

doi: 10.11733/j.issn.1007-0435.2026.03.005

引用格式: 陈霜, 曹峰, 李豆豆, 等. 绞股蓝属5种植物的染色体倍性及核型分析[J]. 草地学报, 2026, 34(3): 788–795

CHEN Shuang, CAO Feng, LI Dou-dou, et al. Chromosomal Ploidy and Karyotype Analysis of 5 Plant Species of *Gynostemma* Genus[J]. Acta Agrestia Sinica, 2026, 34(3): 788–795

绞股蓝属5种植物的染色体倍性及核型分析

陈霜¹, 曹峰¹, 李豆豆¹, 郭宝林^{1*}, 索凤梅¹, 曹显俊², 李晓虎²

(1. 中国医学科学院药用植物研究所, 北京 100193; 2. 陕西萃源康农业科技有限公司, 陕西 安康 725000)

摘要: 本研究利用常规染色体压片技术, 对绞股蓝属5个物种8个样品的倍性及核型进行分析, 探讨它们之间的进化趋势和亲缘关系, 发现8个样品的染色体基数均为11, 除福建南靖产绞股蓝 *Gynostemma pentaphyllum* 为四倍体, 其余均为二倍体; 8个样品中2个样品有随体, 染色体类型包括m, sm 2种, 核型有1A, 2A, 1B, 2B 4个类型, 最长染色体/最短染色体值1.48~3.26, 平均臂比值1.26~1.45, 核不对称系数55.59%~58.56%。按照核型类型的进化程度分别为GXH, WZ>GXY>AH, FJ>MD, GXB, YJ。这些数据为绞股蓝属植物分类和系统关系研究提供了细胞学依据。

关键词: 绞股蓝属; 染色体; 倍性; 核型

中图分类号: Q343.2+2

文献标识码: A

文章编号: 1007-0435(2026)03-0788-08

Chromosomal Ploidy and Karyotype Analysis of 5 Plant Species of *Gynostemma* Genus

CHEN Shuang¹, CAO Feng¹, LI Dou-dou¹, GUO Bao-lin^{1*}, SUO Feng-mei¹, CAO Xian-jun², LI Xiao-hu²

(1. Institute of Medicinal Plants Development, Chinese Academy of Medical Sciences, Beijing 100193; 2. Shaanxi Cuiyuankang Agricultural Technology, Ankang, Shaanxi Province 725000, China)

Abstract: This study employed conventional chromosome squash techniques to analyze the ploidy levels and karyotypes of eight samples from five *Gynostemma* species, aiming to investigate their evolutionary trends and phylogenetic relationships. The results revealed that all eight samples exhibited a basic chromosome number of 11. Among them, *G. pentaphyllum* collected from Fujian Nanjing was tetraploid, while the remaining seven samples were diploid. Satellite chromosomes were observed in two samples. Chromosome types included two categories: m (metacentric) and sm (submetacentric). Karyotype classifications comprised four types: 1A, 2A, 1B, and 2B. The ratio of the longest to shortest chromosome ranged from 1.48 to 3.26, with an average arm ratio of 1.26–1.45. The karyotypic asymmetry coefficient varied between 55.59% and 58.56%. Based on karyotype evolution, the samples were ordered as follows: GXH, WZ>GXY>AH, FJ>MD, GXB, YJ. These findings provide cytological evidence for the taxonomic classification and phylogenetic analysis of *Gynostemma* species.

Key words: *Gynostemma*; Chromosomes; Ploidy; Karyotype

绞股蓝属 *Gynostemma* 隶属于葫芦科, 属下共包括2亚属17种2变种, 中国分布有2亚属14种2变种, 广泛分布于秦岭以南地区^[1]。绞股蓝最早记载于《救荒本草》, 后来的研究发现其富含人参皂苷类成分, 可应用于制茶、制药、保健等领域, 是陕西

省地方特色食用植物^[2], 主要为广布种绞股蓝 *G. pentaphyllum*^[3]。近年来关于绞股蓝的研究愈发受到重视, 其研究领域主要集中在化学成分及药理等方面, 同时随着DNA序列分析、分子标记等新方法和新技术的迅速发展, 绞股蓝系统发育和基因组的

收稿日期: 2025-06-26; 修回日期: 2025-08-12

基金项目: “陕西省2024年重点研发计划”项目基于生境和生物化学等多维评价的陕产药用绞股蓝种植模式研究(项目编号: 2024SF-GJHX-10)资助

作者简介: 陈霜(2004-), 女, 汉族, 四川南充人, 硕士研究生, 主要从事绞股蓝种质资源研究, E-mail: cs17738210796@163.com; *通信作者 Author for correspondence, E-mail: guobaolin010@163.com

研究也取得了一定的进展^[4-9]。

由于绞股蓝属植物分布范围广,生长环境多样,种内形态常多变,种间的形态又存在交叉和过渡,因此绞股蓝属的鉴定比较困难,分类也存在争议^[10-11]。植物染色体形态和数目是重要的细胞学特征,绞股蓝属植物已有较多的染色体数目和倍性研究,李汝娟等^[12]研究报道表明绞股蓝属的染色体基数为 $x=11$,同时报道了陕西省的 3 种绞股蓝属植物,高信芬等^[13]对绞股蓝属的 8 种 1 变种进行了倍性分析,发现绞股蓝属植物的染色体有复杂的倍性变化。而核型分析则仅杨启银等^[14]对疏花绞股蓝进行了核型分析。绞股蓝属植物为小型染色体,前人研究多采用常规压片法,但实验条件记载不详,本研究优化了压

