

锦鸡儿属植物 14 个种类的核型*

周其兴¹ 杨永平¹ 张明理^{1,2**}

(1. 中国科学院昆明植物研究所, 昆明 650204)

(2. 中国科学院植物研究所, 北京 100093)

摘 要 报道了锦鸡儿属 *Caragana* 14 种的核型, 体细胞中期染色体的核型分别为: (1) 柠条 *Caragana korshinskii* Kom. $2n=16=9m+7sm$; (2) 印度锦鸡儿 *C. gerardiana* Royle $2n=16=12m+4sm$; (3) 锦鸡儿 *C. sinica* (Buc'hoz) Rehd. $2n=24=15m+9sm$; (4) 狭叶锦鸡儿 *C. stenophylla* Pojark $2n=32=21m+10sm+1st$; (5) 短脚锦鸡儿 *C. brachypoda* Pojark. $2n=16=8m+5sm+3st$; (6) 云南锦鸡儿 *C. franchetiana* Kom. $2n=16=13m+2sm+1st$; (7) 甘蒙锦鸡儿 *C. opulens* Kom. $2n=16+1B=8m+7sm+1st+1B$; (8) 刺叶锦鸡儿 *C. Acanthophylla* Pojark. $2n=16=12m+4sm$; (9) 红花锦鸡儿 *C. rosea* Maxim. $2n=16=10m+6sm$; (10) 扁刺锦鸡儿 *C. boisi* Schneid. $2n=16=11m+4sm+1st$; (11) 二色锦鸡儿 *C. bicolor* Kom. $2n=16+1B=10m+6sm+1B$; (12) 川西锦鸡儿 *C. erinacea* Kom. $2n=16=12m+3sm+1st$; (13) 粗刺锦鸡儿 *C. crassisipina* Marq. $2n=16=10m+6sm$; (14) 树锦鸡儿 *C. arborescens* Lam. $2n=16+1B=10m+6sm+1B$ 。其中短脚锦鸡儿、云南锦鸡儿、红花锦鸡儿、扁刺锦鸡儿、二色锦鸡儿、粗刺锦鸡儿的核型为首次报道。

关键词 锦鸡儿属; 染色体; 核型分析

KARYOTYPES OF FOURTEEN SPECIES IN CARAGANA

ZHOU Qi-xing¹ YANG Yong-ping¹ ZHANG Ming-li^{1,2**}

(1. Kunming Institute of Botany, the Chinese Academy of Sciences, Kunming 650204)

(2. Institute of Botany, the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093)

Abstract The karyotypes of 14 species in *Caragana* were analyzed in this paper. The karyotypes are given as follows: (1) *Caragana korshinskii* Kom. $2n=16=9m+7sm$; (2) *C. gerardiana* Royle $2n=16=12m+4sm$; (3) *C. sinica* (Buc'hoz) Rehd. $2n=24=15m+9sm$; (4) *C. stenophylla* Pojark. $2n=32=21m+10sm+1st$; (5) *C. brachypoda* Pojark. $2n=16=8m+5sm+3st$; (6) *C. franchetiana* Kom. $2n=16=13m+2sm+1st$; (7) *C. opulens* Kom. $2n=16+1B=8m+7sm+1st+1B$; (8) *C. acanthophylla* Pojark $2n=16=12m+4sm$; (9) *C. rosea* Maxim. $2n=16=10m+6sm$; (10) *C. boisi* Schneid. $2n=16=11m+4sm+1st$; (11) *C. bicolor* Kom. $2n=16+1B=10m+6sm+1B$; (12) *C. erinacea* Kom. $2n=16=12m+3sm+1st$; (13) *C. crassisipina* Marq. $2n=16=10m+6sm$; (14) *C. arborescens* Lam. $2n=16+1B=10m+6sm+1B$. And the karyotypes of

* 国家自然科学基金资助项目 (No. 49971006, 39370049)

第一作者简介: 周其兴 (1970-), 男, 博士, 主要从事植物系统学和实验分子生物学研究。

收稿日期: 2002-03-11

** 通讯作者

C. brachypoda, *C. franchetianc*, *C. rosea*, *C. boisi*, *C. bicolor*, *C. crassispina* are reported here for the first time.

