

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

I. 계놈에 따른 분포 및 B염색체의 조성과 출현 빈도

崔 慧 雲 · 方 在 旭

(忠南大學校 生物學科)

Cytogenetic Studies of *Scilla scilloides* Complex from Korea I. Distribution of Genomes and Composition and Frequencies of B Chromosome

Choi, Hae-Woon and Jae-Wook Bang

(Department of Biology, Chungnam National University, Taejeon)

ABSTRACT

Geographical distribution of diploid plants with AA genome ($2n=16$) and allotetraploid with AABB genome ($2n=34$) of *Scilla scilloides* Complex from Korea has been studied. The composition and frequencies of B chromosomes were also investigated. Plants with AABB genome were predominant over AA genome plants. A mixed population of AA and AABB genome plants was found for the first time. Aneuploid plants have not been found. Chromosomes of AA genome were composed of three pairs of metacentric, two pairs of submetacentric, two pairs of subtelocentric and one pair of telocentric chromosomes, whereas BB genome was four pairs of metacentric and five pairs of subtelocentric chromosomes. B chromosomes were classified into two categories, isochromosome (F) and chromosome fragment (f). The frequencies of B chromosomes were 43% in AA genome plants and 44% in AABB genome plants. The number of B chromosome ranged from 1 to 3 and 1 to 7 in AA and AABB genome plants, respectively. B chromosome combinations were F and F+f in AA genome plants and F, F+f and f in AABB genome plants.

서 론

무릇(*Scilla scilloides* Complex)의 계놈은 A($x=8$)와 B($x=9$)의 두 가지로 이루어져 있으며, 계놈의 구성은 2배체인 AA($2n=16$), BB($2n=18$), A, B 두 계놈의 조합으로 구성된 3배체인 ABB(26), BBB(27), 4배체인 AABB(34), ABBB(35), BBBB(36), 5배체인 AABBB(43) 등으로 복잡하게 나타나는 것으로 보고되어 있다(Sato, 1982; Araki, 1972a; Haga and Noda, 1976).

또한 계놈의 분포도 특이한 것으로 알려져 있는데, 한국과 일본에서 각각 AA 및 BB 계놈으로 구성된 개체가 발견된 이래 지금까지의 보고에 의하면 AA 계놈을 가진 개체는 한국에서만, BB 계놈을 가진 개체는 일본에서만

분포하며 AABB 계놈은 양국 모두에서 발견되고 있다는 사실이다(Sato, 1942; Haga and Noda, 1976). 따라서 이들 계놈의 지리적인 분포에 관한 연구는 매우 흥미있는 분야이다.

무릇의 두 계놈 사이 관계에 대한 연구에서 Araki(1971)는 두 계놈 간의 교배에서 얻은 식물의 감수분열 전기에서 염색체의 접합 양상을 관찰하고 염색체가 부분적으로 상동임을 보고하면서 A 계놈은 B 계놈의 전좌, 역위, 동원체 소실 등에 의해 전좌 분화되어 왔다고 했다. Noda(1974a)도 역시 감수분열시 염색체의 접합양상을 분석하여 두 계놈 사이에 서로 상동성이 있음을 보고한 바 있다. 두 계놈 사이의 상호 전좌와 함께 동일 계놈내에서의 역위도 보고되어 있다(Noda, 1961, 1974b).

Table 1. Collection data and genome constitutions of *S. scilloides* Complex

Collection sites	No. of plants investigated	Genome constitutions
Kuri, Kyounggi prov.	9	AA
Suwon, Kyounggi prov.	14	AABB
Mt. Kwanak, Seoul	9	AABB
Mt. Sokri,	14	AABB
Chungbuk prov.		
Okchun, Chungbuk prov.	28	AABB
Dukmyoung-dong,	18	AA, AABB
Daejeon		
Kung-dong, Daejeon	21	AABB
Mt. Sikjang, Daejeon	6	AABB
Mt. Kyeryong,	30	AABB
Chungnam prov.		
Mt. Daedun,	23	AABB
Chunbuk prov.		
Mt. Naejang,	6	AA
Chunbuk prov.		