片流程,对绞股蓝属中的 5 个物种 8 个样品的倍性和核型进行分析,其中缅甸绞股蓝 *G. burmanicum* 和疣茎绞股蓝 *G. verrucosum* 的染色体数目为首次报道,5 个物种的核型为首次报道,以期对绞股蓝属的分类和系统关系提供细胞学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

以绞股蓝扦插苗的幼嫩根尖为试验材料,绞股蓝属 5 个种 8 个样品详细信息如表 1 所示。根据 Flora of China,1~6 号为绞股蓝亚属,7 号为喙果藤亚属,8 号为 2024 年新发表的物种,暂未有亚属划分^[15-16]。

表 1 绞股蓝属 5 个物种 8 个样品基本信息

Table 1 Basic information of 8 samples from 5 *Gynostemma* species

序号 Serial No.	代号 Code	种 Species	来源 Habitat	纬度 Latitude	经度 Longitude	海拔 Altitude/m
1	AH	绞股蓝 <i>Gynostemma pentaphyllum</i>	安徽石台	30°28'12"N	117°38'45"E	680
2	FJ	绞股蓝 <i>G. pentaphyllum</i>	福建南靖	24°35'20"N	117°21'30"E	520
3	MD	缅甸绞股蓝 <i>G. burmanicum</i>	云南芒市	24°22'18"N	98°25'36"E	750
4	GXB	广西绞股蓝 <i>G. Guangxiense</i>	广西龙州	22°28'45"N	106°53'12"E	520
5	GXH	广西绞股蓝 <i>G. Guangxiense</i>	广西天等	22°48'30"N	106°52'15"E	550
6	GXY	广西绞股蓝 <i>G. Guangxiense</i>	云南麻栗坡	23°05'22"N	104°42'18"E	920
7	WZ	五柱绞股蓝 <i>G. pentagynum</i>	湖南吉首	28°18'45"N	109°43'22"E	680
8	YJ	疣茎绞股蓝 <i>G. verrucosum</i>	云南麻栗坡	23°02'15"N	104°48'30"E	1120

1.2 取材及培养

取新鲜、长势良好的绞股蓝属植物藤茎,剪成具有 2~3 个节的茎段,分别采用泥炭土、裹湿纸和营养液水培 3 种培养方式获得不定根,结果发现营养液水培的不定根萌发数量最多且生长状况最好。因此本研究所有制片材料均采用营养液水培方法培养的粗壮不定根,待根尖长至 10~15 mm 左右,选择粗壮嫩根从端部剪取 2~3 mm。

1.3 预处理

将取好的根尖用蒸馏水冲洗干净,滤纸吸干水分后,采用 2 种试剂进行处理:

(1)在室温下置于秋水仙素和 8-羟基喹啉混合溶液(1:1)处理 7,8,9 h。(2)在 4℃条件下置于对二氯苯饱和溶液中处理 7,8,9 h。

1.4 固定

将预处理后的材料使用蒸馏水冲洗 3~5 次,滤纸吸干水分后,4℃条件下置于卡诺固定液(无水乙醇:冰醋酸=3:1)中固定 10~24 h。

1.5 解离

取出固定好的材料,用蒸馏水清洗 2~3 次,滤纸吸干水分后,放入提前预热的装有 1 mol·L⁻¹ 稀盐酸的离心管中,于 60℃水浴锅中解离 5,8,11 min。

1.6 染色与压片

将解离后的根尖材料用蒸馏水清洗 10 min,充分冲洗后置于载玻片上,用刀片切去伸长区和根冠,留下分生区,将分生区放置于装有改良卡宝品红染液的小管中染色 0.5,1,2,2.5,3 h,采用常规压片法压片^[17]。

1.7 染色体观察及图片采集

将制好的根尖装片置于光学显微镜下观察,在油镜(100×)下选择分散效果好、形态清晰的染色体进行拍照保存。

1.8 染色体数目及核型分析

根据李懋学和陈瑞阳^[18]的分析标准,确定染色体数目以及核型分析,各植物均统计 30 个能清楚计数且处于分裂中期的完整细胞,其中,85% 以上的细胞具有一致的染色体数,即为该植物的染色体数

目。从中选取 5 个进行核型分析,求其平均值作为核型分析参数。

1.9 数据分析

用 Photoshop 2020 软件剪取染色体并进行同源染色体配对;采用 Karyotype Analysis 2.0 软件进行染色体长短臂的测量,并计算染色体的相对长度和臂比。计算染色体相对长度和臂比参照李懋学和陈瑞阳^[18]制定的核型准则,以着丝点位置对染色体类型进行划分参照 Levan 等^[19]的命名系统,核型不对称系数(As. K%)以 Arano^[20]方式进行计算,染色体核型分类按照 Stebbins^[21]的准则,染色体相对长度系数(I. R. L)参照 KUO 等^[22]所制订的标准。

2 结果与分析

2.1 不同预处理条件对于染色体制片的影响

分别采用秋水仙素:8-羟基喹啉(1:1)和对二氯苯饱和溶液 2 种预处理液进行实验,结果显示:室温下置于秋水仙素和 8-羟基喹啉混合溶液(1:1)处理的根均不能正常染色;在 4℃条件下置于对二氯苯饱和溶液中处理的根染色正常,且 7, 8, 9 h 未见区