Key words *Caragana*; chromosomes; karyotypic analysis

锦鸡儿属 *Caragana* 共约 72 种, 中国约 60 种^[1]。该属是典型的温带亚洲分布属。我国东北、西北、西南和东部均见分布。已有不少学者对该属进行了形态分类、孢粉学以及植物地理学研究^[2~7]。关于本属的细胞学研究也有一些报道。Moore^[8]曾报道了本属 17 种植物的染色体数目; Mu et Shue^[9]研究报道了本属 2 种的染色体数目; 张寿洲等^[10]报道了该属八种的染色体数目; 顾志建等^[11]报道了锦鸡儿属 2 种的核形态结构; 张寿洲^[12]还对锦鸡儿属和近缘属的一些植物进行了细胞分类学研究。上述研究基本确定了该属植物染色体基数为 $x = 8$, 在倍性上也有较丰富的变化。

本文作为锦鸡儿属核型的进一步研究, 以期为该属的分类系统、种系发生关系等提供证据。

1 材料和方法

本文报道的 14 种锦鸡儿属植物的实验材料来源见表 1。取新生根尖用 0.1% 的秋水仙素溶液于室温下处理 2 hr。3:1 的 95% 乙醇:冰乙酸于冰水中固定 30 min。1:1 的 45% 冰乙酸:1mol/L 盐酸在 60℃ 下解离 30 s, 1% 的醋酸地衣红染色和压片。体细胞分裂中期染色体, 因较难进行同源配对, 故染色体分类参照 Leven *et al.*^[13] 的标准, 核型不对称性按照 Stebbins^[14] 的分类标准。

表 1 锦鸡儿属实验材料来源

Table 1 Origin of materials

种类 Taxon	材料来源 Localities	凭证标本 Vouchers
柠条 <i>Caragana korshinskii</i> Kom.	宁夏中卫沙坡头 Zhongwei, Ningxia	张秀伏 Zhang X F, LZD
印度锦鸡儿 <i>C. gerardiana</i> Royle	宁夏中卫沙坡头 Zhongwei, Ningxia	张秀伏 Zhang X F, LZD
锦鸡儿 <i>C. sinica</i> (Buc'hoz) Rehd	云南昆明植物园 Kunming, Yunnan	杨永平 Yang Y P, 92003, KUN
狭叶锦鸡儿 <i>C. stenophylla</i> Pojark.	宁夏中卫沙坡头 Zhongwei, Ningxia	张秀伏 Zhang X F, LZD
短脚锦鸡儿 <i>C. brachypoda</i> Pojark.	宁夏中卫沙坡头 Zhongwei, Ningxia	张秀伏 Zhang X F, LZD
云南锦鸡儿 <i>C. franchetiana</i> Kom.	云南昆明植物园 Kunming, Yunnan	杨永平 Yang Y P, 92004, KUN
甘蒙锦鸡儿 <i>C. opulens</i> Kom.	宁夏中卫沙坡头 Zhongwei, Ningxia	张秀伏 Zhang X F, LZD
刺叶锦鸡儿 <i>C. acanthophylla</i> Pojark.	宁夏中卫沙坡头 Zhongwei, Ningxia	张秀伏 Zhang X F, LZD
红花锦鸡儿 <i>C. rosea</i> Maxim.	山西曲沃 Quwo, Shanxi	常朝阳 Chang C Y, 94006, WUG
扁刺锦鸡儿 <i>C. boisi</i> Schneid.	四川理县 Lixian, Sichuan	张明理, 常朝阳 Zhang M L et Chang C Y, 94158, WUG
二色锦鸡儿 <i>C. bicolor</i> Kom.	西藏林芝 Linzhi, Xizang	郑维列 Zheng W L, XZA
川西锦鸡儿 <i>C. erinacea</i> Kom.	西藏曲水 Qushui, Xizang	张明理, 张寿洲 Zhang M L et Zhang S Z, 94098, WUG
粗刺锦鸡儿 <i>C. crassispina</i> Marq.	西藏普朗 Pulang, Xizang	郑维列 Zheng W L, XZA
树锦鸡儿 <i>C. arborescens</i> Lam.	黑龙江哈尔滨 Harbin, Heilongjiang	冯玉龙 Feng Y L, 94005, NEFI

