

## 锦鸡儿属植物 4 个种的核型分析

段永红<sup>1,2</sup>, 李素清<sup>3</sup>, 牛西午<sup>4</sup>, 孙毅<sup>4</sup>

(1. 山西大学生物技术研究所, 太原 030006; 2. 山西农业大学, 山西太谷 030801;

3. 山西大学分子科学研究所, 太原 030006; 4. 山西省农业科学院, 太原 030006)

**摘要:** 对 4 种锦鸡儿属 (*Caragana* Fabr.) 植物的核型进行了分析, 得出 4 种染色体核型: 秦晋锦鸡儿 (*C. purdomii* Rehd.) 染色体数为  $2n = 16$ , 其核型公式为  $2n = 16 = 16\text{m}(4\text{SAT})$ ; 小叶锦鸡儿 (*C. microphylla* Lam.) 染色体数为  $2n = 16$ , 其核型公式为  $2n = 16 = 14\text{m}(2\text{SAT}) + 2\text{M}$ ; 中间锦鸡儿 (*C. intermedia* Kuang et H. C. Fu) 染色体数为  $2n = 18$ , 其核型公式为  $2n = 18 = 16\text{m}(4\text{SAT}) + 2\text{M}$ ; 树锦鸡儿 (*C. arborescens* Lam.) 染色体数为  $2n = 20$ , 其核型公式为  $2n = 20 = 20\text{m}(4\text{SAT})$ 。由此可推测: 中间锦鸡儿可能为小叶锦鸡儿和树锦鸡儿或秦晋锦鸡儿和树锦鸡儿的中间类型或杂交种, 也可能是具有递增染色体基数的不同种。

**关键词:** 锦鸡儿属; 核型分析; 染色体

中图分类号: Q949.751.9; Q942

文献标识码: A

文章编号: 1000-470X(2006)05-0413-05

## Karyotype Analysis of Four Species in *Caragana* Fabr.

DUAN Yong-Hong<sup>1,2</sup>, LI Su-Qing<sup>3</sup>, NIU Xi-Wu<sup>4</sup>, SUN Yi<sup>4</sup>

(1. Institute of Biotechnology, Shanxi University, Taiyuan 030006, China; 2. Shanxi Agricultural University, Taigu,

Shanxi 030801, China; 3. Institute of Molecular Science, Shanxi University, Taiyuan 030006, China;

4. Shanxi Academy of Agricultural Science, Taiyuan 030006, China)

**Abstract:** Peashrub is popular name of *Caragana* Fabr. and up to now there are about 67 species of Peashrub were recorded in China, which are mainly distributed in arid and semiarid areas of North China. All species of peashrub developed typical biological features, which are highly drought-tolerant and good shrubs for dune-fixation, animal feeding, and biological resources for fuel energy and fiber material. They are valuable plants in eco-environment construction of North China. It is very important to analyze the karyotypes of *Caragana* Fabr. and reveal their genetic diversities for further protecting their idioplasmatic resources and utilizing for human. The Karyotypes of four species in *Caragana* were analyzed in this paper. Present results indicated that four species had different chromosome number and karyotypes. The number of chromosome was 16, 16, 18 and 20 in *C. purdomii* Rehd., *C. microphylla* Lam., *C. intermedia* Kuang et H. C. Fu and *C. arborescens* Lam.; While their karyotypes were  $2n = 16 = 16\text{m}(4\text{SAT})$ ,  $2n = 16 = 14\text{m}(2\text{SAT}) + 2\text{M}$ ,  $2n = 18 = 16\text{m}(4\text{SAT}) + 2\text{M}$  and  $2n = 20 = 20\text{m}(4\text{SAT})$ . It can be inferred that the *C. intermedia* Kuang et H. C. Fu may be the hybrid or intermediary genotype between *C. microphylla* Lam. and *C. arborescens* Lam., or between *C. purdomii* Rehd. and *C. arborescens* Lam.; either may be the different species with progressive increasing haploid chromosome number.