别。因此 4℃条件对二氯苯饱和溶液处理 7 h 为最佳预处理方式。

2.2 不同解离时间对染色体制片的影响

实验探索了 60℃条件下 HCl 溶液不同解离时间对于染色体制片的影响。结果显示,水解 5 min 即可达到良好的压片效果;水解 8 min 和 11 min 能够正常压片,但不易上色。因此 60℃下,1 mol·L⁻¹ HCl 解离 5 min 效果最佳。

2.3 不同染色时间对染色体制片的影响

实验探索了不同染色时间对于染色体制片的影响。结果显示,整染 0.5, 1, 2 h 均染色体着色浅,不能清晰观察到染色体;整染 2.5 h 和 3 h 均能达到良好的染色效果。因此整染 2.5 h 作为最佳染色时间。

2.4 染色体计数

绞股蓝属 5 个物种 8 个样品各选择 30 个形态良好、分散清晰的有丝分裂中期分裂相细胞进行计数,85% 以上的细胞具有一致的染色体数,即为该植物的染色体数目(表 2)。

表 2 绞股蓝属 5 个物种 8 个样品染色体数目及倍性

Table 2 Chromosome number and ploidy of 8 samples from 5 *Gynostemma* species

序号 Serial No.	代号 Code	种 Species	来源 Habitat	染色体数目 Chromosome number	倍性 Ploidy
1	AH	绞股蓝 <i>Gynostemma pentaphyllum</i>	安徽石台	22	二倍体
2	FJ	绞股蓝 <i>G. pentaphyllum</i>	福建南靖	44	四倍体
3	MD	缅甸绞股蓝 <i>G. burmanicum</i>	云南芒市	22	二倍体
4	GXB	广西绞股蓝 <i>G. guangxiense</i>	广西龙州	22	二倍体
5	GXH	广西绞股蓝 <i>G. guangxiense</i>	广西天等	22	二倍体
6	GXY	广西绞股蓝 <i>G. guangxiense</i>	云南麻栗坡	22	二倍体
7	WZ	五柱绞股蓝 <i>G. pentagynum</i>	湖南吉首	22	二倍体
8	YJ	疣茎绞股蓝 <i>G. verrucosum</i>	云南麻栗坡	22	二倍体

2.5 核型分析

核型分析时绞股蓝属 5 个物种 8 个样品各选取 5 个细胞完整且处于有丝分裂中期、染色体长度适中、分散效果好的细胞染色体,求其平均值作为核型参数。

绞股蓝(安徽石台, AH)2n=22 条,二倍体,核型公式为 2n=2x=22=18 m+4 sm。染色体的相对长度范围 1~1.48 μm 之间,最长染色体与最短染色体长度比 1.48,臂比值在 1.10~2.53 之间,有 2 条染色体臂比值大于 2:1,核型不对称系数为 58.56%,属于 Stebbins 核型的 2A 型(表 3,表 4,图 1A)。

绞股蓝(福建南靖, FJ)2n=44 条,四倍体,核型

公式为 2n=4x=40 m+4 sm。染色体的相对长度范围 0.69~1.25 μm 之间,最长染色体与最短染色体长度比 1.82,臂比值在 1.02~2.55 之间,有 4 条染色体臂比值大于 2:1,核型不对称系数为 56.91%,属于 Stebbins 核型的 2A 型(表 3,表 4,图 1B)。

缅甸绞股蓝(云南芒市, MD)2n=22 条,二倍体,核型公式为 2n=2x=20m+2sm。染色体的相对长度范围 0.73~1.26 μm 之间,最长染色体与最短染色体长度比为 1.73,臂比值在 1.03~1.98 之间,染色体臂比值均小于 2:1,核型不对称系数为 57.70%,属于

Stebbins 核型的 1A 型(表 3,表 4,图 1C)。

广西绞股蓝(广西龙州,GXB)2n=22 条,二倍体,核型公式为 2n=2x=22=22m。染色体的相对长度范围 1.09~1.70 μm 之间,最长染色体与最短染色体长度比为 1.56,臂比值在 1.08~1.67 之间,臂比值均小于 2:1,核型不对称系数为 55.59%,属于 Stebbins 核型的 1A 型(表 3,表 4,图 1D)。

广西绞股蓝(广西天等,GXH)2n=22 条,二倍体,核型公式为 2n=2x=22=18m+4sm。染色体的相对长度范围 0.47~1.53 μm 之间,最长染色体与最短染色体长度比为 3.26,臂比值在 1.08~2.10 之间,有 1 条染色体臂比值大于 2:1,核型不对称系数为 58.25%,属于 Stebbins 核型的 2B 型(表 3,表 4,图 1E)。

广西绞股蓝(云南麻栗坡,GXY)2n=22 条,二倍体,核型公式为 2n=2x=22=18m+4sm。染色体的相对长度范围 0.67~1.38 μm 之间,最长染色体与最

短染色体长度比为 2.06,臂比值在 1.07~1.85 之间,染色体臂比值均小于 2:1,核型不对称系数为 57.09%,属于 Stebbins 核型的 1B 型(表 3,表 4,图 1F)。

