

# 国产 6 种点地梅属植物的核型及其系统学意义\*

黄荣福

(中国科学院西北高原生物研究所, 西宁 810001)

**摘要** 报道了点地梅属 6 种 12 个居群的染色体数目和核型。它们的染色体数目( $2n$ )、核型公式(KF)、染色体相对长度组成(CRL)、核型不对称性系数( $A_s K\%$ )和核型类型(KT)分别为: 点地梅在南京的 2 个居群都是  $2n=2x=20$ ,  $KF=18m+2sm$ ,  $CRL=2L+6M_2+10M_1+2S$ , 核型 KT 属于 1A 型, 但核型不对称性系数  $A_s K\%$  分别是 55.04% 和 56.71%。北点地梅在内蒙古锡林郭勒和白音锡勒居群的  $2n=2x=20$ ,  $KF$  分别为  $16m+2sm+2st+1b$  和  $16m+2sm+2st+4b$ , 染色体相对长度组成分别是  $14M_2+4M_1+2S+1b$  和  $12M_2+6M_1+2S+4b$ , 核型不对称性系数  $A_s K\%$  分别是 57.65% 和 58.86%, 属 2A 型和 2B 型。高原点地梅在青海玛沁县昌马河居群和兴海县温泉居群都是  $2n=2x=20$ ,  $KF=10m+8sm+2st$ , 但相对长度组成分别为  $12M_2+8M_1$  和  $4L+6M_2+6M_1+4S$ ,  $A_s K\%$  分别是 60.35% 和 62.57%, 属 2A 型和 2B 型。雅江点地梅在青海玛多县巴颜喀拉山居群和大通县达坂山居群分别为  $2n=4x=40$  和  $2n=6x=60$ ,  $KF=36m+2sm+2st$  和  $KF=46m+10sm+4st+2b$ ,  $CRL=2L+20M_2+14M_1+4S$  和  $CRL=6L+30M_2+16M_1+8S+2b$ ,  $A_s K\%$  分别为 55.62% 和 58.31%, 核型均属于 2B。巴颜喀拉山北坡的鳞叶点地梅  $2n=40, 60, 80$ 。西藏点地梅青海湖居群中有 2 种细胞型:  $2n=2x=24$ ,  $KF=12m+6sm+6st+4b$ ,  $CRL=6L+6M_2+8M_1+4S+4b$ ,  $A_s K\%=65.74\%$ , 核型属 2B;  $2n=2x=22$ ,  $KF=14m+4sm(2SAT)+4st$ ,  $CRL=4L+6M_2+8M_1(2SAT)+4S$ ,  $A_s K\%=63.40\%$ , 核型也属于 2B。西宁西山湾居群也有 2 种细胞型:  $2n=3x=36$ ,  $KF=36m$ ,  $CRL=4L+12M_2+20M_1$ ,  $A_s K\%=54.82\%$ , 核型属 1A;  $2n=3x=33$ ,  $KF=33m$ ,  $CRL=3L+12M_2+18M_1$ ,  $A_s K\%=52.11\%$ , 核型属 1A。点地梅属的染色体原始基数可能是  $x=10$ , 在种间或种内观察到有 3 种核型变化: 染色体非整倍性变化、多倍化和核型不对称性变化。将 2 倍体居群的核型和不对称性进行比较, 可以看出点地梅是较对称的核型。因此, 在研究的种中应是比较原始的类群。北点地梅的核型不对称性和进化程度高于点地梅而低于高原点地梅和西藏点地梅。染色体多倍化的雅江点地梅、鳞叶点地梅和西藏点地梅等在核型上也许是最进化的类群。

**关键词** 染色体 核型 进化 点地梅属 分类系统

中图分类号 Q949.773.2 文献标识码 A

## Karyotypical studies of 6 species of Androsace (Primulaceae) in China with reference to their systematic significance

HUANG Rong-fu

(Northwest Plateau Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810001, China)

**Abstract** Reported in the present paper were chromosome numbers and karyotypes of 12 populations of 6

\* 收稿日期 2002-11-11 修改稿收到日期 2003-05-13

基金项目: 中国科学院生物分类区系特别支持费资助项目(9715); 中国科学院重点支持项目的子课题“高山植物的适应与进化研究”(KZ952-S1)

作者简介: 黄荣福(1940-), 男(汉族), 研究员。

species in genus *Androsace*. Their chromosome number ( $2n$ ), karyotype formula (KF), chromosome component of relative length (CRL), index of karyotype asymmetry (AsK%) and karyotype type (KT) are each represented as follows: 2 populations of *Androsace umbellata* in Nanjing are all  $2n = 2x = 20$ , KF =  $18m + 2sm$ , CRL =  $2L + 6M_2 + 10M_1 + 2S$ , KT belongs to 1A, but AsK% are 55.04% and 56.71% respectively. The Xilin Gol population and Bayan Xil population of *Androsace septentrionalis* in Nei Mongol  $2n = 2x = 20$ , KF =  $16m + 2sm + 2st + 1b$  and KF =  $16m + 2sm + 2st + 4b$ , CRL =  $14M_2 + 4M_1 + 2S + 1b$  and CRL =  $12M_2 + 6M_1 + 2S + 4b$ , AsK% = 57.65% and 58.86%, KT belongs to 2A and 2B. The Qamalong population and Wenquan population of *Androsace zambalensis* in Qinghai are all  $2n = 2x = 20$ , KF =  $10m + 8sm + 2st$ , but CRL =  $12M_2 + 8M_1$  and  $4L + 6M_2 + 6M_1 + 4S$ , AsK% = 60.35% and 62.57%, KT belongs to 2A and 2B respectively. The Bayanharashan population and Dabanshan population of *Androsace yargonensis* in Qinghai are respectively  $2n = 4x = 40$  and  $2n = 6x = 60$ , KF =  $36m + 2sm + 2st$  and  $46m + 10sm + 4st + 2b$ , CRL =  $2L + 20M_2 + 14M_1 + 4S$  and  $6L + 30M_2 + 16M_1 + 8S + 2b$ , AsK% = 55.62% and 58.31%, KT of both populations all belong 2B, *Androsace squarrosula* in north slope of Bayanharashan is  $2n = 40, 60, 80$ . In the Qinghaihu population of *Androsace mariae* there are two types of karyotype:  $2n = 2x = 24$ , KF =  $12m + 6sm + 6st + 4b$ , CRL =  $6L + 6M_2 + 8M_1 + 4S + 4b$ , AsK% = 65.74%, KT belongs to 2B;  $2n = 2x = 22$ , KF =  $14m + 4sm (2SAT) + 4st$ , CRL =  $4L + 6M_2 + 8M (2SAT) + 4S$ , AsK% = 63.40%, KT belongs to 2B. There are also two types of karyotype in the Xishanwan of Xining population of *Androsace mariae*:  $2n = 3x = 36$ , KF =  $36m$ , CRL =  $4L + 12M_2 + 20M_1$ , AsK% = 54.82%, KT belongs to 1A;  $2n = 3x = 33$ , KF =  $33m$ , CRL =  $3L + 12M_2 + 18M_1$ , AsK% = 52.11%, KT belongs to 1A. The original basic number of chromosome of *Androsace* is thought to be  $x = 10$ , and there are three types of chromosomal variation among species or populations: aneuploidy, polyploidy and asymmetry of the karyotype. Making a comparison in the karyotypes and asymmetries among all diploid populations, it may be showed that the karyotype of *Androsace umbellata* is more symmetrical than those of others, so the species is a primitive taxon compared to other species. The karyotypic asymmetry and evolution level of the *A. septentrionalis* are higher than that of the *A. umbellata* but lower than that of the *A. zambalensis* and *A. mariae*. The *A. yargonensis* and *A. squarrosula* and *A. mariae* that have polyploidy variation in karyotypes might be advanced in studies species.

