

# 青藏高原东北部植物染色体数目和多倍性研究

黄荣福 沈颂东 卢学峰

(中国科学院西北高原生物研究所, 西宁 810001)

## 摘 要

对青藏高原东北部高山冰缘地区和相邻低海拔地区 59 种多年生草本被子植物进行了染色体计数。其中, 45 个种的染色体记数为首次报道, 并确定其倍性。对分布于高山冰缘地区和冰缘以下不同海拔地区植物染色体的多倍性进行分析研究, 结果如下: (1) 多年生草本被子植物多倍体频率随海拔高度上升而增加; 海拔 2000—3000 m, 多倍体频率为 29.4%—47.1%, 3000—3800(4000)m(高寒灌丛-草甸区), 多倍体频率为 33.3%—53.3%, 4000—5200 m 以上的高山冰缘地区, 多倍体频率达 55.6%—70.4%。(2) 高山冰缘地区新多倍体较多, 并且与青藏高原上特有的植物类群(特有属、亚属或特有种)相关联。(3) 分布在冰缘地区的多倍体广布种, 通常都是较原始类群的古多倍体, 它们可能在青藏高原强烈隆升以前就已经形成, 并分化出许多生态型, 在高原强烈隆升并出现高山冰缘环境以后, 某些生态型突出繁殖适应机制( $r$ 型选择机制), 能开拓新生境而在新出现的严酷而不稳定的冰缘地区繁衍, 其它一些生态型则依靠营养生长优势( $K$ 型选择机制)广泛分布在其稳定、成熟的生境中。(4) 冰缘以下地区的多倍体特有种多数属于古多倍体或次生多倍体。它们多数可能是由西南山地或秦岭、华北森林区系产生, 然后扩散至青藏高原边缘。

关键词 染色体, 多倍体, 被子植物, 冰缘地区, 青藏高原

## STUDIES OF THE CHROMOSOME NUMBERS AND POLYPLOIDY FOR SOME PLANT IN THE NORTH-EAST QINGHAI-XIZANG PLATEAU

Huang Rongfu, Shen Sondon and Lu Xuefeng

(Northwest Plateau Institute of Biology, Academia Sinica, Xining 810001)

## Abstract

Meiotic chromosome numbers are determined for fifty-eight species of the perennial herbaceous angiosperm in alpine periglacial area of the North-East Qinghai-Xizang Plateau and neighbor lower altitude area. The chromosome numbers include counts for forty-five species that have not previously been investigated cytologically. The polyploi-

收稿日期: 1994-10-16.

dy are analysed and studied for the plants distributed on periglacial area and lower different altitude area below periglacial area. The result as follow: 1. The frequency of polyploid increases with a rise of altitude for perennal herbaceous angiosperm in North-East Qinghai-Xizang Plateau, in the forest area between 2000—3000m a. s. l., 29.4%—47.1% are the percentage of polyploid; in the bush-meadow area between 3000—4000m a. s. l., polyploid percentage is 33.3%—53.3%; in the alpine periglacial area above 4000—5200m a. s. l., the polyploid frequency are 55.6%—70.4%. 2. Most of the neopolyploids correlated always with endemic taxa (included endemic genus, endemic subgenus and endemic species) in alpine periglacial area. 3. The polyploid widespread species distributed to periglacial area are usually early polyploid of more primitive taxa, probably they had already been produced and had already been divided into some ecological type before the Qinghai-Xizang Plateau was risen. After the plateau had been intensely risen and pre-glacial environment had been formed, the ecological types which laid stress on adapting to propagation mechanism (r-type selective mechanism) have pioneered new habitat in the periglacial area of Qinghai-Xizang Plateau, another ecological types which depended on adapting to nutritive growing preponderance (k-type selective mechanism) have widely distributed in the mature stable habitat of other area. 4. Below to palaeopolyploid or secondary polyploid, that originated in forest flora of the Chinese southwest mountains and Qin Ling and North China, then have spread towards the edge of the Qinghai-Xizang Plateau.

**Key words** ] chromosome, polyploidy, angiosperm, periglacial area, Qinghai-Xizang Plateau

植物细胞染色体组倍增而产生多倍体,这是高等植物染色体进化的显著特征。多倍体(特别是异源多倍体)等位基因杂合性提高了它们遗传多样性和适应能力。因此,多倍体植物具有更成功地占领新开放或受干扰而相对不稳定生境的趋势,它比二倍体祖先或其近缘种有对极端环境更强的耐受能力(Stebbins 1971)。青藏高原是最新隆起而不断抬升的地块。高原上高山冰缘地带在第四纪末次冰期曾多次受到冰川作用,如今仍处在冰雪影响和作用之下,在地表下有永久冻土,地面寒冷,高海拔,低气压,长日照,强紫外线辐射,温度瞬息或昼夜骤变以及土壤频繁的融、冻作用。这些严酷而不稳定的生态因子对该地区植物染色体变异和进化、多倍体产生以及新的物种形成必然产生巨大影响。本文试图对青藏高原高山冰缘地带及其邻近低海拔地区植物染色体倍性分析来探讨青藏高原特有物种形成与多倍性的关系等问题。

## 1 材料和方法

实验材料采自青藏高原东北部的祁连山地、昆仑山脉东端的鄂拉山和巴颜喀拉山。从永久雪线(4500—5300 m)以下的高山冰缘带至海拔 2100 m 的温性山地针阔混交林(表

1)。一般在野外直接挖采根尖或幼嫩花蕾,部分植物(较低海拔的)采收种子或将植株移栽到所内试验地,再取根尖或花蕾。材料用0.05%秋水仙素液预处理3—10h,或在饱和的对2-氯苯和0.1%秋水仙素(1:1)混合液中处理3—5h,卡诺液固定。按常规法染色制片,镜检、拍照、计数,有些种只作近似计数,参考有关资料判定倍性。

表1 青藏高原东北部多年生草本被子植物染色体数目和倍性

Table 1 Chromosome numbers and ploidy for perennial herbaceous angiosperms in North-East Qinghai-Xizang Plateau