五柱绞股蓝(湖南吉首,WZ)2n=22 条,二倍体,核型公式为 2n=2x=20m(2sat)+2sm。11 组染色体的相对长度范围 0.75~1.91 μm 之间,最长染色体与最短染色体长度比为 2.54,臂比值在 1.11~2.44 之间,有 1 条染色体臂比值大于 2:1,核型不对称系数为 57.9%,属于 Stebbins 核型的 2B 型(表 3,表 4,图 1G)。

疣茎绞股蓝(YJ)2n=22 条,二倍体,核型公式为 2n=2x=20 m(4sat)+2 sm。11 组染色体的相对长度范围 0.94~1.50 μm 之间,最长染色体与最短染色体长度比为 1.60,臂比值在 1.02~1.86 之间,染色体臂比值均小于 2:1,核型不对称系数为 55.76%,属于 Stebbins 核型的 1A 型(表 3,表 4,图 1H)。

表 3 绞股蓝属 5 个物种 8 个样品的核型参数

Table 3 Karyotypic parameters of 8 samples from 5 *Gynostemma* species

名称 Name	序号 No.	染色体相对长度 Relative length/ %			相对长度系数 Relative length coefficient	臂比 Arm ratio	染色体类型 Chromosomal type
		短臂 Short arm/μm	长臂 Long arm/μm	全长 Total length/μm			
绞股蓝 <i>Gynostemma pentaphyllum</i> (安徽石台,AH)	1	0.67	0.81	1.48	1.20	1.21	m
	2	0.54	0.88	1.42	1.15	1.63	m
	3	0.55	0.83	1.38	1.12	1.49	m
	4	0.38	0.87	1.25	1.02	2.29	sm
	5	0.53	0.70	1.23	1.00	1.32	m
	6	0.58	0.62	1.20	0.98	1.07	m
	7	0.48	0.71	1.20	0.98	1.47	m
	8	0.42	0.75	1.17	0.95	1.79	sm
	9	0.53	0.61	1.14	0.93	1.15	m
	10	0.44	0.61	1.06	0.86	1.39	m
	11	0.50	0.55	1.05	0.85	1.11	m
绞股蓝 <i>G. pentaphyllum</i> (福建南靖,FJ)	1	0.47	0.71	1.18	1.26	1.49	m
	2	0.48	0.58	1.06	1.13	1.22	m
	3	0.46	0.55	1.01	1.07	1.20	m
	4	0.30	0.69	0.99	1.05	2.30	sm
	5	0.45	0.52	0.97	1.03	1.15	m
	6	0.38	0.54	0.93	0.99	1.42	m
	7	0.44	0.47	0.91	0.97	1.06	m
	8	0.42	0.47	0.88	0.94	1.12	m
	9	0.37	0.49	0.86	0.91	1.34	m
	10	0.36	0.42	0.78	0.83	1.18	m
	11	0.33	0.44	0.77	0.82	1.48	m
缅甸绞股蓝 <i>G. burmanicum</i> (云南芒市,MD)	1	0.47	0.70	1.17	1.19	1.48	m
	2	0.51	0.58	1.09	1.11	1.15	m
	3	0.41	0.67	1.08	1.10	1.62	m
	4	0.47	0.61	1.08	1.10	1.30	m
	5	0.52	0.55	1.07	1.09	1.08	m
	6	0.38	0.63	1.01	1.03	1.68	m
	7	0.45	0.53	0.99	1.01	1.18	m
	8	0.32	0.58	0.90	0.92	1.81	sm
	9	0.36	0.5	0.86	0.88	1.38	m
	10	0.42	0.43	0.85	0.87	1.03	m
	11	0.27	0.46	0.73	0.74	1.68	m

