

## 한국 무릇(*Scilla scilloides* Complex)의 세포유전학적 연구

### III. BB 게놈의 핵형과 B염색체 조성

方在旭·崔惠靈

(忠南大學校 自然科學大學 生物學科)

## Cytogenetic Studies of *Scilla scilloides* Complex from Korea

### III. Karyotype of Cytotype BB and B-Chromosome Composition

Bang, Jae-Wook and Hae-Woon Choi

(Department of Biology, Chungnam National University, Taejeon)

#### ABSTRACT

A karyotype of cytotype BB plant in *Scilla scilloides* Complex was established and the frequency of B-chromosomes were investigated. Chromosome complements of BB genome were composed of five pairs of subtelocentric and four pairs of metacentric chromosomes. Chromosome 1 has satellite with nucleolar organizer. Polymorphism was found in chromosome 2. The karyotype of cytotype BB will be available for analysis of genome composition in various cytotypes of *S. scilloides* Complex. The frequency of B-chromosome was 78.6%. Numbers of B-chromosome ranged from 1 to 4 and plants with 2B-chromosomes were predominant (57.2%). Two types of B-chromosomes, F and F', were found; F is a large iso-chromosome and F' a small one.

#### 서론

무릇(*Scilla scilloides* Complex)은 백합과의 다년생 구근 식물로 한국, 일본, 중국을 포함한 동북아에 서식하고 있는 식물이다. 무릇의 염색체는 A(x=8)와 B(x=9)의 두 가지 기본 게놈으로 구성되어 있으며, 이들 A, B 게놈의 조합으로 2배체인 AA(2n=16), BB(2n=18), 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)의 게놈을 가진 배수체 식물이 나타나는 것으로 보고되어 있어(Morinaga, 1932; Sato, 1942; Araki, 1972a; Haga and Noda, 1976; Noda and Lee, 1980; Araki, 1985; Choi and Bang, 1990; Bang and Choi, 1991) 세포유전학적 연구의 흥미있는 대상 식물이다.

무릇의 게놈 분포에 대해서는 Morinaga(Sato, 1939)가 한국에서 AA 게놈 개체를, Okabe(1938)가 일본에서 BB

게놈 개체를 각각 처음으로 보고한 이후로 지금까지 AA 게놈은 한국에서만, BB 게놈은 일본에서만 분포하며, AABB, AB BB, AABBB 게놈은 양국 모두에서 발견되는 독특한 세포지리적 분포 양상을 나타내는 것으로도 보고되었다(Araki, 1985).

또한 무릇은 기본 게놈을 구성하는 상염색체 이외에 B 염색체라 부르는 과잉염색체를 지니고 있어, 그의 모양과 크기 및 출현 빈도에 관한 연구도 이루어졌다(Haga, 1961; Noda and Lee, 1980; Uchino and Tanaka, 1988; Choi and Bang, 1990).

한국의 무릇에 대해서는 AA와 AABB 게놈에 대한 핵형 분석(Choi, 1979; Choi and Bang, 1990)이 이루어진 바 있으며, 게놈 분포와 B염색체 출현 빈도(Araki, 1972b; Araki *et al.*, 1976, 1979; Noda and Lee, 1980; Araki, 1985; Choi and Bang, 1990; Bang and Choi, 1991)도 일부 보고되어 있다. 특히 한반도 남단에 위치한 제주도에 분포하고 있는 집단들의 게놈 분포 연구에서는 AABB, AB BB, AABBB 게놈이 주로 발견되어, 게놈 분포가 일본과 유사한 것으로 알려져 있다(Araki, 1972b; Araki *et al.*, 1976; Noda

이 논문은 1991년 교육부 지원 학술진흥재단 자유공모과제 학술연구 조성비에 의하여 연구되었음.

and Lee, 1980; Araki, 1985). 최근 Bang과 Choi(1991)에 의한 제주도의 무릇 계놈 분포 조사에서 지금까지 보고된 AABB, AB BB, AABBB 계놈 이외에 ABB, AAABBB 계놈이 발견되었으며, 한 집단에서 한국에서는 처음으로 BB 계놈 개체가 보고된 바 있다. 따라서 한국에 분포하는 무릇의 계놈 분석을 위해서는 이미 보고된 AA와 AABB 계놈의 핵형(Choi and Bang, 1990)에 추가하여 B 계놈의 진정한 이배체인 BB 계놈의 핵형 확립이 필요하다고 생각된다.

