

## 한국산 무릇(*Scilla scilloides* complex)의 세포유전학적 연구 II. 제주도 집단에서 게놈의 분포

方在旭·崔慧雲  
(忠南大學校 生物學科)

### Cytogenetic Studies of *Scilla scilloides* complex from Korea II. Distribution of Genomes in Chejudo Populations

Bang, Jae-Wook and Hae-Woon Choi  
(Department of Biology, Chungman National University, Taejeon)

#### ABSTRACT

Cytogenetic analyses were done in thirteen natural populations of *Scilla scilloides* complex collected from Chejudo. Six genotypes, BB ( $2n=18$ ), ABB ( $2n=26$ ), AABB ( $2n=34$ ), AB BB ( $2n=35$ ), AABBB ( $2n=43$ ) and AAABBB ( $2n=51$ ) were observed, where A and B denote genomes with  $x=8$  and  $x=9$ , respectively. Genotypes BB, ABB and AAABBB were found for the first time in Chejudo populations. Genotypes BB and ABB were never reported from the Korean populations. Six of the populations investigated were mixed populations of two or three cytogenetic types, and others were pure populations consisting of BB (1), AABB (4) and AABBB (2). AABB genotypes were predominant over other genotypes and AABBB was the next. AA genotypes growing in the mainland of Korea was not found. It was suggested that the Chejudo populations of *S. scilloides* complex were closely related to the Japanese populations than mainland populations of Korea. The number of B-chromosome ranged from one to four. The B-chromosomes were all isochromosomes (F) and no chromosome fragment (f) was found. The frequencies of B-chromosome were 75% in BB and AABBB genotypes, respectively. The frequency of B-chromosome in AABB plants was similar to that of AABB plants reported in the mainland populations.

#### 서론

무릇(*Scilla scilloides* complex)의 염색체 구성을 이루는 게놈은 A( $x=8$ )와 B( $x=9$ )의 두 가지가 있으며, 이들 두 게놈의 조합에 의해 2배체인 AA( $2n=16$ ), BB( $2n=18$ ) 게놈 식물을 비롯해 3배체인 ABB( $2n=26$ ), BBB( $2n=27$ ), 4배체인 AABB( $2n=34$ ), AB BB( $2n=35$ ), BBBB( $2n=36$ ), 5배체인 AABBB( $2n=43$ ), 6배체인 AAABBB( $2n=51$ ) 게놈 식물 등의 다양한 배수체가 형성된다(Morinaga, 1932; Sato, 1942; Araki, 1972a; Haga and Noda, 1976; Choi and Bang, 1990). 자연 집단 내에서의 무릇의 게놈 조성은 개체군에 따라 2-6가지 유형의 조합으로 나타나며, 인접한 개체군 사이의 유성 생식을 통해 게놈 조성이 더 복잡해

지는 것으로 밝혀져 있다(Araki, 1975; Araki, *et al.*, 1976; Haga and Noda, 1976).

Okabe(1938)와 Sato(1939)가 한국과 일본에서 각각 AA게놈 식물과 BB게놈 식물을 보고한 이래, 지금까지 AA게놈 개체는 한국에만 BB게놈 개체는 일본에만 분포하며, AABB게놈 개체는 양국 모두에서 발견되는 특이한 세포지리적(cytogeographical) 분포를 나타내는 것으로 보고되어 있다(Sato, 1942; Haga and Noda, 1976).

또한 무릇은 기본 게놈을 구성하는 상염색체 이외에 과잉 염색체라 부르는 B염색체가 출현하는 식물로 B염색체는 크기와 모양에 따라 2종류(Haga, 1961; Uchino and Tanaka, 1988; Choi and Bang, 1990), 또는 4종류(Noda and Lee, 1980)로 구분되기도 하여 구분이 쉽지 않은 것으로

Table 1. Collection sites and genome constitutions of *Scilla scilloides* complex from Chejudo populations

