

한국산 다슬기류(*Semisulcospira* spp.) 두 종의 세포학적 연구

김성순¹ · 김동찬¹ · 정평림² · 정용재³

1. 국립보건원
2. 연세대학교 의과대학 기생충학교실
3. 이화여자대학교 과학교육학과

= Abstract =

A Cytological Study on Two Species of Genus *Semisulcospira* (Gastropoda: Pleuroceridae) in Korea

Sung-Soon Kim¹, Dong-Chan Kim¹, Pyung-Rim Chung² and Yong-Jae Chung³

1. National Institute of Health, Korea
2. Dept. of Parasitology, College of Medicine, Yonsei University
3. Dept. of Science Education, Ewha Woman's University

The melaniid snails belonging to genus *Semisulcospira* were collected in the Kangwha and Yonchon areas of Korea in 1986 through 1987 in order to carry out a cytotaxonomic study. The snails were first narcotized with menthol and fixed with 70% ethyl alcohol for morphological identification.

The gonads of adult snails were used for chromosome analyses by the technique of Imai *et al.* (1977) with minor modification. Slide preparations were observed under high power fields using a Leitz light microscope.

The results obtained in the present study are summarized as follows:

- 1) The snails collected from Kangwha and Yonchon areas were identified as *Semisulcospira forticosta* (Martens, 1886) and *S. gottschei* (Martens, 1886) respectively.
- 2) No specific differences were observed in details of the chromosome cycle between *S. forticosta* and *S. gottschei*.
- 3) Diploid chromosome numbers observed at mitotic metaphase were 36. There was no difference in chromosome numbers between *S. forticosta* and *S. gottschei*.
- 4) There were morphological differences in the karyotypes of the two species. The spermatogonial metaphase karyotype of *S. forticosta* consists of six pairs of metacentric, eleven pairs of sub-metacentric, and one pair of acrocentric chromosomes. The spermatogonial metaphase karyotype of *S. gottschei* consists of five pairs of metacentric, twelve pairs of submetacentric, and one pair of acrocentric chromosomes.

Summarizing the above results, the two species of *Semisulcospira* employed in this study have same chromosome numbers ($2n=36$) with different karyotypes.

서 론

다슬기(melaniid snail)는 복족강(腹足綱), 중복족목(中腹足目), 다슬기과(科), 다슬기속(屬)으로 분류되는 담수 권패류의 일종으로서 한국을 비롯하여 일본, 대만, 중국 등에 널리 분포되어 있다. 이 다슬기는 강, 호수, 연못 등에서 서식하며 패각의 크기, 모양, 색깔 등에서 많은 다양성을 보여준다(Davis, 1969).

Martens(1905)는 성패의 패각만으로 이 다슬기를 분류했고 Kajiyama 및 Habe(1961)는 유생의 패각 특성을 고려하여 *Semisulcospira*속(屬)의 종들을 구별한 바 있다. Habe(1965)는 *Semisulcospira*속(屬)의 여러 종(species)들을 *S. bensoni*, *S. niponica*, *S. kurodai*, *S. decipiens*로 통합 분류하였지만 논란이 계속되었다.

Darlington(1956)이 동·식물의 여러 종이나 집단 사이에서 세포 분열주기 염색체상의 차이는 분류학적 체계를 설정하는데 커다란 가치를 지니고 있다고 보고한 이래, *Semisulcospira*속(屬)에 대한 세포학적 연구가 Burch 및 Davis(1967), Burch(1968), Patterson(1969) 등에 의해 이루어졌다. 또 White(1978)는 예외는 있지만 대부분의 종들은 핵형 분석을 통해 서로간의 차이점을 밝힐 수 있다고 했다.

*Semisulcospira*속(屬)은 사람과 기타 수종의 포유동물에 기생하는 폐흡충인 *Paragonimus westermani*와 사람의 장관에 기생하는 *Metagonimus yokogawai*의 제1 중간 숙주로 알려져 있으나(서병실, 1978) 이제까지 우리 나라에서는 *Semisulcospira*속(屬)에 대한 생물학적 연구가 전혀 이루어지지 않았고 다만 7종으로 잠정 기록되었을 뿐이어서(유중생, 1979) 한국산 다슬기류의 분류 체계가 시급하다.

이에 본 연구는 유중생(1979)에 의해 패각의 모양이 서로 다르다는 점에서 별개 종으로 기록된 강화와 연천 지역의 다슬기류에 대해 염색체 수와 핵형을 분석함으로써 *Semisulcospira*속(屬)의 종분류에 부분적이거나 기초 자료를 제공하고자 함에 그 목적이 있다.

실험재료 및 방법

1. 실험재료

1986년 9월부터 1987년 10월에 걸쳐 경기도 강화군 양

도면 길정리 곤능부락과 경기도 연천군 청산면(한탄강)에서 다슬기를 채집하였다. 채집한 다슬기의 일부는 중동정을 위해 menthol로 처리한 탈 염소 수도수에서 12~24시간 마취시킨 후 70% 알콜에 고정시키고, 일부는 세포학적 관찰을 위해 기포발생 장치를 한 탈 염소 수조내에서 시판 상치(lettuce)를 먹이로 하여 실험실 내에서 배양되었다.