**Key words:** *Caragana* Fabr.; Karyotype analysis; Chromosome

锦鸡儿属 (*Caragana* Fabr.) 植物系落叶灌木, 为欧亚大陆特产, 是欧-亚草原植物亚区的典型植被。在我国, 一般将其栽培种通称为柠条 (*Caragana korshinskii* Kom.)<sup>[1]</sup>。我国现已查明锦鸡儿属植物有 67 种<sup>[2]</sup>, 产于山西省约有 20 种<sup>[1]</sup>。柠条抗逆性极强, 可防风固沙, 保持水土, 改良土壤, 是北方水土保持和治沙造林的先锋树种<sup>[3]</sup>。柠条浑身都是宝, 经济价值极高, 发热量与煤炭不相上下, 是可再生能源

源; 营养十分丰富, 是优良的饲料树; 枝叶富含氮、磷、钾, 根上长有根瘤菌, 是优质绿肥植物<sup>[4]</sup>。同时枝条通直、坚韧, 花朵艳丽, 可以养蜂、入药、观赏、编织, 种子可以榨油, 是优良的工副业原料。自 1745 年 Royen 首次提出 *Caragana* 属以来, 锦鸡儿属植物研究取得了很大进展, 比如 Fabricius、Metcalfe、Kreuter、Sanchir 等学者先后进行了锦鸡儿属植物的经典分类学、形态解剖学、细胞学、植物区系等方面

收稿日期: 2006-03-13, 修回日期: 2006-07-31。

基金项目: 山西省自然科学基金资助项目(20031043)。

作者简介: 段永红(1974-), 女, 山西太谷人, 博士研究生, 讲师, 主要从事生物化学和分子生物学研究(E-mail: d-yh@tom.com)。

的研究<sup>[5-9]</sup>。我国学者匡可任在1955年出版的《中国主要植物图说·豆科》<sup>[10]</sup>中记载了中国产锦鸡儿属植物51种,为研究本属植物奠定了基础。20世纪80年代以来,我国学者先后开展了锦鸡儿属植物的生物地理学、资源分布与生态学、系统分类学等方面的研究<sup>[11-14]</sup>,但对其进行分子生物学方面的研究报道较少<sup>[15-17]</sup>。为加速锦鸡儿属植物开发利用和种质资源保护,对其核型进行分析研究,揭示其遗传多样性具有十分重要的意义。我们通过对4种锦鸡儿属植物的核型研究,推测中间锦鸡儿(*C. intermedia* Kuang et H. C. Fu)可能为小叶锦鸡儿(*C. microphylla* Lam.)和树锦鸡儿(*C. arborescens* Lam.)或秦晋锦鸡儿(*C. purdomii* Rehd.)和树锦鸡儿的中间类型或杂交种,也可能是具有递增染色体基数的不同种。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

秦晋锦鸡儿(*Caragana purdomii* Rehd.)、小叶锦鸡儿(*C. microphylla* Lam.)、中间锦鸡儿(*C. intermedia* Kuang et H. C. Fu)和树锦鸡儿(*C. arborescens* Lam.)的种子由山西省农业科学院品种资源研究所提供,本研究从中选取颗粒饱满、无虫蛀、无霉变的种子,用于发芽试验。

### 1.2 试验方法

将锦鸡儿种子在恒温条件下浸泡4 h后置于培养皿中,采用滤纸培养法培养,以根尖生长至1~2 cm长取材较合适,取下根尖,在恒温条件下,置于

对二氯苯饱和溶液中预处理24 h,蒸馏水洗后,用卡诺固定液(无水乙醇3:冰乙酸1)固定22 h,固定后的材料经水洗、蒸馏水洗,转入70%的酒精中保存,制备染色体标本时,根尖经蒸馏水洗,再用1 mol/L HCl于60℃水浴中解离6 min,经解离后的材料用蒸馏水洗多次,卡宝品红染色压片。经镜检挑选染色体分散良好的细胞,光学树胶封片,Olympus BH2 显微镜观察并摄影。

参照植物染色体核型分类标准<sup>[18]</sup>、李懋学和陈瑞阳等的核型平均值计算方法<sup>[19-22]</sup>,每一种种子统计50个以上可准确计数染色体的细胞,以确定该种的染色体数目。分别从5个以上根尖压片中,选择缢痕清晰而又分散良好的10个细胞进行核型分析。将照相所得染色体图像进行编号并测量其长臂、短臂值,根据所得数据进行同源染色体的人工配对,并按染色体的长度从长到短顺序编号,最后计算出10个细胞的平均值作为该锦鸡儿属植物的染色体参数。

## 2 结果与分析

### 2.1 秦晋锦鸡儿的核型分析

秦晋锦鸡儿有16条染色体,其染色体绝对长度的变化范围为2.84~1.81 μm,长度比为1.31,染色体相对长度的变化范围在14.70%~9.37%之间。臂比值变化于1.47~1.11之间,平均臂比为1.31,其相应的染色体参数见表1。其中第5对、第8对染色体短臂上各带1对随体,核型类别为1A,核型公式为2n=16=16 m(4 SAT)。秦晋锦鸡儿的细胞染色体形态和核型及核型模式图见图1:a,图2:a。