2 结果与讨论

本文对锦鸡儿属 14 种植物进行了核型分析, 结果表明锦鸡儿属染色体基数为 $x = 8$ 。14 种植物的核型分析结果报道如下:

(1) 柠条 *C. korshinskii* Kom. $2n = 16 = 9m + 7sm$; 中期染色体中, 第 4, 5, 8, 10, 11, 13, 14, 15, 16 等 9 条为中部着丝点染色体, 其余 7 条为亚中部着

丝点染色体(图版 I:A; 图版 II:A)。染色体长度比为 1.43, 核型不对称性属于 2A 型。张寿洲^[12]对本种的研究结果为 $2n = 8m(2SAT) + 8sm$, 其中 2 条 m 染色体具有随体。这与我们的结果比较接近。

(2) 印度锦鸡儿 *C. gerardiana* Royle $2n = 16 = 12m + 4sm$; 中期染色体由 12 条中部着丝点染色体和 4 条亚中部着丝点染色体组成(图版 I:B; 图版 II:B)。其中, 第 1, 2, 9, 14 等 4 条为亚中部着丝

点染色体,其余 12 条为中部着丝点染色体。染色体长度比为 1.60,核型不对称性属于 2A 型。顾志建等^[11]报道了本种的核型 $2n = 16 + 2B = 14m + 2sm + 2B$,核型不对称型为 1A 型。我们的没有观察到该种具有 B 染色体,这与顾志建等的结果有一定的差异。由于 B 染色体的发生频率同地理分布及植物的生境密切相关,其大小和数目在不同居群,甚至不同个体之间都可能不同(洪德元,1990)。我们估计这种差异可能同植物采集地点不同有关。

(3)锦鸡儿 *C. sinica* (Buc'hoz) Rehd. $2n = 24 = 15m + 9sm$;为三倍体。中期染色体由 15 条中部着丝点染色体和 9 条亚中部着丝点染色体组成(图版 I:C;图版 II:M)。其中第 1,4,6,10,12,13,14,19,21 等 9 条为亚中部着丝点染色体,其余 15 条为中部着丝点染色体。染色体长度比为 2.33,核型不对称性属于 2B 型。Moore^[8]报道了其染色体数目为 $2n = 24$,和我们观察的结果一致,证明该种为三倍体无疑。

(4)狭叶锦鸡儿 *C. stenophylla* Pojark. $2n = 32 = 21m + 10sm + 1st$;为四倍体。中期染色体由 21 条中部着丝点染色体、10 条亚中部着丝点染色体和 1 条亚端部着丝点染色体(第 19 号染色体)组成(图版 I:D;图版 II:N)。染色体长度比为 2.27,核型不对称性属于 2B 型。张寿洲^[10]的结果($2n = 32$)与我们的很接近,略有不同的是,其核型不对称性为 2A 型。

(5)短脚锦鸡儿 *C. brachypoda* Pojark. $2n = 16 = 8m + 5sm + 3st$;中期染色体由 8 条中部着丝点染色体、5 条亚中部着丝点染色体(第 5,7,11,13,16 号染色体)和 3 条亚端部着丝点染色体(第 1,6,12 号染色体)组成(图版 I:E;图版 II:C)。染色体长度比为 2.53,核型不对称性属于 2B 型。本种的核型为首次报道。

(6)云南锦鸡儿 *C. franchetiana* Kom. $2n = 16 = 13m + 2sm + 1st$;中期染色体由 13 条中部着丝点染色体、2 条亚中部着丝点染色体(第 8 和第 10 号染色体)和 1 条亚端部着丝点染色体(第 1 号染色体)组成(图版 I:F;图版 II:D)。染色体长度比为 1.77,核型不对称性属于 2A 型。朱相云^[15]报道了该种的染色体数目为 $2n = 32$,为四倍体。本种的核型为首次报道。

