

## 部分落叶松属植物核型研究

刘博<sup>1</sup>, 陈成彬<sup>1</sup>, 李秀兰<sup>1</sup>, 张守攻<sup>2</sup>, 齐力旺<sup>2\*</sup>, 韩素英<sup>2</sup>

(1. 南开大学 生命科学学院, 天津 300071; 2. 中国林科院 林业研究所 细胞生物学实验室, 北京 100091)

**摘要:** 对落叶松属的兴安落叶松、长白落叶松、日本落叶松、华北落叶松、欧洲落叶松、美洲落叶松等6个种和日本落叶松×长白落叶松杂种进行了核型分析, 所有材料的染色体数目均为  $2n=2x=24, 2A$  核型。所有种的核型有着共同的构型, 即二型核型。根据核型特征, 可将以上各种分为三组: 兴安落叶松、长白落叶松、日本落叶松为第一组, 核型公式为  $2n=12m+10sm+2st$ ; 欧洲落叶松、美洲落叶松为第二组, 核型公式为  $2n=12m+12sm$ ; 华北落叶松虽然具有与第二组相同的核型公式, 但核型的对称性与其有一定差距, 因此单独构成第三组。日本落叶松×长白落叶松杂种的核型数据和两个亲本的十分接近, 表明这两个种杂交后染色体可能未发生明显的结构变异。作者认为长白落叶松和兴安落叶松的核型特征比较接近, 从细胞学的角度作者支持长白落叶松作为兴安落叶松变种的观点。

**关键词:** 落叶松属; 日本落叶松×长白落叶松杂种; 核型研究

**中图分类号:** Q943 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2006)02-0187-05

## The karyotype analysis of some *Larix* Mill.

LIU Bo<sup>1</sup>, CHEN Cheng-bin<sup>1</sup>, LI Xiu-lan<sup>1</sup>, ZHANG Shou-gong<sup>2</sup>,  
QI Li-wang<sup>2\*</sup>, HAN Su-ying<sup>2</sup>

(1. Department of Biology, College of Life Sciences, Nankai University, Tianjin 300071, China; 2. Laboratory of Cell Biology, the Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

**Abstract:** This study analyzed the karyotypes of *Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr., *L. olgensis* Henry var. *koreana* Nakai, *L. kaempferi* (Lamb.) Carr., *L. principis-rupprechtii* Mayr., *L. deciduas* Mill., *L. laricina* K. Koch and *L. kaempferi* × *L. olgensis* hybrids. All of them are  $2n=2x=24$  chromosomes. All the karyotypes are more or less symmetrical and fall into "2A" type. The karyotypes of all species we analyzed are bimodal karyotype, however, they can be divided into three groups based on their karyotype characters. The first group includes *L. gmelinii*, *L. olgensis*, and *L. kaempferi* and their common karyotype formula is  $2n=12m+10sm+2st$ . The second group includes *L. deciduas*, and *L. laricina* of which the karyotype formula is  $2n=12m+12sm$ . *L. principis-rupprechtii* itself constitute the third group for the discrepancy of chromosome symmetry although it has the same formula of the second group. The data of *L. kaempferi* × *L. olgensis* hybrids are very close to those of their parents and this shows that structural variety may not have arisen on chromosomal level after hybridization. The karyotypes of *L. gmelinii* and *L. olgensis* are similar and the authors approved *L. olgensis* as a variety of *L. gmelinii*.

**Key words:** *Larix* Mill.; hybrids of *L. kaempferi* × *L. olgensis*; karyotype analysis

落叶松属全世界约有 18 种, 其中落叶松组 11 种, 红杉组 7 种, 分布于北半球的欧洲、亚洲及北美洲, 我国产 10 种和 1 变种, 另引进栽培 2 种(郑万钧等, 1978)。该属植物为我国北方地区的重要造林树

收稿日期: 2004-10-08 修回日期: 2005-05-28

基金项目: 国家“973”项目(J2002-B-005)资助[Supported by the National“973”Plan of China(J2002-B-005)].