무릇은 자연 집단내에서 다양한 이수체 식물을 생성하는 것으로도 보고(Araki, 1972a)되어 있으며 이들 이수체 식물의 기원과 생식적 특성에 관한 보고도 있다(Noda, 1975; Uchino and Tanaka, 1988). 인접한 자연집단에서의 계놈 간의 상호관계와 한 집단내에서의 계놈의 구조도 보고되어 있다(Araki, 1975; Araki *et al.*, 1976).

한편, 무릇은 기본 계놈을 구성하는 상염색체 이외에 과잉 염색체라 불리는 B염색체가 출현하는 식물로 보고되어 있다(Haga, 1961). 무릇의 B염색체는 크기와 모양에 따라 2종류(Haga, 1961; Uchino and Tanaka, 1988)로 구분되거나 4종류(Noda and Lee, 1980)로 구분되기도 하여, 실제로 이들의 조성이 매우 복잡하여 구분이 쉽지 않은 것으로 알려져 있다. 지금까지 보고된 B염색체 수는 AA 계놈 집단에서 1-3개(Noda and Lee, 1980), BB 계놈 집단에서는 1-4개(Haga, 1961; Haga and Noda, 1976), AABB 계놈에서는 1-11개(Haga and Noda, 1976)로 보고되어 있으며, Noda와 Lee(1980)는 AABB 계놈에서 B 염색체가 30개 까지 출현함을 보고한 바도 있다.

무릇의 B염색체에 관한 연구로 Ruia Rejon 등(1980)에 의해 같은 속의 식물인 *Scilla autumnalis*에서의 Esterase 동위효소에 대한 B염색체의 유전적 영향에 대한 보고도 있다.

한국의 무릇에 대한 연구로는 Choi(1979)에 의해 핵형 분석이 보고되어 있으며, Araki(1972b)에 의한 몇 개 지역에서의 계놈의 구성 조사와 Noda와 Lee(1980)에 의한 세포지리학적 조사가 있다.

본 연구에서는 한국에 분포하는 무릇의 세포유전학적 연구의 일환으로 일차적으로 중서부 지방에서 채집된 무

Table 2. Comparison of frequencies of B chromosomes in AA and AABB genome plants of *S. scilloides* Complex

	Class of Bs							No. of plants investigated	% of plant with and without Bs		
	0B	1B	2B	3B	4B	5B	6B		7B	0B	Bs
AA	17	4	6	3	.	.	.	30(16%)	57	43	
AABB	88	32	18	7	6	4	1	2	158(84%)	56	44
Total	105	36	24	10	6	4	1	2	188(100%)		

릇의 계놈에 따른 분포와 B염색체의 조성 및 출현빈도를 밝히고자 한다. 아울러 일반 염색법에 의한 핵형의 분석도 시도하였다.

재료 및 방법

한국 중서부의 11개 지역(Table 1)에서 총 188개체의 무릇을 채집하여 실험실에 옮겨심은 후 근단을 채취하여 염색체 분석을 수행하였다. 실험실에 옮겨심은 후 근단을 채취하여 염색체 관찰을 위해 1-bromonaphthalene 포화 수용액에서 3-4시간 전처리한 다음 acetic-alcohol(1:3) 용액에서 24시간 고정하였다. 고정시킨 근단을 1 N HCl(60 °C)에서 5분간 해리한 후 Feulgen 염색액을 이용하여 압착법으로 프레파라트를 만들었다.

핵형의 분석은 Levan 등(1964)의 방법에 따랐으며, 염색체의 배열은 길이가 긴 것으로부터 짧은 순으로 정리하였다.

염색체의 분석을 통해 계놈의 분포와 B염색체의 빈도 및 조성을 조사하였다. B염색체는 크기와 모양에 따라 isochromosome을 F, 염색체의 절편으로 나타나는 f의 2가지로 구분하여 분석하였다.