Collection sites	No. of plants investigated	Genome constitution					
		BB	ABB	ABBB	AABB	AABBB	AAABBB
1. Youngdam-dong, Cheju-si	11				✓		
2. Youn-dong, Cheju-si	12	✓					
3. Kosung-ri, Aewol-up	14			✓		✓	
4. Hyupjae-ri, Hanrim-up	17				✓		
5. Ducksu-ri, Anduck-myun	16		✓	✓			
6. Chungmun-ri, Chungmun-myun	7					✓	
7. Chunjiyeun, Seoguiipo-si	7						
8. Suho-dong, Seoguiipo-si	9		✓	✓	✓		
9. Sangumburi, Pyosun-myun	7			✓			
10. Sung-san, Sungsan-myun	13				✓	✓	✓
11. Manjanggul, Kumryung-myun	15				✓		
12. Pyungdae-ri, Gujua-myun	15				✓	✓	
13. Haingwon-ri, Gujua-up	12				✓	✓	
total	157	12	1	7	104	32	1

알려져 있다. 지금까지 보고된 B 염색체의 수는 AA계놈 집단에서 1-3개(Noda and Lee, 1980; Choi and Bang, 1990), BB계놈 집단에서 1-4개(Haga, 1961; Haga and Noda, 1976), AABB 계놈 집단에서는 1-11개(Haga and Noda, 1980) 이다.

한국에서 서식하고 있는 무릇에 관해서는 Choi(1979)의 핵형 분석과 일부 지역에서의 계놈 분포의 조사(Araki, 1972b; Araki *et al.*, 1976; Noda and Lee, 1980)가 이루어진 바 있으며, 최근에는 Choi and Bang (1990)에 의해 중서부 지역에서의 계놈 분포와 B염색체의 출현 빈도가 조사된 바 있다.

한반도의 남단에 위치한 제주도의 무릇 집단은 특징적인 계놈 분포를 나타내는 것으로 보고되어 있다. 즉, 제주도에서는 한반도 내륙에 분포하는 AA계놈 식물이 분포하고 있지 않으며, 일본의 무릇 집단에서 많이 발견되는 ABBB, AABBB 등의 계놈 유형이 많이 발견된다는 사실이다. Araki(1972b)는 두 지역에서의 조사에서 AABB와 AABBB 계놈의 분포를 보고하였고, Noda and Lee(1980)는 4개 지역의 7개 집단에서 AABB, ABBB 및 AABBB 계놈 식물을 발견하여 보고한 바 있다.

이와 같이 제주도 무릇 집단이 계놈의 지리적 분포, 진화 경로 및 계놈의 진화 등의 연구가 가치 있는 대상임에도 불구하고 아직까지 전 지역을 대상으로 한 종합적인 연구가 이루어지지 않고 있다.

본 연구에서는 한국산 무릇의 세포 유전학적인 연구의 일환으로 계놈의 구성이 다양하게 나타나는 것으로 보고된 제주도의 무릇 집단을 대상으로 하여 염색체의 조사를 통해

계놈의 조성에 따른 분포를 밝히고, 한반도 내륙의 집단과 인접한 일본 집단에서의 계놈 분포와 세포지리학적으로 비교해 보고자 한다. 아울러 제주도 무릇 집단에서의 B염색체의 출현 빈도도 밝히고자 한다.

### 재료 및 방법

제주도의 13개 지역(Table 1, Fig. 1)에서 총 157개체의 무릇을 채집하여 실험실에 옮겨 심은 후 발근을 시켜 염색체를 조사하였다.

체세포 중기 염색체의 관찰을 위해 Choi and Bang (1990)의 방법에 따라 근단을 1-bromonaphthalene 포화 수용액에서 3-4시간 처리한 다음, acetic-alcohol(1 : 3) 용

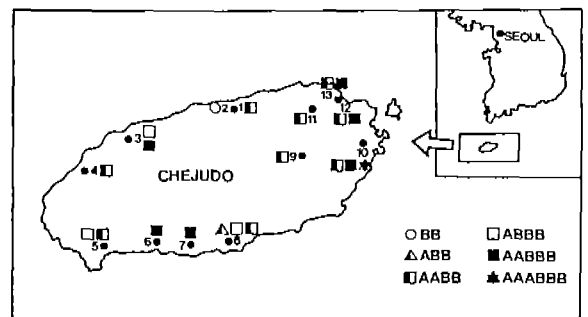


Fig. 1. Geographical distribution of cytogenetic types of genome of *Scilla scilloides* complex in Chejudo. Numbers indicate collection sites in Table 1.