作者简介: 刘博(1980-), 女, 天津市人, 博士研究生, 遗传学专业, 研究方向为分子细胞遗传学。

\* 通讯作者(Author for correspondence), E-mail: <lwqi@caf.ac.cn>.

种和经济用材。

落叶松属的系统学、分类学研究已有很久历史,但对该属所包括的种的数量、种下分类单位的划分、种的科学命名等仍有不同意见,迄今为止,这方面的研究还在继续(毛子军等,1999)。本文对我国东北地区生长的 6 个落叶松种进行了核型研究,并对各个种的核型特征进行比较,从细胞学水平为落叶松属的系统发育研究提供依据,同时为落叶松属杂种鉴定积累细胞学数据。对种间杂交获得的性状稳定并已大量应用于生产的杂种进行核型分析,研究其

在细胞学水平的变异情况。

## 1 材料与方法

1.1 材料 (见表 1)。

1.2 方法

根尖或嫩叶用 0.2%秋水仙素水溶液室温下预处理 5 h,固定液(甲醇:冰醋酸=3:1)固定 24 h 以上,在 1 N HCl 中 60 °C 解离 10 min,按常规程序制片,卡宝品红液染色。染色体测量数据取 5 个细

表 1 材料简况

Table 1 The materials included in this study

种名 Taxon	材料来源 Origin	凭证标本 Vouchers	取材 Materials
兴安落叶松 <i>Larix gmelinii</i>	中国林科院林研所	韩紫英 2004-1	体培苗嫩叶
长白落叶松 <i>L. olgensis</i>	辽宁省大孤家林场	齐力旺 2003-12	一年生扦插苗根尖
日本落叶松 <i>L. kaempferi</i>	辽宁省大孤家林场	齐力旺 2003-14	一年生实生苗根尖
华北落叶松 <i>L. principis-rupprechtii</i>	中国林科院林研所	韩紫英 2004-2	体培苗嫩叶
欧洲落叶松 <i>L. deciduas</i>	辽宁省大孤家林场	齐力旺 2003-16	一年生实生苗根尖
美洲落叶松 <i>L. laricina</i>	辽宁省大孤家林场	齐力旺 2003-15	一年生实生苗根尖
日本落叶松×长白落叶松 <i>L. kaempferi</i> × <i>L. olgensis</i>	辽宁省大孤家林场	齐力旺 2003-1	二年生扦插苗根尖

胞的平均值,核型分析按李懋学等(1985),染色体相对长度系数 I. R. L.、核型不对称系数  $As \cdot K\%$  的计算见 Kuo 等(1972)。

## 2 结果与讨论

6 种落叶松及杂种的染色体形态和同源染色体配对结果见图 1,核型分析数据列于表 2,核型主要特征的比较见表 3。

本文所观察的落叶松的体细胞染色体数目均为  $2n=2x=24$ ,基数为 12,符合松科的染色体数目。并且,我们在该属中也获得了一致的核型模式,即  $2n=2x=12m+10sm+2sm(2st)$ ,这与张敦方等(1985)的结论是相同的。不同的是,我们所得到的核型类别全部为 2A 类型,而在张敦方等(1985)的结果中,兴安落叶松、长白落叶松、日本落叶松和华北落叶松均为 2B 类型。共同的核型模式反映了落叶松属染色体的共同构型,即第 1 至第 6 对为长染色体群,均是中部着丝粒染色体;第 7 至第 12 对为短染色体群,由近中部和近端着丝粒染色体构成,类似于一个二型核型(bimodal karyotype)(张敦方等,1985)。

