

329-333
中国红豆杉属和白豆杉属的核形态学研究*

顾志建 周其兴 岳中枢

(中国科学院昆明植物研究所, 昆明 650204)

摘要 报道了红豆杉属 *Taxus* 3 种 1 变种及白豆杉属 *Pseudotaxus* 1 种的核形态结构。红豆杉属 3 种 1 变种和白豆杉的间期核构形都为复杂染色中心型, 前期染色体属于中间型, 体细胞中期染色体分别为: (1) 红豆杉 *Taxus chinensis* (Pilger) Rehd. $K(2n) = 24 = 20m + 2sm + 2T$, 着丝点端化值 (T. C. %) 为 58.22%; (2) 南方红豆杉 *T. chinensis* (Pilger) Rehd var. *mairei* (Lemée et Lévl) Cheng et L. K. Fu, $K(2n) = 24 = 20m + 2sm + 2T$, T. C. % 值为 55.75%; (3) 东北红豆杉 *T. cuspidata* Sieb. et Zucc. $K(2n) = 24 = 18m + 4sm + 2T$, T. C. % 值为 57.05%; (4) 云南红豆杉 *T. yunnanensis* Cheng et L. K. Fu, $K(2n) = 24 = 21m + 1sm + 2T$, T. C. % 值为 55.79%; (5) 白豆杉 *Pseudotaxus chienii* (Cheng) Cheng, $K(2n) = 24 = 20m + 2sm + 2T$, T. C. % 值为 56.43%。上述几种植物有相同类型的间期核和前期染色体, 中期染色体中都有 2 条 T 染色体和 20 条左右的 m 染色体, 核型不对称性都属于 2B 型。其中红豆杉和云南红豆杉的核型为首次报道。根据它们具有相似的核形态结构和形态学特征, 建议红豆杉属的这几个种合并为 1 种, 并在种下设立地理变种。

关键词 红豆杉属, 白豆杉属, 核形态学

分类号 Q 943

Karyomorphological Study on the Genera *Taxus* and *Pseudotaxus* in China

GU Zhi - Jian ZHOU Qi - Xing YUE Zhong - Shu

(Kunming Institute of Botany, The Chinese Academy of Sciences, Kunming, 650204)

Abstract In the present paper, karyomorphology were investigated with the materials of 3 species, 1 variety in *Taxus* and *Pseudotaxus chienii* in China. The interphase nuclei and prophase chromosomes of these species or variety were commonly found to be the complex chromocenter type and the interstitial type respectively according to Tanaka's catalogue. And the karyotypes of metaphase chromosomes were formulated to be $K2n = 24 = 20m + 2sm + 2T$ for *Taxus chinensis*, *T. chinensis* var. *mairei* and *Pseudotaxus chienii*, $K2n = 24 = 18m + 4sm + 2T$ for *T. cuspidata*, and $K2n = 24 = 21m + 1sm + 2T$ for *T. yunnanensis*. The centromeric terminalization value (T. C. %) was 58.22 for *T. chinensis*, 55.75 for *T. chinensis* var. *mairei*, 57.05 for *T. cuspidata*, 55.79 for *T. yunnanensis* and 56.43 for *P. chienii* respectively. Generally, the karyomorphology of these taxa were similar to each other, which they commonly have 2T - chromosomes, about 20 m - chromosomes at metaphase stage. The karyotype asymmetry of all those species mentioned above was of 2B type. Also the

* 云南省自然科学基金资助项目 95C084M

1997-08-26 收稿, 1997-10-20 接受发表

karyomorphology of *T. chinensis* and *T. yunnanensis* were reported here for the first time.