续表 3

名称 Name	序号 No.	染色体相对长度 Relative length/%			相对长度系数 Relative length coefficient	臂比 Arm ratio	染色体类型 Chromosomal type
		短臂 Short arm/ μm	长臂 Long arm/ μm	全长 Total length/ μm			
广西绞股蓝 <i>G. guangxiense</i> (广西龙州, GXB)	1	0.76	0.91	1.67	1.24	1.20	m
	2	0.73	0.81	1.54	1.14	1.10	m
	3	0.62	0.86	1.48	1.10	1.40	m
	4	0.69	0.75	1.44	1.07	1.10	m
	5	0.60	0.77	1.36	1.01	1.28	m
	6	0.57	0.77	1.34	0.99	1.35	m
	7	0.60	0.71	1.32	0.98	1.18	m
	8	0.49	0.79	1.28	0.95	1.62	m
	9	0.51	0.69	1.20	0.89	1.34	m
	10	0.55	0.61	1.15	0.85	1.11	m
	11	0.49	0.60	1.09	0.81	1.23	m
广西绞股蓝 <i>G. guangxiense</i> (广西天等, GXH)	1	0.68	0.83	1.51	1.44	1.22	m
	2	0.50	0.92	1.43	1.36	1.84	sm
	3	0.59	0.81	1.40	1.33	1.38	m
	4	0.53	0.61	1.14	1.09	1.15	m
	5	0.46	0.66	1.12	1.07	1.43	m
	6	0.33	0.64	0.97	0.92	1.93	sm
	7	0.37	0.55	0.92	0.88	1.49	m
	8	0.42	0.46	0.88	0.84	1.10	m
	9	0.36	0.48	0.84	0.80	1.31	m
	10	0.29	0.41	0.70	0.67	1.43	m
	11	0.28	0.35	0.63	0.60	1.23	m
广西绞股蓝 <i>G. guangxiense</i> (云南麻栗坡, GXY)	1	0.68	0.83	1.51	1.44	1.22	m
	2	0.50	0.92	1.43	1.36	1.84	sm
	3	0.59	0.81	1.40	1.33	1.38	m
	4	0.53	0.61	1.14	1.09	1.15	m
	5	0.46	0.66	1.12	1.07	1.43	m
	6	0.33	0.64	0.97	0.92	1.93	sm
	7	0.37	0.55	0.92	0.88	1.49	m
	8	0.42	0.46	0.88	0.84	1.10	m
	9	0.36	0.48	0.84	0.80	1.31	m
	10	0.29	0.41	0.70	0.67	1.43	m
	11	0.28	0.35	0.63	0.60	1.23	m
五柱绞股蓝 <i>G. pentaphyllum</i> (湖南吉首, WZ)	1	0.55	1.08	1.63	1.51	1.96	m
	2	0.57	0.70	1.27	1.18	1.23	m
	3	0.58	0.65	1.23	1.14	1.13	m
	4	0.48	0.63	1.11	1.03	1.32	m
	5	0.43	0.64	1.07	0.99	1.49	sm
	6	0.39	0.65	1.04	0.96	1.68	m
	7	0.45	0.52	0.97	0.90	1.15	m
	8	0.43	0.53	0.96	0.89	1.24	m
	9	0.39	0.53	0.92	0.85	1.37	m
	10	0.40	0.47	0.87	0.81	1.17	m
	11	0.34	0.47	0.82	0.76	1.38	m
疣茎绞股蓝 <i>G. verrucosum</i> (云南麻栗坡, YJ)	1	0.67	0.81	1.48	1.23	1.22	m
	2	0.64	0.69	1.33	1.11	1.08	m
	3	0.63	0.70	1.33	1.11	1.12	m
	4	0.48	0.83	1.32	1.10	1.73	sm
	5	0.53	0.71	1.24	1.03	1.35	m
	6	0.47	0.64	1.11	0.93	1.36	m
	7	0.47	0.69	1.16	0.97	1.47	m
	8	0.52	0.58	1.10	0.92	1.11	m
	9	0.49	0.60	1.09	0.91	1.22	m
	10	0.51	0.54	1.05	0.88	1.06	m
	11	0.42	0.56	0.98	0.82	1.31	m

表 4 绞股蓝属 5 个物种 8 个样品的核型特征
Table 4 Karyotype characteristics of 8 samples from 5 *Gynostemma* species

名称 Name	核型公式 Karyotype formula	染色体相对长度组成 Chromosome relative length composition	相对长度范围 Relative length/%	平均臂比 Average arm ratio	最长/最短 Lt/st	核型不对称系数 As.index/%	类型 Type
绞股蓝 <i>Gynostemma pentaphyllum</i> (安徽石台, AH)	2n=2x=18m+4sm	2n=22=12M1+10M2	1.00~1.48	1.45	1.48	58.56	2A
绞股蓝 <i>G. pentaphyllum</i> (福建南靖, FJ)	2n=4x=40m+4sm	2n=22=12M1+10M2	0.69~1.25	1.35	1.82	56.91	2A
缅甸绞股蓝 <i>G. burmanicum</i> (云南芒市, MD)	2n=2x=20m+2sm	2n=22=14M2+6M1+2S	0.73~1.26	1.40	1.73	57.70	1A
广西绞股蓝 <i>G. Guangxiense</i> (广西龙州, GXB)	2n=2x=22m	2n=22=12M1+10M2	1.09~1.70	1.26	1.56	55.59	1A
广西绞股蓝 <i>G. Guangxiense</i> (广西天等, GXH)	2n=2x=18m+4sm	2n=22=4S+8M1+4M2+6L	0.47~1.53	1.41	3.26	58.25	2B
广西绞股蓝 <i>G. Guangxiense</i> (云南麻栗坡, GXY)	2n=2x=18m+4sm	2n=22=12M1+10M2	0.67~1.38	1.34	2.06	57.09	1B
五柱绞股蓝 <i>G. pentaphyllum</i> (湖南吉首, WZ)	2n=2x=20m (2sat) + 2sm	2n=22=14M1+6M2+2L	0.75~1.91	1.37	2.54	57.90	2B
疣茎绞股蓝 <i>G. Verrucosum</i> (云南麻栗坡, YJ)	2n=2x=20m (4sat) + 2sm	2n=22=12M1+10M2	0.94~1.50	1.28	1.60	55.76	1A