植物种名 Species	染色体数 Chromosome numbers (2n)	倍性 Ploidy		产地 Growing localities	生境与海拔 Habitat and Altitude (m. a. s. l)	凭证标本 No. of voucher
		二倍体 di-x	多倍体 p-x			
Alpine periglacial zone above(3900) 4000m a. s. l						
<i>Arenaria kansuensis</i> Maxim.	22		+	贵德县,拉育山 Guide Xian Lajishan	Alpine debris slope, (4200)	Huang R. F. 3564
<i>Stellaria decumbens</i> Edgew. var. <i>pulvinata</i> Edgew.	18	=		门源县,冷龙岭 Menyuan Xian Lenglong Lin	Corfe glaciis (4000—4100)	Huang R. F. 3601
<i>Thylacospermum caspito- sum</i> (Camb.)Schi.	12	=		祁连县,托勒山 Qilian Xian Tulaishan	Ruckle glaciis (4300)	Huang R. F. 3621
<i>Ranunculus involucreatus</i> Maxim.	≠42		*	玛多县,长石头山 Madoi Xian Changshitoushan	Debris glaciis (4840)	Huang R. F. 3668
<i>Corydalis melanochlora</i> Maxim.	16	=		门源县,冷龙岭 Menyuan Xian Lenglong Lin	Debris glaciis (4100)	Huang R. F. 3584
<i>Coelonema draboides</i> Maxim.	>40(≠42)		*	门源县,冷龙岭 Menyuan Xian Lenglong Lin	Debris glaciis (3950—4000)	Huang R. F. 3652
<i>Chrysosplenium nudicaule</i> Benge	22		*	门源县,冷龙岭 Menyuan Xian Lenglong Lin	Debris glaciis (4000)	Huang R. F. 3602
<i>Astragalus mattam</i> Tsai et Yu	≠32		*	兴海县,鄂拉山 Xinghai Xian Ngolashan	Ruckle slope (4700)	Huang R. F. 3658
<i>Oxytropis yunnanensis</i> Franch.	24		*	兴海县,鄂拉山 Xinghai Xian Ngolashan	Ruckle slope (4850)	Huang R. F. 3666
<i>Viola biflora</i> L.	>20(≠24)		+	门源县,冷龙岭 Menyuan Xian Lenglong Lin	Debris glaciis (4050)	Huang R. F. 3579
<i>Pomatosace filicula</i> Maxim.,	n≠20		*	祁连县,托勒山 Qilian Xian Tulaishan	Debris glaciis (4150)	Huang R. F. 3623
<i>Eriophyton wallichianum</i> Benth.	16	=		曲麻来县 Qumarle Xia	Ruckle slope (5200)	Huang R. F. 3680
<i>Lagotis brevituba</i> Max- im.	54		*	门源县,冷龙岭 Menyuan Xian Lenglong Lin	Debris slope (4200)	Huang R. F. 3600
<i>L. brevituba</i> Maxim.	54		*	贵德县,拉育山 Guide Xian Lajishan	Debris slope (4100)	Huang R. F. 3548
<i>Pedicularis pilostachia</i> Maxim.	16	=		祁连县,托勒山 Qilian Xian Tulaishan	Debris slope (4200)	Huang R. F. 3626

续表 1

<i>P. przewalskii</i> Maxim.	16	=	兴海县,鄂拉山 Xinghai Xian Ngolashan	Wet meadow (4300-4400)	Huang R. F. 4663
<i>P. ternata</i> Maxim.	16	=	贵德县,拉脊山 Guide Xian Lajishan	Alpine meadow (4000-4100)	Shen. S. D. 18
<i>Przewalskia tangutica</i> Maxim.	44	*	玛多县 Madoi Xian	Road side of steppe(4000)	Huang R. F. 3681
<i>Cremanthodium ellisii</i> (Hook. f.) Kitam.	58	*	玛多县,长石头山 Madoi Xian Changshitoushan	Debris slope (4800)	Huang R. F. 3670
<i>C. humille</i> Maxim.	116	*	玛多县,长石头山 Madoi Xian Changshitoushan	Debris slope (4800)	Huang R. F. 3667
<i>C. humille</i> Maxim	≅58	*	门源县,冷龙岭 Menyuan Xian Lenglong Lin	Debris slope (4150)	Huang R. F. 3580
<i>Saussurea gnaphalodes</i>	48	*	巴颜喀拉山 Bayan hatrashan	Ruckle slope (5200)	Huang R. F. 3670
<i>S. medusa</i> Maxim.	28	*	曲麻来县 Qumarle Xian	Ruckle slope (5200)	Huang R. F. 3678
<i>S. paziana</i> Diels	28	*	祁连县,托勒山 Qilian Xian Tulaishan	Ruckle slope (4250)	Huang R. F. 3628
<i>S. tangutica</i> Maxim.	>28(≅32)	*	巴颜喀拉山 Bayan Harashan	Ruckle slope (5200)	Huang R. F. 3672
<i>S. wellbyi</i> Maxim.	28	*	玛多县,长石头山 Madoi Xian Changshitoushan	Debris glacia (4700-4800)	Huang R. F. 3669
<i>Poa attenuata</i> Trin. var. <i>vivipara</i> Rendl.	≅21	*	巴颜喀拉山 Bayan Harashan	Alpine debris slope (5200)	Huang R. F. 3673
<i>P. attenuata</i> Trin. var. <i>vivipara</i> Rendl	≅28	*	曲麻来县 Qumarleb Xian	Alpine debris slope (5200)	Huang R. F. 3677
<i>Allium carolinianum</i>	16	=	玛多县,花石峡 Madoi Xian Huashixia	Alpine steppe (4450)	Huang R. F. 3664
Alpine meadow-bush zone between 3000-4000m a. s. l					
<i>Polygonum</i> <i>viviparum</i> L.	≅12	=	门源县,仙米 Menyuan Xian Semnyi	Alpine bush (3600)	Huang R. F. 3588
<i>Anemone obtusiloba</i> D. Don subsp. <i>ovalifolia</i> Buhl	14	=	门源县,仙米 Menyuan Xian Semnyi	Alpine bush (3600)	Huang R. F. 3585
<i>Miconopsis</i> <i>quintuplineria</i> Regel	76(≅84)	*	互助县,北山 Huzhu Xian Beishan	Alpine bush meadow(3100)	Shen S. D. 216
<i>Draba orides</i> Schrenk var. <i>tafellii</i> Schulz	≅40	*	互助县,北山 Huzhu Xian Beishan	Alpine bush (3600)	Huang R. F. 3698
<i>Androsace yargongensis</i> Petitm	>38(≅40)	*	门源县,大板山口 Menyuan Xian Daban- shankou	Rycjke slope (3600-3800)	Huang R. F. 2351a
<i>Gentiana sgarrosa</i> Ledeb.	≅28	*	互助县,北山 Huzhu Xian Beishan	Alpine bush (3000-3100)	Huang R. F. 3720