본 연구에서는 한국에서 처음 발견되어 보고된 BB 계놈의 염색체 분석을 통해 핵형을 완성하여 일본에 분포하고 있는 BB 계놈과의 동질성 여부를 비교하고자 하며, 아울러 BB 계놈 식물에서 관찰되는 B염색체의 조성과 출현 빈도도 밝히고자 한다.

### 재료 및 방법

제주도 제주시 연동에서 채집된 BB 계놈 식물 14개체를 실험실에 옮겨 심은 후 발근시켜 염색체를 관찰하였다. 염색체의 관찰을 위해서는 Choi와 Bang(1990)의 방법에 따라 근단을 1-bromonaphthalene 포화수용액에서 3~4시간 처리한 후, acetic-alcohol(1:3) 용액에 24시간 고정하였다. 고정된 근단은 1 N HCl(60°C) 용액에서 5분간 해리시켜 Feulgen 염색액을 이용하여 압착법으로 프레파라트를 만들었다.

핵형 분석은 Levan 등(1964)의 방법에 따랐으며, 염색체는 길이가 긴 것으로부터 작은 순서로 배열하였다. B염색체는 크기와 모양에 따라 크기가 큰 등완염색체 F와, 크기가 작은 등완염색체인 F'로 구분하여 분석하였다(Choi and Bang, 1990).

### 결과 및 고찰

**핵형 분석.** 채집된 BB 계놈 무릇의 염색체 관찰을 통하여 염색체의 크기, 형태 및 arm-ratio를 이용하여 분석한 핵형은 Fig. 1과 같다. 한국 무릇의 BB 계놈의 핵형은 본 연구에서 처음으로 보고되는 것이다. BB 계놈은 9쌍의 상동염색체( $2n=18$ )로 이루어져 있으며, 염색체의 크기는  $3.6\sim 11.4\ \mu\text{m}$ 였고(Table 1), 염색체의 전체 길이, arm-ratio 및 2차 협착 유무로 상동염색체 쌍을 쉽게 구분할 수 있었다. 상동염색체 쌍은 5쌍의 염색체(1, 2, 3, 4, 5번)가 arm-ratio가  $3.4\sim 6.3$ 으로 차단부 염색체로, 나머지 4쌍의 염색체(6, 7, 8, 9번)는 arm-ratio가  $1.0\sim 1.4$ 로 중부염색체로 구분되었는데(Table 1), 이는 일본에 분포하는 BB 계놈에서 보고된 것과 유사한 결과였다(Haga and Noda, 1956).

BB 계놈에서는 1번 염색체가 2차 협착을 가지고 있는 것이 특징으로 나타났다. Haga와 Noda(1956)는 일본에



Fig. 1. Somatic metaphase chromosome complement and karyotype of cytotype BB in *S. scilloides* complex. Arrows indicate satellite chromosomes. Bar,  $10\ \mu\text{m}$ .

Table 1. Measurement of somatic metaphase chromosomes of cytotype BB in *Scilla scilloides* complex

Chromosomes	Chromosome size ( $\mu\text{m}$ )			Arm ratio (L/S)	Types
	Long arm	Short arm	Total		
1*	8.8	2.6	11.4	3.4	ST
2	8.9	2.0	10.9	4.5	ST
3	8.0	1.4	9.4	5.7	ST
4	7.8	1.2	9.0	6.3	ST
5	7.0	1.4	8.4	5.0	ST
6	3.0	2.6	5.6	1.2	M
7	2.2	2.0	4.4	1.1	M
8	2.0	2.0	4.0	1.0	M
9	2.2	1.4	3.6	1.4	M

Asterisk indicates satellite chromosome. M, metacentric; ST, subtelocentric.