表1 4种锦鸡儿属物种的染色体参数  
Table 1 Parameters of chromosome of four species in *Caragana*

种名 Species	染色体编号 Chromosome Pair No.	绝对长度(μm) 长臂+短臂=总长度 Long + Short = Total	相对长度(%) 长臂+短臂=总长度 Long + Short = Total	臂比 Long/Short	类型 Classification
秦晋锦鸡儿 <i>Caragana</i> <i>purdomii</i> Rehd.	1	1.56 + 1.28 = 2.84	8.07 + 6.63 = 14.70	1.22	m
	2	1.65 + 1.17 = 2.82	8.54 + 6.06 = 14.60	1.41	m
	3	1.48 + 1.06 = 2.54	7.66 + 5.49 = 13.15	1.40	m
	4	1.33 + 1.20 = 2.53	6.88 + 6.21 = 13.09	1.11	m
	5	1.35 + 1.07 = 2.42 0.68	6.99 + 5.54 = 12.53 3.52	1.26	m* SAT
	6	1.43 + 0.97 = 2.40	7.40 + 5.02 = 12.42	1.47	m
	7	1.12 + 0.84 = 1.96	5.80 + 4.34 = 10.14	1.33	m
	8	1.02 + 0.79 = 1.81 0.63	5.28 + 4.09 = 9.37 3.26	1.29	m* SAT
	9	0.62	3.73		
小叶锦鸡儿 <i>C. microphylla</i> Lam.	1	1.67 + 1.47 = 3.14	8.51 + 7.49 = 16.00	1.14	m
	2	1.57 + 1.26 = 2.83	8.00 + 6.42 = 14.42	1.25	m
	3	1.45 + 1.33 = 2.78	7.39 + 6.78 = 14.17	1.09	m
	4	1.42 + 1.30 = 2.72	7.24 + 6.63 = 13.87	1.09	m* SAT

