

A Supplementary of Chromosomal Studies on an Endemic Genus *Sorosseris* (Asteraceae: Lactuceae) from the Qinghai-Tibet Plateau

Huixian Yang¹, Fuming Su¹, Yan Ren¹, Wenguang Sun^{1,2}, Yonghong Zhang^{1*}, Zhimin Li^{1*}

¹School of Life Science, Yunnan Normal University, Kunming Yunnan

²Key Laboratory for Plant Diversity and Biogeography of East Asia, Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Kunming Yunnan

Email: ^{*}lizhimin_vip@163.com, ^{*}yhzhang@mail.kib.ac.cn

Received: Jan. 4th, 2017; accepted: Jan. 21st, 2017; published: Jan. 24th, 2017

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

The genus *Sorosseris* is a small genus of Asteraceae distributing primarily in the Qinghai-Tibet Plateau and adjacent regions. In this study, we report the chromosome numbers and karyotypes of 6 species originally assigned to *Sorosseris*. By using the plant root tip cytology research method, the results showed that the chromosome base number is $x = 8$; the karyotype formulas respectively was: *S. gillii* with $2n = 2x = 16 = 14m + 2sm$; *S. glomerata* with $2n = 2x = 16 = 14m + 2sm$; *S. erysioides* with $2n = 2x = 16 = 14m + 2sm$; *S. umbrella* with $2n = 2x = 16 = 16m$; *S. hirsute* with $2n = 2x = 16 = 14m + 2sm$; *S. hookeriana* with $2n = 4x = 32 = 32m$; Karyotypes of all the species examined are relatively asymmetrical, and are classified as Stebbins' types 1A and 2A. These findings suggest that all of the chromosome base number of *Sorosseris* were $x = 8$, the variation of chromosome's structure and polyploidization events played a major role in species diversification in this alpine genus.

Keywords

Qinghai-Tibet Plateau, Chromosome Number, *Sorosseris*, Karyotype Analysis

*通讯作者。

青藏高原菊科特有属绢毛菊属核型的补充报道

杨慧娴¹, 苏富明¹, 任 艳¹, 孙文光^{1,2}, 张永洪^{1*}, 李志敏^{1*}

¹云南师范大学生命科学学院, 云南 昆明

²中国科学院昆明植物研究所, 东亚植物多样性与生物地理学重点实验室, 云南 昆明

Email: lizhimin_vip@163.com, yhzhang@mail.kib.ac.cn

收稿日期: 2017年1月4日; 录用日期: 2017年1月21日; 发布日期: 2017年1月24日

摘 要

菊科(Asteraceae)绢毛菊属(*Sorosseris*)是青藏高原地区的特有类群, 本文对采自青藏高原及其邻近地区的6种绢毛菊属植物的种子进行核型研究。利用常规压片法通过实验可以确定: 绢毛菊属植物染色体基数都为8, 除皱叶绢毛菊(*S. hookeriana*)为四倍体外其余5种都为二倍体, 结果如下: 金沙绢毛菊(*S. gillii*): $2n = 2x = 16 = 14m + 2sm$; 绢毛菊(*S. glomerata*): $2n = 2x = 16 = 14m + 2sm$; 空桶参(*S. erysimoides*): $2n = 2x = 16 = 14m + 2sm$; 肉菊(*S. umbrella*): $2n = 2x = 16 = 16m$; 羽裂绢毛菊(*S. hirsuta*): $2n = 2x = 16 = 14m + 2sm$; 皱叶绢毛菊(*S. hookeriana*): $2n = 4x = 32 = 32m$ 。核型分析结果表明, 除绢毛菊(*S. glomerata*)和皱叶绢毛菊(*S. hookeriana*)为1A型外其余都为2A型。以上结果表明, 绢毛菊属植染色体基数非常一致($x = 8$), 该属植物物种分化的主要途径可能是二倍体水平的染色体结构变异及多倍化。