결 과

한국 중서부의 11개 지역에서 채집된 무릇 188개체를 대상으로 하여 염색체를 조사한 결과 지역에 따른 계놈의 분포는 Table 1과 같다. AA 계놈은 조사된 11개 지역 중 경기도 구리, 대전, 내장산의 세 지역에서만 관찰되었고, 나머지는 지역에서는 모두 AABB 계놈만 관찰할 수 있었다. 계놈별 출현 빈도는 AA 계놈을 가진 것이 30개체로 16%, AABB 계놈이 158개체로 84%로 나타나 AABB 계놈이 매우 우세하게 분포하고 있는 것으로 나타났다(Table 2). 조사된 지역마다 동일 계놈의 집단이었으나 대전의 한 지소(Dukmyung-dong)에서는 AA 계놈과 AABB 계놈 개체가 혼생하는 것이 특징으로 나타났다.

Fig. 1은 B염색체를 지니지 않은 AA 계놈개체(2n=16)와 AABB 계놈개체(2n=34)의 염색체 조성 및 핵형을 보여준다. 핵형 분석결과 AA 계놈은 8쌍의 상염색체 중

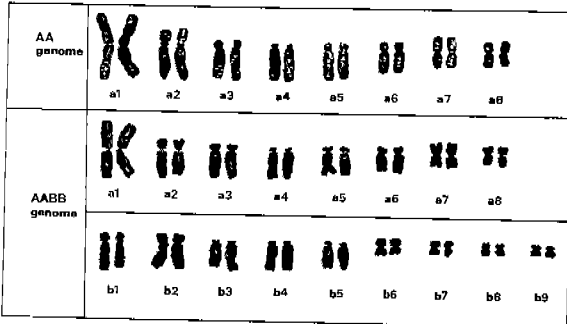
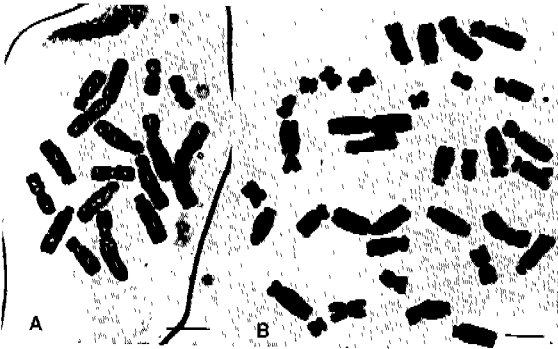


Fig. 1. Photomicrographs and karyotypes of somatic metaphase chromosomes of *S. scilloides* Complex. A, Chromosomes of AA genome; B, Chromosomes of AABB genome. Bars, 10 μ m.

중부염색체가 3쌍(a1, a7, a8), 차중부염색체가 2쌍(a2, a6), 차단부 염색체가 2쌍(a3, a5), 단부염색체가 1쌍(a4)으로 나타났다. 중부염색체 중 a1은 길이가 가장 길며, 차중부염색체 중 a2 염색체는 2차 협착을 가지고 있어 AA 계통 염색체 중 가장 쉽게 구분할 수 있었다. 한편 AABB 계통의 염색체 중 AA 계통의 염색체는 앞에서와 같게 구분되었고, BB 계통의 염색체는 중부염색체가 4쌍(b6, b7, b8, b9),

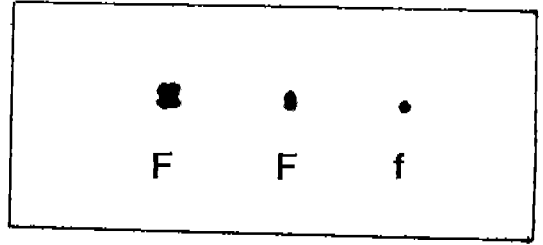


Fig. 2. Classification of B chromosomes. F, Isochromosome; f, Fragment of chromosome.