续表 1

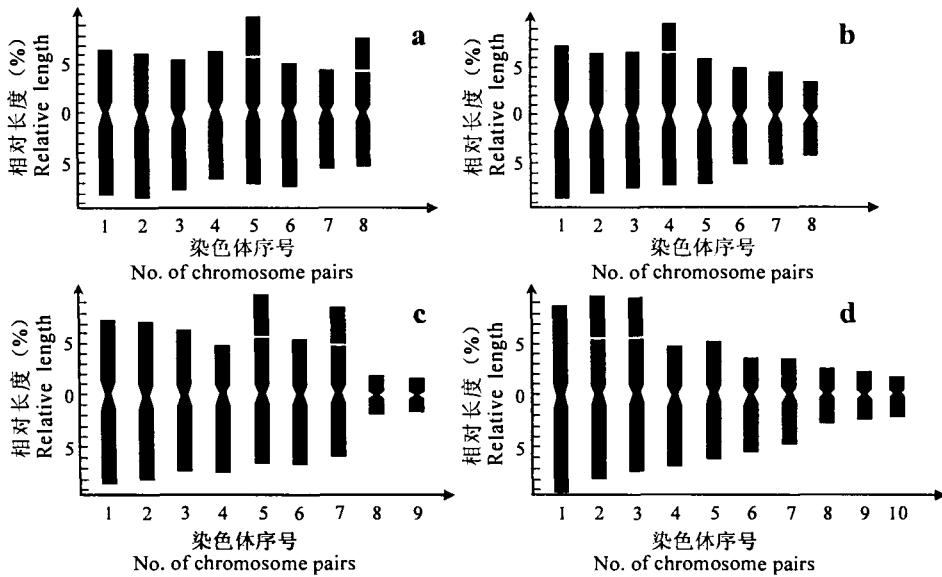
种名 Species	染色体编号 Chromosome Pair No.	绝对长度(μm) 长臂 + 短臂 = 总长度 Long + Short = Total	相对长度(%) 长臂 + 短臂 = 总长度 Long + Short = Total	臂比 Long/Short	类型 Classification
小叶锦鸡儿 <i>C. microphylla</i> Lam.	5	1.39 + 1.19 = 2.58	7.08 + 6.07 = 13.15	1.17	m
	6	1.05 + 1.05 = 2.10	5.35 + 5.35 = 10.70	1.00	M
	7	1.05 + 0.93 = 1.98	5.35 + 4.74 = 10.09	1.13	m
	8	0.79 + 0.70 = 1.49	4.03 + 3.57 = 7.60	1.13	m
中间锦鸡儿 <i>C. intermedia</i> Kuang et H. C. Fu	1	1.66 + 1.47 = 3.31	8.52 + 7.55 = 16.07	1.13	m
	2	1.56 + 1.42 = 2.98	8.01 + 7.29 = 15.30	1.10	m
	3	1.42 + 1.25 = 2.67	7.29 + 6.42 = 13.71	1.14	m
	4	1.43 + 0.97 = 2.40	7.34 + 4.98 = 12.32	1.47	m
	5	1.30 + 1.07 = 2.37	6.67 + 5.49 = 12.16	1.21	m*
		0.73	3.75		SAT
	6	1.27 + 1.06 = 2.33	6.52 + 5.44 = 11.96	1.20	m
	7	1.16 + 0.94 = 2.10	5.95 + 4.83 = 10.78	1.23	m*
		0.74	3.80		SAT
	8	0.39 + 0.39 = 0.78	2.00 + 2.00 = 4.00	1.00	M
树锦鸡儿 <i>C. arborescens</i> Lam.	9	0.36 + 0.36 = 0.72	1.85 + 1.85 = 3.70	1.00	M
	1	1.76 + 1.67 = 3.43	9.28 + 8.81 = 18.09	1.05	m
	2	1.50 + 1.04 = 2.54	7.91 + 5.49 = 13.40	1.44	m*
		0.64	3.92		SAT
	3	1.40 + 1.04 = 2.44	7.38 + 5.49 = 12.87	1.35	m*
		0.63	3.86		SAT
	4	1.31 + 0.93 = 2.24	6.91 + 4.91 = 11.82	1.40	m
	5	1.16 + 0.99 = 2.15	6.12 + 5.22 = 11.34	1.17	m
	6	1.04 + 0.73 = 1.77	5.49 + 3.85 = 9.34	1.42	m
	7	0.93 + 0.72 = 1.65	4.91 + 3.80 = 8.71	1.29	m
秦晋锦鸡儿 <i>C. purdomii</i> Rehd.	8	0.54 + 0.51 = 1.05	2.85 + 2.69 = 5.54	1.06	m
	9	0.46 + 0.45 = 0.91	2.43 + 2.37 = 4.80	1.02	m
	10	0.42 + 0.36 = 0.78	2.22 + 1.90 = 4.12	1.17	m

\* : 随体长度不计算在内(Except satellite length)。



a: 秦晋锦鸡儿; b: 小叶锦鸡儿; c: 中间锦鸡儿; d: 树锦鸡儿  
a: *C. purdomii* Rehd.; b: *C. microphylla* Lam.; c: *C. intermedia* Kuang et H. C. Fu.; d: *C. arborescens* Lam.

图 1 4种锦鸡儿属物种的染色体形态和核型  
Fig. 1 The morphology of chromosome and karyotype of four species in *Caragana*



a:秦晋锦鸡儿; b:小叶锦鸡儿; c:中间锦鸡儿; d:树锦鸡儿  
a: *C. purdomii* Rehd.; b: *C. microphylla* Lam.; c: *C. intermedia* Kuang et H. C. Fu.; d: *C. arborescens* Lam.

图 2 4 种锦鸡儿属物种的核型模式图

Fig. 2 The idiograms of karyotype of four species in *Caragana*

## 2.2 小叶锦鸡儿的核型分析

小叶锦鸡儿有 16 条染色体,其染色体绝对长度的变化范围为  $3.14 \sim 1.49 \mu\text{m}$ ,长度比为 1.13,染色体相对长度的变化范围在 16.00% ~ 7.60% 之间。臂比值变化于 1.25 ~ 1.00 之间,平均臂比为 1.13,其相应的染色体参数见表 1。其中第 4 对染色体短臂上带 1 对随体,第 6 对染色体是等臂染色体,核型类别为 1A,核型公式为  $2n = 16 = 14\text{ m} (2\text{ SAT}) + 2\text{ M}$ 。小叶锦鸡儿的细胞染色体形态和核型及核型模式图见图 1:b,图 2:b。