분포하고 있는 BB 계놈의 염색체 분석에서 1번 염색체가 2차 협착을 지니고 있으며, 6번 염색체가 미세한 2차 협착을 가진 기본형인 BB형과 기본형에 추가하여 5번과 6번 염색체가 상호전좌가 일어난 BB<sup>T</sup>(hetero)형으로 구별하여 보고한 바 있는데, 한국 무릇에서는 6번 염색체에서의 미세한 2차 협착이 관찰되지 않았을 뿐만 아니라, BB<sup>T</sup>형은 발견되지 않는 차이를 보였다. BB 계놈의 염색체 조성은 차단부와 중부의 2가지 유형으로만 나타나 중부, 차중부, 차단부 및 단부 염색체로 다양하게 구분되는 AA( $2n=16$ )

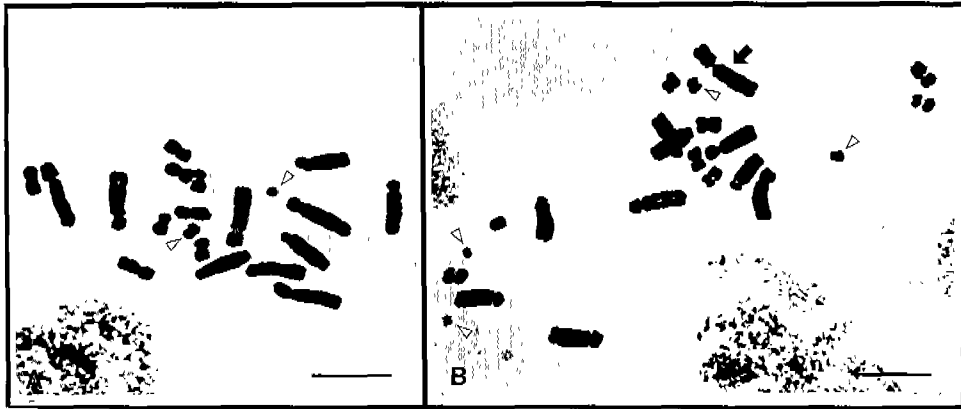


Fig. 2. Somatic metaphase chromosome complement of *S. scilloides* complex with B-chromosomes. A,  $2n=18+2B$  ( $1F+1F'$ ); B,  $2n=18+4B$  ( $2F+2F'$ ). Triangles indicate the B-chromosomes. Arrow indicates chromosomes 2 showing polymorphism. Bars, 10  $\mu$ m.

Table 2. Frequency of B-chromosomes in cytotype BB plants of *Scilla scilloides* complex

	Class of Bs					No. of plants investigated	% of plant with or without Bs	
	0B	1B	2B	3B	4B		0B	Bs
BB	3	2	8	—	1	14	21.4	78.6

계놈보다 매우 단순하게 나타나 대조를 보였다(Choi and Bang, 1990).

한편, Choi(1979)가 분석한 AABB 계놈 중 BB 계놈의 분석 결과와 본 연구 결과를 비교해 볼 때, 본 연구에서 차단부 염색체로 나타난 3번 염색체를 차중부 염색체로 보고하여 본 연구의 차단부 염색체와 차이를 보이는 반면, Haga와 Noda(1976)가 보고한 핵형의 분석 결과와 일치하였다. 이는 제주도 집단이 계놈 조합이 일본의 집단과 높은 유사성을 보인다는 Bang과 Choi(1991)의 결과와 일치하는 것이며, 이러한 현상은 A와 B 계놈이 조합을 이루면서 나타나는 변이 때문인 것으로 추정해 볼 수도 있다.

조사된 14개체 중 1개체에서 차단부 염색체인 2번 염색체의 장완과 단완이 다른 상동염색체보다 더 큰 특이한 다형현상이 관찰되었다(Fig. 2B). 이러한 결과는 Noda (1974)에 의해 일본의 AABB 계놈 개체에서도 보고된 바 있는데, 그는 차단부 염색체인 B 계놈의 2번 염색체가 동원체의 이동에 의해 차중부 염색체로 전환되어 나타나는 현상이라고 제안한 바 있다. 한국에서도 AABB 계놈 개체에서 이런 다형현상이 발견된 바 있으나(미발표 자료), BB 계놈 개체에서는 한국이나 일본에서 아직 보고된 바 없으며, 본 조사에서 처음 보고되는 것이다. 본 연구에서

확립된 BB 계놈의 핵형은 한국 무릇의 계놈 분석과 현재 진행 중인 조직배양 과정에서의 계놈의 안정성 분석에 유용하게 이용될 수 있을 것이다.