续表 1

<i>G. trichotoma</i> Kusnez.	≅26	+	门源县,大板山口 Menyuan Xian Daban-shankou	Alpine bush (3700)	Huang R. F. 3645
<i>Swertia bifolia</i> Botalin	≅26	+	门源县,大板山口 Menyuan Xian Daban-shankou	Alpine bush (3750)	Huang R. F. 3467
<i>Pedicularis cheilanthis- folia</i> Schrend	16	=	互助县,北山 Huzhu Xian Beishan	Bush-meadow (3100)	Shen S. D. 218
<i>P. oederi</i> Vahl. var. <i>sinensis</i> (Maxim.)Hurs	16	=	互助县,北山 Huzhu Xian Beishan	Bush-meadow (3800)	Huang R. F. 3546
<i>P. rhinanthoides</i> Schrenk. subsp. <i>labelata</i> (Jacq.)Tsoong	16	=	祁连县,景阳岭 Qilian Xian Jingyan Ling	Alpine meadow (3660)	Shen S. D. 235
<i>P. veticillata</i> Linn.	16	=	黄德县,拉育山 Guide Xian Lajishan	Alpine bush (3600)	Huang R. F. 3535
<i>Glauz maritima</i> Linn.	≅24	+	门源县,大板山口 Menyuan Xian Dabanshan:kou	Bush-meadow (3700-3800)	Huang R. F. 3625a
<i>Adocsa moschatellina</i> Linn.	36	*	天祝县,双龙沟 Tianzhu Xian Shuangguo	Alpine bush (3400)	Huang R. F. 2762
<i>Allium cyaneum</i> Regel	16	=	祁连县,景阳岭 Qilian Xian Jingyan Ling	Dry meadow (3850)	Huang R. F. 3610a
Temperate mountain forest between 2100-2800(3000)m a. s. l.					
<i>Anemone exigua</i> Maxim.	28	*	大通县,老爷山 Datong Xian Laoyeshan	Under a forest (2550)	Huang R. F. 3696
<i>A. obrusiloba</i> D. Don sub- sp. <i>ovalifolia</i> Fru.	14	=	大通县,老爷山 Datong Xian Laoyesshan	Grass land among forest (2650)	Huang R. F. 3692
<i>Peonia veitchii</i> Lynch	10	=	互助县,北山 Huzhu Xian Beishan	Under forest (2300)	Shen S. D. 211
<i>Sinopodophyllum hexan- drum</i> (Royle) T. S. Ying	14	=	平安县,三合 Pingan Xian Sanhe	Under forest (2500-2700)	Shen S. D. 230
<i>Cardamine tangutorum</i> Schulz	≅42	*	互助县,北山 Huzhu Xian Beishan	Under forest (2500)	Huang R. F. 3710
<i>Chrysosplenium sinicum</i> Maxim.	22	+	平安县,三合 Pingan Xian Sanhe	Under forest (2800)	Shen S. D. 231
<i>Chrysosplenium pilosum</i> Maxim. var. <i>valdepilo- sum</i> Ohwi	22	+	互助县,北山 Huzhu Xian Beishan	Under forest (2300)	Shen S. D. 193
<i>Thermopsis licentiana</i> Pet. -Stip	14	=	平安县,三合 Pingan Xian Sanhe	Under forest (2800)	Shen S. D. 226
<i>Sumbucus adnata</i> Wall. ex DC	36	*	互助县,北山 Huzhu Xian Beishan	Forest edge (2300)	Shen S. D. 189
<i>Triosteum pinnatifidum</i> Maxim.	≅18	=	互助县,北山 Huzhu Xian Beishan	Forest edge (2300)	Shen S. D.
<i>Viola yedoensis</i> Makino	48	*	西宁 Xining	Flower garden (2300)	Shen S. D. 232

续表 1

<i>Draba eriopoda</i> Turcz.	≠16	=	互助县,北山 Huzhu Xian Beishan	Forest edge (2300)	Huang R. F. 3703
<i>Pedicularis kansuensis</i> Maxim.	16	=	互助县 Huzhu Xian	Field(2300)	Shen S. D. 236
<i>P. rudis</i> Maxim.	16	=	平安县,三合 Pingan Xian Sanhe	Forest edge (2300-2400)	Shen S. D. 220
<i>P. muscicola</i> Maxim.	16	=	互助县,北山 Huzhu Xian Beishan	Under forest (2100)	Huang R. F. 3703a
<i>Primula stenocalyx</i> Maxim.	≠22	+	大通县,老爷山 Datong Xian Laoyeshan	Under forest (2650)	Huang R. F. 3695
<i>Iris lactea</i> Pall. var. <i>chinensis</i> Koizumi	≠42	*	大通县,老爷山 Datong Xian Laoyeshan	Grass land (2650)	Huang R. F. 3692a

di-x, diploid, p-x, polyploid, \*: n>13, +: n≥11.

表 2 青藏高原东北部高山冰缘地区和较低海拔地区多年生草本植物多倍体频率

Table 2 Percentage of the polyploid in alpine periglacial area and lower altitude for perennial herbs in N.-E. Qinghai-Xizang Plateau

海拔和生境 Habitat and altitude	计数染色体的种数 Number of numerable species for chromosome	Chromosome n>13		Chromosome n≥11	
		多倍体种数目 Numbers of polyploid	多倍体百分率 % of polyploid (%)	多倍体种数目 Numbers of polyploid	多倍体百分率 % of polyploid (%)
Alpine peri- glacial area	27	15	55.6	19	70.4
Alpine bush and meadow 3000-4000m	15	5	33.3	8	53.3
Forest area 2100-3000m	17	5	29.4	8	47.1
Total	59	25	42.4	35	59.3