2. 염색체 표본제작

다슬기의 염색체 표본은 세포분열이 활발하게 일어나는 생식선을 절취하여 만들었다. 표본제작 방법은 Imai 등(1977)의 air-dry 방법을 일부 수정하여 사용하였다. 즉 다슬기의 껍질을 깨고 생식선 부위를 절취하여 0.04% NaCl이 들어있는 용기에 넣고 충분히 세척시킨 후에 방추사를 제거하기 위하여 Colcemid®(Gibco, lyophilized)를 최종 농도가 0.1 $\mu\text{g/ml}$ 되도록 처리하여 2시간 실온에 방치하였다. 시료를 원심관으로 옮기고 150 g에서 5분간 원심하여 상층액을 버리고 침사는 0.01% NaCl로 20~30분간 저장액 처리를 하였다. 상층액을 버리고 Karnoy액(acetic acid: methyl alcohol, 1:3)을 30분간격으로 3차례 고정시켰다. 세포 부유액은 즉시 사용하지 않을 때에는 냉장 보관시키고 사용하기 30분 전에 새로운 Karnoy액으로 교환시켰다. 세포 부유액은 슬라이드 위 약 70 cm 높이에서 낙하시키고 슬라이드는 실온에서 먼지가 없는 곳에서 수직으로 건조시켰다.

3. 염색체 관찰

건조된 슬라이드는 6% Gurr's improved R66 Giemsa (pH 6.8)액에 10분간 염색하였다. 염색체는 Leitz 광학 현미경으로 사용하여 1,000배로 관찰하였고 Kodak panatomic-X film으로 사진을 촬영하고 현상, 인화하였다.

4. 자료분석

중기상에 있는 배수체 염색체 숫자를 파악하였고 핵형 분석을 위하여 염색체를 사진으로부터 오려서 염색체의 크기와 동원체의 위치에 따라 상동 염색체를 일단 배열하였다. 염색체들은 Vernial caliper를 사용하여 염색체 전체 길이와 단원의 길이를 측정하고 염색체의 크기가 감소되는 순으로 배열하였다. 측정된 자료를 바탕으로 염색체의 상대적 길이(relative length)와 동원체 계수

(centromeric index)를 산출하였다. 즉, relative length는 각 염색체의 길이를 한 세포내의 전체 염색체 길이의 백분율로 나타냈고, centromeric index는

$$\frac{\text{length of short arm}}{\text{total length of chromosome}} \times 100 \text{으로 그 값을 결}$$

정하였다(Paris conference, 1971). 염색체의 모양은 centromeric index가 46~50이면 metacentric, 45~26이면 submetacentric, 25이하이면 acrocentric 염색체로 분류하였다.

실 험 결 과

1. 다슬기의 동정

염색체 연구에 사용된 강화산과 연천산 다슬기는 유종생(1979)의 도감을 참조하여 분류한 바, 각각 주름 다슬기(*Semisulcospira forticosta*)와 꽃채 다슬기(*Semisulcospira gottschei*)로 분류되었다. 주름 다슬기는 패각에 종으로된 주름(longitudinal rib or ridge)을 갖고 있고 꽃채 다슬기의 패각은 많은 결절(tubercles)로 구성되었다(Fig. 1).

2. 염색체 cycle

염색체 cycle은 *S. forticosta*와 *S. gottschei* 두 종의

spermatogenesis에서 연구되었다. 두 종의 염색체 cycle을 관찰했으나 차이점을 볼 수 없었다. 또 Patterson과 Burch(1966)에 의해 규명된 육상패의 일종인 *Catinella vermeta*의 염색체 cycle과도 뚜렷한 차이를 관찰할 수 없었다. Fig. 2는 *Semisulcospira* 속(屬)의 용성 생식소의 분열과정(spermatogonial development)을 나타낸 것이다. 풀어진 가닥으로 나타나는 early prophase 염색체가 점차 응축되어 late prophase에서는 염색체의 수축과 centric 부위를 볼 수 있었다(Fig. 2-1). 더 많은 응축으로 중기 염색체는 매끄러운 가장자리와 동원체를 갖고 있어 염색체 수를 셀 수 있었고(Fig. 2-2) 후기 염색체는 크기가 좀 더 작았다. Pre-meiotic 분열 후에 제 1 감수 분열의 전기 핵이 형성되었다. 염색체의 전 길이에 chromomere를 갖는, 길고 연하게 염색되는 한 가닥의 염색사로 나타나는 leptotene 단계 후에 한 끝에서 상동 염색체가 pairing 되기 시작하는 zygotene 단계가 관찰되었다(Fig. 2-3). Pachytene 단계에 염색체의 pairing이 완료되어서 18쌍의 2가 염색체를 관찰할 수 있었으며(Fig. 2-4), 상동 염색체는 서로 분리되기 시작하여 diplotene 단계에서는 chiasmata에 의해 염색체가 서로 연결되어 있었다(Fig. 2-5). Chiasmata가 종결되고 염색체의 응축이 계속되어서 diakinesis(Fig. 2-6)에서는 환 또는 막대 모양의 염색체 모습을 관찰할 수 있었

