401.7)	사료효율 84.0(76.9)
넙 치	저온	분리	1년어 (1월~다음 해 2월)	BW 거의동일 TL	133.1±34.9(155.3±45.5), 723.6±189.0(743.2±246.0) 234.4±19.2(237.4±23.7), 399.8±34.5(391.5±37.3)	

*BW: 평균체중 (g), BL: 평균체장 (cm), TL: 평균전장 (cm).

내장 각 기관의 세포 핵은 모두 2배체의 것보다 크고 수는 적다고 보고되어져 있다. 이러한 세포의 감수 현상은 세포의 증식 속도가 늦어진 것에 의한 것일 가능성이 있다. 세포 용적의 증대-세포 수의 감소는 단순히 성장과 직접적으로 관계를 가지는 것만이 아니라, 호흡, 혈액, 소화 흡수, 감각 등의 생리에도 영향을 미쳐 3배체 성장을 규제한다고 생각된다. 게놈 배가에 의해 생성되는 유전적 불균형은 세포 증식만이 아니라, 개체의 생활 기능에도 장애를 가져올 것이다.

2) 어류의 3배체 성장은, 많은 경우 2배체와 혼합하여 양식하면 나빠지고, 단독 사육하면 2배체와 동일하거나 또는 그것보다 좋은 결과를 나타낸다. 이것과 관련하여 1)의 여러 가지는 3배체가 2배체와의 경쟁에 있어서 불리하다는 것을 나타내고 있다. 사육 환경에 대한 3배체의 생리 생태적 선호성을 조사하는 것은, 사육 형태에 의한 그 성장의 차이를 밝히는 데 있어 중요하다.

3) 일반적으로 2배체의 성장은 산란기에 저하

이매패 동질 3배체의 성장

종	염색체의 배가처리	조사시의 연령(기간)	형질*	2배체와 성장비교	3배체(2배체)
American oyster	cytochalasin B 제1성숙분열저지	1년 개체	SH	좋음	4.04±0.14(3.62±0.16), P<0.01
	제2성숙분열저지		SH	차이없음	3.71±0.06(3.66±0.24)
bay scallop	cytochalasin B 제1성숙분열저지	2년 개체 (5월~9월)	SH	차이없음	2.6±0.30(2.5±0.24) → 5.9±0.45(5.2±0.26)
			SL	차이없음	2.7±0.35(2.6±0.24) → 6.1±0.39(5.9±0.28)
	2년 개체 (9월)	SW ₁	좋음	2.84±0.09(2.59±0.16), P<0.001	
	BTW	좋음	15±1.3(11±1.5), P<0.001		
	AMW	좋음	5.2±0.59(3.0±0.56), P<0.001		
Osmanthus sp.	cytochalasin B 또는 고수압 제2성숙분열저지	1년 개체 (9월, 부화 후 14개월)	SL	차이없음	6.68±0.68(6.42±0.69)
			SH	차이없음	6.52±0.60(6.33±0.66)
			SW ₁	좋음	2.66±0.29(2.42±0.24), P<0.001
			SW ₂	차이없음	27.64±6.59(25.46±6.54)
BTW	좋음	24.76±7.60(18.80±5.42), P<0.001			

*SL: 각장 (cm), SH: 각고 (cm), SW₁: 각폭 (cm), SW₂: 폐각중량 (g), BTW: 연체부의 습중량 (g), AMW: 폐각근의 습중량 (g), AMD: 폐각근의 직경 (cm).

하지만, 그 경향은 3배체에 있어서는 현저하지 않다. 산란기 및 산란기 전후의 일정기간에 3배체의 체중이 2배체와 동일하게 되거나, 또는 큰 것은 그 생식선의 발달이 억제 되는데 그 원인이 있다. 3배체 생식선의 발달 상태는 어패류의 종류, 압수, 연령 등에 의해 다르며 생식선의 발달 정도에 따라 성장 상태도 변한다. 3배체의 불임성에 대해서는 뒤에서 다시 논하겠다.

4) 조개류에서는 감수분열 제1 분열 저지형의 3배체에 각고 증대가 나타난다. Stanley 등은 American oyster, *Crassostrea virginica* 굴의 제1 분열 저지형과 제2 분열 저지형 3배체의 아이소자임 분석으로부터 동형·이형접합성의 빈도를 조사하여, 전자는 후자 및 2배체에 비해 이형접합도가 12% 높고, 이것이 성장을 촉진하는 요인이 되었다고 한다. 이 점은 제1 분열 방지 후에 일어나는 염색체 행동이 단 하나의 양식(각 상동염색체의 한 쪽의 염색분체가 한 조로 되어 알의 내부에 남음)으로 일어나는지 어떤지를 명확하게 함과 동시에 유용 형질에 같은 효과가 나타나는지에 대해서도 확인할 필요가 있다.