Table 2. Frequencies and the classes of B-chromosomes according to the genome constitution in *Scilla scilloides* complex

	Classes of Bs					No. of plants investigated	% of plant with and without Bs	
	0B	1B	2B	3B	4B		0B	Bs
BB	3	1	7	.	1	12 (7.6%)	3 (25%)	9 (75%)
ABB	1	.	.	.	.	1 (0.6%)	1 (100%)	0
ABBB	2	5	.	.	.	7 (4.6%)	2 (29%)	5 (71%)
AABB	54	37	5	5	3	104 (66.2%)	54 (52%)	50 (48%)
AABBB	8	24	.	.	.	32 (20.4%)	8 (25%)	24 (75%)
AAABBB	.	.	1	.	.	1 (0.6%)	0	1 (100%)
total	68	67	13	5	4	157 (100%)	68 (43%)	89 (57%)

액에 고정하였다. 고정된 근단은 1N HCl(60°C)에서 5분간 해리시킨 후 Feulgen 염색액을 이용한 압착법으로 프레 파라트를 만들어 염색체를 관찰하였다.

염색체의 분석을 통해 제주도 무릇 집단에서의 게놈의 분포와 B염색체의 출현 빈도를 조사하였다.

## 결 과

제주도의 13개 지역에서 채집된 무릇 157개체를 대상으로 한 게놈의 분포 조사에서 게놈 조성의 유형은 Table 1에서와 같이 2배체인 BB, 3배체인 ABB, 4배체인 ABBB와 AABB, 5배체인 AABBB 및 6배체인 AAABBB의 6가지로 나타났다. Fig. 2는 6가지 게놈 유형의 염색체 조성을 보여준다. 조사지역 중 3종류의 게놈 유형이 함께 출현하는 곳이 2개 지역, 2종류의 유형이 나타나는 곳이 4개 지역이었으며, 나머지 집단은 1종류의 게놈 식물이 분포하고 있었다(Table 1, Fig. 1).

게놈에 따른 분포에서는 AABB게놈 개체가 66.2%(104개체)로 가장 우세하게 나타났으며, AABBB게놈 개체가 20.4%(32개체)로 그 다음이었다. 이에 비해 ABB와 AAA-BBB게놈 식물은 각각 1개체씩만 발견되어 매우 낮은 빈도(0.6%)를 보였다(Table 2).

게놈의 조성별 분포에서 BB게놈 개체는 조사 지역 중 제주시 연동의 한 지역에서만 발견되었는데, 이 BB게놈 개체는 제주도 무릇 집단에서 처음으로 발견하여 보고되는 것이다. Fig. 2-A는 크기가 작은 중부 염색체 4쌍과 크기가 큰 차단부-단부 염색체 5쌍으로 이루어진 BB게놈의 염색체 조성(2n=18)을 보여준다. 3배체인 ABB게놈 식물은 서귀포시 서호동 집단에서 1개체가 발견되었는데, 4배체인 ABBB와 AABB게놈 식물들과 혼생하는 것이 특징이다. ABB게놈도 본 조사에서 처음으로 발견되어 보고되는 것이다. Fig. 2-B는 2n=26인 ABB게놈의 염색체 조성을 보

여준다. 4배체인 AABB게놈 식물(2n=34)은 조사된 13개 지역 중 9개 지역에서 출현하면서 가장 우세한 빈도를 보였다. 이에 비해 B게놈이 3개로 이루어진 ABBB게놈 식물(2n=35)은 3개 지역에서 출현하기는 하였으나, 그 빈도는 4.6%로 낮게 나타났다. Fig. 2-C, D는 각각 ABBB와 AABB게놈의 염색체 조성을 보여준다. 5배체인 AABBB게놈 식물은 6개 지역에서 출현하여 높은 빈도를 보였으며, 그 중 4개 집단은 다른 조성의 게놈 개체들과 혼생하고 있으나, 나머지 두 집단(중문리와 천지연)에서는 단일 게놈 식물들이 분포하는 것이 특징이었다. Fig. 2-E는 AABBB게놈의 염색체 조성(2n=43)을 보여준다. 6배체인 AAA-BBB게놈 식물은 1개 지역(성산)에서 1개체만 발견되었으며, AABB와 AABBB게놈 식물들과 혼생하고 있었다. AAABBB 게놈도 이번 조사를 통해 제주도의 무릇 집단에서 처음 보고되는 것이다. Fig. 2-F는 2개의 B염색체를 지닌 AAABBB게놈의 염색체 조성(2n=51+2B)을 보여준다. 한반도의 내륙에 분포하고 있는 AA게놈 개체는 발견되지 않았다.