**Key words** chromosome karyotype evolution *Androsace* systematic

点地梅属 (*Androsace*) 是报春花科 (Primulaceae) 的一个中等大属, 全世界约有 100 种, 广布于北半球温带。中国有 73 种和 7 变种, 是点地梅属植物种类最丰富的地区。它主要分布在西南山地至青藏高原和东喜马拉雅。只有少数种类分布在西北至内蒙古和东北以及秦岭以南各省区<sup>[1]</sup>。

关于点地梅属植物的系统和演化问题, 胡启明和杨永昌(1986)<sup>[2]</sup>从该属植物的形态变化和地理分布方面, 探讨了点地梅属的系统 and 演化关系, 并揭示了点地梅属的 3 个分布中心基本与该属分类系统上的 3 个主要类群 (裂叶组 Sect. *Samuelia*, 高山组 Sect. *Chamaejasme*, 点地梅组 Sect. *Androsace*) 的分

布格局、演化和迁移路线相吻合。即横断山脉东部和秦岭以南亚热带和暖温带中、低山森林地区是点地梅属的分布与分化中心之一, 又是古老原始类群裂叶组和厚叶组的集中分布区。那里既有该属古老原始类群诸多物种, 又有许多高度特化的类群存在。同时, 该地区地史古老而又未曾受过冰川侵袭, 因此, 很可能是点地梅属的起源地和原始分布与分化中心。横断山脉西部至青藏高原和东喜马拉雅地区是点地梅属植物种类最丰富的地区, 计有 40 多种, 形态器官高度特化而适应高寒生境的高山组也主要分布在这一地区, 它们可能是在喜马拉雅和青藏高原隆起以后, 由横断山脉东部原始分布区的原始类群

向西迁移扩展,并随着高山和高原复杂严酷生态环境的出现过程,逐渐分化,适应演化而来,并且物种多样性在新拓展的高原环境中得到充分发展,以一年生为主,形态上比较一致的点地梅组植物主要分布在北纬 36°以北至环北极的寒温带,分布中心在高加索至北欧,我国仅有 4 种,这一类群在区系上也是比较年轻,它们可能是在第四纪冰期以后,随着北方冰盖的消退才由其祖先分化形成,Handel-Mazzetti<sup>[4]</sup>等认为点地梅组由高山组演化而来,胡启明、杨永昌<sup>[2]</sup>则认为它们与裂叶组中较为进化的一年生类型(*A. umbellata*, *A. gemelinii* 等)存在很大的相似性,很可能直接来源于裂叶组。

本研究试图从染色体和核型特征及其进化方面

表 1 点地梅属核型试验植物来源

Table 1 The origin of the experimental plants for karyotype in *Androsace*

类群 Taxon	产地 Locality	生境和海拔 Habitat and altitude	凭证 Voucher specimen
点地梅 <i>A. umbellata</i>	南京中山植物园 Zhongshan botanical garden, Nanjing	草地 Grass land, 50 m	黄, 无号采种子 Huang no No coll seeds
	南京江宁县 Jiangning, Nanjing, Jiangsu	山坡林缘 Hillslope forest edge, 100 m	采种子 Coll seeds
北点地梅 <i>A. septentrionalis</i>	内蒙古锡林郭勒 Xilin Gol, Neimongol	山顶石缝和碎石堆 Rock fracture and fragments on the hilltop, 1 500 m	采种子 Coll seeds
	内蒙古白音锡勒 Bayan Xil, Neimongol	林缘碎石草地 Grassland at forest edge, 1 800 m	采种子 Coll seeds
西藏点地梅 <i>A. mariae</i>	青海湖盆地 Qinghaihu basin, Qinghai	砂石荒地 Debris wilderness, 3 200 m	Huang 98-13
	西宁西山湾 Xishanwan, Xining, Qinghai	山坡林边 Forest edge on slope, 2 400 m	Huang 99-01
	西宁西山湾 Xishanwan, Xining, Qinghai	山坡草地 Grassland on slope, 2 400 ~ 2 500 m	Huang 98-01
高原点地梅 <i>A. zambalensis</i>	青海昌马河 Chamalong, Qinghai	河岸附近草甸 Alpine meadow of river bank, 4 330 m	Lu J Q 506
	青海兴海县温泉 Wenquan in Xinghai county, Qinghai	河滩草甸 Beach meadow, 3 900 m	Huang 97-16
雅江点地梅 <i>A. yargonensis</i>	青海巴颜喀拉山 Bayanharashan, Qinghai	河滩 Beach, 4 700 m	Lu J Q 523
	青海大通县达坂山 Dabanshan in Datong county, Qinghai	山坡砾质草甸 Gravel meadow on slope, 3 900 m	Huang 2351
鳞叶点地梅 <i>A. squarrosula</i>	青海巴颜喀拉山 Bayanharashan, Qinghai	河边草甸 Riparian meadow	Huang 98-21
	青海兴海县温泉 Wenquan in Xinghai county, Qinghai	河边草甸 Riparian meadow	Huang 97-14

一年生的点地梅类群无明显主根,须根纤细,在野外难以挖取到有丝分裂的根尖,故在野外采收种子,室内培养,萌发后截取胚根根尖,多年生类群从野外直接挖取根尖或移栽到园地后再挖取根尖,截取的根尖用 1:1 的 0.05% 秋水仙素和 0.002 mol/L 的 8-羟基喹啉混合液处理 3~4 h,水洗数次后用 FAA 固定 24 h 以上,制片时从固定液中取出根尖,

来探讨点地梅属的系统与进化问题,染色体本身不仅是遗传物质基因的携带者,也是一系列基因控制的发育过程的最终产物,染色体的变化应当比其它任何变化更与遗传进化过程直接有关<sup>[3]</sup>。

## 1 材料和方法

在裂叶组、点地梅组和高山组中,选择分布范围较广的种群做染色体数目和核型的实验、观测,从染色体数目、倍性和核型的变化来探讨它们的系统和演化关系,实验植物来源见表 1,凭证标本存于中国科学院西北高原生物研究所植物标本馆 (Herb, NW P B)。

水洗后,用 1 mol/L 浓度的盐酸在 60 °C 的恒温下解离 6~7 min,水洗后用改良的苯酚品红溶液染色并压片,在显微镜下寻找有丝分裂中期的细胞计数染色体,并挑选染色体分散较好的细胞拍照,放大照片做核型分析,核型分析参照 Levan (1964)<sup>[5]</sup> 的标准,并按李懋学、陈瑞阳 (1985)<sup>[6]</sup> 建议的方法,核型类型依据 Stebbins 的分类方法划分<sup>[7]</sup>,核型不对称性系

数(A s K%)按 A rano (1963)<sup>[8]</sup>的方法计算 .

染色体数及核型和参数见表 2~ 表 5 .有丝分裂中期细胞染色体照片见图 1~ 图 4 .

## 2 结 果

制片观察研究的点地梅属 6 种 12 个居群的染

表 2 点地梅和北点地梅染色体参数和类型

Table 2 The chromosome parameters and types in *A nd rosace um bellata* and *A. sep tentrionalis*

点地梅 <i>A. um bellata</i>														
染色体 编号 Chromo- some No.	南京中山植物园居群 Population of the Zhongshan botanical garden in Nanjing							南京江宁居群 Population of the Jiangning in Nanjing						
	相对长度 Relative length(%)							相对长度 Relative length(%)						
	长臂 Long	短臂 Short	全长 Total	AR	PC	IRL	RS	长臂 Long	短臂 Short	全长 Total	AR	PC	IRL	RS
1	7.95	6.36	14.31	1.25	m	1.43	L	6.65	5.93	12.58	1.12	m	1.26	L
2	6.67	5.17	11.91	1.31	m	1.19	M <sub>2</sub>	7.05	4.23	11.29	1.67	m	1.13	M <sub>2</sub>
3	6.01	5.46	11.47	1.10	m	1.15	M <sub>2</sub>	6.17	5.12	11.29	1.21	m	1.13	M <sub>2</sub>
4	5.46	4.72	10.18	1.16	m	1.02	M <sub>2</sub>	6.09	4.47	10.56	1.36	m	1.06	M <sub>2</sub>
5	6.36	3.58	9.94	1.78	sm	0.94	M <sub>1</sub>	5.24	4.76	10.00	1.10	m	1.00	M <sub>1</sub>
6	5.46	4.22	9.68	1.29	m	0.97	M <sub>1</sub>	5.64	4.03	9.76	1.40	m	0.97	M <sub>1</sub>
7	4.97	3.97	8.94	1.25	m	0.89	M <sub>1</sub>	5.97	3.47	9.43	1.74	sm	0.94	M <sub>1</sub>
8	4.07	3.97	8.04	1.03	m	0.80	M <sub>1</sub>	4.64	4.43	9.07	1.05	m	0.91	M <sub>1</sub>
9	4.22	3.73	7.95	1.13	m	0.80	M <sub>1</sub>	5.24	3.43	8.67	1.53	m	0.87	M <sub>1</sub>
10	3.78	3.78	7.56	1.00	m	0.75	S	4.03	3.43	7.46	1.18	m	0.75	S
2n= 2x= 20= 18m+ 2sm, 2L+ 6M <sub>2</sub> + 10M <sub>1</sub> + 2S							2n= 2x= 20= 18m+ 2sm, 2L+ 6M <sub>2</sub> + 10M <sub>1</sub> + 2S							
北点地梅 <i>A. sep tentrionalis</i>														
染色体 编号 Chromo- some No.	内蒙古锡林郭勒居群 Population of the Xilin Gol in NeiMongol							内蒙古白音锡勒居群 Population of the Bayan Xil in NeiMongol						
	相对长度 Relative length(%)							相对长度 Relative length(%)						
	长臂 Long	短臂 Short	全长 Total	AR	PC	IRL	RS	长臂 Long	短臂 Short	全长 Total	AR	PC	IRL	RS
1	5.19	5.19	11.81	1.00	m	1.18	M <sub>2</sub>	6.95	5.10	12.49	1.12	m	1.25	M <sub>2</sub>
2	5.19	5.34	11.25	1.00	m	1.13	M <sub>2</sub>	9.22	2.76	11.98	3.34	st	1.12	M <sub>2</sub>
3	5.51	4.95	10.46	1.11	m	1.05	M <sub>2</sub>	7.28	4.24	11.52	1.72	sm	1.15	M <sub>2</sub>
4	6.41	4.05	10.46	1.58	m	1.05	M <sub>2</sub>	6.04	5.12	11.15	1.52	m	1.12	M <sub>2</sub>
5	5.85	4.50	10.35	1.30	m	1.04	M <sub>2</sub>	5.71	5.44	11.15	1.05	m	1.12	M <sub>2</sub>
6	5.62	4.39	10.01	1.28	m	1.01	M <sub>2</sub>	5.58	4.70	10.28	1.19	m	1.03	M <sub>2</sub>
7	5.51	4.84	10.35	1.14	m	1.04	M <sub>2</sub>	5.30	4.19	9.49	1.27	m	0.95	M <sub>1</sub>
8	7.09	2.36	9.45	3.01	st	0.95	M <sub>1</sub>	5.16	3.23	8.36	1.60	m	0.84	M <sub>1</sub>
9	5.62	2.29	8.55	1.93	sm	0.86	M <sub>1</sub>	4.61	3.23	7.83	1.43	m	0.78	M <sub>1</sub>
10	4.22	3.09	7.31	1.34	m	0.73	S	3.36	2.25	5.71	1.43	m	0.57	S
2n= 2x= 20= 16m+ 2sm+ 2st+ 1b, 14M <sub>2</sub> + 4M <sub>1</sub> + 2S+ 1b							2n= 2x= 20= 16m+ 2sm+ 2st+ 4b, 12M <sub>2</sub> + 6M <sub>1</sub> + 2S+ 4b							