染色体倍性的确定主要依据 Stebbins (1955): 配子染色体数是相应所在属中的二倍体基数(x)的倍数, 该植物应是多倍体。在缺乏相应物种所在属的二倍体基数资料的情况下, 采用 Grant(1963)的测算方法, 即所有的单倍染色体数超过 n=13 的植物都是多倍体(主要是新多倍体, 也可能包含一部分古多倍体), 同时也采用 Goldblatt(1980)推算多倍体的方法: 凡是单倍染色体数 n≥11 的被子植物在其进化过程中都有过多倍性(包括新多倍体和古多倍体)。本文将实验计数和近似计数而确定的 58 种植物染色体倍性列入表 1, 并分别统计高山冰缘地带(海拔 4000m 以上)以及冰缘带以下不同海拔生境中多年生草本被子植物多倍体频率(表 2)。

## 2 结果与讨论

由表 2 可见, Stebbins 确定多倍体的原则与 Grant 推算方法的结果基本一致(主要为新多倍体)海拔 4000-5200 m 高山冰缘地带, 多倍体频率为 55.6%。3000-4000 m 高山灌丛-草甸带为 33.3%。2100-3000 m 的温性山地针阔叶混交林地区为 29.4%。按

Goldblatt 的推算方法,把植物在进化历史中有过多倍性的古多倍体都包括在内,那么上述三个地带的多倍性频率都有所提高,分别达到 70.4%、53.3%和 47.1%。结果都表明,青藏高原多年生草本被子植物多倍性频率随海拔高度上升而增加,以高山冰缘地区最高。

从多倍体的性质和植物种的区系及其分布特征可以看出,在高山冰缘地区,不仅多倍体频率最高,而且新多倍体占有较大比例,约为同地区多倍体总数的 79%。同时,新多倍体的绝大多数与青藏高原特有植物类群(特有属、特有亚属或特有种)相关联。如东祁连山高山冰缘地带特有的穴丝茅属 *Coelonema*,仅穴丝茅 1 种 *C. draboides* ( $2n=42, n>13$ ) 是新多倍体,其植株和叶、花、果的形态与葶苈属 *Draba* 中的裸茎葶苈组 *Chysodraba* 较为相近,但它的短角果不开裂或迟开裂,花丝中空,植株具明显铺散的匍匐茎等特化性状,使其成为高山冰缘砾石地的多倍体特有属。已知葶苈属内存在  $2n=16, 24, 32, 48, 56, 64, 80, 96$  等多倍体系列,其单倍染色体基数应是  $x=8$ 。根据 Stebbins (1971) 研究认为的在被子植物许多属内,特化程度低的种群没有多倍性,而在一些特化程度较高的种群有多倍性的观点,和形态上特化作用更大的新种是在二倍体水平上进化的结论,本文认为穴丝茅可能是从葶苈属中特化程度较小的二倍体类群进化而来。豆科黄芪属 *Astragalus* 在低海拔地区的森林、草原种几乎都是二倍体 ( $2n=16, x=8$ )。而青藏高原高寒冰缘地区的特有种茵垫黄芪 *A. mattam* Tsai et Yu, ( $2n=32$ ), 团垫黄芪 *A. arnordii* Hemsl. et Pearson ( $2n=20$ ) 都具有垫状密丛的特化形态,也都为四倍体。报春花科 Primulaceae 的点地梅属 *Androsace* 广布于北温带。产东亚森林地区的点地梅 *A. umbellata* (Loue.) Merr. ( $2n=18$ ) 是较原始的二倍体种。广布于温带亚洲森林草原的东北点地梅 *A. filiformis* L. 和分布于欧亚至北美草原的北点地梅 *A. septentriolalis* L. 都是  $2n=20$ , 均为二倍体种。但分布在青藏高原和喜马拉雅高山地区的特有种(垫状形态)雅江点地梅 *A. yargongensis* Petitm ( $2n=40$ ), 显然,该种很可能是随喜马拉雅和青藏高原迅速抬升而形成的新多倍体。羽叶点地梅属 *Pomatosace* 是青藏高原东北部唐古特地区特有的单种属,只有羽叶点地梅 *P. filicula* Maxim. 1 种,单倍体(小孢子)  $n=20$ ,以其叶羽状深裂和蒴果环状盖裂等特化性状与点地梅属区别。该属也可能是由点地梅属裂叶组 Sect. *Samelia* Schlechtd 的二倍体祖先随青藏高原强烈隆升,经多倍化突变而特化成一新多倍体属,并且该属的分布区(唐古特地区)与地梅属裂叶组的分布区(横断山区)紧密相连。茄科马尿泡(矮莨苳)也是青藏高原高寒地区单种特有属(*Przewalskia*),仅有唐古特马尿泡 *P. tangutic* Maxim. 1 种,  $2n=44$ 。但茄科多数属  $x=12$ ,因此,马尿泡属应是有过非整倍性变化的新多倍体,与分布于邻近较低海拔(4000 m 以下)的近缘属山莨苳 *Anisodus* Link et Otto 相比,植株明显矮化,茎短缩呈无茎状,叶全部基生莲座状,花萼在果期膨大成椭圆球形泡囊状包藏蒴果。这些特化性状都与青藏高原高寒冰缘环境相适应。风毛菊属 *Saussurea* 是广布于北温带较大的属(约 400 余种),也是被子植物中进化水平很高的类群,染色体组极为多样化。其中的雪莲亚属 Subgen. *Eriocoryne* 和雪兔子亚属 Subgen. *Ampilaena* 都是青藏高原至喜马拉雅高山冰缘地区特有植物,已报道的该 2 亚属植物和本文研究的 5 个特有种:唐古特雪莲 *S. tangutica* Maxim. ( $2n=32$ ), 鼠 雪兔子 *S. gaphalodes* (Royle.) Sch. - Bip ( $2n=48$ ), 水母雪莲 *S. medusa* Maxim. ( $2n=28$ ), 羌塘雪兔子 *S. wellbyi* Maxim. ( $2n=28$ ) 和红叶雪兔子 *S. paxiana* Diels ( $2n=28$ ) 等都是新多倍体。