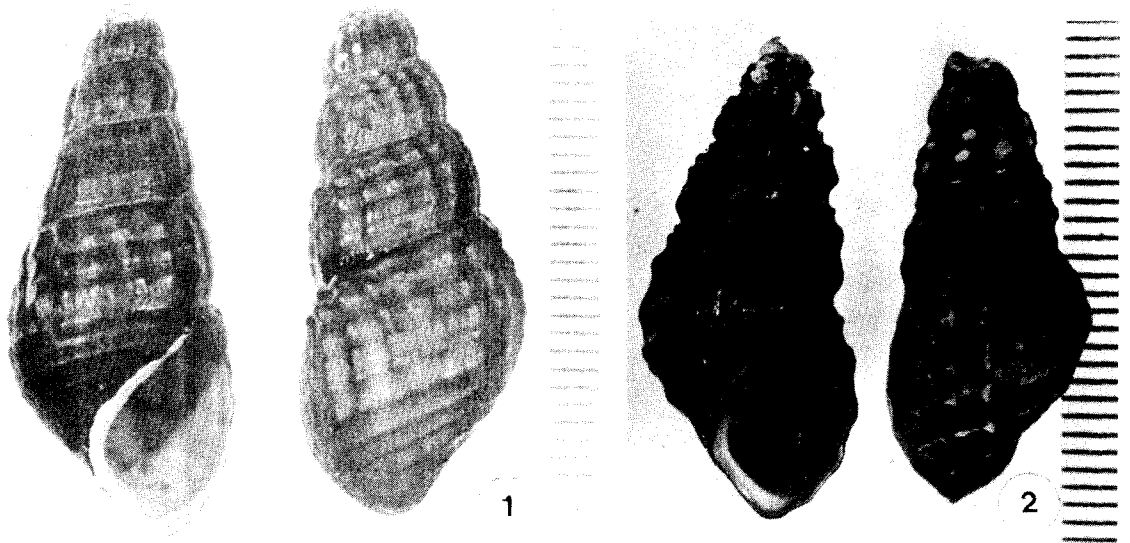


Fig. 1. Shell morphologies of *Semisulcospira forticosta* (1) and *S. gottschei* (2).

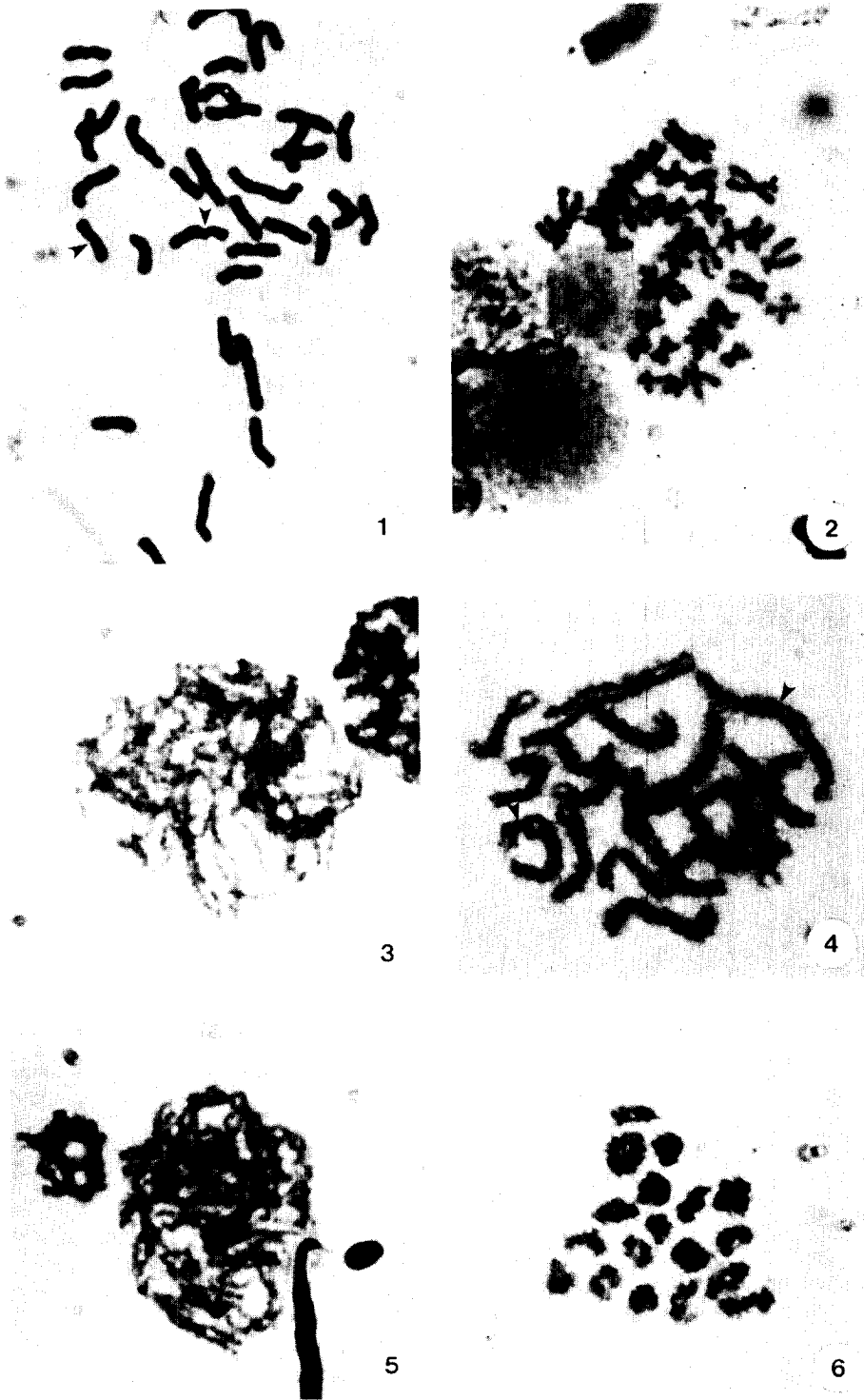


Fig. 2.

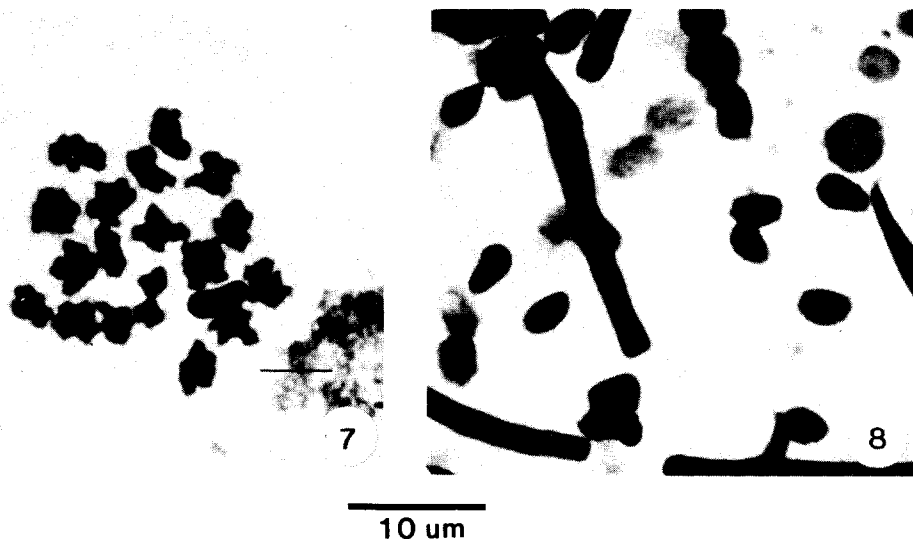


Fig. 2. Mitotic and meiotic chromosomes in spermatogenesis of *Semisulcospira* spp.