以代表核型对称性特征的染色体长度比和平均臂比作为参数绘制的图 2 中,越是远离原点的点,表

示该种的核型越不对称,相对较为进化。按照代表各个种的点的间距及核型公式,我们将它们分为 3 组。

兴安落叶松、长白落叶松和日本落叶松的核型公式均为  $2n=2x=24=12m+10sm+2st$ ,在图 15 中代表它们的点比较接近,归为第一组。张敦方等(1985)也将这三个种归为同一类型。所不同的是,在他们报道的核型模式中,三种中第 7 对染色体的长臂具次缢痕,但却是不稳定的,即有的细胞中可见,有的则无;在我们的研究中,以上三个种均未发现长臂具次缢痕。图 2 中代表日本落叶松×长白落叶松杂种的点也位于该组的范围之内,它的核型公式与亲本相同,它们的核型数据十分接近。这些核型特征的一致性表明日本落叶松和长白落叶松杂交后,其杂种后代在染色体水平上比较稳定,很可能并未发生显著的结构变异。而杂种的染色体不对称性略有增加(图 2),表明可能较两个亲本种略有进化。

周崑(1962)从木材构造角度研究了我国落叶松种的问题,认为我国不存在真正的长白落叶松,因其木材构造与苏联发表的长白落叶松木材解剖特征差别明显,而更与兴安落叶松接近。石福臣等(1998)根据 DNA 的 RAPD 分析,分布在长白山上的落叶松作为独立种缺乏形态和遗传学依据,由此他们认为长白落叶松作为兴安落叶松的变种处理较为妥当。在本文中,从表 3 和图 2 所反映的核型特征可

以看出, 长白落叶松与兴安落叶松十分接近, 因此, 从细胞学角度作者支持将我国境内的长白落叶松作为兴安落叶松变种的观点。

通过图 2 的比较可以看出, 欧洲落叶松和美洲

落叶松的核型对称性和张敦方等(1985)研究的新疆落叶松相对接近, 且核型公式均为  $2n=2x=24=12m+12sm$ , 比第一组少一对更不对称的近端着丝粒染色体, 在图 2 中的位置也较第一组更靠近原

