

VEGETATION CHARACTERISTICS OF THE UPPER REACHES OF THE
YELLOW RIVER AND RELATIONSHIPS WITH ITS ADJACENT AREAS

五福花二倍体核型及其系统学意义

刘健全 陈世龙 卢学峰 何廷农

(中国科学院西北高原生物研究所, 西宁, 810001)

摘 要

青海分布的五福花两居群染色体计数均为 $2n=36$, 核型相似, 核型组成为 $2n=36=12m+8sm+4st+12t$, 即具有 6 对中部着丝粒染色体, 4 对亚中部着丝粒染色体, 2 对亚端着丝粒染色体和 6 对端着丝粒染色体。根据现有染色体资料及外类群比较, 确认 $2n=36$ 是五福花科中最低的染色体数目; 其染色体基数为 $x=18$, $2n=36$ 为二倍体。五福花的二倍体具有与四福花以及华福花相似的核型组成, 由此可推测五福花科属级水平的染色体和核型分化不明显; 但在五福花属内, 染色体通过多倍化, 并伴随核型不对称程度的增加, 向更进化的方向演化, 并由此产生相对较多的种类和生态型。

关键词: 五福花科; 五福花; 核型

五福花科 (Adoxaceae) 在被子植物进化及区系地理研究中占有重要地位 (吴征镒, 1981), 是植物系统与进化学家长期关注的焦点之一, 该科含 3 属 4 种, 其中四福花属 (*Tetradoxa*) 和华福花属 (*Sinadoxa*) 均为单种属, 五福花属 (*Adoxa*) 含 2 种 (梁汉兴、吴征镒, 1995)。五福花属中的东方五福花 (*A. orientalis* Nepomn.) 分布范围较窄, 仅限于俄罗斯远东地区和我国的大兴安岭, 它的染色体数目及核型已有报道 (梁汉兴, 1993a, b)。五福花 (*A. moschatellina* L.) 广布北温带, 其染色体数目有过多报道, $2n=36, 45, 54$ (梁汉兴, 1993a; Noguchi et al., 1974; Johnson & Packer 1968; Packer, 1968; Zhukova 1967; Sokolovskaja, 1966), 但只有 $2n=54$ 的居群有过核型分析, 而 $2n=36, 45$ 的居群未见核型报道。

本文研究了采自青藏高原东部青海地区的五福花两个居群的染色体, 发现它们的染色体数目均为 $2n=36$, 进而分析了它们的核型, 试图通过 $2n=36$ 的核型分析以及将它与 $2n=54$ 的居群进行比较, 再结合五福花科现有的染色体资料, 讨论五福花科的染色体基数、染色体在属间的分化式样以及染色体在五福花科内的进化趋势。

• 中国科学院重点项目和院长择优基金资助。

本文于 1997 年 9 月 15 日收到。

材料和方法

五福花分别采自青海平安县（凭证标本：刘健全 356）和青海大通县（凭证标本：刘健全 355）。凭证标本存于中国科学院西北高原生物研究所标本馆（HWNP）。

选取幼嫩的根尖在饱和 0.05% 秋水仙素和 0.002mol/L 8-羟基喹啉混合液中预处理 3 小时，用卡诺固定液（纯乙醇：冰醋酸 3：1）固定 24 小时以上。固定材料经水洗后，在 1mol HCl 60℃ 水解 5 分钟，水洗后用改良苯酚品红压片。染色体分析按 Leven et al. (1964) 的标准进行，取 5 个细胞的平均值。核型分析根据染色体相对长度和着丝点位置进行同源染色体配对分组，并按长度排序。

观察结果

(1) 五福花有丝分裂间期和前期核在两居群中均十分一致，分别为浓密分散型和连续型（图版 1：1~2）。

(2) 两居群染色体数目均为 $2n=36$ ，未发现其他数目的个体。

(3) 两个居群的核型十分相似，均为 $2n=36=12m+8sm+4st+12t$ 。染色体表现为一渐变系列，无明显的二型性（图版 1：3~4），其相对长度组成可归结为 $2n=36=6L+14M_2+10M_1+6S$ ，染色体的测量结果见表 1。配对结果表明 36 条染色体只能组成 18 对或 18 组基本染色体组。