分布于高山冰缘地区石竹科的甘肃雪灵芝 *Arenaria kansuensis* Maxim. ( $n=22$ )和虎耳草科的裸茎金腰子 *Chrysosplenium nudicaule* Benge. ( $2n=22$ ), 都是被子植物中较原始类群的早期多倍体(已知石竹科染色体基数  $x=9-12, 15-17, 23$ ; 虎耳草科的基数  $x=11-13, 17, 18$ ). 基本上都是古多倍体)(W H Lewis, 1980)。这一类广域(温带)分布的古多倍体种必然包含许多生态型, 具有对不同生境的适应能力。有的生态型依靠营养生长优势(K型选择机制)在广泛的成熟、稳定的生境中存在。而另一些生态型突出发挥繁殖能力的作用(r型选择机制)开拓先锋生境(G L Stebbins, 1980), 侵入高寒而不稳定的冰缘环境生存和繁衍。

分布在海拔 3000 m 以下温性山地针阔叶混交林地区, 多年生草本被子植物多倍体频率相对较低, 多倍体主要为横断山至秦岭或华北分布的特有种, 如小银莲花 *Anemone exigua* Maxim. ( $2n=28, n>13, x=7$ ), 紫花碎米荠 *Cardamine tangutorum* Schulz ( $2n=42$ ), 狭萼报春 *Primula stenocalyx* Maxim. ( $2n=22, n=11$ ). 已知报春花属许多种都有  $2n=18, 36$  或  $2n=24, 36, x=9$ , 少部分种  $2n=22$ , 故本种是有过非整倍性变化的多倍体)。也有东亚(或中国—喜马拉雅)分布的种, 如紫花地丁 *Viola yedoensis* Makino ( $2n=48$ , 已知该种在华北及日本和俄罗斯远东地区多为  $2n=24$ )。血莽草 *Sacbuscus adnata* Wall. ( $2n=36$ , 已知  $x=18$  是该属的次生基数, 原始基数  $x=9$ , 因此该种应为次生的多倍体)。温带亚洲或北温带分布的多倍体种有中华金腰子 *Chrysosplenium sinicum* Maxim. ( $2n=22$ ), 柔毛金腰子 *C. pilosum* Maxim. var. *valdepilosum* Ohwi. ( $2n=22$ )和马蔺 *Iris lactea*. var. *chinensis* Koizumi ( $2n=44$ , 已报道该种  $2n=20, 24, 40$ )。从这些种的区系分布和多倍体性质可以看出, 该地区的多倍体一部分是东亚或温带亚洲早期产生的多倍体扩散到此。另一部分为二倍体种侵入该地区后发生多倍化而产生种内多倍体, 并且古多倍体在这一地区占有较大的比率, 表明青藏高原海拔 3000 m 以下的森林地区生境条件相对比较成熟和稳定。

### 参 考 文 献

- 1 马兴华, 覃若林, 邢文斌. 新疆某些药用植物的染色体观察. 植物分类学报, 1984; 22(3): 243-249
- 2 马毓泉主编. 内蒙古植物志(第二版)第二、三、四卷. 呼和浩特: 内蒙古人民出版社, 1989, 1992, 1993
- 3 史旦宾斯 G L(复旦大学遗传学研究所译). 植物的变异和进化. 上海: 上海科学技术出版社, 1963
- 4 刘玉红. 五种黄芪属植物的核型分析. 植物分类学报, 1984; 22(2): 125-127
- 5 洪德元, 朱相云. 百合科细胞学研究: (1)重楼等 6 属 10 种的核型报道. 植物分类学报, 1987; 25(4): 245-253
- 6 徐炳声, 黄少甫. 中国文献报道的植物染色体数目索引. 考察与研究(总第五辑), 上海: 上海科学技术出版社, 1985
- 7 徐炳声. 中国文献报道的植物染色体数目索引. 考察与研究(增辑: 第九辑), 上海: 上海科学技术出版社, 1988, 1990
- 8 杨永平, 武家功. 青海可可西里植物染色体报道(1). 云南植物研究, 1993; 15(2): 173-178
- 9 路易斯 W H 主编(鲍文奎, 严育瑞, 丁勇, 张大达等译校). 多倍体在植物和动物中的地位. 贵阳: 贵州人民出版社, 1987
- 10 Bhatta S. Karyomorphological studies in four species of *Anemone*, *Cytologia*, 1989; 54(4): 709-713
- 11 Dewet J M J. Origins of *Polyploides*, in *Polyploidy: Biological Relevance*, Edited by W H Lewis; Plenum Press, New York. 1980; 3-9
- 12 Ehrendorfer F. *Polyploidy and distribution*, in *polyploidy: Biological Relevance*. Edited by W H Lewis; Plenum Press, New York, 1980, 45

- 13 Ehrendorfer F, Krendl F, Haveler F, Sauer, W. Chromosome numbers and evolution in primitive angiosperms. *Taxon*, 1968, 17, 337—353
- 14 Goldblatt P. Polyploid in angiospermum; monocotyledons, in *Polyploidy; Biological Relevance*. Edited by W H Lewis, New York, 1980, 219
- 15 Grant W F. The evolution of karyotype and polyploidy in arboreal plants. *Taxon*, 1976, 25, 75—83
- 16 Jackson R C. Evolution and systematic significance of polyploidy. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 1976, 7, 209—234
- 17 Johnson A W, Paker J G. Chromosome numbers in the flora of Ogotrok Greek. N. W. Alaska, *Bot. Not.*, 1968, 121, 403—456
- 18 Love A, Love D. The significance of differences in the distribution of diploids and polyploids, *Hereditas*, 1943, 29, 145—163
- 19 Packer J G. Polyploidy in Arctic Alaska Archipelago—Alpine. *Res.*, 1969, 1, 15—28
- 20 Rieven P H, Kyhos D W. New evidence concerning the original basic chromosome number of angiosperms. *Evolution*, 1965, 19, 244—248
- 21 Stebins G L. *Chromosome Evolution in Higher Plants*. Addison-Wesley, Reading MA., 1971
- 22 Zhukova P G. Chromosome number of some species of north-eastern Asia. *Bot. Zurn.*, 1982, 67(3), 360—365