1. Spermatogonial mitotic late prophase.
One chromosome is out of the optical plane. Constriction of chromosomes and the centric areas on the chromosomes are indicative (arrow heads).
2. Spermatogonial mitotic metaphase.
3. Zygotene stage, with the beginning of synapsis of the homologous chromosomes.
4. Pachytene stage. This cell have 18 bivalents and pairing of homologous strand is completed. Chiasmata (arrow heads) are noticed.
5. Diplotene stage. The homologous chromosomes begin to repel one another, causing chromosomes to separate and chromosomes are connected at the chiasmata.
6. Diakinesis. Ring- and rod-shaped haploid chromosomes are seen.
7. Metaphase I.
8. Matured sperm heads. All photographs are in same sizes.

다. 중기 염색체 I은 크게 응축되어 있었고(Fig. 2-7) cytokinesis는 air-dry 방법으로는 관찰되지 않았다. 제이 감수분열 후에 세포들은 세포내 물질이 풀어져 있는 비성숙된 정세포에서 성숙된 정충(sperm)들이 형성되었다(Fig. 2-8).

3. 염색체 수

*Semisulcospira forticosta*와 *S. gottschei*의 염색체 수는 두 종 모두가 $n=18(2n=36)$ 으로써 양자간의 숫적 차이가 인정되지 않았다. Fig. 3은 *S. forticosta*와 *S. gottschei*의 diakinesis 단계에서 haploid 염색체 수가 18임을 보여주는 것이다.

4. 핵형 분석

강화와 연천 두 지역의 다슬기에 대한 염색체 핵형 분

석은 수컷의 체세포분열 중기 염색체(mitotic metaphase chromosomes)로 이루어 졌으며 모든 염색체는 같은 크기로 확대 인화되었다.

강화와 연천지역에서 채집된 다슬기 세포들은 모두 36개의 염색체($n=18$)를 갖고 있었다. 한편 동원체 위치와 염색체 크기에 따른 핵형 분석 결과는 강화지역에서 채집된 *S. forticosta*는 6쌍의 metacentric, 11쌍의 submetacentric, 그리고 1쌍의 acrocentric 염색체를 갖고 있었다. 그러나 연천지역에서 채집된 *S. gottschei*는 5쌍의 metacentric, 12쌍의 submetacentric, 그리고 1쌍의 acrocentric 염색체를 갖고 있어 강화와 연천지역의 다슬기 세포들이 핵형상에서 차이가 있음을 알 수 있었다(Table 1).

Fig. 4와 Fig. 6은 각각 강화지역과 연천지역의 다슬기 세포로부터 얻어진 중기상과 핵형을 나타내고 여기에

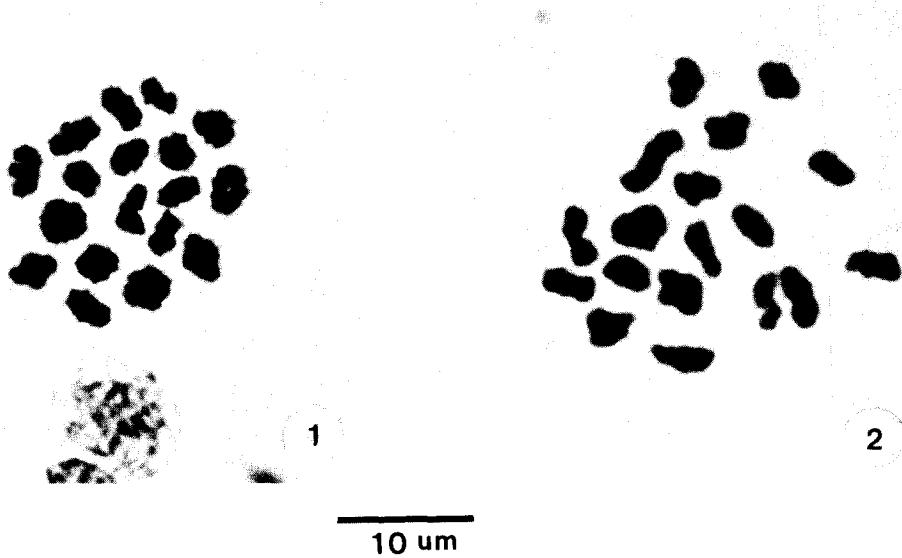


Fig. 3. Haploid chromosomes in *S. forticosta* (1) and *S. gottschei* (2).

Table 1. Characterization of the chromosome of *Semisulcospira forticosta* and *S. gottschei*

Species	No. of snails studied	Haploid number of chromosome			
		Meta.	Sub-meta	Acro.	Total
<i>S. forticosta</i>	25	6	11	1	18
<i>S. gottschei</i>	10	5	12	1	18

서 얻어진 자료로부터 (Table 2) 핵형을 도식화하여 Fig. 5와 Fig. 7로 나타낸 것이다. 세포분열의 중기상에서 염색체 크기는 강화지역에서의 가장 큰 염색체 쌍이 6.029~3.850 μm 로 나타났고 가장 작은 염색체 쌍이 2.158~2.051 μm 로 나타났다. 연천지역에서의 다슬기 염색체 크기는 5.149~3.307 μm 의 큰 염색체 쌍과 2.658~1.960 μm 의 작은 염색체 쌍으로 되어 있었다.