어패류의 3배체 성장은 이와 같이 염색체 배가를 본질적 요인으로서 촉진시키는 일은 없고, 산란기라고 하는 특성의 시기에 불임성에 의해 생식선 이외의 체 용적이 지속적으로 증가한다는 특징을 가진다. 불임성에 따른 여러 가지 효과를 살펴 3배체를 양식하는 경우에는 성장을 방해하지 않도록 그 특성에 대해 생각하지 않으면 안 된다.

2. 3배체의 불임성

어패류에 있어서 3배체 생식선의 발달상태에

대하여 보고된 결과를 표 3에 요약하였다. 어류의 3배체 난소는 일반적으로 정상적인 형상을 나타내지만 발달상태는 극히 미숙한 상태로 멈추는 것(무지개송어)에서부터 2배체의 난소와 유사한 상태까지 발달하는 것(참물개(*Gnathopogon elongatus*))까지 다양하다. 조직학적 관찰에 의하면 전자의 세포는 많은 경우 후사기(厚糸期)까지의 단계에서 정지하고, 난황물질의 축적을 볼 수 없다. 한편 후자의 세포는 복사기(複糸期)에 있어서 난황포기(卵黃胞期), 난황구기(卵黃球期)에 달하여 일부에서는 배포이동기(胚胞移動期)의 것이 확인되어 진다. 난소의 발달상태는 연령을 더함에 따라 어느 정도 진전되고, 전자에 속하는 난소에서도 연령이 더함에 따라 제 2차 성장기의 난세포가 출현하게 된다. 그러나 모든 어종에 있어서 각 연령을 통하여 성숙난을 가지는 것이라고는 생각 되어지지 않는다. 산란기를 향한 난소의 발달은 일반적으로 2배체에 비해 늦다.

3배체 어류의 정소는 모든 종에 있어 잘 발달하고, 개체는 외관상 2배체의 그것과 같은 정도로 발달하는 것도 있다. 조직 표본의 관찰과 인공 착출(擄出)에 의한 조사로부터, 은어, 미꾸라지 등에서는 제 2차 정모세포를 가진 정자 형성에는 이르지 못하고, 무지개송어, 참물개, 넙치 등에서는 정자의 형성이 명확하게 밝혀졌다. 이것들의 정자는 두부, 중편, 미부를 가지고 운동하지만, 정자 두부의 크기는 동일하지 않고, 그 중에는 이두(二頭) 정자나 2 편모 정자 등 이상 정자가 존재한다. 더욱이 3배체의 정액은 정자 농도가 낮고 희박하다. 무지개송어나 참물개의 3배체 어류에서 얻어진 정자로 동종의 2배체 어류의 알을 수정하면 자어를 얻을 수 있다. 그러나, 자어의 대부분은 기형이며 부상기에 이르기까지 사망