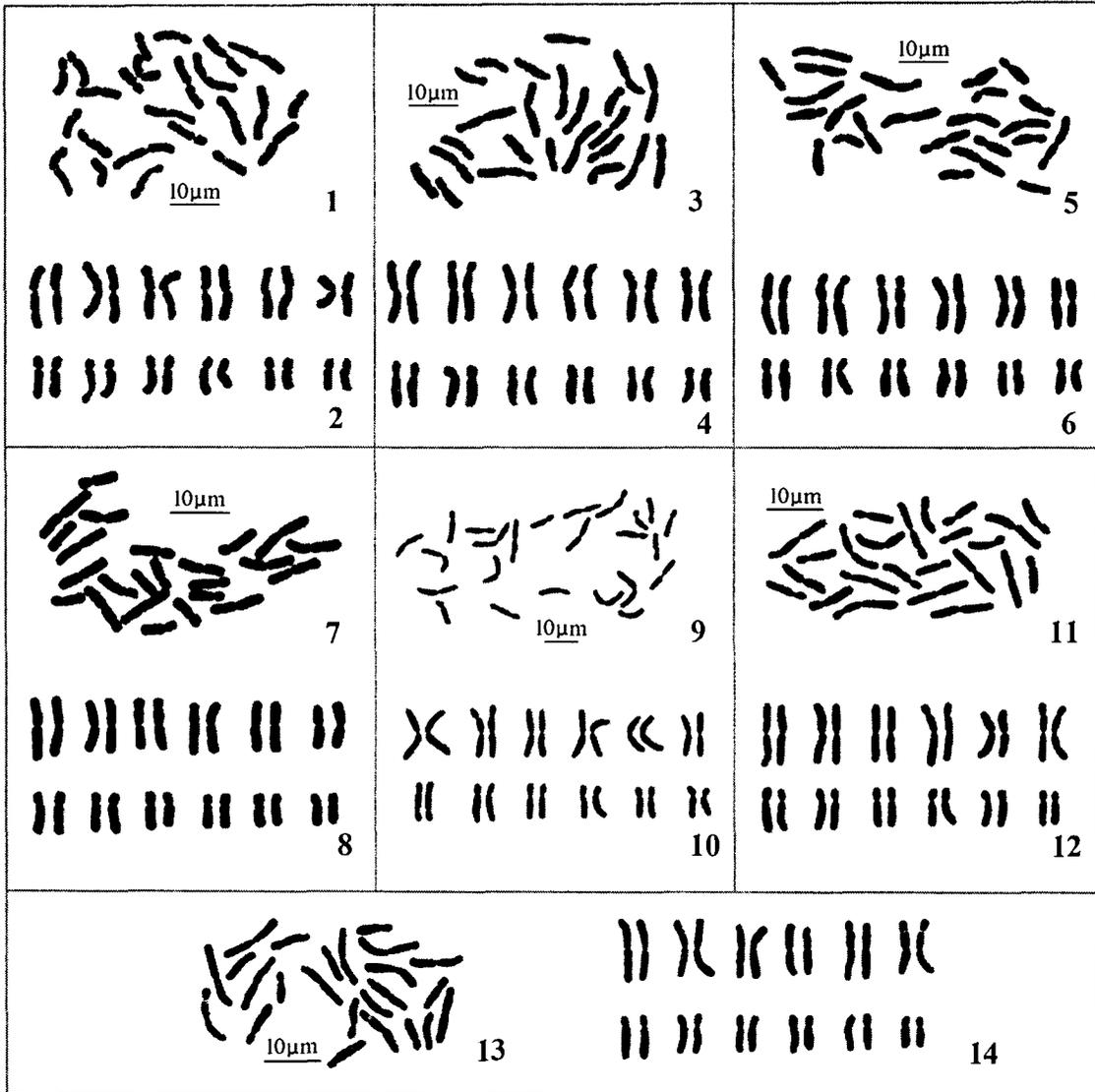


图 1 六种落叶松和杂种的体细胞核型

Fig. 1 Somatic karyotypes of the six *Larix* spp. and hybrids

- 1,2: 兴安落叶松; 3,4: 长白落叶松; 5,6: 日本落叶松; 7,8: 华北落叶松; 9,10: 欧洲落叶松;  
11,12: 美洲落叶松; 13,14: 日本落叶松×长白落叶松。  
1,2: *L. gmelinii*; 3,4: *L. olgensis*; 5,6: *L. kaempferi*; 7,8: *L. principis-rupprechtii*; 9,10: *L. deciduus*;  
11,12: *L. laricina*; 13,14: *L. kaempferi* × *L. olgensis*.

点, 表明第二组的核型比第一组更为对称, 在进化上可能更为原始。

张敦方等(1985)将新疆落叶松和华北落叶松归为同一类型。但我们认为, 华北落叶松虽然具有与第二组相同的核型公式, 但它的核型不对称性与第

二组有一定差距(图 2), 因此我们将它单独构成第三组。

以上分组可能在某种程度上反映了落叶松属各个种在演化上亲缘关系的远近, 据此我们推测前两组可能分别构成了东西方两个不同的演化枝, 但这

表 2 落叶松属六个种及杂种的染色体长度、臂比和类型  
Table 2 Relative length, arm ratio and type of the chromosome in *Larix* spp. and hybrids