한편 가장 긴 염색체와 가장 작은 염색체 길이 비는 강화와 연천 두 지역의 다슬기에서 각각 2.19와 2.06을 나타냈다.

Semisulcospira 속(屬)의 염색체 상동성은 Banding 기법의 도입없이 확실하게 알 수 없으나 염색체 길이를 측정 한 후에 얻어진 상대적 길이와 동원체 계수를 통하여 상호 특이적 상동성을 인정할 수 있었다.

*S. forticosta*에서 염색체 No. 1~No. 6은 동원체 계수가 거의 50에 가까운 metacentric 염색체이고 염색체 No. 7은 전체 염색체 중에서 가장 그 길이가 길고 염색체 No. 10과 No. 14은 단원이 극히 짧아 동원체 계수가 acrocentric 염색체에 가깝게 나타났지만 단원이 서로 분리되어 있었다. 염색체 No. 18은 acrocentric 염색체로 단원이 분리되어 있지 않았다.

*S. gottschei*는 염색체 No. 1~No. 5가 metacentric 염색체로 분류되고 염색체 No. 6이 가장 긴 염색체의 submetacentric 염색체로 되어 있었다. 염색체 No. 8과 No. 11은 단원이 짧지만 분리되어 나타났다.

고 찰

복족류(Gastropoda)의 염색체에 대한 연구는 19세기 말과 20세기 초부터 시작되었으나 부적당한 광학 장비와 기법으로 초기 보고는 대부분 부정확하다. 현대화된 장비와 기법을 통해 복족류 염색체에 대한 많은 연구가 수행되었고 Mesogastropoda에서 121과(科)중 23과(科)의 여러 종에 대한 염색체 수가 밝혀졌다(Patterson 및 Burch, 1978).

Patterson(1967 b)에 의하면 Cerithiacea 중 Thia-

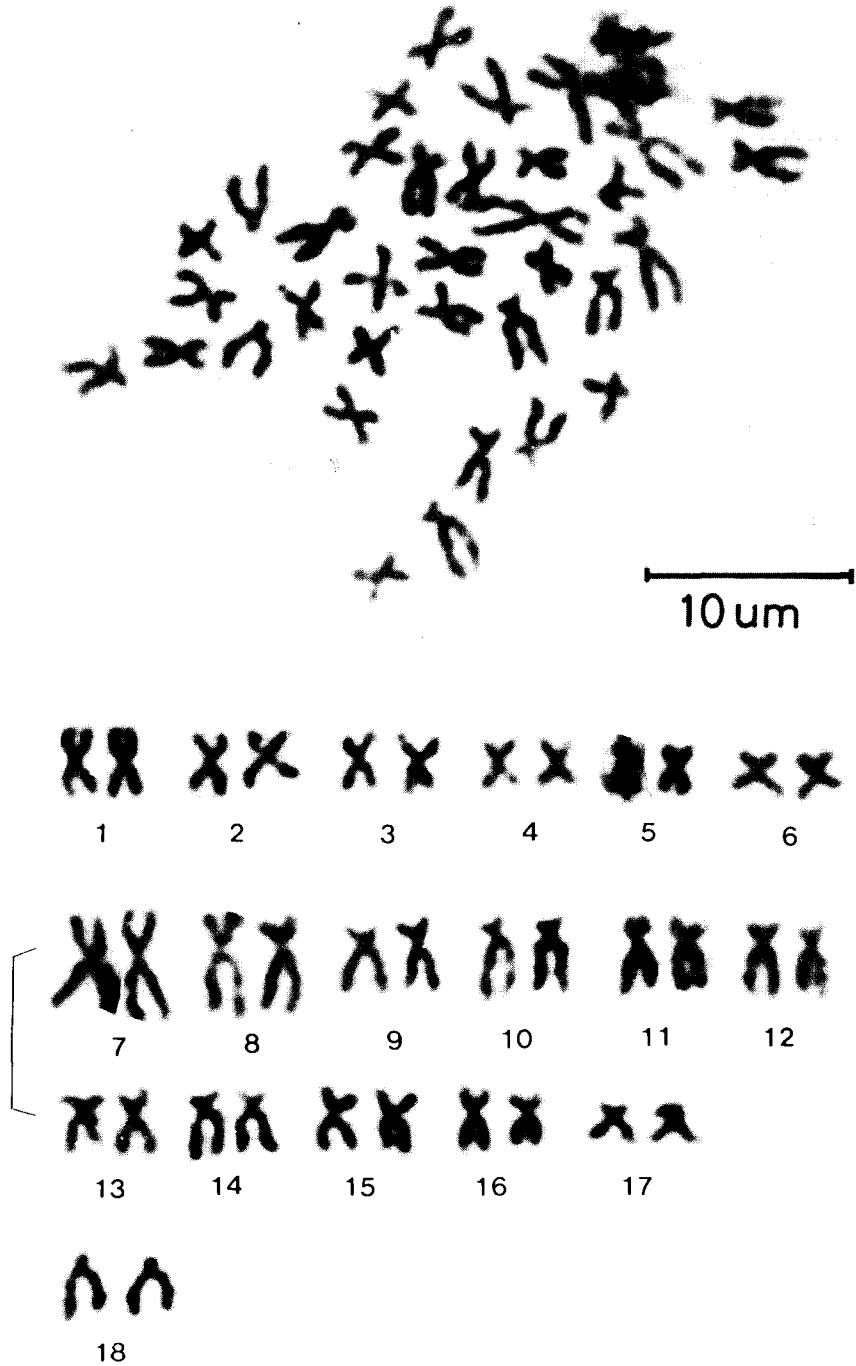


Fig. 4. Chromosome set in metaphase I (above) and karyotype (below) of *S. forticosta*. The chromosomes of this species are arranged in horizontal rows according to the positions of their centromeres ; metacentrics in the top row, submetacentrics in the middle rows and acrocentric chromosomes in the bottom row.