(7)甘蒙锦鸡儿 *C. opulens* Kom. $2n = 16 + 1B = 8m + 7sm + 1st + 1B$;中期染色体由 8 条中部着丝点染色体、7 条亚中部着丝点染色体(第 1,2,

3,6,7,9,10 等 7 条染色体)和 1 条亚端部着丝点染色体(第 14 号染色体)组成(图版 I:G;图版 II:E)。另外具有 1 条 B 染色体。染色体长度比为 1.98,核型不对称性属于 2A 型。同张寿洲^[10]的结果($2n = 16 = 10m + 6sm$)有一些不同,如我们另外还观察到该种具有 1 个明显 B 的染色体,中期染色体中有 1 条 st 染色体。

(8)刺叶锦鸡儿 *C. acanthophylla* Pojark. $2n = 16 = 12m + 4sm$;中期染色体由 12 条中部着丝点染色体和 4 条亚中部着丝点染色体(第 1,3,5,6 号染色体)组成(图版 I:H;图版 II:F)。染色体长度比为 1.39,核型不对称性属于 2A 型。本种的研究结果与张寿洲^[12]的结果($2n = 16 = 10m(2SAT) + 6sm$, 2A 型)比较一致。

(9)红花锦鸡儿 *C. rosea* Maxim. $2n = 16 = 10m + 6sm$;中期染色体由 10 条中部着丝点染色体和 6 条亚中部着丝点染色体(第 3,4,6,11,13,15 等 6 条染色体)组成(图版 I:I;图版 II:G)。染色体长度比为 1.50,核型不对称性属于 2A 型。Moore(1962)报道了其染色体数目为 $2n = 16$ 。但本文的核型分析为首次。

(10)扁刺锦鸡儿 *C. boisi* Schneid. $2n = 16 = 11m + 4sm + 1st$;中期染色体由 11 条中部着丝点染色体、4 条亚中部着丝点染色体(第 1,8,11,15 号染色体)和 1 条亚端部着丝点染色体(第 6 号染色体)组成(图版 I:J;图版 II:H)。染色体长度比为 2.00,核型不对称性属于 2B 型。本种的核型为首次报道。

(11)二色锦鸡儿 *C. bicolor* Kom. $2n = 16 + 1B = 10m + 6sm + 1B$;中期染色体由 10 条中部着丝点染色体和 6 条亚中部着丝点染色体(第 1,5,8,10,12,15 等 6 条染色体)组成(图版 I:K;图版 II:I)。具有 1 条 B 染色体。染色体长度比为 1.67,核型不对称性属于 2A 型。Li^[16]报道了本种染色体数目为 $2n = 16$ 。核型分析为首次。

(12)川西锦鸡儿 *C. erinacea* Kom. $2n = 16 = 12m + 3sm + 1st$;中期染色体由 12 条中部着丝点染色体、3 条亚中部着丝点染色体(第 1,5,16 号染色体)和 1 条亚端部着丝点染色体(第 8 号染色体)组成(图版 I:L;图版 II:J)。染色体长度比为 1.64,核型不对称性属于 2A 型。张寿洲^[12]研究发现本种有四倍体($2n = 32$)类型,这可能反映出该种在种内也出现了多倍化。

(13)粗刺锦鸡儿 *C. crassisipina* Marq. $2n =$

16 = 10m + 6sm; 中期染色体由 10 条中部着丝点染色体和 6 条亚中部着丝点染色体(第 1, 4, 5, 7, 13, 14 号染色体)组成(图版 I: M; 图版 II: L)。染色体长度比为 1.90, 核型不对称性属于 2A 型。本种的核型为首次报道。