关键词

青藏高原, 染色体数目, 绢毛菊属, 核型

1. 引言

青藏高原(The Qinghai-Tibet Plateau)是全世界重要的物种多样化分布中心之一, 该地区植物表现出高度特异性现象, 包含有全球公认的25个生物多样性热点地区中的两个——喜马拉雅地区及中国西南横断山地区[1] [2]。在这个区域里分布有超过12,000种维管植物, 包括了1500多个属, 并且具有非常高的特有现象, 喜马拉雅西部高山带(树线以上区域)约有830个特有植物种, 占该区植物种类总数的55% [3], 青藏高原台面有20个特有属, 约1000个特有种, 在横断山地区有72个特有属[4], 2998种特有植物种类[5], 同时该区也是许多高山植物的分布和分化中心[6] [7], 本文研究材料菊科绢毛菊属就以该区为分布与分化中心, 该属一共7种, 中国全部都有, 少数种分布到印度北部、克什米尔地区、尼泊尔及巴基斯坦地区, 该属大多数都为中国特有种[8] [9]。青藏高原的隆起对该地区及其周边地区的自然环境产生了巨大的影响, 自然环境的改变对该地区植物的进化同样造成了重大的影响, 尤其是高山植物表现出了很多独特的适应方式, 也是研究高山植物区系的形成与发展的重要地区[10]。

核型研究能够初步揭示许多植物在染色体水平上的适应性进化问题[11] [12], 例如一般认为多倍体可能更加适应高原极端环境[13]。特有植物是指分布仅局限于某个区域的物种, 研究这些植物能够发现许多与本区域特殊自然环境造成的植物适应性进化相关的结论[14]。对青藏高原的物种形成和演化研究中具有重大意义, 近年来青藏高原已成为国内外科学界关注和研究的热点地区, 目前对于青藏高原地区的染色体报道仍然有限[15] [16], 需要进一步研究。

菊科是世界上被子植物最大的科，它包含有大约 1700 多个属，超过 24,000 种物种，并且非常广泛地分布于世界各地，并且种类繁多，分化程度高[9]，其染色体数目和核型也是多样的。根据以前的调查研究，菊科的染色体基数从 $X = 2$ 到 $X = 110\sim 120$ 不等，范围极大，但极端的数目出现极少[17]。2004 年，聂泽龙对中国横断山区被子植物的染色体资料进行了统计，分布在这个地区的菊科植物染色体基数主要是 $X = 5\sim 9$ 的原始基数及 $X = 14$ 或 19 两种高的基数[15] [16]。本文根据现有研究情况从菊科中选择具有特殊性的高海拔特有属——绢毛菊属(*Soroaseris* Stebbins)进行全面取样的核型研究。

绢毛菊属(*Soroaseris*)是青藏高原及其邻近地区最具代表性的高山地区特有属之一，由 Stebbins [18] 建立。在传统的中国植物系统《中国植物志》的划分中，绢毛菊属一直置于茛苳亚族(subtrib. *Lactucinae*-*Dumort.*)中[8]，而《中国植物志》是结合中国植物区系特点，按传统的亚族分类方式安排国产茛苳族(菊苳族)亚族的划分，由此产生的一些分歧值得进一步探讨。该属为多年生草本，全属共 6 种，主要分布于喜马拉雅山区及我国西部及西南部。其主要生境为高山流石滩、高山草甸和灌丛。我国 6 种全产。印度、尼泊尔及锡金也有分布。肉菊属是 Lipschitz 在 1956 年建立的单型属，属于横断山-东喜马拉雅特有成分，在建立本属前，肉菊一直作为伞花绢毛菊(*S. umbrella*)放在绢毛菊属，直到《中国植物志》中才采用肉菊属这一属名，本属和绢毛菊属关系甚为密切。该属为多年生肉质草本。全属 1 种，主要分布于我国四川西南部、云南西北部和西藏南部。不丹也有分布。在最新修订的中国植物系统《*Flora of China*》的处理中，肉菊(*S. umbrella*)被当做绢毛菊属的一个种下单位归并到该属中来，同时也撤销了肉菊属这个分类处理，因此最近的分类处理为 7 种[9]。本文对分布于该区域极端生境下的 6 种类群进行染色体核型分析，旨在补充该属的细胞学特征、积累该地区的细胞学资料，对该地区的染色体数目及核型报道做补充，同时为该地区高山植物的进化研究提供佐证。青藏高原绢毛菊属大致分布图及采样地点见图 1。