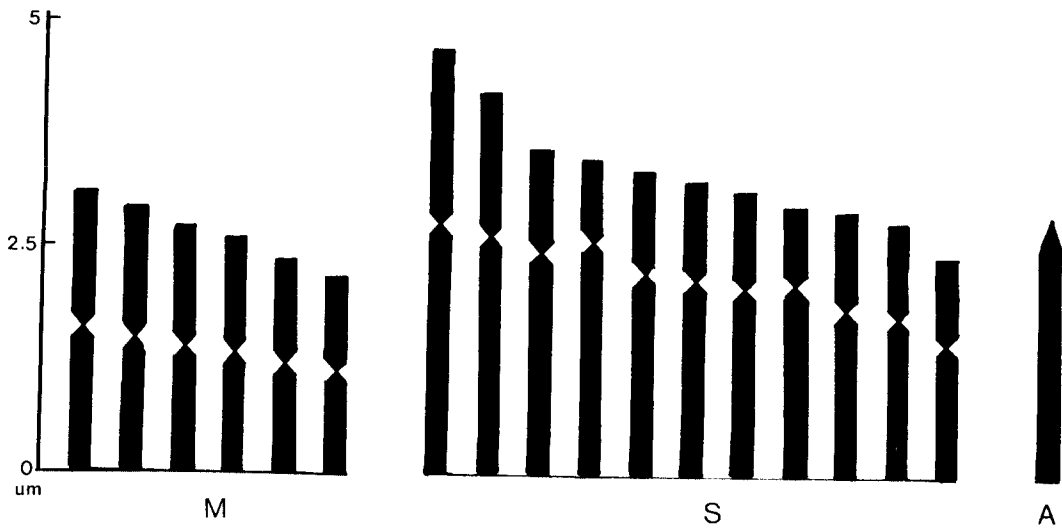


Fig. 5. Schematic representation of the karyotype of *S. forticosta*. M = metacentric, S = submetacentric, and A = acrocentric chromosomes.

Table 2. Relative lengths and centromeric indices of chromosome in *Semisulcospira forticosta* and *S. gottschei**

Species	<i>S. forticosta</i>		<i>S. gottschei</i>	
	Chromosome No.	Relative length	Centromeric index	Relative length
1	5.558 ± 0.228	48.40 ± 1.204	5.64 ± 0.388	47.69 ± 2.10
2	5.227 ± 0.292	48.57 ± 1.322	5.39 ± 0.370	47.94 ± 0.20
3	4.890 ± 0.310	48.66 ± 1.183	5.10 ± 0.324	47.90 ± 1.34
4	4.667 ± 0.330	49.06 ± 0.927	4.55 ± 0.194	47.64 ± 1.73
5	4.236 ± 0.377	48.47 ± 1.640	4.40 ± 0.187	46.77 ± 1.44
6	3.917 ± 0.316	48.24 ± 1.690	7.94 ± 0.268	42.14 ± 1.07
7	8.433 ± 0.470	40.62 ± 3.173	7.37 ± 0.213	40.20 ± 1.94
8	7.571 ± 0.550	37.14 ± 2.410	6.60 ± 0.271	25.06 ± 4.18
9	6.478 ± 0.314	31.58 ± 2.126	6.57 ± 0.249	35.25 ± 3.21
10	6.278 ± 0.141	25.37 ± 3.110	6.16 ± 0.223	41.78 ± 2.89
11	6.113 ± 0.301	34.46 ± 6.074	6.02 ± 0.408	29.21 ± 1.10
12	5.885 ± 0.108	33.10 ± 6.218	5.46 ± 0.160	36.70 ± 5.54
13	5.616 ± 0.110	33.92 ± 6.437	5.38 ± 0.106	35.15 ± 3.90
14	5.357 ± 0.257	29.20 ± 3.111	4.94 ± 0.075	35.35 ± 3.60
15	5.210 ± 0.255	34.96 ± 5.465	4.75 ± 0.093	40.19 ± 1.06
16	5.037 ± 0.342	36.87 ± 6.872	4.50 ± 0.291	40.11 ± 2.13
17	4.325 ± 0.437	38.70 ± 4.268	3.86 ± 0.424	44.96 ± 3.13
18	5.199 ± 0.435	18.89 ± 2.815	5.85 ± 0.605	21.49 ± 2.31

* Measurements were made from six sets of chromosome in *S. forticosta*, three sets in *S. gottschei*.

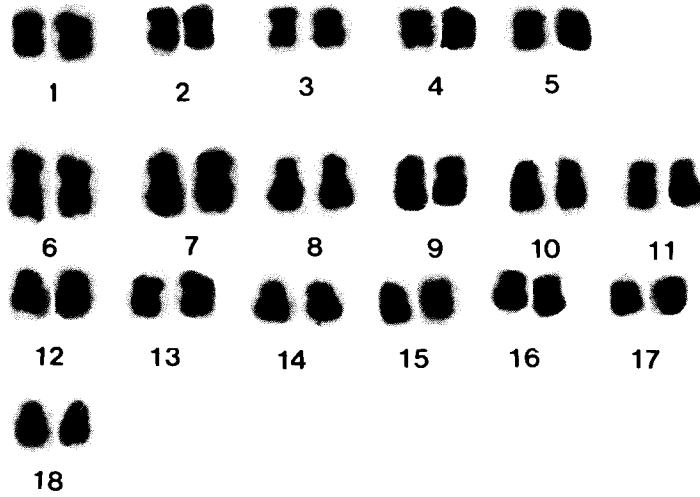


Fig. 6. Karyotype of *S. gottschei*.