Key words *Taxus*, *Pseudotaxus*, Karyomorphology

红豆杉属 *Taxus* 约有 11 种, 分布于北半球。我国有 4 种 1 变种, 分布于东北、西南和华南 (郑万钧等, 1978)。白豆杉属 *Pseudotaxus* 仅白豆杉 1 种, 为我国特有的单型属, 仅分布于我国浙江、湖南、江西、广东和广西的局部地区。这两个属的细胞学研究仅见零星的报道 (管启良等, 1993; 黄少甫, 1986; 陈可咏, 1990, 1996), 且出现很大的分歧。对红豆杉属和白豆杉植物的细胞学尚缺乏系统的比较研究。为了探讨红豆杉属内各种的亲缘关系及白豆杉和红豆杉属的亲缘联系, 对红豆杉属几种植物和白豆杉的核形态结构进行了较系统的比较研究。

1 材料和方法

本文报道的 3 种 1 变种红豆杉属植物和白豆杉的实验材料均从原产地引种并栽培于昆明植物园 (表 1), 所有材料均为该种植物的雌株。取新生根尖用 0.05% 的秋水仙素溶液于室温下处理 16 h 以上, 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 50~70 s, 1% 的醋酸地衣红染色和压片, 并显微摄影和制作永久装片。间期核和有丝分裂前期染色体的形态划分按 Tanaka (1971, 1977) 的标准, 体细胞分裂中期核型分析根据李懋学和陈瑞阳 (1985) 的标准, 核型不对称性按 Stebbins (1971) 的分类标准, 核型不对称程度的计算采用荒野久男等 (1975) 的方法, 即着丝点端化值 ($T. C. \% = (\text{染色体长臂总长度} / \text{染色体总长度}) \times 100$, 凭证标本存放于昆明植物研究所植物园。

表 1 植物材料的来源

Table 1 the samples from different localities

种 类 Species	产 地 Locality	海 拔 Altitude (m)	凭证标本 Voucher
红豆杉 <i>Taxus chinensis</i>	云南昭通威信	1 200	9691402
南方红豆杉 <i>T. chinensis</i> var. <i>mairei</i>	湖南桑植天平山	1 800	96102302
东北红豆杉 <i>T. cuspidata</i>	辽宁沈阳	200	950802
云南红豆杉 <i>T. yunnanensis</i>	云南宁蒗县	2 100	9681001
白豆杉 <i>Pseudotaxus chienii</i>	浙江龙泉	700	95-04

2 结果与讨论

红豆杉属 3 种 1 变种和白豆杉的核形态结构均较为相似。间期核由一些大大小小的染色较深的异染色质颗粒构成, 分裂前期染色体由染色较深的异固缩节段和染色较浅的常染色质节段相间排列, 间期核属于复杂染色中心型, 前期染色体属于中间型 (图版 I: A, G, B, H)。体细胞的中期核型分别为 (表 2):

(1) 云南红豆杉 *T. yunnanensis* $2n = 24 = 21m + 1sm + 2T$, 中期染色体由 21 条中部着丝点染色体、1 条亚中部着丝点染色体和 2 条端部着丝点染色体组成 (图版 I: C, 图版 II: C)。染色体长度比为 2.75, 核型不对称性属于 2B 型, $T. C. \%$ 为 55.79%。第 4、8、13、16、19 号染色体的长臂和第 3、16、18 号短臂上具有次缢痕结构, 本种的核型为首次报道。

(2) 红豆杉 *T. chinensis* $2n = 24 = 20m + 2sm + 2T$, 中期染色体由 20 条中部着丝点染色体、2 条亚中部着丝点染色体和 2 条端部着丝点染色体组成 (图版 I: D, 图版 II: D)。染色体长度比为 3.86, 核型不对称性属于 2B 型, $T. C. \%$ 为 58.22%。第 10、14、22 号长臂和第 5、6、11、17 号短臂上有次缢痕, 本种的核型为首次报道。