어패류의 동질 3배체에 있어서의 생식선의 발달 상태

종	염색체 배가처리	연 령	난소 3배체 (2배체)	정소 3배체 (2배체)	비 고
어 류					
무지개송어	고수압	3년어	GSI 0.04 ± 0.02 (0.25 ± 0.08) 대부분은 染色仁期, 드물게 周邊仁基	GSI 1.33 ± 0.48 (2.47 ± 0.85) 구조상 2배체와 비교하여 현 저한 차이는 없음. 정자가 가 득 차 있어 복부에 압력을 가 하면 방정. 정액은 희박	2차 성징이 나타남. 2배체의 암컷과 3배체의 수컷간 에 생긴 자어는 부상기까지 모 두 사망.
	고온	1년8개월 ~10개월	GSI 0.05 (15.44 ± 0.63)	GSI 4.81 ± 0.20 (6.19 ± 0.43)	
Atlantic salmon	고온	1년 8개월	GSI 0.024 ± 0.007 (0.31 ± 0.04) 대부분 난원세포로 되어 있음. 난황구기의 난세포 를 소수 가짐. (대부분의 난세포 는 2차성장기)	GSI 3.0 ± 0.4 (5.8 ± 2.0) 정모세포가 존재 (정세포와 정자로 구성)	2차 성징이 나타남.
은 어	저온	1년어	GSI 0.05(33.73) 주변인기까지의 세포로 구성되나, 난황포기의 세포 가 극소수 포함.	GSI 1.61(7.37) 형태적으로 이상 발현. 제2차 정모세포를 가짐. 정 자가 미완성으로 끝남.	대부분의 개체 에 2차 성징이 나타나지 않음.
	저온	1년어	GSI 0.42 ± 0.99 (23.08 ± 4.69)	GSI 5.44 ± 0.98 (9.72 ± 2.32)	2차 성징이 나타남.
	저온	1년어	GSI 0.3(19.5)	GSI 5.3(9.0)	
잉 어	저온	부화후 7개월	발달은 늦고, 관찰 개체의 1/3은 성의 관별이 곤란 (성의 구별이 용이). 난모세포가 소수 존재.		
금붕어	저온	부화후 4개월	유사분열, 성숙분 열이 늦어짐. 얇은 판(薄板)이 형성되고, 여포조 직의 형성이 진행 되지 않음.	소엽(小葉)의 분화가 나타남.	
참물개	저온	2년어	외관상 잘 발달. 난황구기의 난모 세포로 구성. 배포 이동기의 난이 나 타남. (성숙난이 충만)	외관상 잘 발달. 정세포, 정자가 부분적으로 나타나고, 인공방정(압력)에 의해 정자를 얻을 수 있음. (정자가 충만)	2배체 암컷과 3 배체 수컷간에 생긴 자어는 부 상기까지 모두 사망. 2차 성징 이 나타남.

어패류의 동질 3배체에 있어서의 생식선의 발달 상태

종	염색체 배가처리	연령	난소 3배체(2배체)	정소 3배체(2배체)	비고
어류					
미꾸라지	저온	1년어	GSI 1.2 ± 0.2 (12.6 ± 1.0) 알을 가지지 않음 (난황구기의 난모 세포가 충만)	GSI 0.8 ± 0.1 (0.7 ± 0.0) 정모세포는 관찰되나, 정자 는 관찰되지 않음.	
channel catfish	저온	부화 후 8개월	크기는 이배체의 1/3~1/4. 동일한 크 기의 소형세포로 구성. (제1차, 제2차 난모 세포로 구성)	수정관은 작고 정자를 가지 지 않음. (다수의 정자가 관찰)	2차 성징이 나타 나지 않음.
틸라피아	저온	1년어	생식선의 구조는 정상이나 발달하 지 않음. 배포이동 기의 난모세포가 나타남.	제1차, 제2차 정모세포 외에 도 정세포가 존재.	성 행동이 억제됨.
넙치	저온	2년어	GSI 4.2 ± 0.6 (24.7 ± 5.3) 난원세포. 초기 난 모세포를 가짐.	GSI 10.4 ± 0.3 (11.7 ± 0.8) 정액은 있으나, 희박. 형태적 이상 정자가 많음.	2배체 암컷과 3 배체 수컷간에 생긴 자어는 대 부분 기형이 됨. 수정율 1%이하.
패류					
softshell clam	cytocha- lasin B	1년 개체 3~5월	많은 개체가 소수의 난모세포를 가짐. (성숙난을 가짐)	정소로 확실히 판별되는 것 이 없음. (정자로 충만)	
bay scallop	cytocha- lasin B	1년 개체 8~10월	생식소의 형성이 억제됨. 배우자의 방출이 없음. (성숙되면 배우자가 방출됨)		
<i>Osman-thus</i> sp.	cytocha- lasin B 또는 고수압	1년 개체 5.6월	GSI* 0.095 ± 0.03 (0.154 ± 0.03) 소낭 내에 공극(空隙)이 있는 개체가 많음. 난모세포 또는 정모세포를 가지나, 그 수는 적음. 일 부 개체는 소낭이 정모세포로 충만. (대부분의 개체는 성숙하여, 배우자를 방출)		

* 생식선 습중량/연체부 습중량.

한다. 산란기로 되면 정소의 발달은 2배체보다 늦고 또 퇴화도 빠르다.