## 2.3 中间锦鸡儿的核型分析

中间锦鸡儿有 18 条染色体,其染色体绝对长度变化范围为  $3.13 \sim 0.72 \mu\text{m}$ ,长度比为 1.18,染色体相对长度的变化范围在 16.07% ~ 3.70% 之间。臂比值变化于 1.47 ~ 1.00 之间,平均臂比为 1.16,其相应的染色体参数见表 1。其中第 5 对、第 7 对染色体短臂上各带 1 对随体,核型类别为 1A,核型公式为  $2n = 18 = 16 (4\text{ SAT}) + 2\text{ M}$ 。中间锦鸡儿的细胞染色体形态和核型及核型模式图见图 1:c,图 2:c。

## 2.4 树锦鸡儿的核型分析

树锦鸡儿有 20 条染色体,其染色体绝对长度的变化范围在  $3.43 \sim 0.78 \mu\text{m}$ ,长度比为 1.25,染色体相对长度的变化范围在 18.09% ~ 1.17% 之间。臂比值变化于 1.44 ~ 1.02 之间,平均臂比为 1.24,其

相应的染色体参数见表 1。其中第 2 对、第 3 对染色体短臂上各带 1 对随体,核型类别为 1A,核型公式为  $2n = 20 = 20\text{ m} (4\text{ SAT})$ 。树锦鸡儿的细胞染色体形态和核型及核型模式图见图 1:d,图 2:d。

## 3 讨论

### 3.1 4 种典型锦鸡儿植物的核型探讨

观察 4 种锦鸡儿属植物的核型,可以发现它们的染色体数目有 3 种情况: $2n = 16, 2n = 18, 2n = 20$ 。其核型组成和染色体结构是 4 种情况,秦晋锦鸡儿的  $2n = 16 = 16\text{ m} (4\text{ SAT})$ ,核型类别为 1A;小叶锦鸡儿的  $2n = 16 = 14\text{ m} (2\text{ SAT}) + 2\text{ M}$ ,核型类型为 1A;中间锦鸡儿的  $2n = 18 = 16\text{ m} (4\text{ SAT}) + 2\text{ M}$ ,核型类别为 1A;树锦鸡儿的  $2n = 20 = 20\text{ m} (4\text{ SAT})$ ,核型类别为 1A。且具有随体的数目和位置也有差异,其中具有 16 条染色体的秦晋锦鸡儿有 2 对随体,分别位于第 5 对和第 8 对染色体上;具有 18 条染色体的锦鸡儿也有 2 对随体,分别位于第 5 对和第 7 对染色体上,具有 20 条染色体的锦鸡儿也有 2 对随体,位于第 2 对和第 3 对染色体上。具有 18 条染色体的核型中有 2 对等臂染色体。这 4 种核型的染色体绝对长度和相对长度以及臂比值都存在着差异,但它们的着丝点都位于中部着丝点区。通过分析可以发现,这 4 种染色体的核型除具有差异外,也存在一些相关性。可推测它们在核型结构和起源上

可能具有较高的一致性。由于目前还未找到相关的研究材料,参阅的文献又很少,为了便于讨论研究,把具有16条染色体组的暂定为A染色体组,具有18条染色体组的暂定为B染色体组,具有20条染色体组的暂定为C染色体组。具有A染色体组的锦鸡儿和C染色体的锦鸡儿杂交,可以得到具有B染色体组锦鸡儿,由此可以推测中间锦鸡儿可能为小叶锦鸡儿和树锦鸡儿或秦晋锦鸡儿和树锦鸡儿的中间类型或杂交种,也可能是具有递增染色体基数的不同种,但这尚待进一步的研究证实。

### 3.2 核型分析在锦鸡儿属分类中的意义

物种进化的趋势是生物体的结构体制的提高,从原始的生物类型逐渐发展到比较进步的生物类型,从简单到复杂,由低等到高等。与此相联系的一般趋势是:生物由小变大。这种变化趋势联系着染色体的数目、臂比、大小和形态的变化。

物种的区别除表现在形态、生理特性外,主要是染色体的核型包括染色体的数目和结构(臂比、随体有无及数量和位置)的特征。许多物种在染色体组型上存在显著差异,有的物种染色体数目,甚至染色体组型极为近似,但染色体结构上有差别<sup>[23,24]</sup>。

秦晋锦鸡儿和小叶锦鸡儿的染色体数为16条,不妨假设染色体基数为8;中间锦鸡儿的染色体数为18条,也假设它的染色体基数为9;树锦鸡儿的染色体数为20,也假设染色体基数为10。从中可以推测锦鸡儿属植物的染色体基数是变化的,且相差1。如果是这种假设,可以把3种锦鸡儿看作具有不同染色体基数的新品系。但这结果有待以后作进一步的研究来证明。什么原因造成染色体基数的变化,还有待于进一步探讨。