注 AR. 臂比 PC. 着丝点位置 IRL. 相对长度指数 RS. 相对大小 . 以下表中说明均相同 .

Note AR. Arm ratio PC. Position of centromere IRL. Index of relative length RS. Relative size The explanation in following tables are the same as there in table 2

表 3 高原点地梅 2 个居群的染色体参数和类型

Table 3 The chromosome parameters and types in two populations of *A. zambalensis*

染色体 编号 Chromo- some No.	青海玛沁县昌马河居群 Population of Q analong in Qinghai Maqin county							青海兴海县温泉居群 Population of Wenquan in Qinghai Xinghai county						
	相对长度 Relative length(%)							相对长度 Relative length(%)						
	长臂 Long	短臂 Short	全长 Total	AR	PC	RL	RS	长臂 Long	短臂 Short	全长 Total	AR	PC	RL	RS
1	6.02	5.19	11.21	1.16	m	1.12	M <sub>2</sub>	10.87	3.38	14.25	3.22	st	1.43	L
2	7.06	3.84	10.90	1.84	sm	1.09	M <sub>2</sub>	7.25	5.56	12.80	1.30	m	1.28	L
3	8.10	2.60	10.69	3.12	st	1.07	M <sub>2</sub>	6.64	5.07	11.72	1.31	m	1.17	M <sub>2</sub>
4	5.92	4.67	10.59	1.27	m	1.06	M <sub>2</sub>	6.28	4.83	11.11	1.30	m	1.11	M <sub>2</sub>
5	5.19	5.19	10.38	1.00	m	1.04	M <sub>2</sub>	5.68	4.83	10.51	1.18	m	1.01	M <sub>2</sub>
6	6.75	3.32	10.07	2.03	sm	1.01	M <sub>2</sub>	5.07	4.83	9.90	1.05	m	0.99	M <sub>1</sub>
7	5.19	4.67	9.86	1.11	m	0.98	M <sub>1</sub>	6.64	3.02	9.66	2.20	sm	0.97	M <sub>1</sub>
8	6.02	3.34	9.45	1.76	sm	0.93	M <sub>1</sub>	6.04	2.42	8.45	2.09	sm	0.85	M <sub>1</sub>
9	4.41	4.36	8.77	1.01	m	0.88	M <sub>1</sub>	4.23	1.81	6.04	3.24	sm	0.60	S
10	5.17	2.39	8.10	2.39	sm	0.81	M <sub>1</sub>	3.87	1.69	5.56	2.29	sm	0.56	S
2n= 2x= 20= 10m+ 8sm+ 2st, 12M <sub>2</sub> + 8M <sub>1</sub>							2n= 2x= 20= 10m+ 8sm+ 2st, 4L+ 6M <sub>2</sub> + 6M <sub>1</sub> + 4S							

表 4 雅江点地梅 2 个居群的染色体参数和类型

Table 4 The chromosome parameters and types in two populations of *A. yargonensis*

染色体 编号 Chromo- some No.	青海巴彦喀拉山居群 Population in Bayanharashan of Qinghai							染色体 编号 Chromo- some No.	青海巴彦喀拉山居群 Population in Bayanharashan of Qinghai						
	相对长度 Relative length(%)								相对长度 Relative length(%)						
	长臂 Long	短臂 Short	全长 Total	AR	PC	RL	RS		长臂 Long	短臂 Short	全长 Total	AR	PC	RL	RS
1	3.97	3.31	7.28	1.20	m	1.46	L	11	2.65	2.38	5.03	1.11	m	1.01	M <sub>2</sub>
2	3.58	2.25	5.83	1.59	m	1.17	M <sub>2</sub>	12	2.60	2.23	4.83	1.17	m	0.97	M <sub>1</sub>
3	3.31	2.52	5.84	1.31	m	1.17	M <sub>2</sub>	13	2.65	2.12	4.77	1.25	m	0.95	M <sub>1</sub>
4	2.91	2.81	5.72	1.04	m	1.14	M <sub>2</sub>	14	2.28	2.28	4.56	1.00	m	0.91	M <sub>1</sub>
5	2.86	2.78	5.64	1.03	m	1.13	M <sub>2</sub>	15	2.38	2.17	4.55	1.10	m	0.91	M <sub>1</sub>
6	2.91	2.68	5.59	1.09	m	1.12	M <sub>2</sub>	16	2.60	1.91	4.51	1.36	m	0.90	M <sub>1</sub>
7	3.31	2.09	5.40	1.58	m	1.08	M <sub>2</sub>	17	2.78	1.67	4.45	1.66	m	0.89	M <sub>1</sub>
8	2.78	2.52	5.30	1.10	m	1.06	M <sub>2</sub>	18	2.23	2.01	4.24	1.11	m	0.85	M <sub>1</sub>
9	2.65	2.65	5.30	1.00	m	1.06	M <sub>2</sub>	19	2.73	0.81	3.60	3.14	st	0.72	S
10	2.44	2.44	4.88	1.00	m	0.98	M <sub>2</sub>	20	2.01	0.69	2.70	2.91	sm	0.54	S
2n= 4x= 40= 36m+ 2sm+ 2st, 2L+ 20M <sub>2</sub> + 14M <sub>1</sub> + 4S															
染色体 编号 Chromo- some No.	青海达坂山居群 Population in Dabanshan of Qinghai							染色体 编号 Chromo- some No.	青海达坂山居群 Population in Dabanshan of Qinghai						
	相对长度 Relative length(%)								相对长度 Relative length(%)						
	长臂 Long	短臂 Short	全长 Total	AR	PC	RL	RS		长臂 Long	短臂 Short	全长 Total	AR	PC	RL	RS
1	2.25	2.25	4.49	1.00	m	1.35	L	16	1.97	1.43	3.40	1.38	m	1.02	M <sub>2</sub>
2	2.25	2.25	4.49	1.00	m	1.35	L	17	2.21	1.09	3.31	2.03	sm	1.02	M <sub>2</sub>
3	2.25	1.93	4.17	1.17	m	1.25	L	18	2.57	0.80	3.37	3.21	st	1.01	M <sub>2</sub>
4	2.05	1.93	4.17	1.07	m	1.19	M <sub>2</sub>	19	2.01	1.25	3.26	1.61	m	0.98	M <sub>1</sub>
5	2.28	1.57	3.85	1.45	m	1.16	M <sub>2</sub>	20	1.93	1.22	3.15	1.58	m	0.94	M <sub>1</sub>
6	2.09	1.76	3.85	1.19	m	1.16	M <sub>2</sub>	21	2.31	0.80	3.11	2.89	sm	0.94	M <sub>1</sub>
7	2.28	1.52	3.80	1.50	m	1.14	M <sub>2</sub>	22	1.57	1.51	3.08	1.04	m	0.93	M <sub>1</sub>
8	2.89	0.80	3.69	3.61	st	1.11	M <sub>2</sub>	23	1.78	1.28	3.06	1.39	m	0.92	M <sub>1</sub>
9	2.02	1.67	3.69	1.21	m	1.11	M <sub>2</sub>	24	1.86	1.09	2.95	1.71	sm	0.86	M <sub>1</sub>
10	1.93	1.76	3.69	1.09	m	1.11	M <sub>2</sub>	25	1.44	1.38	2.82	1.04	m	0.85	M <sub>1</sub>
11	2.02	1.64	3.66	1.23	m	1.10	M <sub>2</sub>	26	1.48	1.16	2.63	1.28	m	0.79	M <sub>1</sub>
12	2.57	0.96	3.53	2.68	sm	1.06	M <sub>2</sub>	27	1.28	1.04	2.33	1.23	m	0.70	S
13	1.76	1.76	3.53	1.00	m	1.06	M <sub>2</sub>	28	1.25	0.99	2.25	1.26	m	0.67	S
14	2.25	1.25	3.50	1.80	sm	1.05	M <sub>2</sub>	29	1.04	0.96	2.00	1.08	m	0.60	S
15	1.76	1.72	3.48	1.02	m	1.05	M <sub>2</sub>	30	0.99	0.93	1.93	1.06	m	0.58	S
2n= 6x= 60= 46m+ 10sm+ 4st+ 2b, 6L+ 30M <sub>2</sub> + 16M <sub>1</sub> + 8S+ 2b															