### 图版说明 Explanation of Plates

#### 图版 I Plate I

Fig. 1. *Arenaria kansuensis* Maxim.  $2n=22$ . Fig. 2. *Stellaria decumbens* Edgew. var. *purvinata* Edgew.  $2n=18$  Fig. 3. *Anemone obtusiloba* D. Don. subsp. *ovalifolia* Frühl.  $2n=14$ . Fig. 4. *Anemone exigua* Maxim.  $2n=28$ . Fig. 5. *Meconopsis quintuplinaria* Regel.  $2n > 72$  ( $\cong 84$ ). Fig. 6. *Cardamine tangutorum* Schulz.  $2n > 40$  ( $\cong 42$ ). Fig. 7. *Coelonema draboides* Maxim.  $2n > 40$  ( $\cong 42$ ). Fig. 8. *Draba orides* Schrenk var. *tafellii* Schulz  $2n > 40$  ( $\cong 42$ ). Fig. 9. *Chrysosplenium nudicaule* Benge.  $2n=22$ . Fig. 10. *Oxitropis yunnanensis* Franch.  $2n=24$ . Fig. 11. *Thermopsis licentiana* Pet. -Stip.  $2n=14$

#### 图版 II Plate II

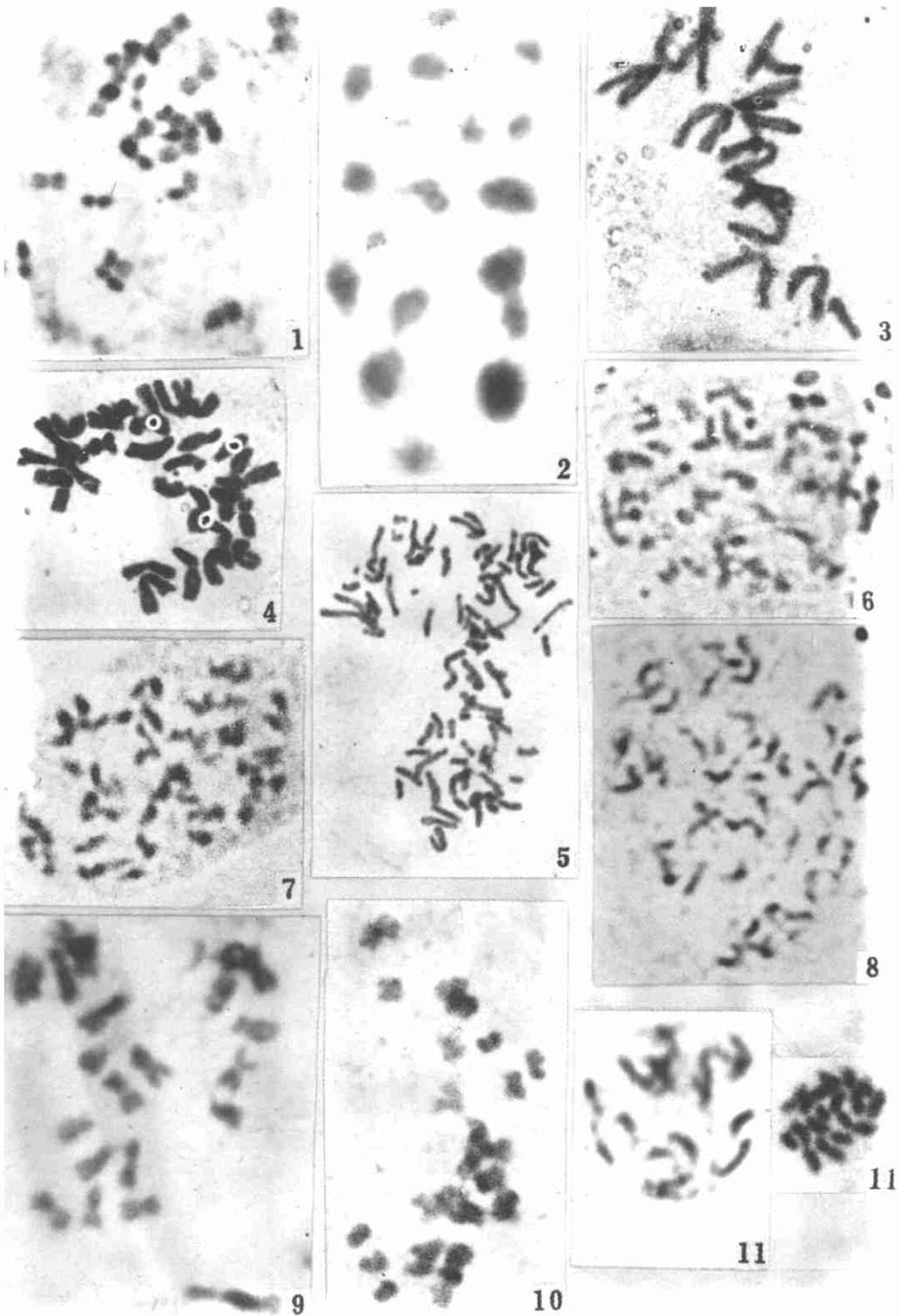
Fig. 1. *Viola yedoensis* Makino.  $2n \cong 48$ . Fig. 2. *Viola biflora* L.  $2n \cong 20$ . Fig. 3. *Sinopodophillum hexandrum* (Royle.) T. S. Ying,  $2n > 14$  ( $\cong 16$ ). Fig. 4. *Androsace yargongensis* Fetitm.  $2n > 38$  ( $\cong 40$ ). Fig. 5. *Pomatosace filicula* Maxim.  $n > 18$  ( $\cong 20$ ) (spore). Fig. 6. *Glaux maritima* Linn.  $2n=24$ . Fig. 7. *Primula stenocalyx* Maxim.  $2n=22$ . Fig. 8. *Adoxa moschatellina* Linn.  $2n=36$ . Fig. 9. *Eriophyton wallichianum* Benth.  $2n=16$ . Fig. 10. *Allium cyaneum* Regel.  $2n=16$