种名 Taxon	编号 Number	相对长度(%) Relative length (S+L=T)	臂比 Arm ratio (Long/Short)	类型 Type
兴安落叶松	1	4.984+6.334=11.318	1.271	m
<i>L. gmelini</i>	2	5.135+5.647=10.782	1.100	m
	3	4.483+5.659=10.142	1.262	m
	4	4.704+5.321=10.025	1.131	m
	5	4.378+5.193=9.571	1.186	m
	6	3.447+4.390=7.837	1.274	m
	7	2.317+5.426=7.743	2.342	sm
	8	1.851+5.706=7.557	3.083	st
	9	2.259+4.984=7.243	2.206	sm
	10	1.816+4.227=6.043	2.328	sm
	11	1.945+3.936=5.881	2.024	sm
	12	1.723+4.134=5.857	2.399	sm
长白落叶松	1	5.343+6.098=11.441	1.141	m
<i>L. olgensis</i>	2	4.965+5.807=10.772	1.170	m
	3	5.110+5.517=10.627	1.080	m
	4	4.791+5.168=9.959	1.079	m
	5	4.646+4.994=9.640	1.075	m
	6	3.630+5.226=8.856	1.440	m
	7	1.684+5.401=7.085	3.207	st
	8	2.207+4.849=7.056	2.197	sm
	9	1.916+4.704=6.620	2.455	sm
	10	1.945+4.152=6.097	2.135	sm
	11	1.858+4.210=6.068	2.266	sm
	12	1.742+4.036=5.778	2.317	sm
日本落叶松	1	5.617+6.068=11.685	1.080	m
<i>L. kaempferi</i>	2	5.061+5.299=10.360	1.047	m
	3	4.293+5.617=9.910	1.308	m
	4	4.584+5.193=9.777	1.133	m
	5	4.399+4.822=9.221	1.096	m
	6	3.577+4.955=8.532	1.385	m
	7	1.696+5.723=7.419	3.374	st
	8	2.120+4.981=7.101	2.350	sm
	9	1.987+5.087=7.074	2.560	sm
	10	2.120+4.399=6.519	2.075	sm
	11	2.040+4.293=6.333	2.104	sm
	12	1.802+4.266=6.068	2.367	sm
华北落叶松	1	5.438+6.113=11.551	1.124	m
<i>L. principis-rupprechtii</i>	2	5.017+5.101=10.118	1.017	m
	3	4.975+5.101=10.076	1.025	m
	4	4.216+5.438=9.654	1.290	m
	5	4.553+5.017=9.570	1.102	m
	6	4.089+4.469=8.558	1.093	m
	7	2.614+5.270=7.884	2.016	sm
	8	2.150+5.312=7.462	2.471	sm
	9	2.234+4.511=6.745	2.019	sm
	10	1.981+4.469=6.450	2.256	sm
	11	2.204+4.089=6.113	2.020	sm
	12	1.981+3.836=5.817	1.936	sm
欧洲落叶松	1	5.067+6.014=11.081	1.187	m
<i>L. deciduas</i>	2	5.098+5.321=10.419	1.044	m

	3	4.557+5.106=9.663	1.120	m
	4	4.756+4.891=9.647	1.028	m
	5	4.071+4.835=8.906	1.188	m
	6	4.119+4.756=8.875	1.155	m
	7	2.199+5.552=7.751	2.525	sm
	8	2.143+5.481=7.624	2.558	sm
	9	2.374+4.756=7.130	2.003	sm
	10	2.095+4.397=6.492	2.099	sm
	11	2.055+4.230=6.285	2.058	sm
	12	1.856+4.270=6.126	2.301	sm
美洲落叶松	1	4.956+5.783=10.739	1.167	m
<i>L. laricina</i>	2	5.172+5.388=10.560	1.042	m
	3	5.064+5.388=10.452	1.064	m
	4	4.965+5.001=9.966	1.007	m
	5	4.668+5.055=9.723	1.083	m
	6	4.021+4.434=8.455	1.103	m
	7	2.069+5.415=7.484	2.617	sm
	8	2.060+5.055=7.115	2.454	sm
	9	2.150+4.587=6.737	2.133	sm
	10	2.042+4.452=6.494	2.180	sm
	11	1.871+4.479=6.350	2.394	sm
	12	1.673+4.254=5.927	2.543	sm
日本落叶松×	1	5.224+5.698=10.922	1.091	m
长白落叶松	2	5.195+5.432=10.627	1.046	m
<i>L. kaempferi</i>	3	4.788+5.366=10.154	1.121	m
× <i>L. olgensis</i>	4	4.759+4.911=9.670	1.032	m
	5	4.437+4.949=9.386	1.115	m
	6	4.209+4.532=8.741	1.077	m
	7	1.915+6.049=7.964	3.156	st
	8	2.162+5.148=7.310	2.381	sm
	9	1.887+4.759=6.646	2.522	sm
	10	2.095+4.522=6.617	2.158	sm
	11	1.877+4.598=6.475	2.450	sm
	12	1.564+3.925=5.489	2.510	sm