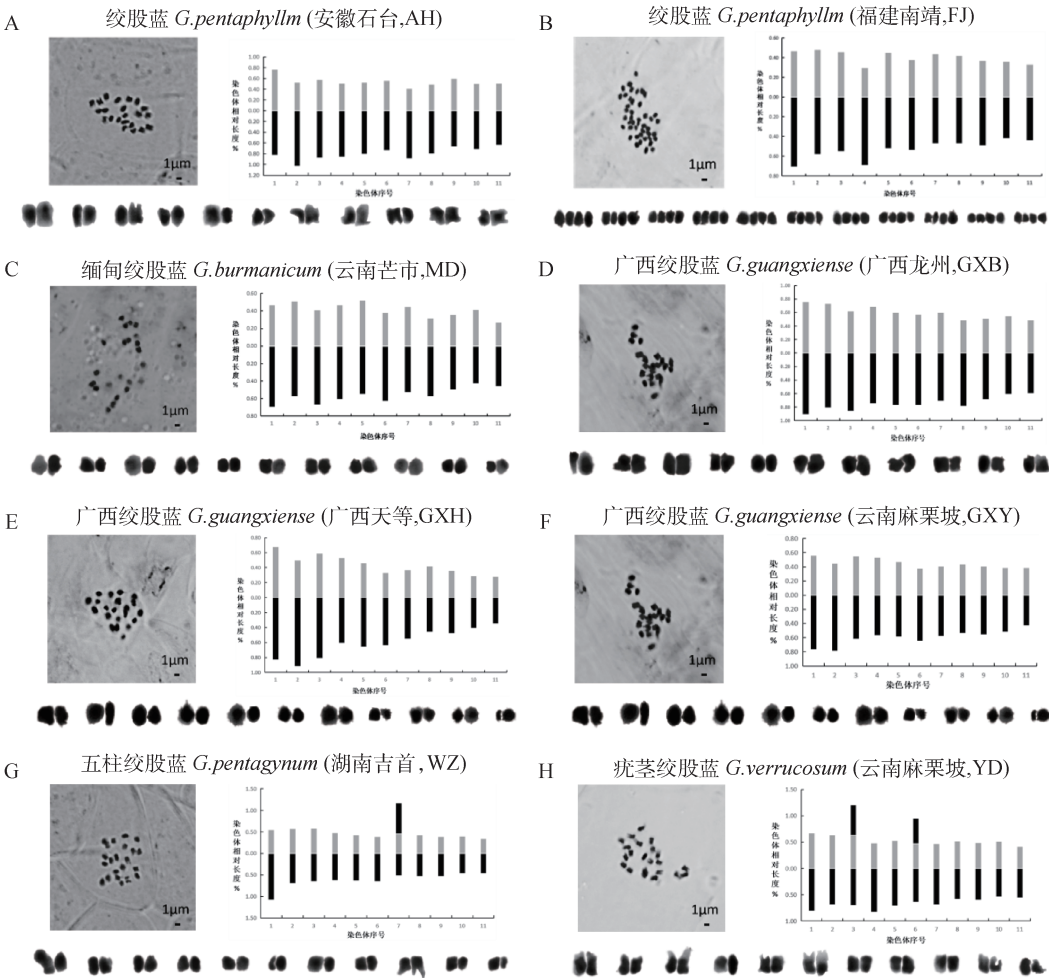


图 1 绞股蓝属 5 个物种 8 个样品的染色体形态,染色体核型以及核型模式图

Fig. 1 Chromosome morphology, karyotypes, and karyotype ideograms of 8 samples from 5 *Gynostemma* species

3 讨论

染色体制片技术环节主要包括:培养与取材、

预处理、固定、解离与染色。预处理的主要作用是阻断纺锤体形成、提高中期分裂相频率、促进染色体缩短、改变胞质粘度等,此环节是染色体制片中

最关键的操作步骤^[23-24]。目前预处理常用的试剂为 8-羟基喹啉、秋水仙素、饱和对二氯苯和 α -溴萘, 这些药物也可以配置成混合液使用, 并且效果往往比单一溶液更为优良^[16,25], 处理温度一般是 10℃~20℃^[23]。绞股蓝属染色体制片已报道文献中, 高信芬等^[13]采用的是 8-羟基喹啉或秋水仙素溶液, 李汝娟等^[12]采用的是对二氯苯饱和溶液, 杨启银等采用的是 8-羟基喹啉溶液, 杨启银等^[14]在室温下反应, 其余 2 人并未提及反应温度。本研究采用了秋水仙素:8-羟基喹啉(1:1)混合溶液和对二氯苯饱和溶液 2 种, 但秋水仙素:8-羟基喹啉(1:1)混合溶液处理的根尖无法染色, 原因有待进一步探讨。本研究使用了饱和对二氯苯溶液与低温处理结合的方法, 减小对二氯苯对细胞的毒害作用, 此条件下的制片效果良好。解离的作用是促进细胞分散和染色体分离。酶解主要使用的试剂是纤维素酶与果胶酶, 费用相对昂贵, 温度在 25℃~37℃, 时间一般在 1~4 h^[26]。酸解一般使用的试剂为盐酸, 费用低廉, 温度为 60℃, 时间一般为 5~20 min, 本研究采用了酸解的方法, 效果理想^[27-28]。

据 Stebbins^[21]的观点, 核型进化是从对称到不对称, 不对称的核型通常出现在较进化或特化的植物中。基于此理论, 本研究中 5 个物种 8 个样品的绞股蓝属植物核型进化程度分别为 GXH、WZ>GXY>AH、FJ>MD、GXB、YJ, 广西绞股蓝 GXY、GXH 两个居群和五柱绞股蓝在核型上更为进化, 观察发现, 三个居群的广西绞股蓝生境差异明显, 广西龙州居群(GXB)生长在林缘, 茎细弱, 7 小叶, 叶片薄; 而广西天等居群(GXH)生长在路边岩石缝中, 茎粗, 3~5 小叶, 叶片厚, 云南麻栗坡居群(GXY)生长在密林中, 茎极粗, 7~9 小叶, 叶片极大, 推测它们可能通过染色体断裂、易位、倒位等结构变异适应, 有助于对特定环境的适应。李懋学等^[29]研究茶属植物核型时发现中国大叶茶多为对称的 2A 核型(较原始类群), 而小叶茶等多为不对称的 2B 核型(较进化类群), 表明核型的不对称程度与植物的特化及对不同生境的适应存在关联。