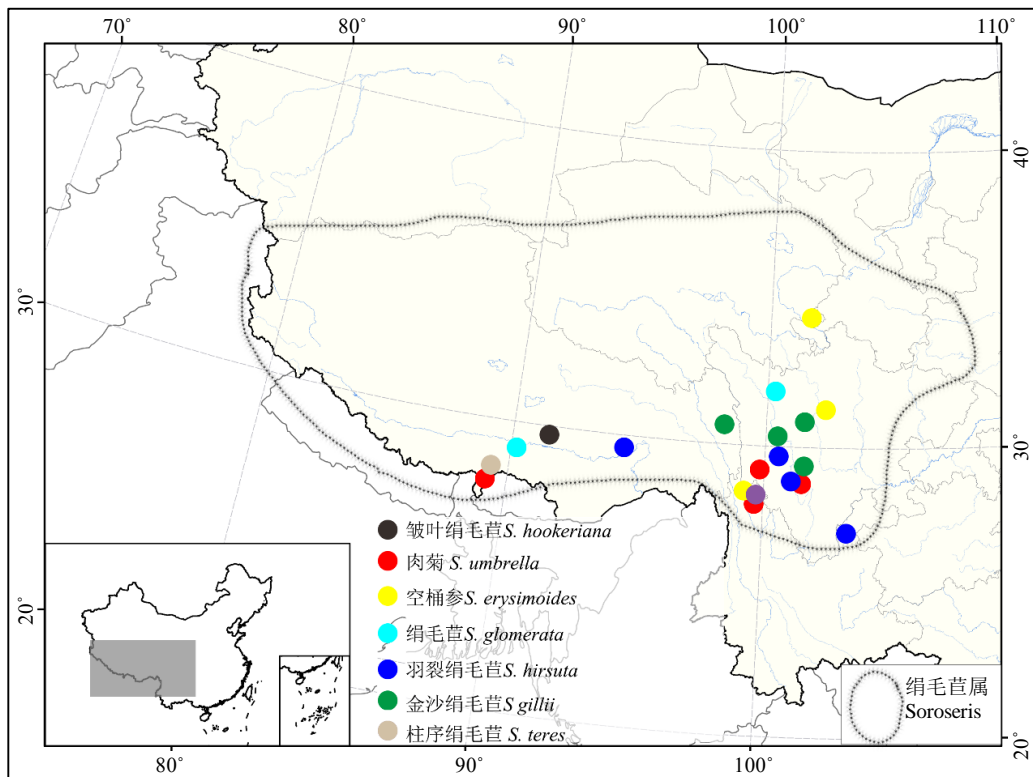


Figure 1. The approximately distribution of the *Soroaseris*
图 1. 青藏高原绢毛菊属大致分布图及采样地点

2. 材料与方法

2.1. 材料

供试材料的种子全部采自喜马拉雅-横断山地区, 具体地点见表 1。凭证标本存放于中国科学院昆明植物研究所标本馆(KUN), 永久装片保存于云南师范大学生命科学学院植物研究室。

2.2. 方法

首先把野外收集的种子放置在 4℃冰箱里存放 1 个月, 然后将种子置于湿润的垫有双层滤纸的培养皿里 24℃恒温培养箱萌发, 待其根尖长至 1 cm 左右取下, 按照以下步骤处理根尖(不同种处理时间略有不同): 利用 0.003 mol/L 的 8-羟基喹啉常温下黑暗处理 1~4 h, 用卡诺氏固定液(无水乙醇:冰乙酸 = 3:1)在 4℃冰箱里固定 12 h, 利用 1 mol/L 的氯化氢在 60℃水浴锅中解离 10~15 min, 使用卡宝品红染色 4 h 以上, 以上每步之间用蒸馏水清洗 6 次。使用常规压片法镜检观察, 挑选处于分裂中期的分散良好的细胞拍照并制作永久装片。