나머지 5쌍의 염색체는 차단부 염색체로 나타나 차중부염색체와 단부염색체가 없는 것이 특징이었다.

B염색체의 분석결과는 Table 2와 같다. B염색체는 경기도 구리 지역의 집단을 제외한 모든 집단에서 관찰되었다. B염색체의 수는 AA 계통 집단에서 1-3개, AABB 계통의 집단에서는 1-7개까지 관찰되었다. 또한 B염색체의 빈도는 AA 계통에서 43%, AABB 계통에서 44%로 비슷한 경향을 보였다. B염색체를 가진 개체 중 1B와 2B가 AA 계통에서는 각각 30%와 46%, AABB 계통에서는 각각 46%와 25%로 나타나 1-2개의 B염색체를 가진 개체가 우세하게 나타남을 알 수 있었다.

B염색체가 크기와 모양에 따라 Haga(1961)의 구분과 같이 isochromosome인 F와 염색체의 절편으로 나타나는 f로 구분하였는데, F는 그 크기가 다양하게 관찰되었다(Fig. 2). B염색체의 조성은 AA 계통 집단에서는 F와 F+f의 조합으로 나타났고, AABB 계통에서는 F, F+f 및 f의 조합으로 나타났다. Fig. 3은 AA 계통 개체 중 B염색체를 지닌 염색체의 분열상으로 $2n=16+1F(A)$, $2n=16+2F(B)$ 및 $2n=16+2F+1f$ 의 염색체 조성을 보여준다. Fig. 4는 AABB 계통의 염색체 분열상으로 $2n=34+1F(A)$, $2n=34+2F(B)$, $2n=34+1F+2f(C)$, $2n=34+3f(D)$, $2n=34+4F(E)$ 및 $2n=34+2F+5f(F)$ 의 염색체 조성을 보여준다.



Fig. 3. Photomicrographs of somatic metaphase chromosome complements of AA genome plants. A, $2n=16+1B$ (1F); B, $2n=16+2B$ (2F); C, $2n=16+3B$ (2F+1f). Bars, 10 μ m.