从染色体核型分析可知,秦晋锦鸡儿、中间锦鸡儿和树锦鸡儿都属于1A对称型,但其染色体数目不同,分别为16、18、20;相对长度的变异范围也不同,分别在14.70%~9.37%、16.07%~3.70%、18.09%~1.17%之间;三者都有2对随体,随体位置分别位于第5、8对,第5、7对,第2、3对染色体上,但秦晋锦鸡儿和中间锦鸡儿中有1对随体在同号染色体上。染色体核型的相似性是否可作为推论锦鸡儿属内物种进化中亲缘关系远近的判断,有待进一步深入研究。

### 3.3 下一步的研究

在本研究基础上,拟选取不同产地的同种锦鸡儿植物、相同产地的不同种锦鸡儿植物与不同产地

的不同种锦鸡儿植物,应用形态学、细胞学和分子标记的方法进行系统研究,分析锦鸡儿植物的遗传多样性,为锦鸡儿属植物的综合开发和种质资源保护提供更全面的理论依据。

### 参考文献:

- [1] 牛西午.中国锦鸡儿属植物资源研究——分布及分种描述[J].西北植物学报,1999,19(5):107~133.
- [2] 牛西午.柠条研究[M].北京:科学出版社,2000.1~47.
- [3] 牛西午.广植柠条恢复植被——关于在我国西北地区大力发展柠条林的建议[J].科技导报,1999(2):59~62.
- [4] 贾丽,曲式曾.豆科锦鸡儿属植物研究进展[J].植物研究,2001,21(4):515~518.
- [5] 中国科学院中国植物志编辑委员会.中国植物志(第42卷:第1分册)[M].北京:科学出版社,1993.
- [6] 赵一之.中国锦鸡儿属的分类学研究[J].内蒙古大学学报,1993,24(6):631~653.
- [7] Metcalfe C R, Chalk L. Anatomy of the Dicotyledons [M]. Oxford: Clarendon Press, 1950.481~530.
- [8] 徐朗然,郝秀英.黄土高原和秦岭山地锦鸡儿属植物的分类和地理分布的研究[J].西北植物学报,1989,9(2):92~101.
- [9] Sanchir Ch. 锦鸡儿属(豆科)的系统[J].内蒙古大学学报(自然科学版),1999,30(4):501~512.
- [10] 中国科学院植物研究所.中国主要植物图说·豆科[M].北京:科学出版社,1955.
- [11] 张明理.锦鸡儿属分析生物地理学的研究[J].云南植物研究,1998,20(1):1~11.
- [12] 赵一之.内蒙古锦鸡儿属的分类及其生态地理分布[J].内蒙古大学学报,1991,22(2):256~273.
- [13] 王赞,高洪文,韩建国,上官铁梁.柠条锦鸡儿不同居群形态变异研究[J].西北植物学报,2003,23(1):118~123.
- [14] 燕玲,李红,刘艳.13种锦鸡儿属植物叶的解剖生态学研究[J].干旱区资源与环境,2002,16(1):100~106.
- [15] 周其兴,杨永平,张明理.锦鸡儿属植物14个种类的核型[J].植物研究,2002,22(4):492~496.
- [16] 牛西午,段永红,蒙秋霞.小叶锦鸡儿的核型分析[J].植物遗传资源学报,2003,4(1):83~85.
- [17] 王赞,高洪文,韩建国.柠条锦鸡儿DNA提取及AFLP反应体系的建立[J].草地学报,2005,13(2):126~129.
- [18] Stebbins G L. Chromosomal Evolution in Higher Plants[M]. London: Edward Arnold Ltd, 1971. 88.
- [19] 李懋学,陈瑞阳.关于植物核型的标准化问题[J].武汉植物学研究,1985,3(4):297~302.
- [20] Goldblatt. Index to Plate Chromosome Numbers 1979~1981 [M]. Missouri Bot Garden, 1984.
- [21] Goldblatt. Index to Plate Chromosome Numbers 1984~1985 [M]. Missouri Bot Garden, 1988.
- [22] Goldblatt. Index to Plate Chromosome Numbers 1986~1987 [M]. Missouri Bot Garden, 1990.
- [23] 洪德元.植物染色体结构变异与物种起源的方式[A].见:植物学集刊[M].北京:科学出版社,2000.
- [24] 刘大钩.细胞遗传学[M].北京:中国农业出版社,1999.