通过统计至少 50 个中期细胞的染色体条数, 大于 85% 的恒定数目为该种的染色体数目。将染色体形态最好的 6 个中期细胞进行长短臂测量, 按照李懋学等[19]的核型标准对核型参数进行分析, 以 Levan 等[17]的方法划分染色体类型, 核型不对称系数根据 Arano “As.K%” [20]及 Paszko “AI” [21]的算法分别计算, 其公式为: $As.K\% = \text{长臂总长} / \text{全组染色体总长} \times 100$; $AI = CV_{CL} \times CV_{CI} / 100$, CV_{CL} 代表染色体长度变异系数(Coefficient of Variation of Chromosome Length); CV_{CI} 代表着丝粒指数变异系数(Coefficient of Variation of Centromeric Index), 核型类型按照 Stebbins (1971)的标准划分。

3. 结果

3.1. 金沙绢毛菊(*S. gillii*)

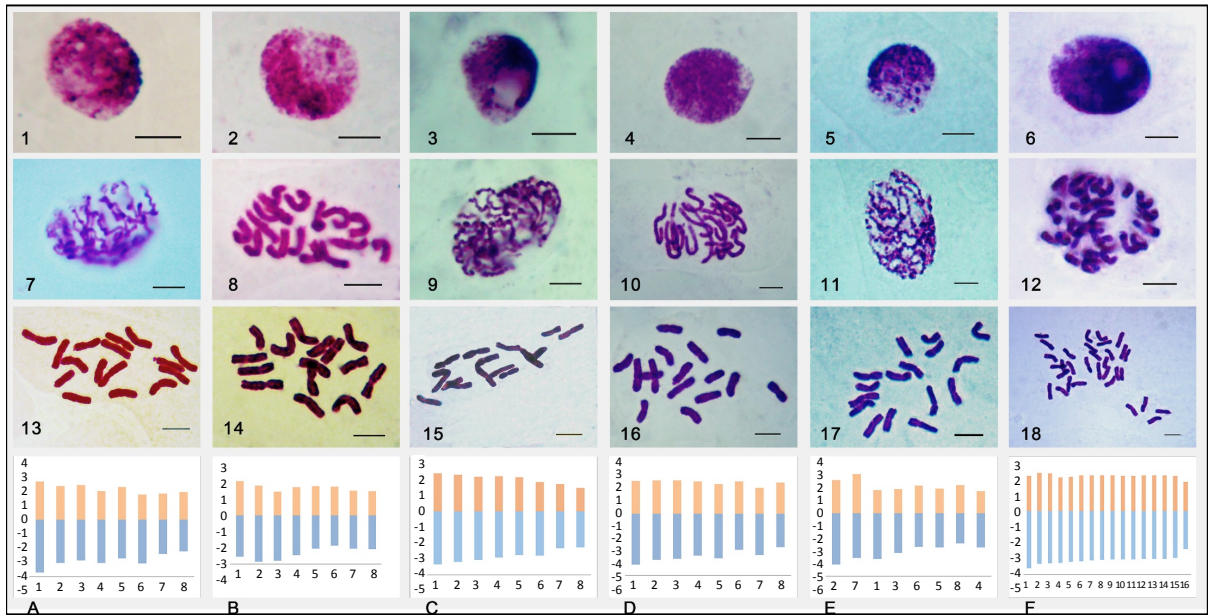
金沙绢毛菊分布于西藏, 生长在海拔 4300~4900 m 的石砾坡。

本研究结果显示其体细胞染色体核型公式为 $2n = 2x = 16 = 14 m + 2 sm$, 染色体长度为 4.14~6.08 μm , 最长与最短染色体比值为 1.47, 不对称系数 $AI = 0.48$, 核型不对称性为 Stebbins's-1A (见图 2: 1, 7, 13, A)。