表 2 红豆杉属和白豆杉属的核型参数表

Table 2 The karyotype data of *Taxus* and *Pseudotsaxus chienii*

Chrom – osome	<i>Taxus chinensis</i> K(2n) = 24 = 20m + 2sm + 2T			<i>T. chinensis</i> var. <i>mairei</i> K(2n) = 24 = 20m + 2sm + 2T			<i>T. cuspidata</i> K(2n) = 24 = 18m + 4sm + 2T			<i>T. yunnanensis</i> K(2n) = 24 = 21m + 1sm + 2T			<i>Pseudotsaxus chienii</i> K(2n) = 24 = 20m + 2sm + 2T		
	No.	RL	AR	PC	RL	AR	PC	RL	AR	PC	RL	AR	PC	RL	AR
1	6.17	1.40	m	5.45	1.23	m	5.44	1.13	m	5.31	1.39	m	5.15	1.05	m
2	5.66	1.16	m	5.30	1.17	m	5.35	1.15	m	5.21	1.02	m	5.06	1.02	m
3	5.45	1.12	m	5.21	1.01	m	5.24	1.05	m	5.15	1.11	m	4.99	1.01	m
4	5.27	1.41	m	5.21	1.11	m	5.21	1.07	m	4.90	1.07	m	4.90	1.10	m
5	5.20	1.35	m	4.97	1.20	m	5.21	1.14	m	4.90	1.11	m	4.88	1.16	m
6	5.15	1.04	m	4.91	1.01	m	5.10	1.12	m	4.74	1.22	m	4.86	1.44	m
7	5.04	1.28	m	4.85	1.18	m	4.99	1.05	m	4.69	1.17	m	4.74	1.10	m
8	4.76	1.60	m	4.67	1.07	m	4.87	1.35	m	4.66	1.13	m	4.65	1.10	m
9	4.71	1.34	m	4.64	1.05	m	4.76	1.03	m	4.64	1.04	m	4.52	1.40	m
10	4.58	1.14	m	4.61	1.15	m	4.59	1.25	m	4.31	1.14	m	4.48	1.35	m
11	4.55	1.16	m	4.55	1.10	m	4.25	1.02	m	4.28	1.05	m	4.43	1.02	m
12	4.35	1.49	m	4.31	1.01	m	4.25	1.02	m	4.28	1.05	m	4.43	1.02	m
13	4.24	1.06	m	4.10	1.09	m	4.22	1.53	m	4.25	1.36	m	4.39	1.06	m
14	4.09	1.03	m	4.10	1.43	m	4.16	1.41	m	4.23	1.25	m	4.09	1.54	m
15	4.04	1.01	m	4.07	1.25	m	3.99	1.02	m	4.23	1.27	m	4.07	1.12	m
16	4.04	1.01	m	4.01	1.22	m	3.97	1.26	m	4.15	1.01	m	3.94	1.48	m
17	3.60	1.16	m	3.86	1.13	m	3.88	1.73	sm	4.12	1.32	m	3.92	1.06	m
18	3.60	1.50	m	3.80	1.03	m	3.71	1.85	sm	4.05	1.28	m	3.92	1.06	m
19	3.58	1.28	m	3.67	1.34	m	3.57	1.25	m	3.79	1.04	m	3.80	1.02	m
20	3.11	2.08	sm	3.55	1.03	m	3.51	2.19	sm	3.56	1.09	m	3.67	1.39	m
21	2.88	1.80	sm	3.13	2.17	sm	2.92	1.70	sm	3.17	2.15	sm	3.54	2.16	sm
22	2.62	1.68	m	2.89	1.97	sm	2.78	1.13	m	3.15	1.03	m	3.42	1.78	sm
23	1.70		T	2.11		T	2.08		T	2.29		T	2.06		T
24	1.60		T	2.05		T	2.01		T	1.93		T	2.01		T

RL: relative length; AR: arm ratio; PC: position of centromere

(3) 东北红豆杉 *T. cuspidata* $2n = 24 = 18m + 4sm + 2T$, 中期染色体由 18 条中部着丝点染色体、4 条亚中部着丝点染色体和 2 条端部着丝点染色体组成 (图版 I: E, 图版 II: E)。染色体长度比为 2.71, 核型不对称性为 2B 型, T.C% 值为 57.05%。第 2、5、6、8、11、20 号染色体的长臂和第 7 号短臂上具有次缢痕。Sax (1933) 曾报道了东北红豆杉胚乳细胞 (单倍体) 的中期染色体数目为 12, 其中的一条小染色体仍为 T 染色体; 陈可咏 (1996) 对东北红豆杉进行了核型分析, 其核型公式为: $K(2n) = 24 = 4M + 6msm + 10m + 2sm + 2T$, 因他根据 Levan 等 (1964) 的方法确定染色体类型, 出现了 6 条 *msm* 染色体, 实际上它们的臂比值都低于 1.70, 按照 Stebbins 的标准仍为中部着丝点染色体, 当中也具有 2 条 T 染色体。与我们的结果相比略有差异, 总体的核型结构还是相近。