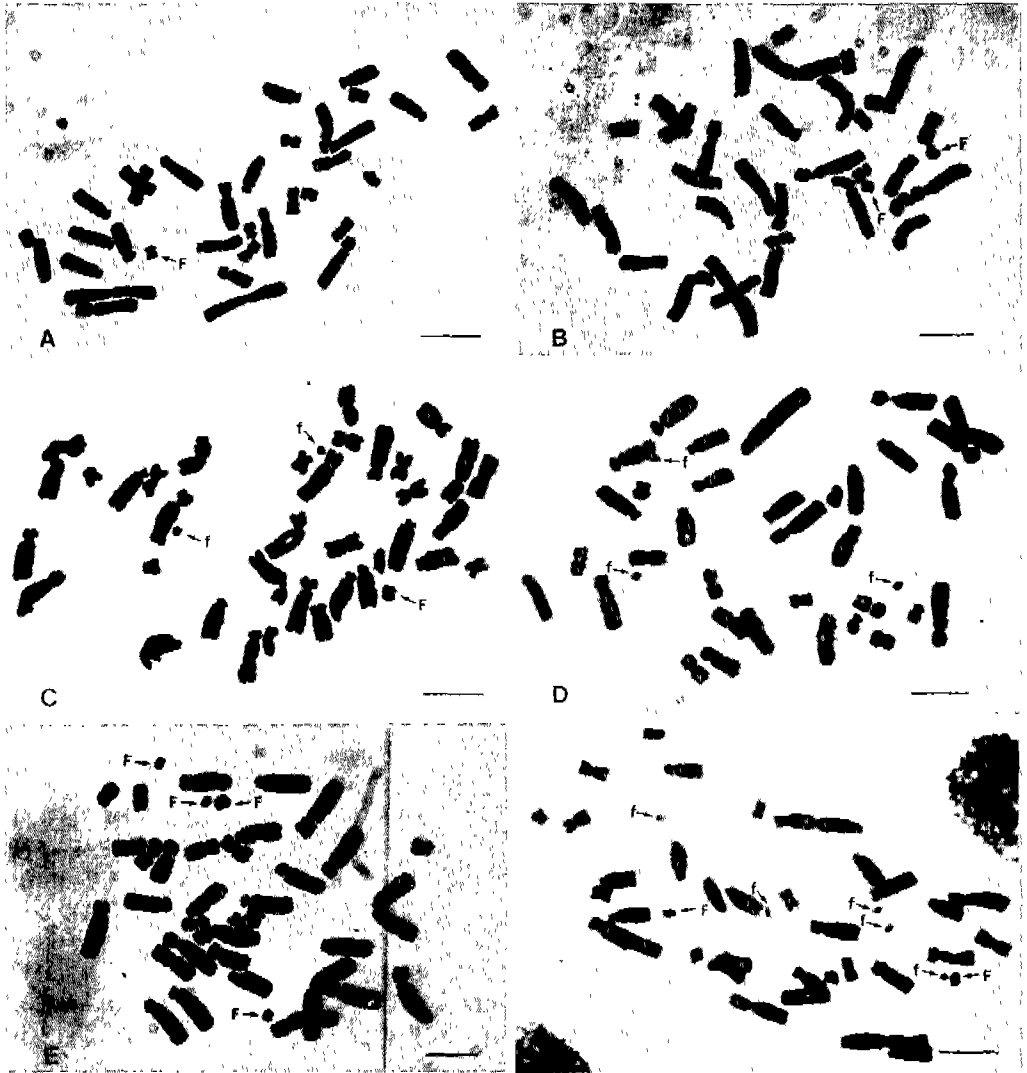


Fig. 4. Photomicrographs of somatic metaphase chromosome complements of AABB genome plants. A, $2n=34+1B$ (1F); B, $2n=34+2B$ (2F); C, $2n=34+3B$ (1F+2f); D, $2n=34+3B$ (3f); E, $2n=34+4B$ (4F); F, $2n=34+7B$ (2F+5f). Bars, 10 μ m.

다. Isochromosome인 F는 크기가 다양하게 나타났는데, Fig. 4-E는 하나의 핵내에 크기가 큰 F와 작은 F가 함께 나타나는 것을 보여준다.

고찰

한국의 중서부 11개 지역에서 채집한 무릇의 계통에 따른 분포의 조사에서 AA 계통개체와 AABB 계통개체만 관찰되었는데 (Table 1), 이는 한국 무릇에는 BB 계통개체 ($2n=18$)는 존재하지 않고 AA 계통과 AABB 계통개체만 분포하고 있다는 보고 (Araki, 1972b; Haga and Noda, 1976;

Noda and Lee, 1980)와 일치하는 것이다. Noda와 Lee (1980)의 한국 무릇의 세포지리학적 조사에서 AA 계통이 강원, 경북, 경남 등의 한반도 동부지역에서는 전혀 나타나지 않고, 서울, 경기, 전북 지역에서만 출현하는 것으로만 보고되어 있으며, 본 조사에서도 AA 계통이 경기, 대전, 전북지역에서 출현한 것으로 미루어보아 AA 계통의 개체가 한반도의 서부지역에서만 생육하고 있는 것으로 여겨진다. 이는 AA 계통이 한국에서만 분포하고, BB 계통은 일본에만 분포하고, AABB 계통은 양국에서 발견된다는 보고 (Haga and Noda, 1976)에 비추어 볼 때 무릇의 계통의 진화와 분포에 대한 중요한 단서가 될 것이다. 대

전시의 한 지역(Table 1)에서 AA 계놈과 AABB 계놈의 개체가 혼생하고 있는 것이 발견되었는데, 이런 사실은 본 조사에서는 처음으로 밝혀진 것으로 계놈 분포의 연구에 주목할만한 사실이다.