Table 1. Localities, voucher number of the investigated species of *Sorosaris*

表 1. 绢毛菊属实验材料、产地及凭证标本号

种名	采集地点	经纬度	海拔/m	标本凭证号
金沙绢毛菊	四川, 甘孜雅江	100°50'43.95"E 29°58'50.68"N	4530	Zhang, Zhang & Gong-121
绢毛菊	四川, 甘孜雀儿山	98°54'29.23"E 31°55'49.85"N	4850	Zhang & et al.-812
空桶参	青海, 河南宁木特	101°07'17.09"E 34°26'53.60"N	4064	Zhang & et al.-462
肉菊	四川, 甘孜乡城	99°50'40"E, 28°35'39"N	4270	Zhang, Yang & Chen-931
羽裂绢毛菊	四川, 甘孜稻城	100°02'22.47"E 29°08'06.58"N	4760	Zhang, Yang & Chen-875
皱叶绢毛菊	四川, 甘孜德荣	99°12'31.88"E 28°49'25.97"N	4370	Zhang, Zhang & Gong-255



1-6. 有丝分裂间期; 7-12. 有丝分裂前期; 13-18. 有丝分裂中期; A-F. 核型模式图. 1, 7, 13, A: 金沙绢毛菊; 2, 8, 14, B: 绢毛菊; 3, 9, 15, C: 空桶参; 4, 10, 16, D: 肉菊; 5, 11, 17, E: 羽裂绢毛菊; 6, 12, 18, F: 皱叶绢毛菊. (红色: 短臂; 蓝色: 长臂; Y轴: 染色体长度; X轴: 染色体编号; 标尺 = 5 μm).

Figure 2. The metaphase chromosomes and haploid idiograms of *Soroseris*

图 2. 绢毛菊属中期细胞及核型模式图

3.2. 绢毛菊(*S. glomerata*)

绢毛菊分布于新疆, 西藏, 云南, 生长在海拔 3200~5600 m 的草地, 石砾坡。

本研究结果显示其体细胞染色体核型公式为 $2n = 2x = 16 = 14m + 2sm$, 染色体长度为 3.34~4.63 μm , 最长与最短染色体的比值为 1.39, 不对称系数 $AI = 0.38$, 核型不对称性为 Stebbins's-1A (见图 2: 2, 8, 14, B)。

3.3. 空桶参(*S. erysimoides*)

空桶参分布于青海, 陕西, 西藏, 云南, 生长在海拔 3000~3500 m 的高山灌木丛, 草地, 石砾坡。

本研究结果显示其体细胞染色体核型公式为 $2n = 2x = 16 = 14m + 2sm$, 染色体长度为 3.75~5.73 μm , 最长与最短染色体的比值为 1.53, 不对称系数 $AI = 0.37$, 核型不对称性为 Stebbins's-2A (见图 2: 3, 9, 15, C)。

3.4. 肉菊(*S. umbrella*)

肉菊分布于甘肃, 青海, 四川, 新疆, 西藏, 云南, 生长在海拔 3200~5600 m 的草地, 石砾坡。

本研究结果显示其体细胞染色体核型公式为 $2n = 2x = 16 = 16m$, 染色体长度为 4.96~6.95 μm , 最长与最短染色体的比值为 1.40, 不对称系数 $AI = 0.46$, 核型不对称性为 Stebbins's-1A (见图 2: 4, 10, 16, D)。

3.5. 羽裂绢毛菊(*S. hirsuta*)

羽裂绢毛菊分布于西藏, 生长在海拔 3200~4500 m 的山坡草地, 高山草地。

本研究结果显示其体细胞染色体核型公式为 $2n = 2x = 16 = 14m + 2sm$, 染色体长度为 4.34~6.05 μm , 最长与最短染色体的比值为 1.39, 不对称系数 $AI = 0.61$, 核型不对称性为 Stebbins's-1A (见图 2: 5, 11, 17,

E)。

3.6. 皱叶绢毛菊(*S. hookeriana*)