(14) 树锦鸡儿 *C. arborescens* Lam. $2n = 16 + 1B = 10m + 6sm + 1B$ 。中期染色体由 10 条中部着丝点染色体和 6 条亚中部着丝点染色体(第 1, 5, 6, 7, 8, 14 号染色体)组成(图版 I: N; 图版 II: K)。具有 1 条 B 染色体。染色体长度比为 2.40, 核型不对称性属于 2B 型。张寿洲^[12]的结果($2n = 16 = 8m(2SAT) + 8sm$)与我们的结果也有差异, 他没有观察到 B 染色体结构, 核型不对称性为 2A 型。

根据上述核型分析结果, 锦鸡儿属的这 14 种植物核型大致有以下几类: (1) 具有 st 染色体的。如短脚锦鸡儿(3st)、狭叶锦鸡儿(1st)、云南锦鸡儿(1st)、甘蒙锦鸡儿(1st)、扁刺锦鸡儿(1st)和川西锦鸡儿(1st)。(2) 具有 B 染色体的。如甘蒙锦鸡儿、二色锦鸡儿和树锦鸡儿。(3) 不具 st 染色体和 B 染色体的。此外, 从染色体倍性上看, 该属植物除二倍体外, 还有四倍体、三倍体等多倍体。由此可见, 锦鸡儿属的核型变异比较丰富。

B 染色体, 即超数染色体, 可能由具随体的染色体在次缢痕处发生断裂而成^[17]。植物具有 B 染色体, 也在一定程度上反映了植物的进化信息。本文在甘蒙锦鸡儿、二色锦鸡儿和树锦鸡儿中观察到 B 染色体, 可能表明这些植物的遗传变异更为活跃。

根据 Stebbins^[14]的核型进化观点, 核型进化趋势为由对称核型向不对称核型演化。本文观察的 14 种锦鸡儿属植物有 2 类, 即 2A 型或 2B 型, 本文中除了锦鸡儿、树锦鸡儿、扁刺锦鸡儿和短脚锦鸡儿 4 种为 2B 型外, 其余 10 种均为 2A 型。2A 核型较为对称, 因而较为原始, 2B 核型较不对称, 因而较为进化。从倍性上, 二倍体种相对较原始, 四倍体植物一般由二倍体植物加倍形成, 因而比较进化。14 种锦鸡儿植物, 12 种为二倍体。狭叶锦鸡儿为 4 倍体, 显然是较为演化的种类。锦鸡儿为三倍体种, 一般被认为是 *C. microphylla* 与 *C. rosea* 的杂交种^[8], 其核型不对称性也属于 2B 型, 也无疑是进化的类群。

总之, 从以上 14 种植物的核型上分析, 它们与一般的形态演化没有严格的相关对应性^[1, 8], 但染色体核型特别是染色体数目却支持和佐证了锦鸡

儿属内的演化趋势^[8], 本文的研究则进一步补充了染色体核型资料, 以资深入讨论属的进化问题。

致谢 承蒙张秀伏、常朝阳、郑维列、冯玉龙诸先生提供实验材料; 本文在撰写和修改过程中, 得到了顾志建研究员的指导, 特此致谢!