(4) 南方红豆杉 *T. chinensis* var. *mairei* $2n = 24 = 20m + 2sm + 2T$, 中期染色体由 20 条中部着丝点染色体、2 条亚中部着丝点染色体和 2 条端部着丝点染色体组成 (图版 I: F, 图版 II: F)。染色体长度比为 2.67, 核型不对称性属于 2B 型, T.C% 值为 55.75%。第 9、11、14、15、17 号染色体的短臂上具有次缢痕。黄少甫 (1986) 曾报道了南方红豆杉的染色体数目为 $2n = 16$, 可能作者的观察有误, 这一染色体数目结果不准确。

(5) 白豆杉 *P. chienii* $2n = 24 = 20m + 2sm + 2T$, 中期染色体由 20 条中部着丝点染色体、2 条亚中部着

丝点染色体和 2 条端部着丝点染色体组成 (图版 I: I, 图版 II: G)。染色体长度比为 2.56, 核型不对称性属于 2B 型, T. C% 值为 56.43%, 个别细胞偶见 1 个 B 染色体。第 1、4、5、12、15、21、22 号长臂和第 2、8、10、18 号短臂上具有次缢痕。陈可咏 (1990) 对白豆杉 *P. chienii* 发育初期的雌配子组织进行染色体研究, 结果为 $n=13$, 其中有一染色体具随体; 而管启良等 (1993) 分别对白豆杉 *P. chienii* 的雌株和雄株进行核型分析, 其结果都为 $K(2n)=24=22m(2SAT)+2T$, 体细胞染色体数目也为 $2n=24$, 因此陈可咏报道的染色体数目有误。管启良等也观察到了白豆杉具有 2 条 T 染色体, 而其余 22 条染色体都为中部着丝点染色体, 其中 2 条染色体具有随体, 我们没有观察到具随体染色体, 因此我们的结果与管启良的报道稍有不同。

从上述的结果, 可以确认红豆杉属和白豆杉的体细胞染色体数目为 $2n=24$, 染色体基数 $x=12$ 。4 种红豆杉和白豆杉的中期染色体中都有 2 条端部着丝点染色体, 而且较稳定, 可以作为这两属特征性染色体来看, 同时也表明这两个属在系统发育上有着较密切的亲缘联系。它们的间期核和分裂前期染色体的构形都为同一类型, 即分别为复杂染色中心型和中间型, 核型不对称性均属于 2B 型。因此, 无论是 4 种红豆杉之间, 还是红豆杉属和白豆杉属之间, 核形态结构都较为相似。但也存在一些变异, 如 4 种红豆杉的中期染色体, 相应的亚中部着丝点染色体 (sm 染色体) 的数目也不尽相同, 如云南红豆杉只有 1 条, 东北红豆杉有 4 条, 而其余的几个种都为 2 条。染色体长度比和着丝点端化值的分析结果也表现出它们间的一些差异。这几种植物的次缢痕的数目和位置也有不同程度的变异, 白豆杉有 11 条染色体具次缢痕, 而红豆杉属植物仅有 5~8 条染色体具次缢痕, 这也是白豆杉与红豆杉属的主要差异, 同时从这一点可能反映出白豆杉的遗传变异较红豆杉属几个种活跃。白豆杉的核型虽与 4 种红豆杉有点差异, 总体的核型结构是很相近的。从表形性状的特征来看, 红豆杉属植物的分布范围虽很广, 但种间的变异却很小, 叶能干等 (1996) 对红豆杉属 4 种 (包括白豆杉) 进行了幼苗形态学的比较分析, 发现 4 种红豆杉的幼苗形态及子叶结构非常相似, 与白豆杉相比差异也很小。而现在红豆杉属属下的分种是以成熟叶片的长度和弯直、叶片边缘是否反卷、质地厚薄, 叶背角质状乳头点分布的稀密程度等特征来进行 (郑万钧等, 1978), 但这些特征和变异是交叉和连续的, 而且这些变异与地理生境因子有关。桂耀林等 (1974) 在对红豆杉属植物叶片表皮结构进行研究之后, 认为常用作红豆杉属分种的叶表皮结构的角质乳头点特征不能作为定种的唯一依据, 而只能是辅助特征。因此这几种红豆杉的表形形态特征非常相近。虽然红豆杉属和白豆杉在幼苗形态上也很相似, 但是成熟植株在叶背气孔带颜色、假种皮颜色以及小枝的着生方式上有明显的区别。我们对上述白豆杉和红豆杉属植物进行等位酶分析之后发现红豆杉属内各种之间也较为一致, 这和细胞水平的结果相互印证, 而白豆杉和红豆杉属的各种之间都存在很大的差异, 表明这两个属在分子水平上已发生了明显的变异 (待发表), 因此白豆杉作为属的分类学处理是适合的。根据形态学上的资料以及我们从细胞学和等位酶两方面的研究结果认为红豆杉属的这几个种关系非常近, 我们建议红豆杉属的这几个种进行种的合并, 由于红豆杉属的这几个种的地理分布较广, 生境的变迁而引起的某些形态特征的变异, 可以考虑在种下设立地理变种。