**B염색체의 특징.** Bang 등(1993)은 한국 전역에서 채집된 1,850개체를 대상으로 B염색체 출현 빈도를 조사한 결과 0B개체가 47.4%, 1B개체가 20.0%, 2B개체가 13.3%, 4B개체가 3.7% 등으로 B염색체의 출현 빈도가 52.6%임을 보고한 바 있는데, BB 계놈 집단에서 B염색체의 출현 빈도는 78.6%(Table 2)로 한국 전체 집단에서 보다 높게 나타나는 특징을 보였다. 특히 같은 2배체인 AA 계놈 집단에서의 B염색체의 출현 빈도인 36.6%(179개체 중 117개체) 보다 훨씬 높게 나타난 것은 흥미있는 사실이었다(Bang et al., 1993). B염색체의 수는 1~4개였으며, 특히 2B개체가 관찰된 14개체 중 8개체(57.2%)로 가장 높게 나타나 1B가 20.0%로 가장 높게 출현하는 한국 무릇의 전체 집단에서와 차이를 보였다. BB 계놈 집단에서 B염색체의 출현 빈도는 높지만 수는 낮게 나타나는 현상은 상염색체의 안정성에 대한 B염색체의 유전적 영향의 관점에서 더 연구되어야 할 것이다(Bang and Choi, 1990).

B염색체의 형태에서 다형현상을 관찰할 수 있었는데, 등완 B염색체로 크기가 큰 F와 크기가 작은 F'(Choi and Bang, 1990)만 분포하는 것이 특징이었다. Fig. 2A는 F와 F'를 하나씩 지닌 2B 세포의 분열상이며, Fig. 2B는 F와 F'를 각각 두 개씩 지닌 4B 세포의 분열상이다.

### 적 요

한국 무릇 집단에서 처음으로 발견된 BB 계놈의 핵형을 완성하고, B염색체의 분포 양상을 분석하였다. 핵형 분석

결과 arm-ratio에 따라 BB 계놈의 염색체는 5쌍의 차단부 염색체와 4쌍의 중부 염색체로 구분되었으며, 1번 염색체는 인형성 염색체였다. 2번 염색체에서 다형현상을 관찰할 수 있었다. 본 연구에서 완전한 핵형은 무릇에서 계놈의 조성과 안정성의 분석에 유용하게 이용될 수 있을 것이다. B염색체의 출현 빈도는 78.6%로 높게 나타났으며, 1B개체, 2B개체 및 4B개체가 각각 57.2%, 14.3% 및 7.1%였다. B염색체는 모두 등완 B염색체(F와 F')였다.

### 참 고 문 헌

- Araki, H. 1972a. Cytogenetic study 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. 1985. The distribution of diploids and polyploids of the *Scilla scilloides* complex in Korea. *Genetica* **66**: 3-10.
- 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.
- Bang J. W. and H. W. Choi. 1991. Cytogenetic studies of *Scilla scilloides* complex from Korea II. Genome distribution in Chejudo populations. *Korean J. Bot.* **34**: 145-150.
- Bang J. W., H. W. Choi., J. H. Park and E. Y. Choi, 1993. Distribution of B-chromosomes in the natural populations of *Scilla scilloides* Complex and stability in cultures. Abstract 1st B-chromosome Conference. Madrid, Spain.
- Choi, S. Y. 1979. Studies on the karyotype analysis of *Scilla scilloides* complex. M. Sc. Thesis, Seoul National University, Seoul. 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. 1956. Chromosome constitutions of *Scilla scilloides* Druce, a species complex. *La Chromosoma* **27-28**: 48-55.
- Haga, T. and S. Noda. 1976. Cytogenetics of *Scilla scilloides* complex. I. Karyotype, genome and population. *Genetica* **46**: 161-176.
- Levan, A., K. Fredga and A. A. Sandberg, 1964. Nomenclature for centromeric position on chromosomes. *Hereditas* **52**: 201-220.
- Morinaga, T. 1932. A preliminary note on the karyological types of *Scilla japonica* Bak. *Jap. J. Genet.* **7**: 202-205.
- Noda, S. 1974. Cytogenetics of *Scilla scilloides* complex II. Evidence for homoeological relationship between the genomes. *Cytologia* **39**: 777-782.
- 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, Japan. pp. 33-55.
- Okabe, S. 1938. ber den karyotypus einer n=9 chromosomigen Rasse von *Scilla thunbergii* Miyabe et kudo (Japanese). *Botany Zool.* **6**: 481-483.
- Sato, D. 1939. Karyotype alteration and phylogeny (Japanese). *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.

(1993. 7. 9 接受)