B염색체는 조사된 13개 집단 모두에서 출현하였으며, 그 수는 1-4개로 나타났다. B염색체를 지닌 개체는 57%(89개체)였으며, B 개체 중 1B가 65개체로 B개체의 79%를 차지하였다. B염색체의 빈도는 Table 2에서 보는 바와 같이 AABBB 게놈 집단과 BB 게놈 집단에서 각각 75%로 가장 높게 나타났으며, ABB 게놈 집단이 그 다음으로 71%였다. 가장 우세하게 분포하는 AABB게놈 식물에서의 B염색체의 출현 빈도는 48%였다. 1개체만 관찰된 ABB게놈과 AAA-BBB게놈은 각각 0B와 2B로 나타났다. B염색체는 모두 등완염색체(isochromosome)인 F만 관찰되는 것이 특징이었다. Fig. 3-A는 두 개의 B염색체를 가진 BB게놈의 염색체 조성(2n=18+2F)을 보여주며, Fig. 3-B는 AABBB게놈에서 하나의 B염색체를 지닌(2n=43+1F)의 염색체 조성을 보여준다.

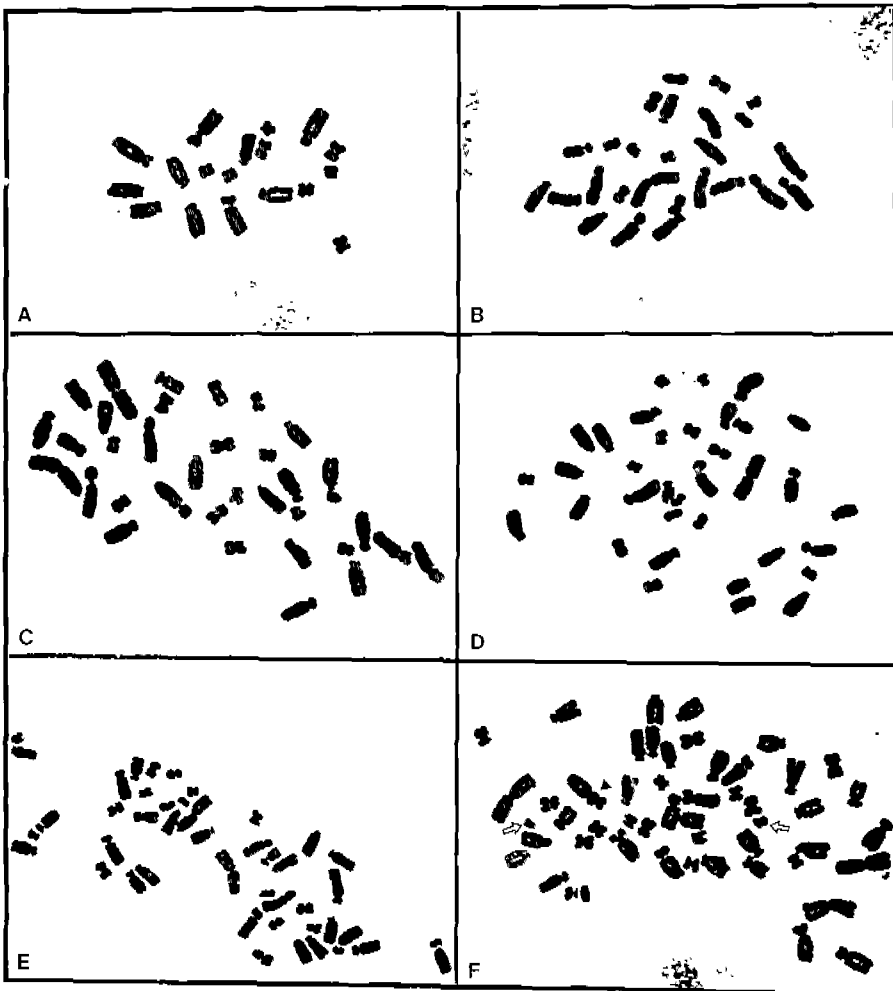


Fig. 2. Photomicrographs of somatic metaphase chromosome complements of six cytogenetic types. A, BB ( $2n=18$ ); B, ABB ( $2n=26$ ); C, AABB ( $2n=34$ ); D, AB BB ( $2n=35$ ); E, ABBBB ( $2n=43$ ); F, AAABBB ( $2n=51+2F$ ). Arrows and triangle indicate B-chromosomes and dicentric chromosome, respectively.



Fig. 3. Photomicrographs of somatic metaphase chromosome complements with B-chromosomes. A,  $2n=18+2F$ ; B,  $2n=43+1F$ . Arrows indicate B-chromosomes.

## 고 찰

제주도에 서식하고 있는 무릇의 게놈 조성은 ABBB, AABB 및 AABBB의 세 가지가 보고된 바 있는데(Araki, 1972b; Noda and Lee, 1980), 본 조사에서는 이미 보고된 세 가지 게놈 조성 외에 BB, ABB 및 AAABBB 게놈 식물이 더 발견되어 제주도에서는 모두 6가지의 게놈 유형이 분포하고 있는 것으로 밝혀졌다(Fig. 1, Table 1). 