参 考 文 献

- 叶能干, 廖海民, 李淑久, 1996. 从幼苗形态学特征探讨红豆杉科各属间的系统演化. 植物分类学报, 34 (2): 142~151
 陈可咏, 1990. 白豆杉属的染色体. 植物学通报, 7 (3): 54~55
 陈可咏, 1996. 东北红豆杉的核型分析. 植物学通报, 13 (专辑): 46~47
 陈祖铿, 王伏雄, 1978. 白豆杉的胚胎发育及其系统位置的商酌. 植物分类学报, 16 (2): 1~9
 李懋学, 陈瑞阳, 1985. 关于植物核型分析的标准化问题. 武汉植物学研究, 3 (4): 297~302
 郑万钧, 傅立国编, 1978. 中国植物志 (第七卷). 北京: 科学出版社.

- 黄少甫, 1986. 植物染色体计数 (三). 亚林科技, (4): 50 ~ 56
- 管启良, 林立, 俞仲轲, 1993. 白豆杉的核型和性染色体的研究. 遗传学报, **20** (2): 155 ~ 158
- 桂耀林, 胡玉熹, 1974. 红豆杉属叶子的表皮特征与分类的关系. 植物分类学报, **12** (3): 329 ~ 334
- 荒野久男, 齐藤一男, 1975. Cytological studies in Family Campanulaceae II. *La Kromosomo*, **99**: 3072 ~ 3081
- Levan A, Fredga K and Sanberg A A, 1964. Nomenclature for the centromeric position on chromosomes. *Hereditas*, **52**: 201 ~ 220
- Sax K., Sax H. J., 1933. Chromosome number and morphology in the conifers. *J Arn Arb*, **14**: 356 ~ 375
- Stebbins G L, 1971. Chromosomal evolution in higher plants. London: Edward Arnold. 87 ~ 90
- Tanaka R, 1971. Types of resting nuclei in Orchidaceae. *Bot Mag*. Tokyo, **84**: 118 ~ 122
- Tanaka R, 1977. Recent karyotype studies. In Ogawa K. *et al*. (eds): Plant cytology. Asakura Shoten, Tokyo (in Japan). 293 ~ 326

图 版 说 明

图版 I 红豆杉属和白豆杉属的间期核, 前期及中期染色体

间期核 A: 红豆杉属 G: 白豆杉 前期染色体 B: 红豆杉属 H: 白豆杉 中期染色体 C: 云南红豆杉 D: 红豆杉
E: 东北红豆杉 F: 南方红豆杉 I: 白豆杉

图版 II 红豆杉属和白豆杉的核型图

C: 云南红豆杉 D: 红豆杉 E: 东北红豆杉 F: 南方红豆杉 G: 白豆杉

Explanation of Plates

Plate I: The interphase nuclei, prophase chromosomes and metaphase chromosomes of *Taxus* and *Pseudotaxus chienii*

Interphase Nuclei A: *Taxus*, G: *P. chienii*; Prophase Chromosomes B: *Taxus*, H: *P. chienii*; Metaphase Chromosomes C: *T. yunnanensis*, D: *T. chinensis* E: *T. cuspidata* F: *T. chinensis* var. *mairei* I: *P. chienii*

Plate II: The karyogram of *Taxus* and *Pseudotaxus chienii*

C: *T. yunnanensis*, D: *T. chinensis*, E: *T. cuspidata*; F: *T. chinensis* var. *mairei*, G: *P. chienii*