参 考 文 献

1. Zhang M L (张明理). A reconstructing phylogeny in *Caragana* (Fabaceae). *Acta Bot Yunnan* (云南植物研究), 1997, 19 (4): 331~341
2. Komarov V L. Generic *Caragana* monographia. *Acta Horti Petrop*, 1908, 29 (2): 177~388
3. Pojarkova A I. *Caragana*, In: *Flora of USSR*, 1945, 11: 327~368
4. Zhao Y Z (赵一之). Taxonomical study of the genus *Caragana* from China. *Acta Sci Nat Univ NeiMengu* (内蒙古大学学报), 1993, 24 (6): 631~653
5. Zhang M L (张明理), Tian X Y (田希娅), Ning J C (宁建长). Pollen morphology and its taxonomic significance of *Caragana* Fabr. (Fabaceae) from China. *Acta Phytotax Sin* (植物分类学报), 1996, 34 (4): 397~409
6. Zhang M L (张明理), Wang C R (王常如). Phenetic, cladistic and biogeographic studies on the genus *Caragana* in Qinling mountain and the Loess plateau. *Acta Bot Yunnan* (云南植物研究), 1993, 15 (4): 332~338
7. Liu Y X (刘瑛心). *Caragana*. In: *Flora Reip Pop Sin*. Beijing: Science Press. 1993, 42 (1): 13~67
8. Moore R J. Chromosome numbers and phylogeny in *Caragana* (Leguminosae). *Can Jour Bot*, 1968, 46: 1513~1522
9. Mu, S M and shue L R. Chromosome number reports, Lxxxix. *Toxon*, 1985, 34 (4): 728
10. Zhang S Z (张寿洲). A preliminary report on the chromosome of the genus *Caragana* in Nei Mongol. *Acta Sci Nat Univ NeiMengu* (内蒙古大学学报), 1988, 19 (3): 552~553
11. Gu Z J (顾志建), Wang L (王丽), Sun H (孙航) *et al.*. A cytological study of some plants from Qinghai - Xizang plateau. *Acta Bot Yunnan* (云南植物研究), 1993, 15 (4): 377~384
12. Zhang S Z (张寿洲). Cytotaxonomy study of *Caragana* Fabr. And its affinity. Master Thesis, Huhohot: NeiMengu University, 1989
13. Levan A, Fredga K and Sanberg A A. Nomenclature for the centromeric position on chromosomes. *Hereditas*, 1964, 52: 201~220
14. Stebbins G L. Chromosomal evolution in higher plants. London: Edward Arnold, 1971, 87~90

15. Zhu X Y (朱相云). A preliminary report on the chromosomes of several legume species in Xizang (Tibet). Reports and abstracts, presented at the 60th anniversary of the Botanical Society of China. Beijing: Chinese Science and Technology Press. 1993, 158
16. Li S. Chromosome number report. Int. Organ. PL Biosyst Newslett, 1988, 10: 11
17. Gu Z J (顾志建). Study on the origin of B-chromosome of *Paris cronguistii*. Acta Bot Yunnan (云南植物研究), 1988, 10 (1): 27~32

图 版 说 明

Explanation of plates

图版 I 锦鸡儿属 14 种的中期染色体

A: 柠条; B: 印度锦鸡儿; C: 锦鸡儿; D: 狭叶锦鸡儿; E: 短脚锦鸡儿; F: 云南锦鸡儿; G: 甘蒙锦鸡儿; H: 刺叶锦鸡儿; I: 红花锦鸡儿; J: 扁刺锦鸡儿; K: 二色锦鸡儿; L: 川西锦鸡儿; M: 粗刺锦鸡儿; N: 树锦鸡儿