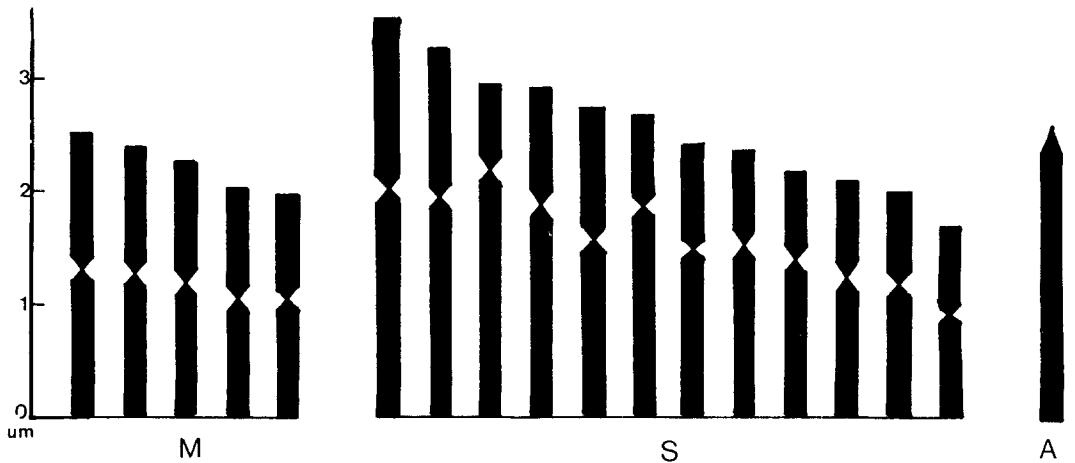


Fig. 7. Schematic representation of the karyotype of *S. gottschei*. M = metacentric, S = submetacentric, and A = acrocentric chromosomes.

ridae, Pleuroceridae, Potamidae, Certhiidae 4과(科)의 염색체 수가 알려졌고 Pleuroceridae 과(科)의 *Semisulcospira* 속(屬)내의 여러 종들은 8개에서 20개에 이르는 haploid 염색체 수를 지니고 있다고 한다. Burch (1968)는 일본에서 채집한 *Semisulcospira* 속(屬)내의 여러 종들이 다양한 염색체 수를 갖고 있다고 보고했다. 먼저 *S. libertina*는 $n=18$ 이며 모든 염색체는 metacentric 염색체로 되어있고 같은 염색체 수를 지닌 *S. kurodai*와

는 후자가 7쌍의 metacentric, 4쌍의 acrocentric, 7쌍의 submetacentric 염색체를 갖고있으므로 *S. libertina*와 구별되어졌다. 또 $n=12$ 을 지닌 *S. niponica*와 *S. reticulata*에서 *S. decipiens*와 *S. niponica*는 9쌍의 median, 2쌍의 subterminal, 2쌍의 acrocentric 염색체로 되어있고 *S. reticulata*는 모두 acrocentrics 염색체로 되어 있었다. $n=14$ 인 *S. multigranosa*는 모두 acrocentric 염색체이며 *S. nakasekoe*는 $n=13$ 으로 2

쌍의 metacentric, 4쌍의 submetacentric, 7쌍의 acrocentric 염색체로 되어 있었다. 한편 *S. reiniana*는 $n=20$ 개로 *Semisulcospira* 속(屬)내의 종 중에서 가장 많은 염색체 수를 갖는 것으로 보고되었다.

강화와 연천 두 지역에서 채집된 두 종의 염색체 연구 결과는 두 종 모두 haploid 염색체 수가 $n=18$ 로 나타나 Burch(1968)의 *Semisulcospira* 속(屬)의 $n=7\sim 20$ 개의 haploid 염색체 수 범위와 일치한다. 그러나 핵형분석 결과는 Burch(1968)의 보고와 다르다. *S. forticosta*는 6쌍의 metacentric, 11쌍의 submetacentric, 1쌍의 acrocentric으로 분류되었고 *S. gottschei*는 5쌍의 metacentric, 12쌍의 submetacentric, 1쌍의 acrocentric으로 분류되었다. 염색체 수는 같으나 핵형상의 차이점이 인정됨은 흥미로운 일이며 앞으로 더욱 추시되어야 할 과제이다.

Chamber(1982)는 Pleuroceridae과(科)에 속하는 *Goniobasis* 집단 사이의 핵형 변이를 보고한 바 있다. 즉 *G. dickinsoni*와 *G. floridensis*는 서식지에 따라 같은 종이지만 다른 핵형을 보여 주었다. *G. floridensis*는 6쌍의 metacentric, 5쌍의 submetacentric, 그리고 5쌍의 subtelocentric, 2쌍의 acrocentric 염색체로 분류하였고 Holmes creek에서 채집된 집단에서는 6쌍의 metacentric, 6쌍의 submetacentric, 5쌍의 subtelocentric, 1쌍의 acrocentric 염색체를 보였다. 이어 그는 같은 종이 지만은 다른 서식지에서 각각 다른 핵형을 보이는 것은 평행 진화(parallelevolution)의 증거로 본다고 하였다. 이로 미루어 본 연구에서의 핵형상의 차이점이 있다는 것만으로 다른 종으로 단정하기는 곤란할 것으로 사료된다.

Patterson(1967, a)에 의하면 성 염색체는 해산 복족류(marine gastropoda)에서 9종이 보고되었고 담수종에서는 *Melania crenulata*, *Paludemus fanschauria*, *Talotoma augulata* 등의 3종에서 알려진 바 있다. 또한 *Streptoneura* 몇 종에서 형태학적으로 성 염색체를 구별할 수 있고 다른 기법이 발달되면 다른 종에서도 논증되리라 하였다. 본 연구에서는 자웅이체로 된 *Semisulcospira* spp.에서 성 염색체를 인정할 수 없었으나 Banding 기법의 도입이 필요할 것으로 사료된다.