表5 西藏点地梅4个居群的染色体参数和类型

Table 5 The chromosome parameters and types in four populations of *A. mariae*

染色体编号 Chromosome No.	西宁西山湾居群 Population in Xishawan of Xining							染色体编号 Chromosome No.	西宁西山湾居群 Population in Xishawan of Xining						
	相对长度 Relative length(%)								相对长度 Relative length(%)						
	长臂 Long	短臂 Short	全长 Total	AR	PC	RL	RS		长臂 Long	短臂 Short	全长 Total	AR	PC	RL	RS
1	4.45	3.00	7.54	1.51	m	1.36	L	10	2.70	2.66	5.35	1.02	m	0.96	M <sub>1</sub>
2	4.43	2.83	7.20	1.54	m	1.29	L	11	2.91	2.44	5.35	1.19	m	0.96	M <sub>1</sub>
3	3.26	3.08	6.34	1.06	m	1.14	M <sub>2</sub>	12	2.70	2.36	5.06	1.14	m	0.91	M <sub>1</sub>
4	3.00	2.83	5.83	1.06	m	1.05	M <sub>2</sub>	13	2.66	2.40	5.06	1.11	m	0.91	M <sub>1</sub>
5	3.08	2.74	5.82	1.12	m	1.05	M <sub>2</sub>	14	2.83	2.14	4.97	1.32	m	0.89	M <sub>1</sub>
6	3.43	2.31	5.74	1.49	m	1.03	M <sub>2</sub>	15	2.87	2.06	4.93	1.39	m	0.89	M <sub>1</sub>
7	3.17	2.57	5.74	1.23	m	1.03	M <sub>2</sub>	16	2.40	2.40	4.80	1.00	m	0.86	M <sub>1</sub>
8	3.00	2.66	5.66	1.13	m	1.02	M <sub>2</sub>	17	2.40	2.40	4.80	1.00	m	0.86	M <sub>1</sub>
9	3.30	2.10	5.40	1.57	m	0.97	M <sub>1</sub>	18	2.23	2.23	4.46	1.00	m	0.80	M <sub>1</sub>
$2n = 3x = 36 = 36m, 4L + 12M_2 + 20M_1$															
染色体编号 Chromosome No.	西宁西山湾居群 Population in Xishawan of Xining							染色体编号 Chromosome No.	西宁西山湾居群 Population in Xishawan of Xining						
	相对长度 Relative length(%)								相对长度 Relative length(%)						
	长臂 Long	短臂 Short	全长 Total	AR	PC	RL	RS		长臂 Long	短臂 Short	全长 Total	AR	PC	RL	RS
1	2.03	2.03	4.06	1.00	m	1.34	L	7	1.45	1.45	2.90	1.00	m	0.96	M <sub>1</sub>
2	2.05	1.47	3.52	1.40	m	1.16	M <sub>2</sub>	8	1.45	1.45	2.90	1.00	m	0.96	M <sub>1</sub>
3	1.78	1.50	3.28	1.19	m	1.08	M <sub>2</sub>	9	1.43	1.38	2.81	1.04	m	0.93	M <sub>1</sub>
4	1.69	1.40	3.09	1.21	m	1.02	M <sub>2</sub>	10	1.38	1.18	2.56	1.17	m	0.84	M <sub>1</sub>
5	1.52	1.47	2.99	1.03	m	0.99	M <sub>1</sub>	11	1.18	1.18	2.36	1.00	m	0.78	M <sub>1</sub>
6	1.45	1.45	2.90	1.00	m	0.96	M <sub>1</sub>								
$2n = (3x) = 33 = 33m, 3L + 9M_2 + 21M_1$															
染色体编号 Chromosome No.	青海湖居群 Population in Qinghaihu of Xining							染色体编号 Chromosome No.	青海湖居群 Population in Qinghaihu of Xining						
	相对长度 Relative length(%)								相对长度 Relative length(%)						
	长臂 Long	短臂 Short	全长 Total	AR	PC	RL	RS		长臂 Long	短臂 Short	全长 Total	AR	PC	RL	RS
1	7.97	6.07	14.04	1.31	m	1.68	L	7	5.78	1.73	7.51	3.34	st	0.90	M <sub>1</sub>
2	8.90	2.31	11.21	3.85	st	1.34	L	8	3.93	2.66	6.59	1.48	m	0.79	M <sub>1</sub>
3	7.11	3.41	10.51	2.09	sm	1.26	L	9	4.62	1.96	6.59	2.35	sm	0.79	M <sub>1</sub>
4	7.34	3.06	10.40	2.40	sm	1.25	M <sub>2</sub>	10	3.47	2.89	6.36	1.20	m	0.76	M <sub>1</sub>
5	4.97	4.04	9.01	1.23	m	1.08	M <sub>2</sub>	11	2.54	2.08	4.62	1.22	m	0.55	S
6	6.70	2.20	8.90	3.05	st	1.07	M <sub>2</sub>	12	2.43	1.85	4.28	1.31	m	0.51	S
$2n = 2x = 24 = 12m + 6sm + 6st + 4b, 6L + 6M_2 + 8M_1 + 4S + 4b$															
染色体编号 Chromosome No.	青海湖居群 Population in Qinghaihu of Xining							染色体编号 Chromosome No.	青海湖居群 Population in Qinghaihu of Xining						
	相对长度 Relative length(%)								相对长度 Relative length(%)						
	长臂 Long	短臂 Short	全长 Total	AR	PC	RL	RS		长臂 Long	短臂 Short	全长 Total	AR	PC	RL	RS
1	7.32	5.85	13.17	1.25	m	1.45	L	7	6.67	1.99	8.67	3.35	st	0.96	M <sub>1</sub>
2	7.90	4.10	12.00	1.93	sm	1.32	L	8	4.80	3.81	8.61	1.26	m	0.95	M <sub>1</sub>
3	9.37	1.64	11.00	5.71	st	1.21	M <sub>2</sub>	9	4.04	2.87	6.91	1.41	m	0.76	M <sub>1</sub>
4	6.32	4.57	10.89	1.38	m	1.20	M <sub>2</sub>	10	3.10	2.58	5.68	1.20	m	0.63	S
5	6.73	2.87	9.60	2.35	sm	1.06	M <sub>2</sub>	11	2.46	2.22	4.68	1.11	m	0.52	S
6	4.68	4.10	8.78	1.14	m	0.97	M <sub>1</sub>								
$2n = 2x = 22 = 14m (2SA T) + 4sm + 4st, 4L + 6M_2 (2SA T) + 8M_1 + 4S$															