#### 图版 III Plate III

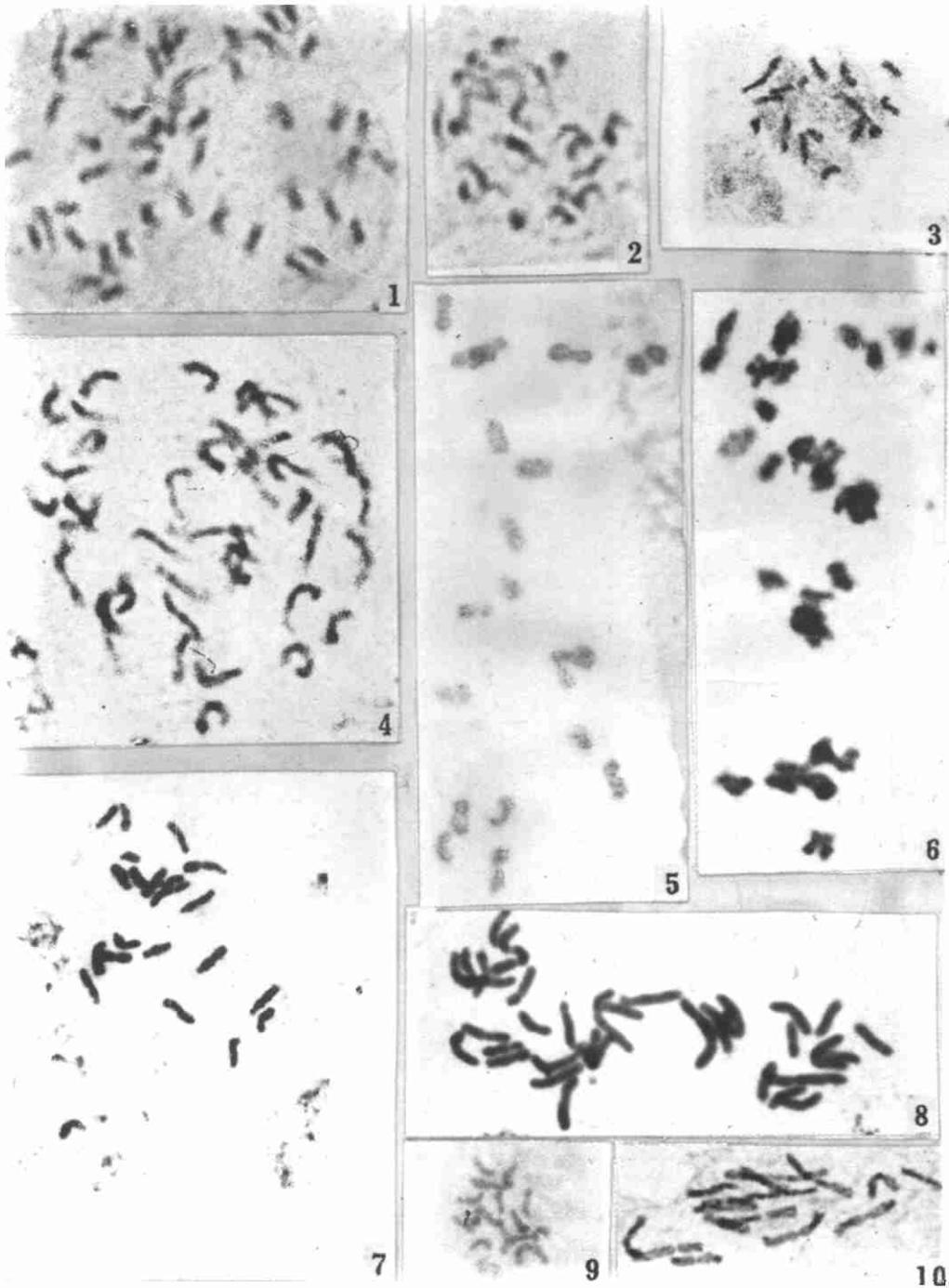
Fig. 1. *Pedicularis kansuensis* Maxim.  $2n=16$ . Fig. 2. *P. muscicola* Maxim.  $2n=16$ . Fig. 3. *P. oederi* Vahl. var. *sinensis* (Maxim.) Hurs,  $2n=16$ . Fig. 4. *P. przewalskii* Maxim.  $2n=16$ . Fig. 5. *P. pilostachya* Maxim.  $2n=16$ . Fig. 6. *P. rhinanthoides* Schrenk. subsp. *labelata* (Jacq.) Tsoong,  $2n=16$ . Fig. 7. *P. rudis* Maxim.  $2n=16$ . Fig. 8. *P. ternata* Maxim.  $2n=16$ . Fig. 9. *P. verticillata* Linn. Fig. 9a. *P. verticillata* Linn.  $n=8$  (spore). Fig. 10. *Lagotis breviflora* Maxim.  $2n=54$ . Fig. 11. *Przewalskia tangutica* Maxim.  $2n=44$ .