皱叶绢毛菊分布于甘肃, 青海, 四川, 西藏, 云南, 生长在海拔 2800~5500 m 的高山草地, 石砾坡, 岩石坡, 高山灌木丛, 冰冷溪流的石裂缝处

本研究显示皱叶绢毛菊的体细胞染色体核型公式为 $2n = 4x = 32 = 32m$, 染色体长度为 4.11~5.84 μm , 最长与最短染色体的比值为 1.42, 不对称系数 $AI = 0.30$, 核型不对称性为 Stebbins's-2A (见图 2: 6, 12, 18, F)。

4. 讨论

绢毛菊属是典型的青藏高原特有属植物, 本研究对该属 7 个物种中的 6 个物种进行核型研究发现(见表 2), 所有 6 种绢毛菊的间期核形态都相似, 染色质比较均匀的分布在细胞核内, 周围有染色交线的染色质丝和纤维状结构, 根据 Tanaka [22]的间期核划分标准为扩散型(diffuse type); 有丝分裂前期核染色体上着色较深且比较均匀, 根据 Tanaka [22]的标准为中间型(interstitial type)前期核(见图 2:1-12)。有丝分裂中期核的染色体数目除了皱叶绢毛菊为 $2n = 32$ (四倍体)外, 其余 5 个种都为二倍体植物($2n = 16$)。通过比较之前该属物种已有的核型研究发现(表 3) [18] [23] [24], 同一物种来源不同的地方会有倍性差异, 经比较发现绢毛菊的染色体数目有 $n = 8$ (二倍体)和 16 (四倍体)两种类型, 染色体基数都为 8, 且非常稳定为该属的基数。

本属的核型不对称性为 Stebbin's 1A、2A、4A 三种, 核型不对称系数 AI 值的变化从 0.30 至 0.61, 两种核型不对称系数都显示绢毛菊属植物的染色体为比较对称的核型, 但是同种在不同居群间有一定变化, 体现了不同居群物种在不同环境下核型表现出一定的差异, 这可能是对环境长期适应下染色体水平上的表现。核型的变化在菊科许多物种形成种都有这样的例子, 如还阳参属等[25] [26]。植物核型的一般进化趋势是由对称向不对称发展, 值得注意的是皱叶绢毛菊(*S. hookeriana*)、羽裂绢毛菊(*S. hirsuta*)、绢毛菊(*S. glomerata*)、金沙绢毛菊(*S. gillii*)这四个物种在不同居群有不同的倍性水平, 既有二倍体又有四倍

Table 2. Karyotypes and chromosomal data of species

表 2. 研究类群的染色体核型数据

类群	染色体数目, 基数, 倍性	AI	核型不对称	CV _{Cl}	CV _{CL}	核型公式(2n)
金沙绢毛菊	16/8/2x	0.48	1A	3.52	13.57	$2n = 2x = 14m + 2sm$
绢毛菊	16/8/2x	0.38	1A	3.08	12.30	$2n = 2x = 14m + 2sm$
空桶参	16/8/2x	0.37	2A	3.72	9.90	$2n = 2x = 14m + 2sm$
肉菊	16/8/2x	0.46	1A	2.15	21.30	$2n = 2x = 16m$
羽裂绢毛菊	16/8/2x	0.61	1A	3.21	18.99	$2n = 2x = 14m + 2sm$
皱叶绢毛菊	32/8/4x	0.30	2A	1.89	15.96	$2n = 4x = 32m$

Table 3. The reported karyotypes and data sources of *Soroaseris* from QTP
表 3. 已经报道的绢毛菊属其他地点的物种核型资料及来源