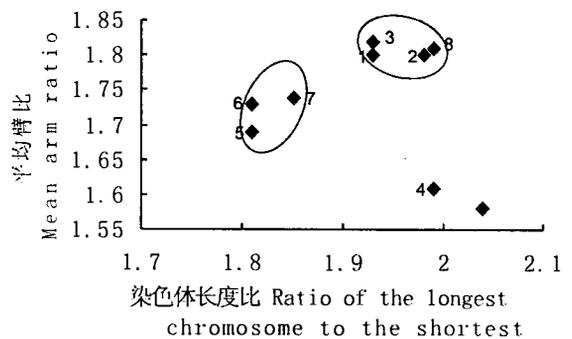


图 2 落叶松属各个种和杂种核型对称性的比较  
Fig. 2 Karyotype symmetry of the *Larix* spp. and hybrids

1. 兴安落叶松; 2. 长白落叶松; 3. 日本落叶松; 4. 华北落叶松;  
5. 欧洲落叶松; 6. 美洲落叶松; 7. 新疆落叶松;  
8. 日本落叶松×长白落叶松  
1; *L. gmelinii*; 2; *L. olgensis*; 3; *L. kaempferi*; 4; *L. principis-rupprechtii*; 5; *L. deciduas*; 6; *L. laricina*; 7; *L. sibirica*; 8; *L. kaempferi* × *L. olgensis*.

表 3 落叶松属及杂种核型主要特征的比较  
Table 3 The karyotypic data of *Larix* and hybrids

种名 Taxon	核型公式和染色体 相对长度组成 Karyotypic formula and chromosome complement based on their relative length	SC 位置 <sup>1)</sup> Location of SC		染色体 长度比 Ratio of the longest chromosome to the shortest	平均臂比 Mean arm ratio	臂比>2 的 染色体比例 Proportion of chromosomes with arm ratio >2	核型不对 称系数 As · K%	核型 类型 Type
		长臂 Long arm	短臂 Short arm					
兴安落叶松 <i>L. gmelini</i>	12m+10sm+2st 4L+6M2+8M1+6S	—	2, 3	1.93	1.80	0.50	60.96	2A
长白落叶松 <i>L. olgensis</i>	12m+10sm+2st 6L+6M2+6M1+6S	—	2, 6	1.98	1.80	0.50	60.16	2A
日本落叶松 <i>L. kaempferi</i>	12m+10sm+2st 2L+10M2+10M1+2S	—	2, 3	1.93	1.82	0.50	60.70	2A
华北落叶松 <i>L. principis-rupprechtii</i>	12m+12sm 2L+10M2+8M1+4S	7	3, 4	1.99	1.61	0.42	58.73	2A
欧洲落叶松 <i>L. deciduas</i>	12m+12sm 2L+10M2+8M1+4S	7	2	1.81	1.69	0.50	59.61	2A
美洲落叶松 <i>L. laricina</i>	12m+12sm 6L+6M2+10M1+2S	—	2, 4	1.81	1.73	0.50	59.29	2A
新疆落叶松 <sup>2)</sup> <i>L. sibirica</i>	12m+12sm 6L+6M2+8M1+4S	7	3, 4	1.85	1.74	0.50	60.34	2A
日本落叶松 × 长白落叶松 <i>L. kaempferi</i> × <i>L. lgensis</i>	12m+10sm+2st 4L+8M2+10M1+2S	—	3, 4	1.99	1.81	0.50	59.89	2A

<sup>1)</sup> SC: 次缢痕, 数字示具 SC 的染色体编号; <sup>2)</sup> 数据参考张教方等(1985)。

<sup>1)</sup> Secondary Constriction, figures represent the number of chromosomes with secondary constrictions; <sup>2)</sup> The author is Zhang *et al.* (1985).