조개류의 bay scallop *Argopecten irradians*와 *Osmanthus* sp.의 3배체에서는 난소, 정소 모두 발달이 억제되지만, 정소는 난소 보다도 비교적 잘 발달한다. soft-shell clam *Mya arenaria*의 3배체에는 정소에 해당한 것이 보여지지 않는다. 패류에서는 자웅동체의 종이 있어, 자웅이체의 종도 발육 도중에 성전환하는 경우도 있고, 3배체가 성에 어떠한 관계를 가지고 있는 가는 앞으로 검토가 필요하다. 참굴의 3배체에서는 1n, 1.5n 정자(DNA량에 있어서)가 얻어지고 수정에 따라 유생이 만들어 진다고 한다. 이러한 3배체의 감수분열의 기구에 흥미가 있다.

어패류의 3배체에 있어서 감수분열기의 염색체 행동을 명확히 밝힌 것은 없다. 양서류의 동질 3배체의 정소에는 접합기(接合期)에 3가(個), 2가, 1가 염색체가 관찰되고 3가 염색체의 결합 방법에도 직선형(세 개가 일직선상에 연결)과 분지형(두 개가 양극에 결합, 나머지가 그 한 극에 접촉)이 존재한다고 한다. 감수분열의 이상이 최종적으로는 불임성을 결정하는 것은 말할 것도 없지만, lampbrush 염색체의 이상 접합이, synaptonemal complex 형성, 루프 형성, mRNA의 전사에 영향을 미치는 지에 대해서는 검토할 필요가 있을 것이다. 어패류를 통해 난소의 발달 상태는 정소에 비해 좋지 않으며 그 원인의 하나로 난황 형성 호르몬의 생성·조절계의 장애를 들 수 있다. 그러나 자성호르몬의 생산 분비, 난황전구 물질의 흡수 등에 관한 세포학적·내분비학적 연구는 최근 착수 되었으나, 현재 불임성과 이것들과의 관련은 명확하지 않다.

동물(포유류)의 불임성은 생식세포의 형성, 수

정, 배 발생 과정에 이상이 있어 차세대를 얻을 수 없다는 것으로 정의된다. 제외 수정하는 동물에 대해서는 생식세포 형성 과정의 이상만을 대상으로만 하여야 할 지도 모른다. 그러나 재생산의 정지는 수정이나 배기의 단계를 포함하여 양식에 여러 가지 의의를 부여하는 것으로부터, 여기서는 이 정의에 따랐다. 불임성을 그 정도에 따라 구별하면 1) 생식세포의 증식 불완전, 2) 생식세포의 성장기 전기(후사기까지)에서의 발달 부전, 3) 동 후기(복사기)에서의 발달 부전, 4) 배우자 완성 불능, 5) 수정 불능, 6) 배의 폐사의 6단계로 구별된다.

불임성에 따른 육종 효과를 이것들에 대응시키면 다음과 같이 정리된다. 단계 1, 2) : 생식선에 소비되어지는 성분이 생식선 이외의 체 성분으로서 이용되고 산란기에 있어서의 성장 정체, 육질의 열성화가 경감된다. 또 에너지 유지로 사망률 증가가 억제되고, 일부 어종에서는 암컷 어류의 수명이 연장된다. 단계 1~4) : 양식상 불이익으로 되는 성 행동(자리싸움, 포육(哺育), 산란)이 억제된 결과, 어체의 손상이 적어지고 성장의 정체가 일어나지 않고 또 양식 공간이 유효하게 이용될 수 있다. 단계 1~6) : 재생산이 일어나지 않고 조방적 양식에서는 어류의 무제한적인 번식을 억제하여 상품 크기의 어류를 계획적으로 생산할 수 있다. 제초나 낚시를 목적으로 이식 방류된 어류가 3배체에 의해 차 세대가 생기지 않는다면 이들의 번식에 의한 생태계에 미치는 영향을 피할 수 있다.

불임성의 양식에 대한 공헌도는 단계 6에서 1로 감에 따라 높아지고, 단계 1, 2는 모든 어패류에도 공통으로 이익을 가져다 준다. 어류에서는 일반적으로 암컷의 가치가 높고 또 3배체의 불임

성이 암컷에 강하게 나타나는 점을 고려하면, 암컷 만으로 되는 3배체를 생산하는 편이 보다 효과적이라 하겠다. 이 목적을 위한 전암컷 3배체의 생산에 대해서는 성의 제어 항목에서 상술하겠다.