绞股蓝的 2 个居群中, 染色体为二倍体的安徽居群(AH)5 小叶, 疏被毛, 味苦或淡, 而四倍体的福建居群(FJ)具有 7 小叶、密被毛、味甜(特殊结构的三萜皂苷)等特点明显区别于二倍体的安徽产绞股蓝, 这可能是多倍化带来的特性。Yun 等^[6]发现绞股蓝染色体着丝粒区域由 68% 的转座子元件及 32% 的串联重复序列构成, 其中转座子元件作为可

移动的遗传元件, 其活跃的转座行为可能引发染色体结构变异。这种结构不稳定性或许为绞股蓝属植物多倍化现象的发生提供了潜在的分子基础与遗传驱动力。多倍化现象为植物进化的普遍现象, 但绞股蓝属的倍性变化范围更广, 大量文献报道了 2, 3, 4, 6, 8 倍体^[12-14], 反映出绞股蓝属的遗传背景中可能存在更易引发染色体数目变异的内在特性。

本研究中绞股蓝亚属(绞股蓝、缅甸绞股蓝、广西绞股蓝)和喙果藤亚属(五柱绞股蓝)在染色体核型方面未见明显区别。

4 结 论

本研究优化了绞股蓝属植物染色体制片技术, 对该属 5 个物种 8 个样品的分析显示, 染色体基数均为 11, 仅福建南靖产绞股蓝为四倍体, 其余均为二倍体; 核型类型含 1A、2A、1B、2B 四类。值得注意的是, 本研究只对绞股蓝属植物 5 个物种 8 个样品进行了染色体核型研究, 未来应扩大样本量, 对更多物种和居群进行染色体核型研究, 以期更全面地了解绞股蓝属植物的遗传多样性和系统分类关系。另外, 本研究仅采用细胞学方法进行研究, 后续研究可结合分子标记等方法, 对绞股蓝属植物进行更深入的研究。

参考文献

- [1] 苏海伦. 绞股蓝谱系地理学及绞股蓝属系统发育研究[D]. 西安: 西北大学, 2020: 1-15
SU H L. Phylogeography of *Gynostemma pentaphyllum* and molecular phylogeny of the genus *Gynostemma* BL. (Cucurbitaceae)[D]. Xi'an: Northwest University, 2020: 1-15
- [2] LI K, MA C, LI H, et al. Medicinal value and potential therapeutic mechanisms of *Gynostemma pentaphyllum* (Thunb.) Makino and its derivatives: An overview[J]. Current Topics In Medicinal Chemistry, 2019, 19(31): 2855-2867
- [3] SU C, LI N, REN R R, et al. Progress in the medicinal value, bioactive compounds, and pharmacological activities of *Gynostemma pentaphyllum*[J]. Molecules, 2021, 26(20): 6249
- [4] 刘佳庚, 李际红, 郭海丽, 等. 流苏树根尖染色体制片技术优化及核型分析[J]. 分子植物育种, 2020, 18(24): 8223-8232
LIU J G, LI J H, GUO H L, et al. Optimization of chromosome tableting technology and karyotype analysis of *Chionanthus retusus* root tips[J]. Molecular Plant Breeding, 2020, 18(24): 8223-8232
- [5] 李忠虎, 刘占林, 赵鹏, 等. 绞股蓝属植物系统进化研究进展述评[J]. 西北植物学报, 2012, 32(10): 2133-2138
LI Z H, LIU Z L, ZHAO P, et al. A review on studies of systematic evolution of *Gynostemma* bl. [J]. Acta Botanica