제주도에서 조사된 13개 지역 집단 중 6개 집단에서 서로 다른 게놈 식물이 혼생하고 있는 것으로 밝혀졌으며, 그 중 3가지 유형의 게놈이 함께 분포하는 집단이 2개 지소, 2가지 유형이 함께 분포하는 집단이 4개 지소로 나타났다(Table 1). 이에 비해 한반도 내륙에서의 조사에서는 대부분의 집단이 한 가지의 게놈 유형으로 이루어져 있는 것으로 밝혀졌으며, 게놈의 조성도 주로 AA와 AABB로 단순하게 나타나(Noda and Lee, 1980; Choi and Bang, 1990) 차이를 보였다. 한편, 인접한 일본의 경우에는 2-4가지의 게놈 유형이 혼잡하여 서식하고 있는 집단이 많이 보고되고 있어, 제주도의 무릇 집단과 비슷한 양상을 보인다(Araki, 1972b; Araki *et al.*, 1976; Haga and Noda, 1976). 이와 같이 동일 집단내에서 나타나는 무릇 게놈 조성의 다양성에 대해 Araki(1975)는 무릇이 구근이나 종자 이외에 화분의 이동에 의해 인접된 집단 사이의 게놈 조성에 영향을 미쳐 나타나는 현상이라 하였다. 제주도에서는 한반도의 내륙에 분포하는 AA 게놈 식물이 분포하지 않는 것이 특징으로 나타났다. 또한 지금까지의 조사에서 BB 게놈 개체는 일본에만 분포하나 한국에는 분포하지 않는 것으로 보고되어 왔는데(Sato, 1942; Haga and Noda, 1976), 본 연구에서 처음으로 BB 게놈 개체가 발견된 것은 주목할 만한 사실이다. B 게놈의 수도, ABB, ABBB 및 AABBB 게놈에서와 같이 A 게놈에 비해 상대적으로 많이 나타났는데, 제주도와 인접한 일본의 무릇 집단에서의 게놈 조성의 조사에서는 BB, BBB, ABB 및 ABBB 등의 게놈이 많이 나타나 제주도 집단에서보다도 B 게놈의 수가 더 많이 나타나는 것으로 보고되어 있다(Araki, 1972b). 이러한 결과에 비추어 볼 때, 제주도의 무릇 집단은 세포지리학적으로 한반도보다는 인접한 일본의 집단과 유연관계가 더 높은 것으로 여겨진다. 무릇의 게놈 분포에 따른 한국 집단과 일본 집단 사이의 세포지리학적인 관계의 구명은 ABBB와 AABBB 게놈 개체가 발견되어 보고된 부산 지역(Araki, 1972b)를 비롯한 남해안 지역에 서식하고 있는 무릇 집단의 게놈 분포에 관한 앞으로의 연구에서 더욱 확실하게 밝혀질 수 있을 것이다.