3. 4배체의 유도 기술상의 문제점

어류의 4배체는, 제1 난할을 3배체에서와 동일한 처리법과 처리 조건으로 저지하여 유도되어져 왔다. 지금까지 Thorgaard 등, Chourrout, Onozato, 일본국 静岡수산시험장 등에 의해 4배성 개체가 만들어졌으나, 많은 수의 개체를 성의 단계까지 육성하지는 못하였다. 3배체와 비교하여 4배체의 유도가 용이하지 않은 이유로서는 감수분열과 제1 난할의 세포상 차이(중심체의 유무, 미소관의 발달 상태, 분열구의 위치 설정 시기)를 들 수 있다.

포유류의 알에서는 감수분열 방추체의 극에 중심체가 나타나지 않고, microtubule foci가 그 역할을 대신한다. 어류의 알에 있어서도 제2 감수분열 중기의 극에 중심체가 존재하지 않는 것이 저자에 의해 확인되어졌다(미발표). 이것에 대해 제1 난할기의 분열 장치에는 일반적인 체세포분열과 동일하게 두 개의 중심체가 diplosome의 상태로 존재한다고 생각된다. 이 가정이 맞다고 하면(포유류의 초기 난할기에는 중심체를 볼 수 없다는 보고가 있다), 제1 난할 저지에 따라 1세포 내에 두 개의 중심체가 보유하고, 다음 분열에서는 복제한 4개의 중심체에 따라 4극성(極性)의 분열이 일어날 가능성이 있다. 세포 융합법에 의해 생긴 당초의 세포(2핵, 3핵을 포함)는 핵분열의 동조, 분열 면의 일치를 이루었을 때만이 분열할 수 있다고 생각된다. 이 점도 4배체가 고 빈도로 생산하기 어려운 것을 시사하고 있다.

또 제1 난할 중기에 메르캅토에탄올로 처리한 성계 알에서는 중심소체가 분리하여 그것과는 다른 형(4개의 중심소체를 극으로 하는)의 4극성 분열을 일으켜, 최종적으로 2배체 세포에 복귀한다고 한다.

할구의 위치 결정은 극미소관 또는 방추체 미소관의 움직임에 따라 일어난다. 제1 난할기의 양 미소관군의 발달은 현저하고 이것은 세포질의 분열 방지를 어렵게 하는 것일 지도 모른다. 할구의 위치가 결정된 후에는 핵분열을 어떻게 방지하여도 세포질 분열이 진행되는 것으로 알려져 있다. 이 점을 포함하여 난할을 확실하게 저지하기 위해서는 핵 분열만이 아니라 세포질 분열도 저지하는 대책을 세울 필요가 있지 않을까. 또 극미소관은 핵 분열에 있어서 극 이동에 중요한 움직임을 가진다고 생각되고 있으며 난할기의 극미소관의 현저한 발달은 난할 저지에 의한 염색체의 적도면으로의 보유를 방해할 가능성이 있다. 가령 중심체가 분열 저지에 어떠한 영향을 미치지 않는다고 하여도 감수분열과 난할과의 튜브린 단백질의 양적인 차이를 고려하면, 제1 난할 저지에는 감수분열 저지에 의한 것보다도 강한 처리가 요구되어질 것이다.

4배체 개체가 대형화되는지에 관해서는 흥미 있는 점이 있지만, 어패류에 있어서 그 점을 논하기에는 충분한 정보가 없는 상태이다. 양서류에서는 저온 처리에 따라 3배체를 유도하였을 때, 동시에 극히 적은 수의 4배체가 생겨 이들의 일부는 배우자를 생산한다. 그리고 4배체간의 교잡으로 4배체 개체가 4배체 암컷과 2배체 수컷으로부터 3배체가 생성된다. 이 방법으로 만들어진 개구리의 4배체의 체장은 2배체의 그것과 큰 차이가 없다. 몸의 크기에 있어서 인위 동질 4배체가

2배체를 넘지 않는다는 결과는, 유미류(有尾類)의 연구에서도 보여진다. 세포 용적의 증대-세포수의 감소는 동물의 동질 배수체에 있어서 공통된 현상이고, 어패류의 인위 4배체에도 몸의 거대화나 성장의 촉진을 기대하기는 어려울 것이다. 4배체에서는 3배체 생산의 중간 소재로서의

역할이 있다.

※본 내용은 「수산양식과 염색체조작」(제주대학교출판부, 2000년 2월)의 일부 내용을 재편집한 것입니다. 게재를 허락하여주신 제주대학교의 여인규 교수님과 국립수산과학원의 최미경 박사님께 감사드립니다.