尚有待更深入全面的研究和分析才能确定。

#### 参考文献:

- 周 崑. 1962. 中国落叶松属木材解剖性质及其归类的初步研究[J]. 林业科学, 2: 97—116.  
郑万钧, 傅立国. 1978. 中国植物志(第七卷)[M]. 北京: 科学出版社, 168—196.  
Kuo SR, Wang TT, Huang TC. 1972. Karyotype analysis of some Formosan Gymnosperms[J]. *Taiwania*, 17(1): 66—80.  
Li MX(李懋学), Chen RY(陈瑞阳). 1985. A suggestion on the standardization of karyotype analysis in plants(关于植物核型分析的标准化问题)[J]. *J Wuhan Bot Res*(武汉植物

研究), 3(4): 297—302.

- Mao ZJ(毛子军), Wang XH(王秀华), Zhou D(周 丹), *et al.* 1999. A survey on systematics and taxonomy of genus *Larix* Mill(落叶松属系统学研究概况)[J]. *J Northeast For Univ*(东北林业大学学报), 27(2): 39—44.  
Shi FC(石福臣), Kisanuki H, Suzuki K. 1998. The study on relationship of larches in northeast China by RAPD(中国东北落叶松属植物亲缘关系的研究)[J]. *Bull Bot Res*(植物研究), 18(1): 55—62.  
Zhang XF(张教方), Zhuo LH(卓丽环), Li MX(李懋学). 1985. A study of karyotype of 5 species in *Larix*(五种落叶松的核型研究)[J]. *Hereditas*(遗传), 7(3): 9—11.

.....

(上接第 193 页 Continue from page 193)

- 核型报道[J]. 云南植物研究, 26(3): 310—316.  
Cao L M, Long CL. 2003. *Colocasia bicolor* (Araceae), a new species from Yunnan, China[J]. *Annales Botanici Fennici*, 40: 283—286.  
Chakraborty BN, Bhattacharya GN. 1984. Desynopsis as well as inversion heterozygosity in the natural population of triploid *Colocasia antiquorum* Schott[J]. *Cytologia*, 49: 739—743.  
Kuruvilla KM, Singh A. 1981. Karyotypic and electrophoretic studies on taro and its origin[J]. *Ephytica*, 30(2): 405—413.  
Li H, Wei ZX. 1993. *Colocasia heterochroma*, a new species in Araceae[J]. *Act Bot Yunnan*, 15(1): 16—17.  
Li H, Long CL. 1998. A preliminary revision of Araceae of China[J]. *Act Bot Yunnan*, Suppl. X, 12—23.  
Li H, Long CL. 1999. A new species of *Colocasia* (Araceae) from Mt Gaoligong, China [J]. *Feddes Repertorium*, 110(5—6): 423—426.  
Long CL, Li H. 2000. *Colocasia gongii* (Araceae), a new spe-

- cies from Yunnan, China[J]. *Feddes Repertorium*, 111(7—8): 559—560.  
Long CL, Liu KM. 2001. *Colocasia lihengiae* (Araceae; Colocasiaceae), a new species from Yunnan, China[J]. *Bot Bull Acad Sin*, 42: 313—317.  
Mayo S, Bogner J, Boyce P. 1997. The Genera of Araceae [M]. The Royal Botanical Gardens, Kew  
Petersen G. 1989. Cytology and systematics of Araceae[J]. *Nord J Bot*, 9: 119—166.  
Sreekumari MT, Matthews PM. 1991a. Karyomorphology of five morphotypes of taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) [J]. *Cytologia*, 56: 215—218.  
Sreekumari MT, Matthews PM. 1991b. Karyotypically distinct morphotypes in taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) [J]. *Cytologia*, 56: 399—402.  
Stebbins GL. 1971. Chromosomal evolution in higher plants [M]. London: Edward Arnold, 85—104.