제주도의 무릇 집단에서 B 게놈의 수가 A 게놈의 수보다 더 많이 나타나는 것은 B 게놈이 A 게놈보다 집단내에서 더 높은 안정성을 나타내기 때문인 것으로 여겨지는데, 이는

현재 진행 중인 조직 배양을 통한 염색체의 안정성에 관한 연구에서 밝혀질 수 있을 것으로 기대된다.

BB 게놈의 염색체 조성은 Fig. 2-A에서 보는 바와 같이 크기가 작은 4쌍의 중부 염색체와 상대적으로 크기가 큰 5쌍의 차단부-단부 염색체로 이루어져 있는데, 이는 일본에 분포하는 BB 게놈(Haga and Noda, 1976)과 한국의 내륙에 분포하고 있는 AABB 게놈 중 BB 게놈(Choi and Bang, 1990)과 동일한 것으로 나타났다.

B 게놈의 수가 A 게놈의 수보다 상대적으로 많이 존재하는 ABB와 ABBB 게놈 개체가 AABB 또는 AABBB 등과 함께 혼생하고 있는데 비해, BB 게놈 집단이 독립적으로 분포하여 유지되고 있는 것은 흥미 있는 사실이다.

AABB 게놈 식물의 빈도는 내륙에서 77%(Noda and Lee, 1980)와 84%(Choi and Bang, 1990)로 보고되었는데, 제주도 집단에서는 66.2%로 낮게 나타났으며, 이에 비해 AABBB 게놈이 20.4%로 높게 나타나는 특징을 보였다. ABBB보다 AABBB 게놈 식물이 단독으로 분포하는 빈도가 더 높게 나타나는 것으로 보아 A 게놈은 상동 염색체쌍으로 존재할 때 더 안정성을 지니는 것으로 여겨진다.

6배체인 AAABBB 게놈 식물은 내륙의 수원 지방에서 처음으로 보고되었는데(Noda and Lee, 1980), 본 연구에서도 AABB와 AABBB 게놈이 혼생하는 집단에서 1개체가 발견되었다(Table 1). 또한 AAABBB 개체는 dicentric 염색체를 가지는 개체로 관찰되었다(Fig. 3B).

제주도에서 서식하고 있는 무릇 집단에서 B 염색체의 수는 Table 2에서 보는 바와 같이 1-4개로 나타나 한반도 내륙에서 보고된 1-11개(Noda and Lee, 1980)와 1-7개(Choi and Bang, 1990)보다 그 수가 적게 나타났으나, B 염색체를 지닌 개체는 89개체로 조사된 개체의 57%를 차지해 내륙에서의 빈도(44%)보다 높게 나타나는 것이 특징이었다. B 개체 중 1B 개체가 75%로 나타나 높은 빈도를 보였으며, 특히 ABBB와 AABBB 게놈 식물에서 발견된 B 개체는 모두 1B로 나타나는 특징을 보였다. AABBB 게놈 집단에서의 B 염색체의 빈도는 48%로 한반도 내륙에서 보고된 44%(Noda and Lee, 1980; Choi and Bang, 1990)와 비슷한 양상을 나타냈으나, BB, ABB 및 AABB 게놈 집단에서는 70% 이상의 높은 빈도를 볼 수 있었다. B 염색체의 크기와 모양에 따라 등원염색체 F와 염색체의 절편인 f로 구분되는데(Choi and Bang, 1990), 제주도 집단에서는 F만 관찰되어 내륙 지방과 차이를 보였다.