- Boreali-Occidentalia Sinica, 2012, 32(10): 2133-2138
- [6] YUN L L, ZHANG C Y, LIANG T T, et al. Insights into dammarane-type triterpenoid saponin biosynthesis from the telomere-to-telomere genome of *Gynostemma pentaphyllum* [J]. Plant Communications, 2024, 5(8): 100932
- [7] ZHANG X, YANG H, WANG X, et al. Genome-wide identification and characterization of OSC gene family in *Gynostemma pentaphyllum* (Cucurbitaceae) [J]. Life, 2024, 14(12): 1599
- [8] HUANG D, MING R H, XU S Q, et al. Genome-wide identification of R2R3-MYB transcription factors: discovery of a "dual-function" regulator of gypenoside and flavonol biosynthesis in *Gynostemma pentaphyllum* [J]. Frontiers in Plant Science, 2021, 12: 796248
- [9] QIN Y H, LI J M, CHEN J H, et al. Genome-wide characterization of the bHLH gene family in *Gynostemma pentaphyllum* reveals its potential role in the regulation of gypenoside biosynthesis [J]. BMC Plant Biology, 2024, 24(1): 205
- [10] 秦双双, 李海涛, 汪周勇, 等. 绞股蓝属植物亲缘关系初步分析[J]. 中国中药杂志, 2015, 40(9): 1681-1687
- QIN S S, LI H T, WANG Z Y, et al. Analysis phylogenetic relationship of *Gynostemma* (Cucurbitaceae) [J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2015, 40(9): 1681-1687
- [11] 孙航, 陈书坤. 绞股蓝属植物种皮微结构特征及其分类学意义[J]. 云南植物研究, 1998, 20(3): 309-311
- SUN H, CHEN S K. The microstructural features of seed surfaces and its taxonomic significance in the genus *Gynostemma* [J]. Plant Diversity, 1998, 20(3): 309-311
- [12] 李汝娟, 尚宗燕, 张继祖. 三种绞股蓝植物染色体观察[J]. 植物学通报, 1989, 24(4): 245-247
- LI R J, SHANG Z Y, ZHANG J Z. The chromosome observation on 3 species in the genus *Gynostemma* [J]. Chinese Bulletin of Botany, 1989, 24(4): 245-247
- [13] 高信芬, 陈书坤, 顾志建, 等. 绞股蓝属的染色体研究[J]. 云南植物研究, 1995, 17(3): 312-316
- GAO X F, CHEN S K, GU Z J, et al. A chromosomal study on the genus *Gynostemma* (Cucurbitaceae) [J]. Plant Diversity, 1995, 17(3): 312-316
- [14] 杨启银, 韦平和, 李桂兰. 疏花绞股蓝的核型研究[J]. 南京师大学报(自然科学版), 1995, 18(1): 85-87, 93
- YANG Q Y, WEI P H, LI G L. A study on the karyotype of *Gynostemma laxiflorum* [J]. Journal of Nanjing Normal University (Natural Science Edition), 1995, 18(1): 85-87, 93
- [15] HUANG X Y, NONG D X, HUANG B Y, et al. *Gynostemma verrucosum* (Cucurbitaceae), a new species with verrucose stem from Guangxi, China [J]. Phytotaxa, 2024, 649(3): 293-300
- [16] CHEN S K, LU A M, CHARLES J. Flora of China [M]. Beijing: Science Press, 2011: 11-15
- [17] 曲荣举, 刘玉萍, 陈金元, 等. 苦马豆(*Sphaerophysa salsula*) 6个不同居群的染色体核型分析[J]. 草地学报, 2024, 32(8): 2469-2477
- QU R J, LIU Y P, CHEN J Y, et al. Chromosome karyotype analysis from six different populations of *Sphaerophysa salsula* (Fabaceae) [J]. Acta Agrestia Sinica, 2024, 32(8): 2469-2477
- [18] 李懋学, 陈瑞阳. 关于植物核型分析的标准化问题[J]. 武汉植物学研究, 1985, 3(4): 297-302
- LI M X, CHEN R Y. A suggestion on the standardization of karyotype analysis in plants [J]. Plant Science Journal, 1985, 3(4): 297-302
- [19] LEVAN A, FREDGA K, SANDBERG A A. Nomenclature for centromeric position on chromosomes [J]. Hereditas, 1964, 52(2): 201-220
- [20] ARANO H. Cytological studies in subfamily carduoideae (Compositae) of Japan XII [J]. Shokubutsugaku Zasshi, 1963, 76(900): 219-224
- [21] STEBBINS G L. Chromosomal evolution in higher plants [M]. London: Edward Arnold, 1971: 20-30
- [22] KUO S K, WANG T T, HUANG T C. Karyotype analysis of some Formosan gymnosperms [J]. Taiwan, 1972, 17(1): 66-80
- [23] 李懋学, 张方. 植物染色体研究技术 [M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1991: 1-30
- LI M X, ZHANG F. Plant Chromosome research technology [M]. Harbin: Northeast Forestry University Press, 1991: 1-30
- [24] 陶抵辉, 李小红, 王利群, 等. 植物染色体倍性鉴定方法研究进展[J]. 生命科学研究, 2009, 13(5): 453-458
- TAO D H, LI X H, WANG L Q, et al. Research progress on identification methods of plant chromosome ploidy [J]. Life Science Research, 2009, 13(5): 453-458
- [25] 靳佳瑞, 刘玉萍, 苏旭, 等. 青藏高原特有种—黄缨菊不同居群的染色体核型研究[J]. 草地学报, 2025, 33(1): 53-61
- JIN J R, LIU Y P, SU X, et al. Chromosome karyotype studies on different populations of *Xanthopappus Subacaulis* (Asteraceae), an endemic species from the Qinghai-Xizang Plateau [J]. Acta Agrestia Sinica, 2025, 33(1): 53-61
- [26] 王中轩, 魏迟, 廉玉芹, 等. 中国原产4种野生百合的核型分析[J]. 园艺学报, 2013, 40(11): 2207-2212
- WANG Z X, WEI C, LIAN Y Q, et al. Karyotype analysis of four *Lilium* species from China [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2013, 40(11): 2207-2212
- [27] 孙浩男, 李明阳, 刘冬云, 等. 不同种(品种)金鸡菊的染色体数目鉴定及核型分析[J]. 草地学报, 2021, 29(11): 2477-2485
- SUN H N, LI M Y, LIU D Y, et al. Chromosome number identification and karyotype analysis of *Coreopsis* L [J]. Acta Agrestia Sinica, 2021, 29(11): 2477-2485
- [28] ALAM M, HAQU E, GHOSH B. Karyomorphological studies of six commercially cultivated edible cucurbits: bitter melon, sponge melon, ridge melon, snake melon, ash melon and cucumber [J]. Caryologia, 2018, 71(2): 150-159
- [29] 李懋学, 严学成. 中国某些野生和栽培茶的核型研究[J]. 武汉植物学研究, 1985, 3(4): 319-324, 491-493
- LI M X, YAN X C. Studies on karyotypes of some wild and cultivated tea in China [J]. Journal of Wuhan Botanical Research, 1985, 3(4): 319-324, 491-493