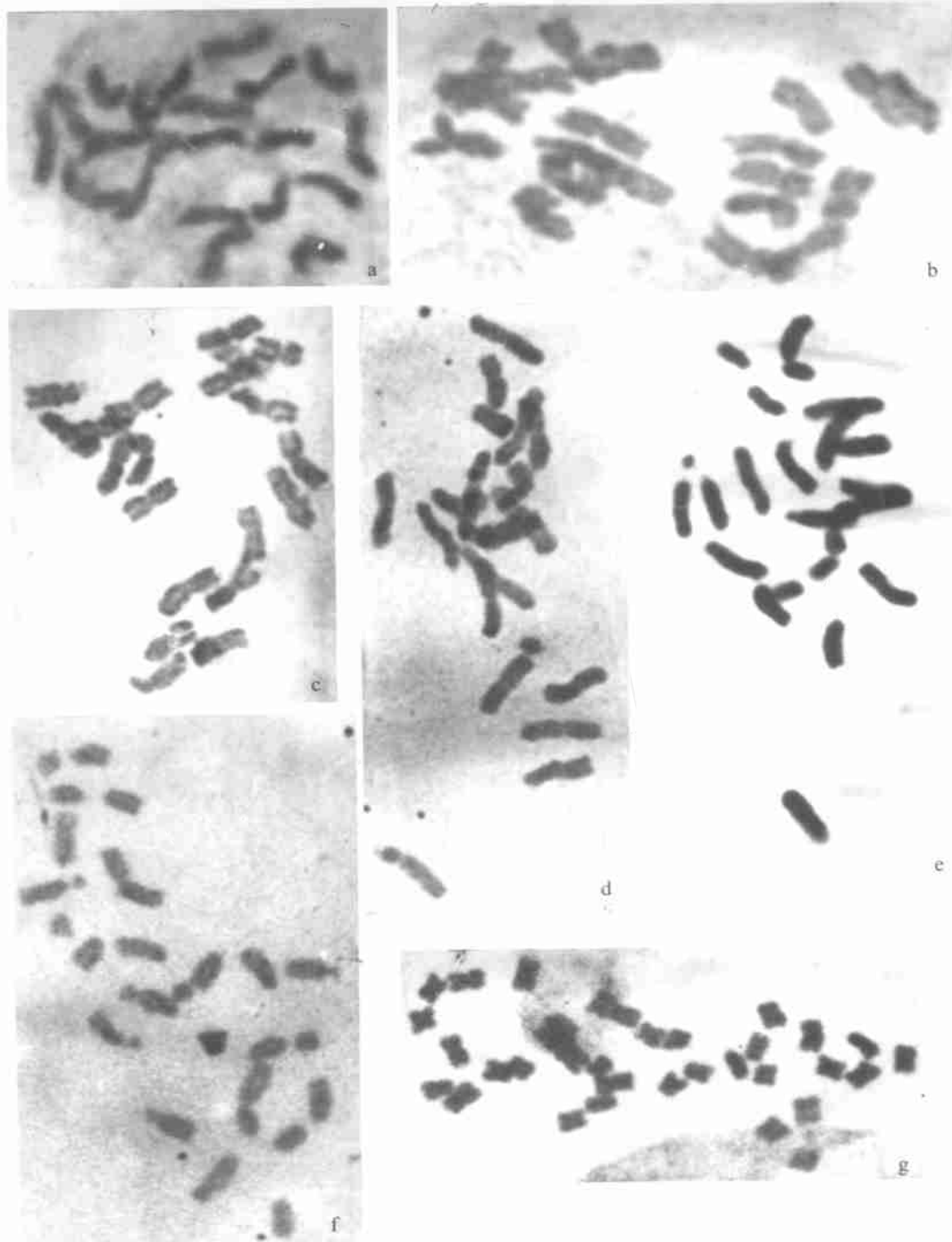


图 1 点地梅、北点地梅、西藏点地梅有丝分裂中期细胞染色体照片

a 点地梅中山植物园居群 b 点地梅江宁居群 c 北点地梅内蒙古锡林郭勒居群 d 北点地梅白音锡勒居群 e 西藏点地梅青海湖盆地  $2n=2x=22$  的细胞型 f 西藏点地梅青海湖盆地  $2n=2x=24$  的细胞型 g 西藏点地梅西宁西山湾  $2n=3x=33$  的细胞型 .

Fig 1 Photophase of mitotic at metaphase of *Androsace um bellata*, *A. septentrionalis* and *A. mariae*

a Zhongshan Botanical Garden population of *A. um bellata* b Jiangning population of *A. um bellata* c Xilin Gol population of *A. septentrionalis* d Bayan Xil population of *A. septentrionalis* e Qinghaihu population of *A. mariae* ( $2n=2x=22$ ) f Qinghaihu population of *A. mariae* ( $2n=2x=24$ ) g Xishanw an population of *A. mariae* ( $2n=3x=33$ )

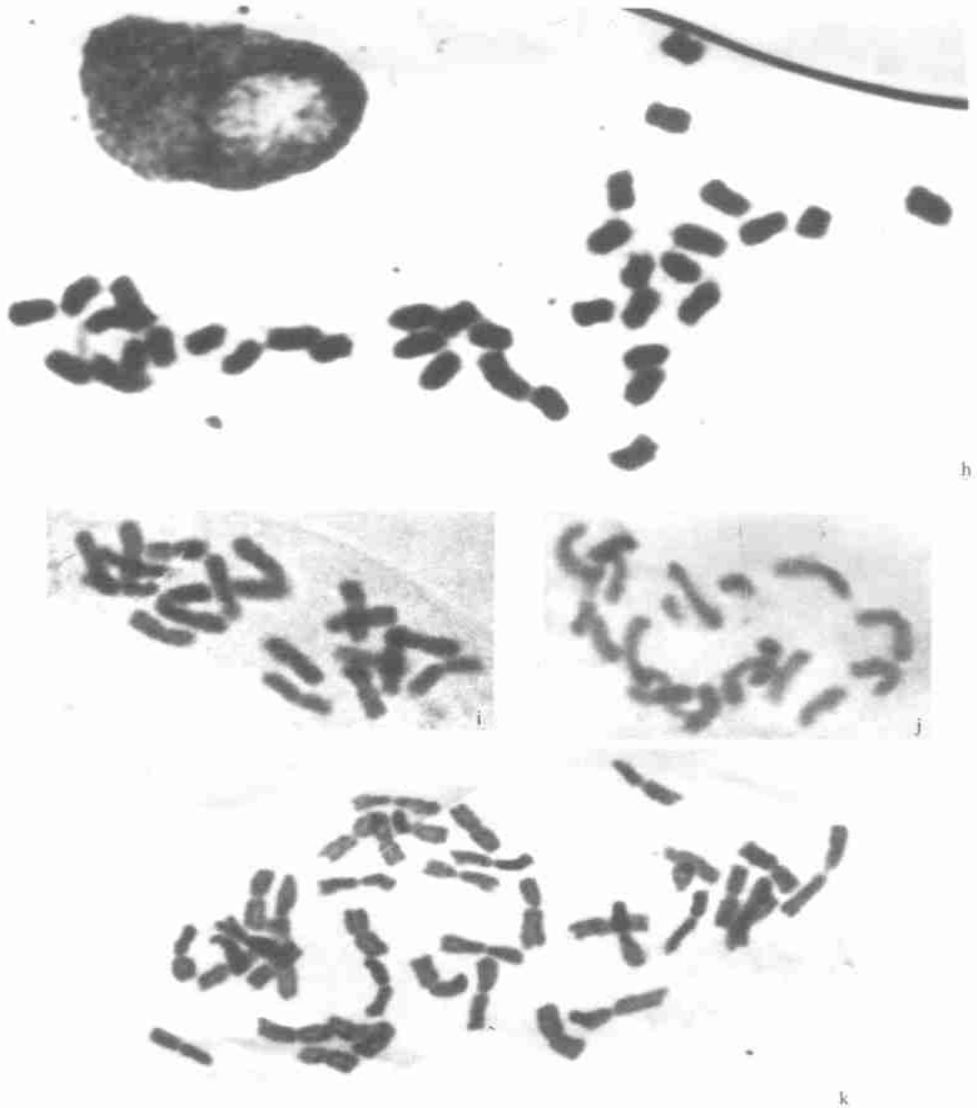


图 2 西藏点地梅、高原点地梅、雅江点地梅有丝分裂中期染色体照片

h. 西藏点地梅西宁西山湾  $2n=3x=36$  的细胞型；i. 高原点地梅昌马河居群；j. 高原点地梅兴海温泉居群；k. 雅江点地梅巴颜喀拉山居群 ( $2n=4x=40$ )。

Fig. 2 Photomicrographs of somatic chromosomes at the mitotic metaphase of some populations in *A. mariae*, *A. zambalensis* and *A. yargonensis*

h. Xishanwan population of *A. mariae* ( $2n=3x=36$ )；i. Qamalong population of *A. zambalensis*；j. Wenquan population of *A. zambalensis*；k. Bayanharashan population of *A. yargonensis* ( $2n=4x=40$ )