物种	采集地	n	2n	倍性	核型公示(2n)	Stebbins核型	海拔/m	文献来源
金沙绢毛菊	云南, 香格里拉	8	16	2x	14 m + 2 sm	1A	4420	Zhang <i>et al.</i> , 2007 [23]
	四川, 康定	16	32	4x	28 m + 4 sm	1A	4400	Zhang <i>et al.</i> , 2007 [23]
	-	8	16	2x	-	-	-	Stebbins, 1940 [18]
绢毛菊	云南, 德钦	16	32	4x	28 m + 4 sm	1A	4620	Zhang <i>et al.</i> , 2007 [23]
	西藏, 羊八井	8	16	2x	14 m + 2 sm	1A	5500	Zhang <i>et al.</i> , 2007 [23]
	-	8	16	2x	-	-	-	Stebbins, 1940 [18]
空桶参	云南, 德钦	8	16	2x	14 m + 2 sm	1A	4600	Zhang <i>et al.</i> , 2007 [23]
	四川, 康定 Sichuan, Kangding	8	16	2x	14 m + 2 sm	1A	4500	Zhang <i>et al.</i> , 2007 [23]
肉菊	西藏, 亚东	8	16	2x	14 m + 2 sm	1A	4200	Zhang <i>et al.</i> , 2007 [23]
羽裂绢毛菊	西藏, 林芝	8	16	2x	14 m + 2 sm	1A	4450	Zhang <i>et al.</i> , 2007 [23]
	云南, 巧家	16	32	4x	28 m + 4 sm	1A	3850	Zhang <i>et al.</i> , 2007 [23]
皱叶绢毛菊	云南, 香格里拉	16	32	4x	22 m (4SAT) + 10 sm	4A	4383	Sun <i>et al.</i> , 2016 [24]
	西藏, 南木林	8	16	2x	14 m + 2 sm	1A	4950	Zhang <i>et al.</i> , 2007 [23]

体的情况, 体现了该属不同物种在适应不同居群环境条件下有不同的倍性变化, 该属都生长在高海拔地区(2800~5600 m), 而其多倍化水平与海拔并没有呈现出相关性, 这可能与该物种生存的具体环境及地质变化有关系, 类似的结论在 Jian (2010)蔷薇属的研究中也有发现[27]。多倍化居群占到总居群的 26.32%, 大部分居群染色体倍型仍为二倍体的水平, 本研究支持了 Nie (2005)横断山地区植物多倍化水平不明显(约占 22%)的结论。此外, 绢毛菊属植物倍性水平与核型不对称性没有直接的关系。当然, 最后的结论需要更多种类的证据以及多学科深入的研究来综合考虑。

致 谢

感谢中国科学院昆明植物研究所张建文副研究员提供的实验种子材料, 赵旭蕊在实验方面给与的协助, 底远哲在做图中予以的帮助。

基金项目

大学生创新创业训练项目(04200205020516199); 国家基金项目(31360049, 31670206, 31460050)。

参考文献 (References)