대립 인자의 유전학적 다양성이 전기 영동상에서 서로 다른 enzyme pattern을 나타내고 있음이 알려졌고 Deutch 및 Mcshan(1949)이 최초로 연체동물에 대해 전기 영동법을 사용하였다. 그 후에 Davis(1972)는 *S.*

libertina 여러 번이체에 대한 allozyme 주형양상을 보고하였고 Chung(1984)은 Bithyniidae 3종에 대해 allozyme 전기 영동을 실시하여 집단간에 유전적 차이를 관찰한 바 있다. 본 연구의 다슬기류에 대해서도 생화학적 분류법이 시도되어야 할 것이다.

주름다슬기와 꺾체다슬기의 형태적 차이는 종으로 나열된 주름(longitudinal ridge)의 차이 뿐이어서 이들을 별개의 종으로 하여야 할 것인지가 문제되어 본 실험을 실시하였던 바, 염색체의 cycle과 수에서는 차이가 없고 동원체 위치에서만 차이를 나타냈다.

결 론

경기도 강화군에서 채집한 주름다슬기(*Semisulcospira forticosta*(Martens, 1886))와 경기도 연천군에서 채집한 꺾체다슬기(*S. gottschei*(Martens, 1886)) 상호간에 세포학적 차이점이 있는지를 실험한 바 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 두 종 모두에서 염색체 수는 $2n=36$ 으로 나타났다.
- 2) 두 종간의 염색체 cycle에서 특별한 차이점이 없었다.
- 3) 두 종의 핵형을 분석한 결과 *S. forticosta*에서는 6쌍의 metacentric, 11쌍의 submetacentric, 그리고 1쌍의 acrocentric 염색체로 분류되었고, *S. gottschei*에서는 5쌍의 metacentric, 12쌍의 submetacentric, 그리고 1쌍의 acrocentric 염색체로 분류되었다.

이상의 결과로 보아 두 종간의 핵형에는 차이점이 인정되었으나 염색체 수는 동일하였다.

참 고 문 헌

- 서병설(1978) 최신 암상기생충학. p. 230-256, 일조각
유종생(1979) 한국 패류도감, p. 50-52, 일지사
Burch, J.B. (1968) Cytotaxonomy of some Japanese *Semisulcospira* (Streptoneura: Pleuroceridae). *L. Conchiot.*, **107**(1):3-51
Burch, J.B. and Davis, G.M. (1967) A taxonomic study of some species of the freshwater snail genus *Semisulcospira* in Japan (Gastropoda: Mesogastropoda: Pleuroceridae). *Amer. Malacol. Union Ann. Repts.*, **34**:36-38
Chamber, S.M. (1982) Chromosomal evidence for parallel evolution of shell sculpture pattern in *Goniobasis*.

- Evolution*, **36**(1):113-120.
- Chung, P.R. (1984) Comparative study of three species of Bithyniidae (Mollusca: Prosobranchia): *Parafossarulus manchouricus*, *Gabbia misella* and *Bithynia tentaculata*. *Malacological Review*, **17**:1-66
- Darlington, C.D. (1956) Chromosome botany. p. 189, *George Allen & Unwin, London*
- Davis, G.M. (1969) A taxonomic study of some species of *Semisulcospira* in Japan (Mesogastropoda: Pleuroceridae). *Malacologia*, **7**(2-3):211-294
- Davis, G.M. (1972) Geographic variation in *Semisulcospira libertina* (Mesogastropoda: Pleuroceridae). *Proc. Malac. Soc. Lond.*, **40**:5
- Deutsch, H.F. and Mcshan, W.H. (1949) Biophysical studies of blood plasma proteins XII. Electrophoretic studies of blood serum proteins of some low animals. *J. Biol. Chem.*, **180**:219-234
- Habe, T. (1965) Gastropoda in the new illustrated encyclopedia of the fauna of Japan. pp. 14-208, *Hokuryukan Publ. Co., Tokyo*
- Imai, H.T., Crozier, R.H. and Taylor, R.W. (1977) Karyotype evolution in Australian ants. *Chromosoma (Berl)*, **59**:341-393
- Kajiyama, H. and Habe, T. (1961) Two new forms of the Hapanese melanians; *Semisulcospira. Venus (Jap. J. Malacol.)*, **21**(2):167-176
- von Martens, Ed. (1905) Koreanische Süßwasser-Mollusken. *Zoologische Jahrbücher, Suppl.* **8**:23-70
- Paris Conference (1971) Standardization in human cytogenetics. *Cytogenetics*, **11**:317-362
- Patterson, C.M. (1967a) Chromosome numbers of some Japanese freshwater snails. *Venus*, **25**(2):69-72
- Patterson, C.M. (1967b) Chromosome numbers and systematics in streptoneuran snails. *Malacologia*, **5**(2):111-125
- Patterson, C.M. (1969) Chromosomes of mollusks. *Proc. Symp. Moll. mar. Biol. Assoc., India*, **2**: pp. 635-685
- Patterson, C.M. and Burch, J.B. (1966) The chromosome cycle in the land snail *Catinella vermeta* (Stylomatophora: Succineidae). *Malacologia*, **3**(3):309-325
- Patterson, C.M. and Burch, J.B. (1978) Chromosomes of pulmonate molluscs. In: Fretter, V. & Peake, J. (Eds), *Pulmonates, Vol., 2A, Systematics, Evolution and Ecology*. pp. 171-217 *Academic Press, Inc., New York*.
- White, M.J.D. (1978) Modes of speciation. p. 455 *Freeman, San Francisco*