계놈별 출현빈도에서는 AABB 계놈개체가 우세하게 나타나는 것이 특징이었다(Table 2). 개체수로 보아 AA 계놈과 AABB 계놈이 각각 16%와 84%로 나타나 Noda와 Lee(1980)가 보고한 20.6% 및 77%와 약간의 차이를 보였는데, 이는 지역별로 조사된 개체수의 차이에 기인하는 것으로 생각된다. Araki(1972b)와 Noda와 Lee(1980)의 조사에서 B 계놈을 3조 지닌 4배체(ABBB)와 5배체(AA-BBB)가 출현한 제주도 집단은 계놈의 진화 측면에서 더 연구해 볼 가치가 있다고 생각된다.

무릇의 핵형 분석은 Haga와 Noda(1976), Choi(1979)에 의해 보고된 바 있다. 본 연구에서의 분석결과는 한국 무릇을 대상으로한 Choi(1979)의 결과와 거의 일치하였으나, AABB 계놈 중에서는 B 계놈의 b3 염색체는 차단부염색체로 나타나 그 구분한 차단부염색체와 차이를 보이는 반면, Haga와 Noda(1976)가 구분한 차단부염색체와 거의 일치하였다. 무릇의 염색체에 관해 Haga와 Noda(1976)는 A 계놈의 염색체 중 a2 염색체만이 특이하게 2차 협착을 가진다고 보고하였는데, 본 조사에서도 2차 협착을 쉽게 관찰할 수 있었다. 그러나 AABB 계놈 개체의 염색체에서는 Choi(1979)의 보고에서와 같이 2차 협착을 지닌 염색체를 관찰하기가 어려웠다. 무릇의 염색체는 일반 염색법에 의한 핵형 분석시 AA 계놈은 분석이 용이하나, AABB 계놈의 경우에는 A 계놈의 a3, a4, a5와 B 계놈의 b3, b4, b5 염색체는 크기와 모양이 비슷하게 나타나고, a4를 제외하고는 arm ratio도 비슷하여 그 구별이 쉽지 않다(Fig. 1). 따라서 A 계놈과 B 계놈의 염색체 구분에는 C-분염법을 이용한 연구를 병행할 필요가 있다.

무릇의 B염색체 수는 AA 계놈의 집단에서 1-3개가, AABB 계놈 집단에서는 1-11개가 나타나는 것으로 보고(Haga, 1961; Haga and Noda, 1976)되어 있는데, 본 연구에서는 AA 계놈 집단에서 1-3개, AABB 계놈 집단에서 1-7개의 B염색체가 관찰되었다(Table 2). B염색체의 출현빈도는 AA 계놈 집단에서 43%로 나타나 Noda와 Lee(1980)가 보고한 22%와 큰 차이를 나타냈으나, AABB 계놈 집단에서는 44%로 나타나 그들의 보고(44%)와 같게 나타났다. 특히 조사집단 중 AA 계놈의 한 집단(경기 구리)에서만 B염색체가 나타나지 않는 것은 특이하였다. B염색체의 수가 AA 집단에서보다 AABB 집단에서 더 많이 나타나는 사실도 더 규명해야 할 과제이다.

B염색체의 크기와 모양이 다양하게 나타났다(Fig. 3 and 4). Haga(1961)와 Uchino와 Tanaka(1988)는 B염색체를 모양과 크기에 따라 isochromosome(B₂ 또는 F)과 작은 단부염색체(B₁ 또는 f)로 구분하여 보고하였으며, Noda와 Lee(1980)는 F, f, fs, fl의 4가지로 구분하여 보고하였다. 그러나 작은 단부염색체는 모두 염색체의 절편으로 관찰

되었으며, isochromosome은 크기가 다양하게 나타나 Noda와 Lee(1980)의 구분과 같이 F, fs 및 fl로 구분하는 것이 용이하지 않았다. 따라서 부분의 B염색체는 Haga(1961)의 보고에서와 같이 isochromosome인 F와 염색체의 절편으로 나타나는 f로 구분하는 것이 타당하다고 생각된다. B염색체의 조성상의 특징은 AA 계놈 집단에서는 f만 지니는 개체가 나타나지 않으며, 3개 이상의 B염색체를 지닐 때는 F+f의 조합형이 많이 출현하는 것이었다. B염색체의 조성과 그의 구분에 관해서는 앞으로 연구를 더 진행할 예정이다.