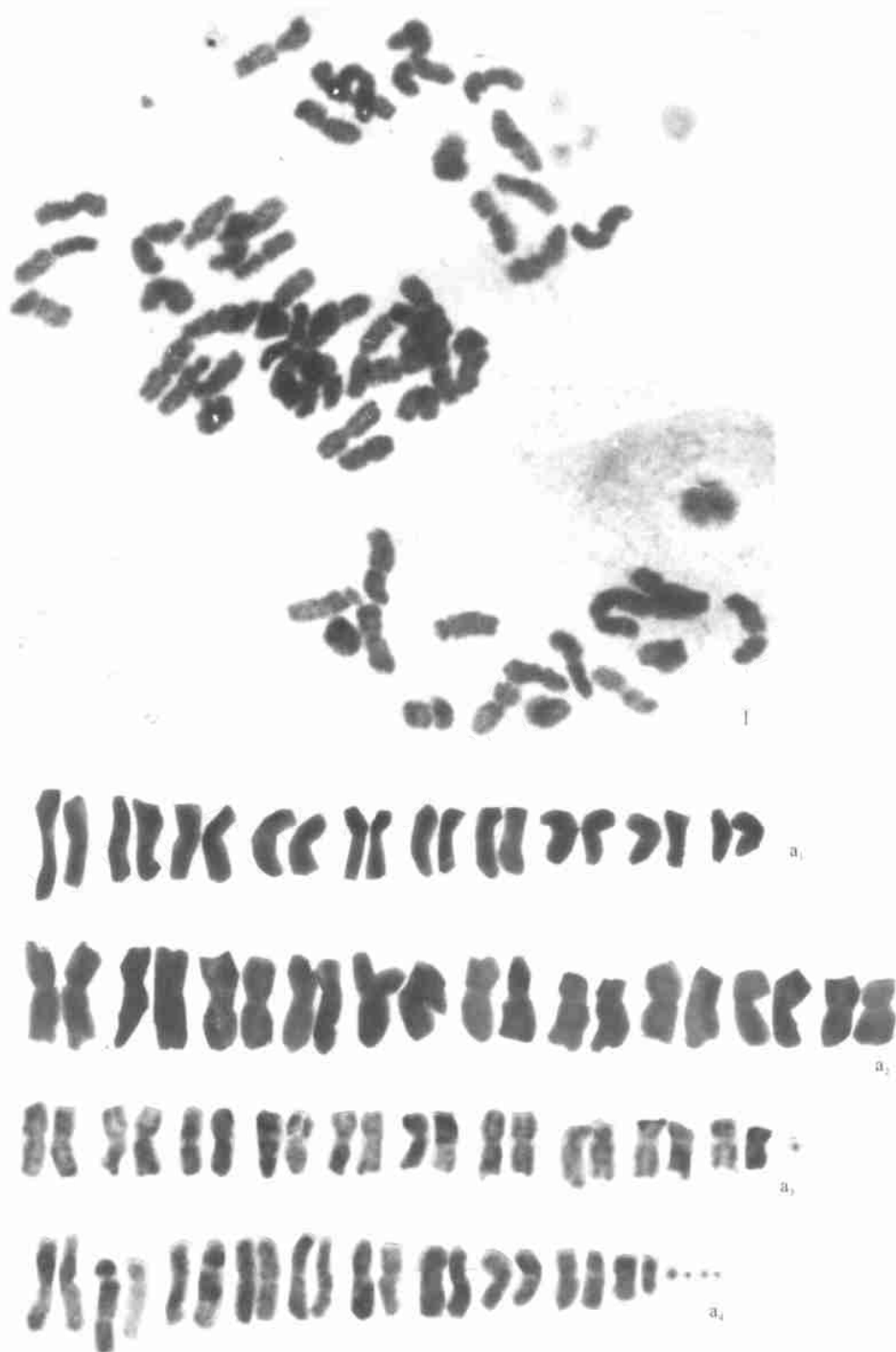


图 3 点地梅属一些居群有丝分裂中期染色体及核型照片

1 雅江点地梅达坂山居群  $2n=6x=60$  细胞型 a<sub>1</sub> 点地梅中山植物园居群的核型 a<sub>2</sub> 点地梅江宁居群核型 a<sub>3</sub> 北点地梅锡林郭勒居群核型 a<sub>4</sub> 北点地梅白音锡勒居群核型

Fig 3 Photomicrographs of somatic chromosomes and karyotypes at mitotic metaphase in some population of *Androsace*  
1 Dabanshan population of *A. yargonensis* ( $2n=6x=60$ ) a<sub>1</sub> Karyotype of *A. unbellata* in Zhongshan Botanical Garden population a<sub>2</sub> Karyotype of *A. unbellata* in Jiangning population a<sub>3</sub> Karyotype of *A. septentrionalis* in Xilin Gol population a<sub>4</sub> Karyotype of *A. septentrionalis* in Bayan Xil population

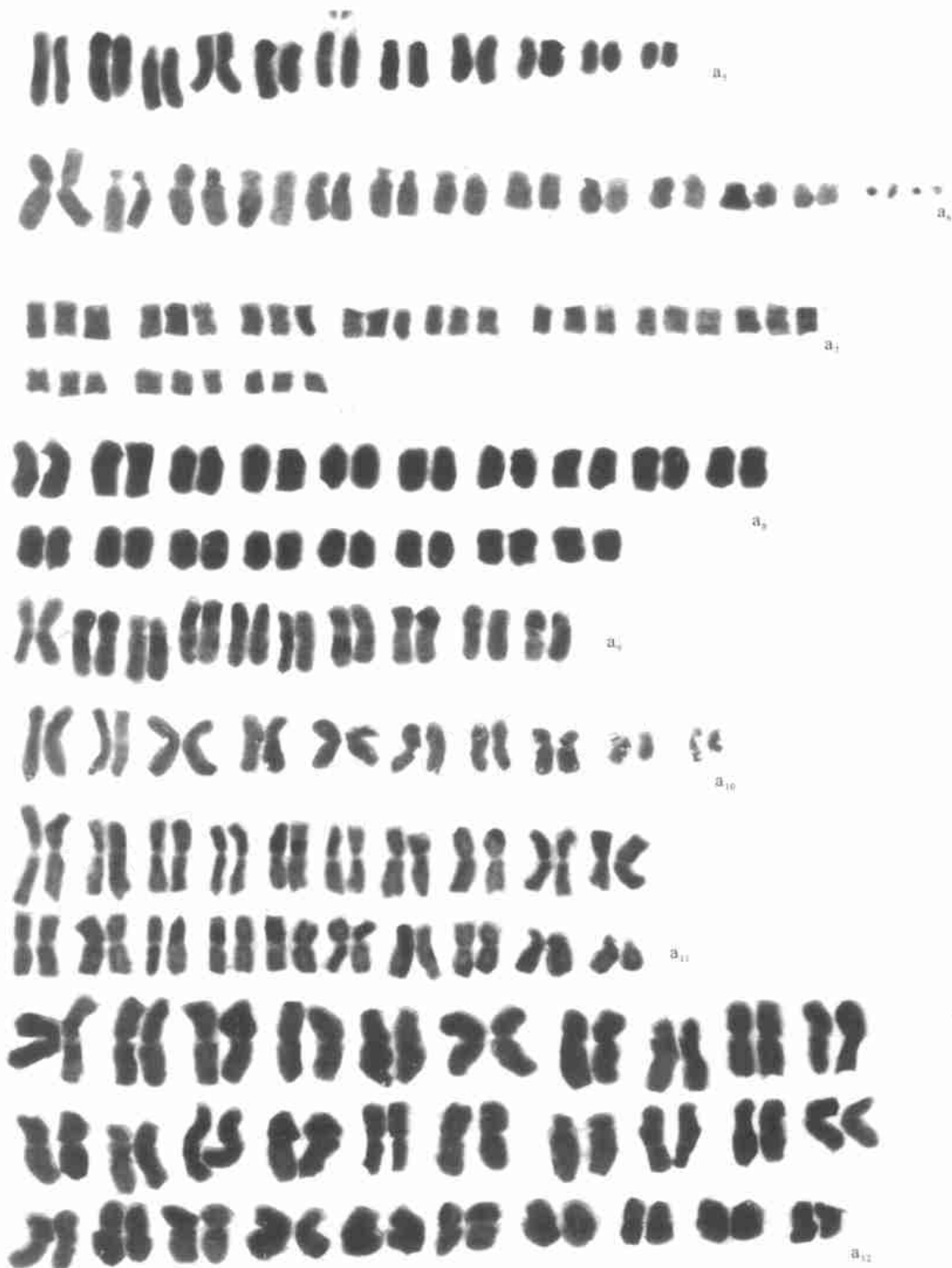


图 4 点地梅属一些居群的核型照片

a<sub>5</sub> 西藏点地梅青海湖居群 2n= 22 的核型照片 a<sub>6</sub> 西藏点地梅青海湖居群 2n= 24 的核型照片 a<sub>7</sub> 西藏点地梅西山湾 2n= 33 的核型照片 a<sub>8</sub> 西藏点地梅西山湾 2n= 36 的核型照片 a<sub>9</sub> 高原点地梅昌马河居群的核型 a<sub>10</sub> 高原点地梅兴海温泉居群的核型 a<sub>11</sub> 雅江点地梅巴颜喀拉山居群的核型(2n= 2x= 40) a<sub>12</sub> 雅江点地梅大通县达坂山居群(2n= 6x= 60)

Fig. 4 Photomicrographs of karyotypes of some populations of *Androsace*

a<sub>5</sub> Karyotype of *A. mariae* in Qinghaihu population (2n= 2x= 22) a<sub>6</sub> Karyotype of *A. mariae* in Qinghaihu population (2n= 2x= 24) ; a<sub>7</sub> Karyotype of *A. mariae* in Xishanwan population (2n= 3x= 33) a<sub>8</sub> Karyotype of *A. mariae* in Xishanwan population (2n= 3x= 36) ; a<sub>9</sub> Karyotype of *A. zambalensis* in Qamalong population a<sub>10</sub> Karyotype of *A. zambalensis* in Wenquan population a<sub>11</sub> Karyotype of *A. yargonensis* in Bayanharashan population(2n= 2x= 40) a<sub>12</sub> Karyotype of *A. yargonensis* in Dabanshan population (2n= 6x= 60)