图版 II 锦鸡儿属 14 种的核型图

A: 柠条; B: 印度锦鸡儿; C: 短脚锦鸡儿; D: 云南锦鸡儿; E: 甘蒙锦鸡儿; F: 刺叶锦鸡儿; G: 红花锦

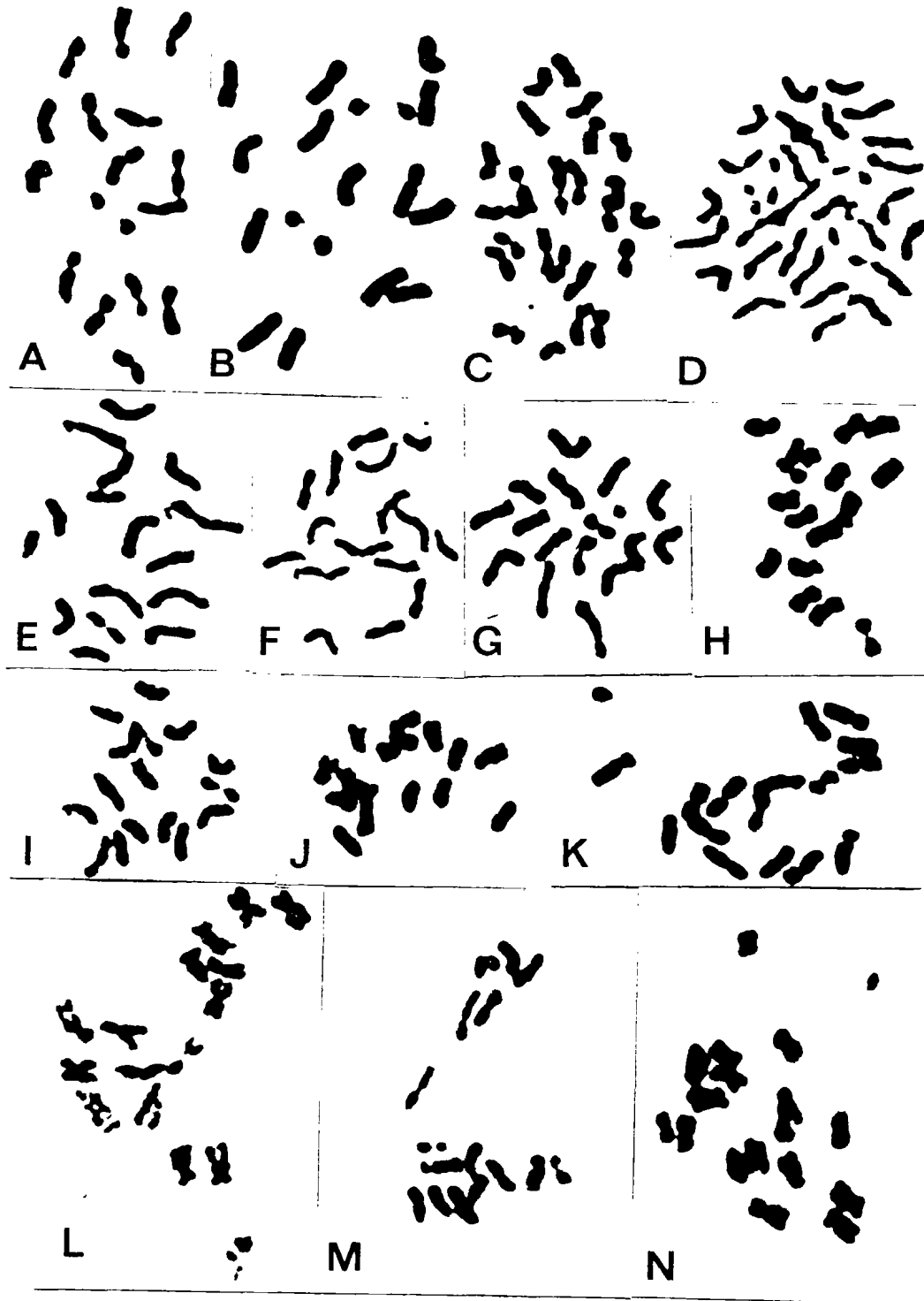
鸡儿; H: 扁刺锦鸡儿; I: 二色锦鸡儿; J: 川西锦鸡儿; K: 粗刺锦鸡儿; L: 树锦鸡儿; M: 锦鸡儿; N: 狭叶锦鸡儿

Plate I The chromosomes of 14 species in *Caragana*

A: *C. korshinskii* Kom. B: *C. gerardiana* Royle C: *C. sinica* (Buc' hoz) Redh. D: *C. stenophylla* Pojark. E: *C. brachypoda* Pojark. F: *C. franchetiana* Kom. G: *C. opulens* Kom. H: *C. acanthophylla* Pojark. I: *C. rosea* Maxim. J: *C. boisi* Schneid. K: *C. bicolor* Kom. L: *C. erinacea* Kom. M: *C. crassispina* Marq. N: *C. arborescens* Lam.