#### 图版 IV Plate IV

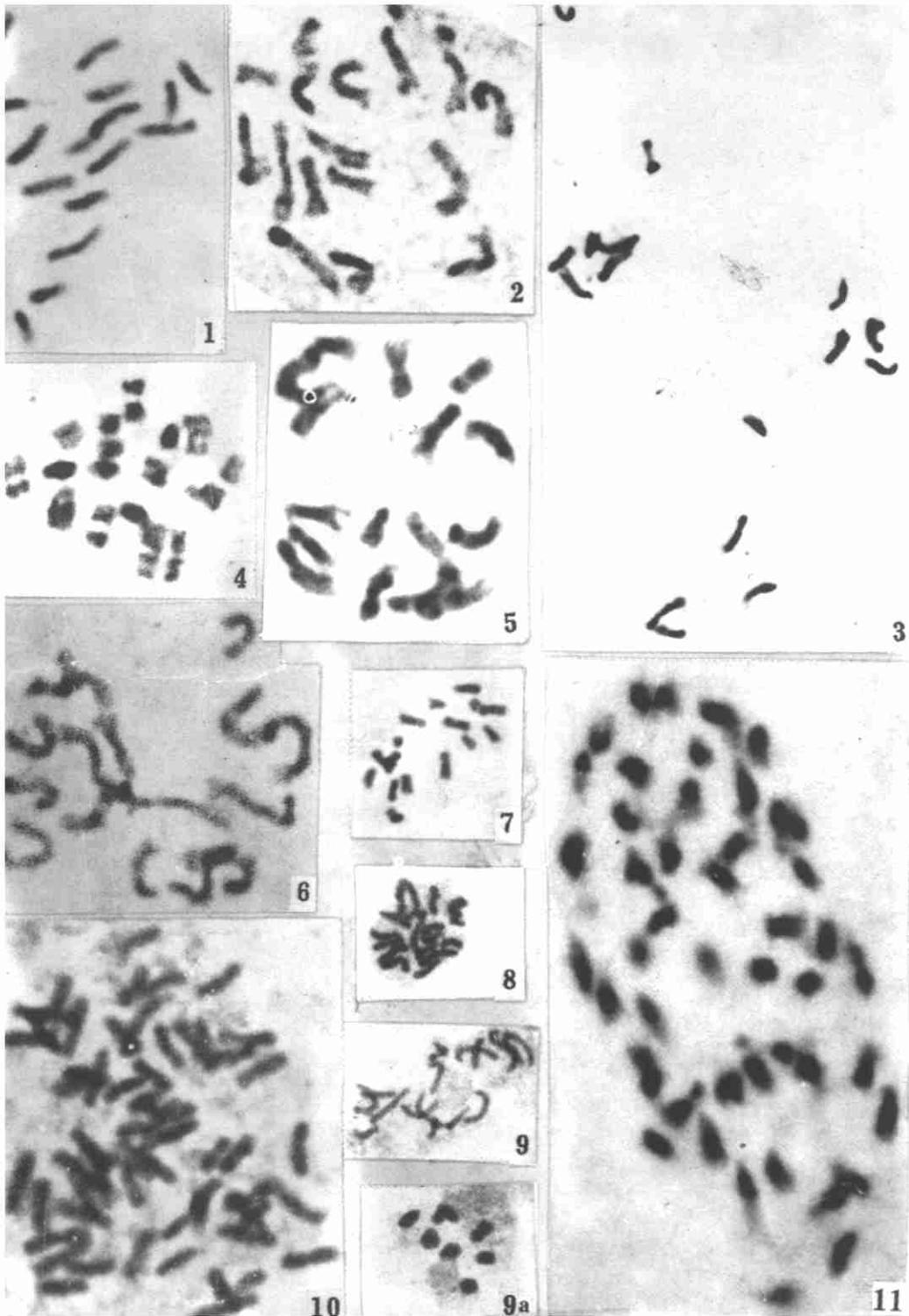
Fig. 1. *Chreanthodium ellisii* (Hook. f.) Kitamura,  $2n=58$ . Fig. 2. *Chreanthodium humille* Maxim.  $2n \cong 116$ . Fig. 3. *Saussurea gnaphalodes* (Royle) Sch. — Bip.  $2n=48$ . Fig. 4. *Saussurea medusa* Maxim.  $2n=28$ . Fig. 5. *S. paziana* Diels.  $2n=28$ . Fig. 6. *S. wellby* Maxim.  $2n=28$ .



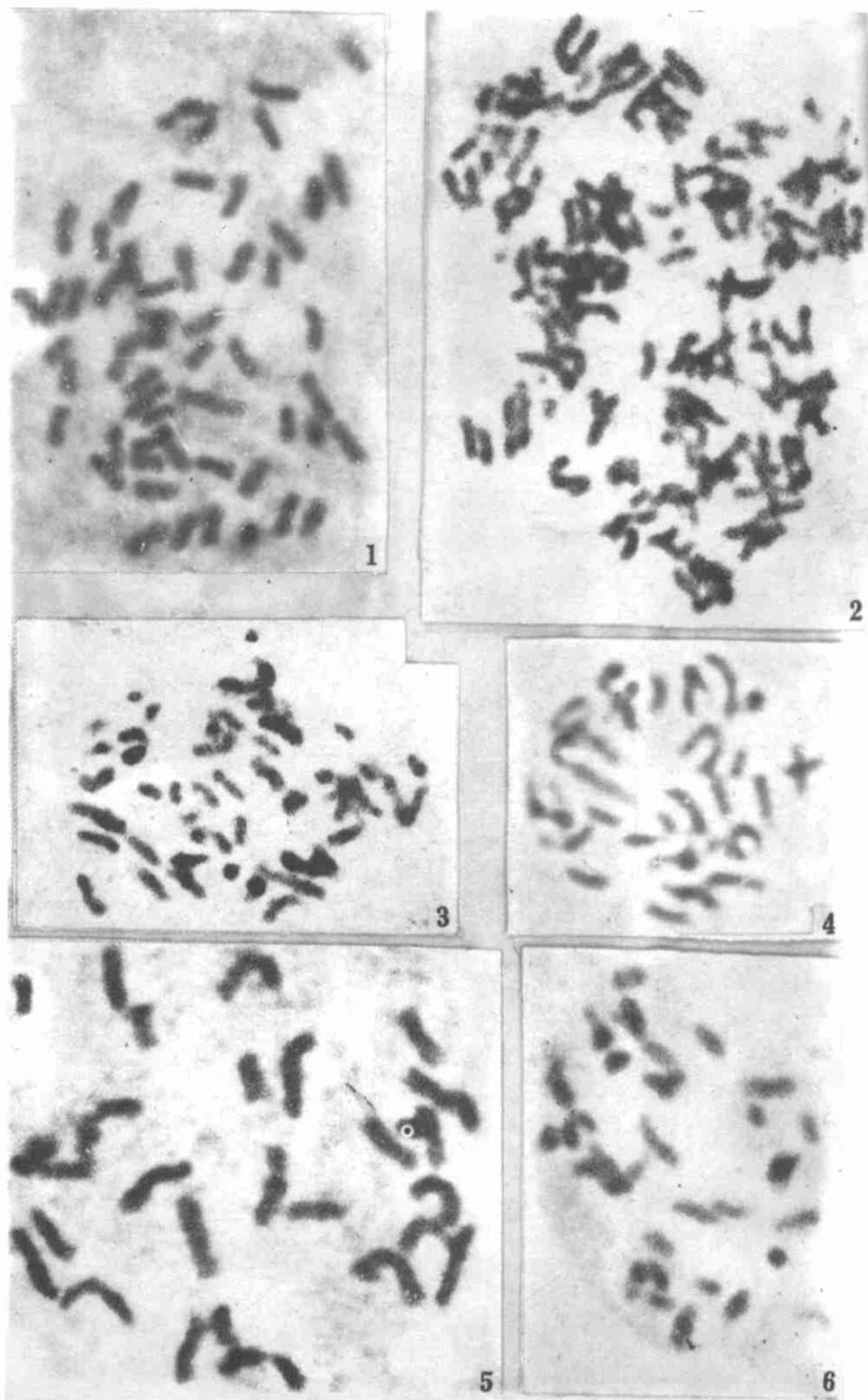
See explanation at the end of text



See explanation at the end of text



See explanation at the end of text



See explanation at the end of text