- [1] Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., *et al.* (2000) Biodiversity Hotspots for Conservation Priorities. *Nature*, **403**, 853-858. <https://doi.org/10.1038/35002501>
- [2] Olson, D.M. and Dinerstein, E. (2002) The Global 200: Priority Ecoregions for Global Conservation. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, **89**, 199-224. <https://doi.org/10.2307/3298564>
- [3] Polunin, O. and Stainton, A. (1984) *Flowers of the Himalaya*. Oxford University Press, Oxford.
- [4] Wu, Z.Y. (1988) Hengduan Mountain Flora and Her Significance. *Journal of Japanese Botany*, **63**, 297-311.
- [5] 李锡文, 李捷. 横断山脉地区种子植物区系的初步研究[J]. 云南植物研究, 1993, 15(3): 217-231.
- [6] 武素功, 杨永平, 费勇. 青藏高原高寒地区种子植物区系的研究[J]. 云南植物研究, 1995, 17(3): 233-250.
- [7] 孙航. 北极 - 第三纪成分在喜马拉雅 - 横断山的发展及演化[J]. 云南植物研究, 2002a, 24(6): 671-688.
- [8] 石铸. 菊科[A]. 中国植物志(第 80 卷第 1 册) [M]. 北京: 科学出版社, 1997: 194-202.
- [9] Shi, Z., Chen, Y.L., Chen, Y.S., *et al.* (2011) Asteraceae (Compositae). In: Wu Z.Y., Hong D.Y. and Raven P.H., Eds., *Flora of China*. Science Press, Beijing; Missouri Botanical Garden Press, St. Louis, 20-21, 342-536.
- [10] 孙航. 古地中海退却与喜马拉雅 - 横断山的隆起在中国喜马拉雅成分及高山植物区系的形成与发展上的意义[J]. 云南植物研究, 2002, 24(3): 273-288.
- [11] 洪德元. 植物细胞分类学[M]. 北京: 科学出版社, 1990.
- [12] Kikuchi, S., Tanaka, H., Shiba, T., Mii, M. and Tsujimoto, H. (2006) Genome Size, Karyotype, Meiosis and a Novel Extra Chromosome in *Torenia fournieri*, *T. baillonii* and Their Hybrid. *Chromosome Research*, **14**, 665-672. <https://doi.org/10.1007/s10577-006-1077-y>
- [13] Liu, J.Q. (2004) Uniformity of Karyotypes in *Ligularia* (Asteraceae: Senecioneae), a Highly Diversified Genus of the Eastern Qinghai-Tibet Plateau Highlands and Adjacent Areas. *Botanical Journal of the Linnean Society*, **144**, 329-342. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2003.00225.x>
- [14] Whittaker, R.J., Triantis, K.A. and Ladle, R.J. (2008) A General Dynamic Theory of Oceanic Island Biogeography. *Journal of Biogeography*, **35**, 977-994. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2008.01892.x>
- [15] 聂泽龙, 孙航, 顾志建. 横断山区被子植物染色体研究概况[J]. 云南植物研究, 2004, 26(1): 35-57.
- [16] Nie, Z.L., Wen, J., Gu, Z.J., Boufford, D.E. and Sun, H. (2005) Polyploidy in the Flora of the Hengduan Mountains Hotspot, Southwestern China. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, **92**, 275-306.
- [17] Levan, A., Fredga, K. and Sandberg, A.A. (1964) Nomenclature for Centromeric Position on Chromosomes. *Hereditas*, **52**, 201-220. <https://doi.org/10.1111/j.1601-5223.1964.tb01953.x>
- [18] Stebbins, G.L. (1940) Studies in the Cichorieae: *Dubyaea* and *Sorosseris*, Endemics of the Sino-Himalayan Region. *Memoirs of the Torrey Botanical Club*, **19**, 1-76.
- [19] 李懋, 陈瑞阳. 关于植物核型分析的标准化问题[J]. 植物科学学报, 1985, 3(4): 297-302.
- [20] Arano, H. (1963) Cytological Studies in Subfamily Carduoideae (Compositae) of Japan IX. *Botanical Magazine*, **76**, 32-39. <https://doi.org/10.15281/jplantres1887.76.32>
- [21] Paszko, B. (2006) A Critical Review and a New Proposal of Karyotype Asymmetry Indices. *Plant Systematics and Evolution*, **258**, 39-48. <https://doi.org/10.1007/s00606-005-0389-2>
- [22] Tanaka, R. (1971) Types of Resting Nuclei in Orchidaceae. *Botanical Magazine*, **84**, 118-122. <https://doi.org/10.15281/jplantres1887.84.118>
- [23] Zhang, J.W., Sun, H. and Nie, Z.L. (2007) Karyological Studies on the Sino-Himalayan Endemic *Sorosseris* and Two Related Genera of Tribe Lactuceae (Asteraceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*, **154**, 79-87. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2007.00644.x>
- [24] Sun, W.G., Zhang, Y.Z., Peng, D.L., *et al.* (2016) Karyotype of Nine Endemic Species from alpine Subnival Belt in the Hengduan Mountains, SW China. *Journal of Japanese Botany*, **91**, 242-249.
- [25] Jones, K. (1970) Chromosome Changes in Plant Evolution. *Taxon*, **19**, 172-179. <https://doi.org/10.2307/1217950>
- [26] Stebbins, G.L. (1971) *Chromosomal Evolution in Higher Plants*. Addison Wesley, New York.
- [27] Jian, H.Y., Zhang, H., Tang, K.X., *et al.* (2010) Decaploidy in *Rosa praelucens* Byhouwer (Rosaceae) Endemic to Zhongdian Plateau, Yunnan, China. *Caryologia*, **63**, 162-167. <https://doi.org/10.1080/00087114.2010.10589722>

期刊投稿者将享受如下服务：

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：ap@hanspub.org