## 적 요

제주도에서 서식하고 있는 무릇의 게놈 분포와 B 염색체의 출현 빈도를 조사하였다. 게놈의 유형은 BB, ABB, ABBB, AABB, AABBB 및 AAABBB의 6가지로 나타났

며, 그 중 BB, ABB 및 AAABBB계놈 식물은 제주도 집단에서 처음으로 발견하여 보고되는 것이다. 계놈의 분포는 AABB가 66.2%로 가장 높게 나타났으며, ABBB계놈이 20.4%로 그 다음이었다. ABB와 AAABBB계놈 식물은 한 개체씩만 발견되었다. 계놈의 조성은 조사된 13개 집단 중 세 가지 유형이 혼생하는 집단이 2개, 두 가지 유형이 나타나는 집단이 4개였으며, 나머지 집단은 BB, AABB 또는 AABBB 중 한 가지 유형의 계놈 식물이 분포하고 있었다. 계놈의 조성으로 보아 제주도의 무릇 집단은 한반도 내륙보다는 일본 집단과의 유연 관계가 더 가까운 것으로 생각된다. B염색체의 수는 1-4개로 나타났으며, 모두 등환염색체(F)였다. B염색체의 출현 빈도는 BB와 AABBB계놈 식물에서 각각 75%로 가장 높게 나타났으며, AABBB계놈 식물에서는 48%로 나타나 한반도 내륙(44%)과 비슷한 양상을 보였다. A계놈에 비해 B계놈의 수를 많이 지닌 식물에서 B염색체의 빈도가 높게 나타나는 것이 특징으로 나타났다.

### 참 고 문 헌

- Araki, H. 1972a. Cytogenetics of *Scilla scilloides* complex. IV. Euploid and aneuploid offspring from allo-triploids in a natural population. *Jap. J. Genet.* **47**: 73-83.
- Araki, H. 1972b. Cytogenetic study of *Scilla scilloides* complex from Korea. *Jap. J. Genet.* **47**: 147-150.
- Araki, H. 1975. Cytogenetic study of *Scilla scilloides* complex. V. The relationship between two adjacent natural populations. *Nucleus* **18**: 1-6.
- Araki, H., S. Hidaka and S. Takahashi. 1976. Cytogenetics of the *Scilla scilloides* complex. VI. The structures of natural populations. *Bot. Mag. Tokyo* **89**: 83-91.
- Choi, S.Y. 1979. Studies on the karyotype analysis of *Scilla scilloides* complex. M. Sc. Thesis, Seoul National University. pp. 1-16.
- Choi, H.W. and J.W. Bang. 1990. Cytogenetic studies of *Scilla scilloides* complex from Korea. I. Distribution of genomes and composition and frequencies of B-chromosome. *Korean J. Bot.* **33**: 237-242.
- Haga, T. 1961. Intra-individual variation in number and linear patterning of chromosomes. I. B-chromosomes in *Rumex*, *Paris* and *Scilla*. *Proc. Jap. Acad.* **37**: 627-632.
- Haga, T. and S. Noda. 1976. Cytogenetics of the *Scilla scilloides* complex. I. Karyotype, genome and population. *Genetica* **46**: 161-176.
- Morinaga, T. 1932. A preliminary note on the karyological types of *Scilla japonica* Bak. *Jap. J. Genet.* **7**: 202-205.
- Noda, S. and H.S. Lee. 1980. Relationship between chromosome constitution of 3 species of *Liliaceae* and human activities. Report of Scientific Research Funded by Ministry of Education of Japan. pp. 33-55.
- Okabe, S. 1938. Über den karyotypus einer n=9-chromosomigen Rasse von *Scilla thunbergii* Miyabe et Kudo. *Bot. Zool.* **6**: 481-483.
- Sato, D. 1939. Karyotype alteration and phylogeny. *Bot. Mag. Tokyo* **53**: 557-564.
- Sato, D. 1942. Karyotype alteration and phylogeny in *Liliaceae* and allied families. *Jap. J. Bot.* **12**: 57-161.
- Uchino, A. and T. Tanaka. 1988. Occurrence of aneuploid progenies from an asynaptic amphiploid of *Scilla scilloides* (Lindley) Druce. I. Chromosome constitutions and reproductive properties of both parental and progeny plants. *Jap. J. Genet.* **63**: 283-293.

(1991. 4. 22 接受)