## 2.1 点地梅 *Androsace umbellata* (Lour.) Merr.

本种为裂叶组 Sect. *Samuelia* 中分布最广(东亚至东南亚)的一年生草本。江苏南京中山植物园和江宁县龙虎山其林门 2 个居群的核型相同,为  $2n=2x=20=18m+2sm$ 。染色体相对大小(长度)组成为  $CRL=2L+6M_2+10M_1+2S$ 。核型属 1A,核型不对称性系数  $AsK\%=55.04\%$  和  $56.71\%$ 。Hsu (1963)<sup>[9]</sup>曾报道在台湾的居群  $n=9(2n=18)$ 。该种核型本文为首次报道。

## 2.2 北点地梅 *A. septentrionalis* L.

该种是点地梅组 Sect. *Androsace* 中分布最广(北纬 36° 以北地区广布)的 1 种。我国内蒙古锡林郭勒和白音锡勒 2 居群的核型基本相同。核型为  $2n=2x=20=16m+2sm+2st+1b$  和  $2n=2x=20=16m+2sm+2st+4b$ 。染色体相对长度组成分别为  $CRL=14M_2+4M_1+2S+1b$  和  $CRL=12M_2+6M_1+2s+4b$ 。核型属 2A 型和 2B 型,核型不对称性系数  $AsK\%=57.65\%$  和  $58.86\%$ 。b 染色体数量并不会影响表现型<sup>[10]</sup>而只会影响表现型的数量性状。两居群染色体相对长度组成的部分差异可能导致核型类型的一定差别。内蒙古植物志(1993 年第二版)<sup>[13]</sup>记载该种染色体数目为  $2n=20$ ,与本文相同,其核型本文为首次报道。

## 2.3 高原点地梅 *A. zambalensis* (Petitm.) Hand - Mazz.

本种是高山组 Sect. *Chamaejasme* 中分布于横断山西部至昆仑山南坡种类。青海玛沁县昌马河与兴海县温泉两居群的核型也基本相同。都为  $2n=2x=20=10m+8sm+2st$ 。但是,染色体相对长度组成有一定差别。前者为中长和中短染色体组成( $CRL=12M_2+8M_1$ ),  $AsK\%=60.35\%$ ,对称性较强,属 2A 型。后者由长(L)、中长( $M_2$ )、中短( $M_1$ )和短(S)染色体组成( $CRL=4L+6M_2+6M_1+4s$ ),  $AsK\%=62.57\%$ ,不对称性较强,核型属 2B 型。

杨永平、武素功(1996)<sup>[11]</sup>曾报道青海可可西里地区南、北两个居群的染色体数目均为  $2n=20$ 。但是,核型也完全不同,而且还存在  $2n=40$  的细胞型(表 6)。

## 2.4 雅江点地梅 *A. yargonensis* Petitm.

本种隶属高山组,广泛分布于横断山脉至青藏高原东北部高寒草甸、湿润河滩、湖盆和高山冰缘砂砾地。巴颜喀拉山居群为四倍体,  $2n=4x=40=36m$

+  $2sm+2st$ 。染色体相对长度组成为  $2L+20M_2+14M_1+4S$ ,核型属 2B,  $AsK\%=55.62\%$ 。祁连山南部大通县达板山居群为 6 倍体,  $2n=6x=60=46m+10sm+4st+2b$ 。染色体相对长度组成为  $6L+30M_2+16M_1+8S+2s$ ,核型也为 2B,核型不对称性系数  $AsK\%=58.31\%$ 。

## 2.5 鳞叶点地梅 *A. squarrosula* Maxim.

本种是高山组中比较耐干旱的类群,主要分布在青藏高原北部高寒草原、干旱山坡或河谷砾石地。巴颜喀拉山居群  $2n=40, 60, 80$ ;鄂拉山居群  $2n=40, 60$ (此 2 居群的根尖细胞制片中,染色体不在同一焦距面上,只能在显微镜下调焦,计数而不能拍到全数染色体照片)。

## 2.6 西藏点地梅 *A. mariae* Kanitz

该种广泛分布于横断山脉西部至青藏高原东部、东北部和内蒙古高原中部,是高山组中形态和毛被等方面有较多变异的多型种。本研究中发现该种存在多种细胞型。青海湖东南湖盆砂砾地(海拔 3250 m)居群中有 2 种二倍体细胞型。一种为  $2n=2x=24=12m+6sm+6st+4b$ ,染色体相对大小组成为  $CRL=6L+6M_2+8M_1+4s+4b$ ,  $AsK\%=65.74\%$ ;另一种为  $2n=2x=22=14m+4sm(2SAT)+4st$ ,染色体相对大小组成为  $4L+6M_2+8M_1(2SAT)+4S$ ,  $AsK\%=63.40\%$ 。两者的核型均属 2B。西宁西山湾阴坡(海拔 2400~2600 m)林间草地居群也有 2 种细胞型。一种为  $2n=3x=36=36m$ ,相对长度组成为  $CRL=4L+12M_2+20M_1$ ,  $AsK\%=54.82\%$ ;另一种为  $2n=3x=33=33m$ ,染色体相对长度组成为  $3L+12M_2+18M_1$ ,  $AsK\%=52.11\%$ ,二者都是三倍体,核型都是对称的 1A 型。

## 3 讨论

### 3.1 点地梅属的染色体基数

从研究、观察、记录的几种点地梅不同居群的染色体数目、核型等资料和已见到的该属染色体资料(表 6),可以看出点地梅属植物细胞染色体数目存在较大的变化。 $2n=18, 20, 22, 24, 33, 36, 40, 60, 80$ 。并且,种间或种内还存在非整倍性变化和多倍化。既有种间异倍体,又有种内异倍体(*A. umbellata*  $2n=18, 20$ ; *A. mariae*  $2n=22, 24, 33, 36$ )。按照在多倍体系列中,二倍体单倍染色体的数目应为该多倍

体类群染色体基数的原则。点地梅属(*Androsace*)的染色体基数应是  $x=9, 10, 11, 12$ 。其中  $x=10$  最为常见。无论在古老原始类群(裂叶组中), 或者在较年轻的特化类群(高山组中), 都有  $x=10$  的基数。并通过非整倍性变化衍生出  $x=9$  或  $x=11, 12$  的类群。

表 6 点地梅属裂叶组、点地梅组和高山组一些种的染色体数目、核型和不对称性资料

Table 6 The chromosome numbers and karyotypic information and asymmetry of some species in Section *Samuelia*, Section *Androsace* and Section *Chamaejasme* of Genus *Androsace*

类群 Taxa	居群 Population	核型公式和染色体大小 Karyotype formula and chromosome size	MAR	L/S	AR > 2 (%)	As K % (%)	类型 Type	出处 Reference
裂叶组 Sect <i>Samuelia</i>								
点地梅 <i>A. umbellata</i>	中山植物园 Bot Gar	$2n(2x) = 20 = 18m + 2sm$ $2L + 6M_2 + 10M_1 + 2S$	1.23	1.89	0	55.04	1A	本文 This paper
	江宁 Jiangning	$2n(2x) = 20 = 18m + 2sm$ $2L + 6M_2 + 10M_1 + 2S$	1.31	1.69	0	56.71	1A	本文 This paper
	台湾 Taiwan	$n = 9$						Hsu, C.C. 1968
点地梅组 Sect <i>Androsace</i>								
北点地梅 <i>A. septentrionalis</i>	锡林郭勒 Xilin Gol	$2n(2x) = 20 = 16m + 2sm + 2st + 1b$ $14M_2 + 4M_1 + 2S + 1b$	1.36	1.62	10	57.65	2A	本文 This paper
	白音锡勒 Bayan Xil	$2n(2x) = 20 = 16m + 2sm + 2st + 4b$ $12M_2 + 6M_1 + 2S + 4b$	1.43	2.19	10	58.86	2B	本文 This paper
东北点地梅 <i>A. filiformis</i>	内蒙古 NeiMongol	$2n = 2x = 20$						内蒙古植物志 Flora Inner Mongolia 1993
大苞点地梅 <i>A. maxima</i>	内蒙古 NeiMongol	$2n = 4x, 6x = 40, 60$						内蒙古植物志 Flora Inner Mongolia 1993
高山组 Sect <i>Chamaejasme</i>								
高原点地梅 <i>A. zambalensis</i>	昌马河 Chamabong	$2n = 2x = 20 = 10m + 8sm + 2st + 12M_2 + 8M_1$	1.52	1.38	30	60.35	2A	本文 This paper
	温泉 Wenquan	$2n = 2x = 20 = 10m + 8sm + 2st + 4L + 6M_2 + 6M_1 + 4S$	1.67	2.52	50	62.57	2B	本文 This paper
	可可西里南部 Hoh Xil S	$2n = 2x = 20 = 8m + 10sm + 2st$						杨永平 Yang Y.P., 1996
	可可西里北部 Hoh Xil N	$2n = 2x = 20 = 6m + 12sm + 2st$ $2n = 4x = 40$						杨永平 Yang Y.P., 1996
雅江点地梅 <i>A. yargonensis</i>	巴颜喀拉山 Bayanharashan	$2n = 4x = 40 = 36m + 2sm + 2st + 2L + 20M_2 + 14M_1 + 4S$	1.25	2.70	10	55.62	2B	本文 This paper
	达坂山 Dabanshan	$2n = 6x = 60 = 46m + 10sm + 4st + 2b$ $6L + 30M_2 + 16M_1 + 8S + 2b$	1.40	2.34	16.7	58.31	2B	本文 This paper
鳞叶点地梅 <i>A. squarrosula</i>	巴颜喀拉山 Bayanharashan	$2n = 4x = 40$ $2n = 6x = 60$						观察记录 Take notes by observed
	青海湖 Qinghaihu	$2n = 2x = 24 = 12m + 6sm + 6st + 4b$ $6L + 6M_2 + 8M_1 + 4S + 4b$	1.92	3.28	42	65.74	2B	本文 This paper
西藏点地梅 <i>A. mariae</i>	青海湖 Qinghaihu	$2n = 2x = 22 = 14m + 4sm (2SAT) + 4st$ $4L + 6M_2 + 8M_1 (2SAT) + 4S$	1.73	2.81	25	63.40	2B	本文 This paper
	西宁西山湾 Xining Xishanwan	$2n = 3x = 36 = 36m$ $4L + 12M_2 + 20M_1$	1.21	1.69	0	54.28	1A	本文 This paper
	西宁西山湾 Xining Xishanwan	$2n = 3x = 33 = 33m$ $3L + 12M_2 + 18M_1$	1.09	1.72	0	52.11	1A	本文 This paper