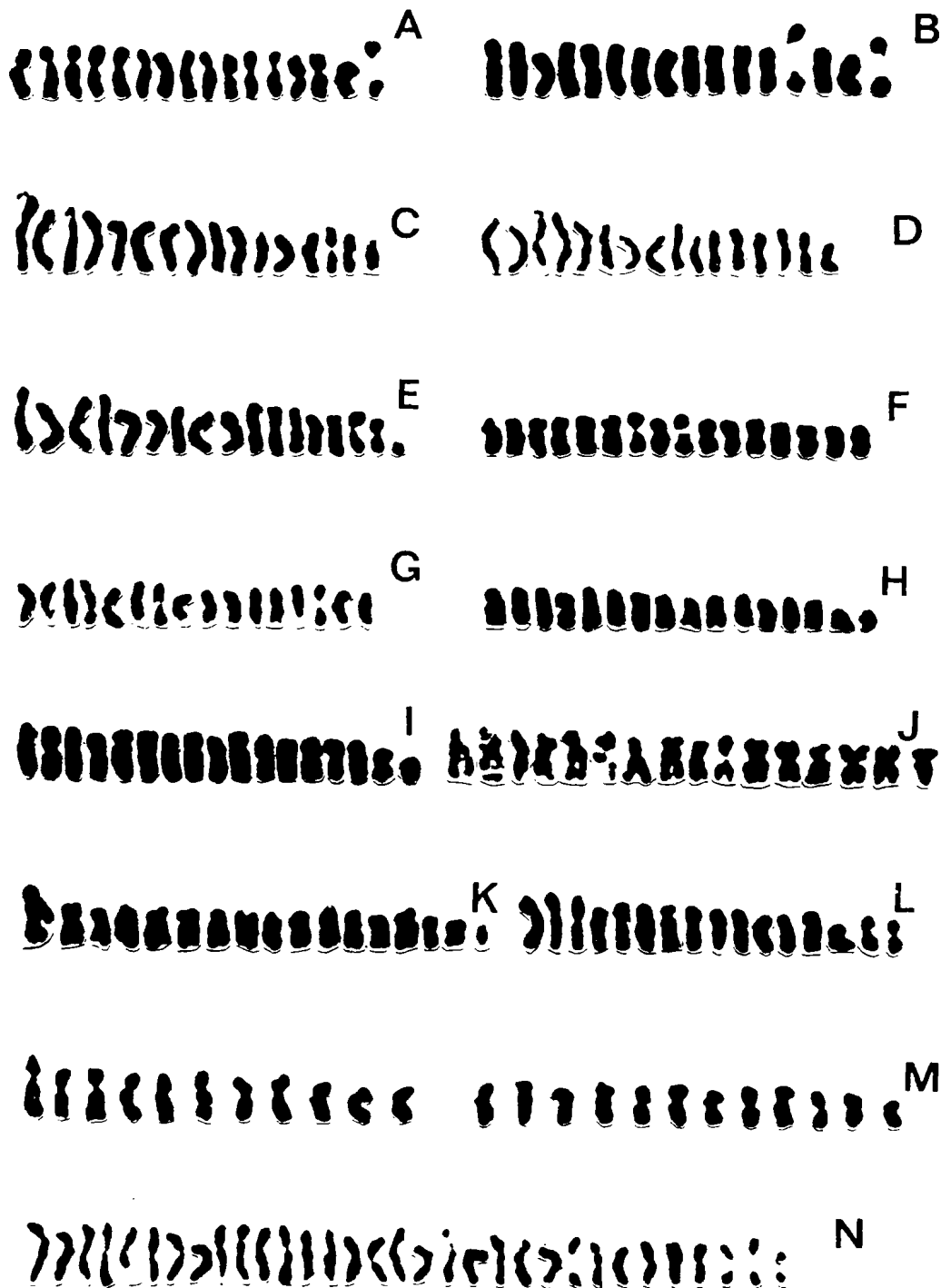
Plate II The karyograms of 14 species in *Caragana*

A: *C. korshinskii* Kom. B: *C. gerardiana* Royle C: *C. brachypoda* Pojark. D: *C. franchetiana* Kom. E: *C. opulens* Kom. F: *C. acanthophylla* Pojark. G: *C. rosea* Maxim. H: *C. boisi* Schneid. I: *Caragana bicolor* Kom. J: *C. erinacea* Kom. K: *C. crassispina* Marq. L: *C. arborescens* Lam. M: *C. sinica* (Buc' hoz) Redh. N: *C. stenophylla* Pojark.



See explanation at the end of text

Plate II



See explanation at the end of text