적 요

한국 중서부의 11개 지역에서 채집한 무릇을 대상으로 하여 계놈에 따른 분포와 함께 B염색체의 조성 및 출현빈도를 조사하였다. 아울러 핵형 분석도 수행하였다. 조사결과 AA 계놈개체가 16%, AABB 계놈개체가 84%로 AABB 계놈이 우세하게 분포하고 있는 것으로 나타났다. AA 계놈개체와 AABB 계놈개체가 혼생하고 있는 집단이 한 지소(대전 덕명동)에서 처음으로 발견되었다. 이수체는 관찰되지 않았다. 핵형분석에서 AA 계놈은 중부염색체 3쌍, 차단부염색체 2쌍, 차단부염색체 2쌍 및 1쌍의 단부염색체로 이루어져 있으며, BB 계놈은 4쌍의 중부염색체와 5쌍의 차단부염색체로 구성되어 있는 것으로 밝혀졌다. B염색체는 isochromosome인 F와 염색체 절편으로 나타나는 f로 구분하였다. B염색체의 빈도는 AA 계놈 집단에서 43%, AABB 계놈 집단에서는 44%로 비슷한 경향을 보였으며, B염색체 수의 범위는 AA 계놈에서 1-3개, AABB 계놈에서 1-7개로 나타났다. B염색체의 조합은 AA 계놈집단에서는 F와 F+f, AABB 계놈집단에서는 F, F+f 및 f로 이루어져 있는 것으로 밝혀졌다.

참 고 문 헌

- Araki, H. 1971. Cytogenetics of *Scilla scilloides* Complex. III. Homoeology between genomes, A ($x=8$) and B ($x=9$). *Jap. J. Genet.* **46**: 265-275.
- Araki, H. 1972a. Cytogenetics of *Scilla scilloides* Complex. IV. Eu- 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. Cytogenetics 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 Uni-

- versity. pp. 1-16.
- Haga, T. 1961. Intra-individual variation in number and linear patterning of chromosomes. LB-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.
- Levan, A., K. Fredga and A.A. Sandberg. 1964. Nomenclature for centromeric position on chromosomes. *Hereditas* **52**: 201-220.
- Noda, S. 1961. Chiasma studies in structural hybrids. VII. Reciprocal translocation in *Scilla scilloides*. *Cytologia* **26**: 74-77.
- Noda, S. 1974a. Cytogenetics of *Scilla scilloides* Complex. II. Evidence for homoeologous relationship between the genomes. *Cytologia* **39**: 777-782.
- Noda, S. 1974b. Chisma studies in structural hybrids. IX. Crossing-over in pericentric inversion of *Scilla scilloides*. *Bot. Mag. Tokyo* **87**: 195-208.
- Noda, S. 1975. Somatic origin of chromosome aberrations in *Scilla scilloides* and *Lilium tigrinum*. *Bull. Cult. Nat. Sci. Osaka Gakuin Univ.* **1**: 97-104.
- 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.
- Ruia Rejon, M. F. Posse and J.L. Oliver. 1980. The B-chromosome system of *Scilla autumnalis* (*Liliaceae*): Effect at the isozyme level. *Chromosoma* **79**: 341-348.
- 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 amphidiploid of *Scilla scilloides* (Lindley) Drucc. I. Chromosome constitutions and reproductive properties of both parental and progeny plants. *Jap. J. Genet.* **63**: 283-293.

(1990. 8. 14 接受)