注 MAR. 平均臂比值 L/S. 最长与最短染色体之比 AR > 2(%). 臂比值大于 2 的染色体所占的百分比 As K%. 核型不对称性系数.

Notes MAR. Mean arm ratio L/S. Ratio of the longest chromosome to the shortest AR > 2(%). Percentage of the chromosome with arm ratio more than 2; As K%. Index of karyotype asymmetry.

### 3.2 点地梅属核型进化机制及其系统关系

通过对表 6 所列各类群核型公式、核型不对称性系数(As K%)和核型分类的比较分析, 我们可以发现点地梅属核型变化主要有三种方式: 染色体或核型不对称性变化、染色体基数多倍化、染色体基数

非整倍性变化。

#### 3.2.1 染色体或核型不对称性变化

在高等植物大多数科内, 原始类群的核型基本上是对称的。在自然界中, 植物染色体或核型进化, 一般是通过染色体的易位或倒位, 使染色体由对称到不对称。此外, 凡

具有不对称核型的植物,在形态上都是专化的,在系统上也应是进化的<sup>[3]</sup>。

比较表 6 中的二倍体种群(点地梅、北点地梅、高原点地梅和西藏点地梅青海湖居群)的核型公式以及能反映核型不对称的各个参数,可以看出点地梅(*A. um bellata*)2 个居群的核型( $2n=18m+2sm$ )都是由对称型的染色体( $m$ )和比较对称型的染色体( $sm$ )构成。反映核型不对称性的平均臂比值MAR、染色体长度比 $L/S$ 和核型不对称性系数 $A_s K\%$ 在二倍体近缘种中都是最小,这都表明该类群的核型最为对称,是比较原始的类型,其核型分类属 1A,也是最原始的类型。这与该种在形态区系和系统分类上属于古老原始的裂叶组是完全符合的。

北点地梅、高原点地梅和西藏点地梅的二倍体类群相比较,它们的核型都是由对称型( $m$ )、较对称型( $sm$ )和较不对称型( $st$ )三种染色体组成。但是,西藏点地梅二倍体核型中有 4~6 条较不对称的染色体( $st$ )。其它 2 种点地梅各只有 2 条较不对称型染色体,而且,西藏点地梅从反应核型不对称性的平均臂比值MAR、染色体长度比 $L/S$ 和核型不对称性系数 $A_s K\%$ 均大于高原点地梅和北点地梅,并且核型分类都属不对称性较强的 2B。因此,在二倍体类群中,西藏点地梅的进化程度应为最高。同样,高原点地梅与北点地梅的核型及不对称性相比较,北点地梅的进化程度应低于高原点地梅。

**3 2 2 染色体基数多倍化** 多倍体是高等植物染色体进化的一种显著特征,多倍化在被子植物的进

化中发挥了重要作用。但多倍体种宗的产生必须要在属内已经经过一定的物种分化形成过程,在二倍体水平上达到一定成熟度,至少有些种在染色体方面已经趋异较远才有可能(Stebbins 1957)<sup>[3]</sup>。因此,点地梅属中,一些多倍体种宗,如雅江点地梅、鳞叶点地梅、西藏点地梅的三倍体以及大苞点地梅等都应是在该属二倍体种的分化达到一定成熟度,染色体趋异较远时才发生的。因此,在系统上,多倍体比二倍体近缘类群应更为进化。事实上,本文研究的点地梅属多倍体类群也都是在第四纪冰期以后才形成并占据高海拔的高原、高山或高纬度寒湿或寒旱的冰缘地带,在区系上很年青,在形态上较特化。

**3 2 3 染色体非整倍性变化** 染色体基数的非整倍性变化也是核型进化的一个重要方面。高等植物在二倍体水平上,有时发生非对应染色体片段相互易位并可能引起着丝点的消失或增加,从而导致染色体数目的减少或增加。基数减小,通常是易位后的 1 条染色体着丝点附近区域的染色体物质在遗传上是惰性的,因而在有丝分裂中失掉这条染色体,基数减 1。点地梅(*A. um bellata*)台湾居群的  $x=9$  基数可能是  $x=10$  的居群通过非整倍性减少而衍生。因失去的 1 条染色体着丝点两侧的遗传物质是惰性的,对表现型影响不大,故在形态上与  $x=10$  的居群差异不大,仍属同一个种的范畴。

西藏点地梅  $2n=22, 24, 33, 36, x=11, 12$  很可能是  $x=10$  的近缘种或其祖先,经过非整倍性变化的同时或以后又发生双二倍化或多倍化的结果。

## 参考文献:

- [1] 陈封怀,胡启明,方云亿,郑朝宗,杨永昌,黄荣福. 中国植物志(第五十九卷第一分册)[M]. 北京: 科学出版社, 1989: 141- 201.
- [2] HU Q M(胡启明), YAN Y CH(杨永昌). A revision of the genus *Androsace* L. in China[J]. *Acta Phytotaxonomica Sinica*(植物分类学报), 1986, 24(2): 108- 120(in Chinese).
- [3] STEBBINS GL. 植物的变异和进化[M]. 复旦大学遗传研究所译. 上海: 上海科技出版社, 1963.
- [4] HANDEL MAZZETTI H. A revision of the chinese species of *Androsace*[J]. *Not Roy. Bot Gard Edinb*, 1927, 15: 259- 298.
- [5] LEVAN A. Nomenclature for centromeric position on chromosomes[J]. *Hedwigia*, 1964, 52: 201- 202.
- [6] LIM X(李懋学), CHEN R Y(陈瑞阳). A suggestion on the standardization of karyotype analysis in plants[J]. *Journal of Wuhan Botanical Research*(武汉植物学研究), 1985, 3(4): 297- 320(in Chinese).
- [7] STEBBINS GL. Chromosome evolution in higher plants[M]. London: Edward Arnold Ltd., 1971.
- [8] ARANO H. Cytological studies in subfamily Carduoideae (Compositae) of Japan[J]. *Bot Mag. (Tokyo)*, 1963, 76: 32- 39.
- [9] HSU C C. Preliminary chromosome studies on the vascular plants of Taiwan(1)[J]. *Taiwania*, 1968, 14: 11- 27.
- [10] GU ZH J(顾志建). Study on the origin of chromosome of *Paris cronguistii*[J]. *Acta Botanica Yunnanica*(云南植物研究), 1988, 10(1): 27- 32(in Chinese).
- [11] 杨永平, 武素功. 可可西里植物的细胞学研究[A]. 武素功, 冯祚建主编. 青海可可西里地区生物与人体生理[C]. 北京: 科学出版社, 1996: 6- 16.
- [12] DEWET J M J. 多倍体的起源[A]. 路易斯 W H 主编. 多倍性在植物和动物中的地位[C]. 鲍文奎, 李显文, 孙勇等译校. 贵阳: 贵州人民出版社, 1984: 3- 9.
- [13] 马毓泉主编. 内蒙古植物志(第二版, 第四卷)[M]. 呼和浩特: 内蒙古人民出版社, 1993: 38- 43.