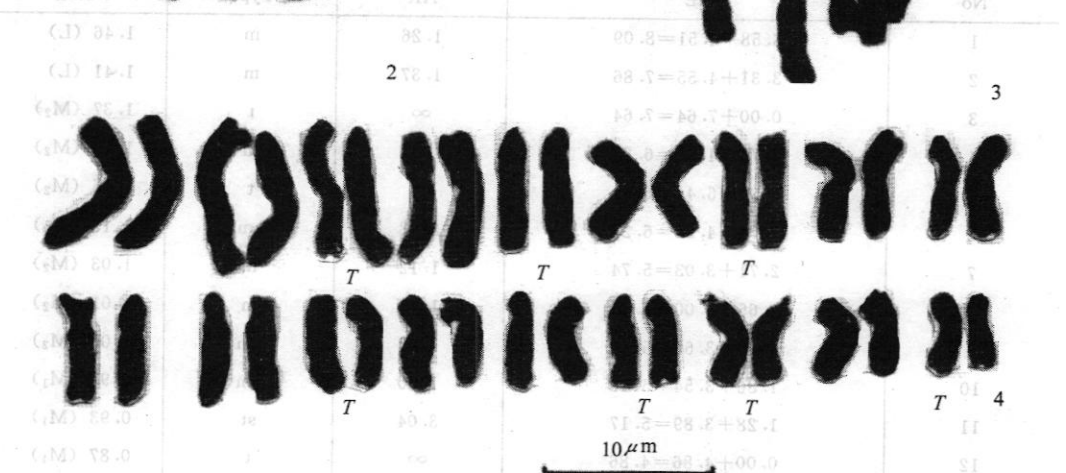
表 1 五福花二倍体染色体参数

Table 1 The chromosome parameter of the diploid in *Adoxa moschatellina*

No	RL	AR	Type	I. R. L
1	3.58+4.51=8.09	1.26	m	1.46 (L)
2	3.31+4.55=7.86	1.37	m	1.41 (L)
3	0.00+7.64=7.64	∞	t	1.37 (M ₂)
4	2.73+4.15=6.88	1.52	m	1.24 (M ₂)
5	0.00+6.41=6.41	∞	t	1.15 (M ₂)
6	2.04+4.24=6.28	2.08	sm	1.13 (M ₂)
7	2.71+3.03=5.74	1.12	m	1.03 (M ₂)
8	2.65+3.00=5.65	1.13	m	1.02 (M ₂)
9	1.99+3.62=5.61	1.82	sm	1.00 (M ₂)
10	1.86+3.54=5.40	1.90	sm	0.97 (M ₁)
11	1.28+3.89=5.17	3.04	st	0.93 (M ₁)
12	0.00+4.86=4.86	∞	t	0.87 (M ₁)
13	1.55+3.00=4.55	1.94	sm	0.82 (M ₁)
14	0.80+3.59=4.39	4.49	st	0.79 (M ₁)
15	0.00+4.07=4.07	∞	t	0.73 (S)
16	0.00+4.02=4.02	∞	t	0.72 (S)

No	RL	AR	Type	I. R. L
17	1.41+2.30=3.71	1.63	m	0.67 (S)
18	0.00+3.67=3.67	∞	t	0.66 (S)

RL: Relative length of chromosome, AR: Arm ratio of chromosome. The other symbols referred to Hong (1990).



图版 1 刘建全等: 五福花二倍体核型及其系统学意义
 Plate 1 Liu Jianquan et al., Karyotype Analysis of Diploid *Adoxa moschatellina* with Reference to Its Systematic Significance.
 五福花平安居群染色体核形态特征: 1. 间期核。2. 前期。3. 中期。4. 核型。
 Karyomorphological characteristics of Pingan population of *Adoxa moschatellina*.

1. Resting nucleus. 2. Prophase. 3. Metaphase. 4. Karyotype.

讨论和结论

1. 五福花科的染色体基数

五福花属 2 种中, 东方五福花具有属内甚至科内最高的染色体数目, $2n=108$ (梁汉兴, 1993a, b); 五福花具有 $2n=36, 45, 54$ 的染色体数目。单种属四福花属的染色体数目为 $2n=36$ 。我们也对五福花科的另一单种属华福花属进行了染色体研究, 发现其染色体数目也为 $2n=36$ (待发表)¹⁾。因此, $2n=36$ 是五福花科内目前发现的最低染色体数目, 并且是 3 属的共有染色体特征。

按传统的看法, 五福花的染色体基数 $x=9$, 具有 36 个染色体的被认为是四倍体 [$2n(4x)=36$], 具有 45 个染色体的被认为是五倍体 [$2n(5x)=45$], 具有 54 个染色体的被认为是六倍体 [$2n(6x)=54$] (Johnson 和 Packer, 1968)。根据核型研究, 四福花为 $2n=36=6m+14sm+4st+12t$, 是以基数为 18 的二倍体 (梁汉兴, 1984); 东方五福花核型为 $2n=108=32m+24sm+20st+32t$, 它的核型可分为 18 个基本染色体组 (梁汉兴, 1993b); 日本产五福花 $2n=54$ 的居群具有 $2n=54=18m+9sm+6st+21t$ 的核型, 只能配成 18 组染色体组, 每组含 3 条相同的同源染色体, 因此它作为基数为 18 的三倍体更合适。本文采自青海的五福花的两个居群的核型均为 $2n=36=12m+8sm+4st+12t$, 核型配对表明它也应是基数为 18 的二倍体。核型分析暗示五福花科的染色体基数应为 $x=18$, 而不是传统所认为的 $x=9$ (Johnson & Packer, 1968)。同时外类群比较也得出相似的结论, 分子生物学和形态学研究表明, 五福花科与忍冬科的接骨木属 (*Sambucus*) 有最近的亲缘关系, 甚至提议将接骨木属与狭义的五福花科组成广义的五福花科 (Eriksson & Donoghue, 1997; Donoghue, 1995; Donoghue et al., 1992)。接骨木属现有报道的染色体数目大部分为 $2n=36$, 个别为 $2n=38$; 该属的染色体基数应为 $x=18$ (洪德元, 1990)。

2. 五福花科属间的染色体分化

五福花科 3 属中, 四福花属被认为是最原始的属, 华福花属是最进化的属, 五福花属进化水平居中 (梁汉兴和吴征镒, 1995)。利用染色体资料来评价属间的分化及其系统位置时, 应比较它们的染色体基数和核型。四福花属和华福花属均为单种属。四福花属和华福花属均为 $2n=36$ 的二倍体, 染色体基数应为 $x=18$ 。五福花属的染色体基数也为 $x=18$; 其中的东方五福花具有高倍的染色体数目 ($2n=108$), 是基数为 $x=18$ 的六倍体, 显然是次生的类型 (梁汉兴, 1993b)。因此, 五福花科三属间的染色体基数并未发生分化, 均为 $x=18$ 。

二倍体五福花和四福花相比, 具有十分相似的核型结构, 均具 6 对端着丝点和 2 对亚端着丝点染色体, 只有近中和中部着丝点染色体存在差异, 这种差异极有可能由于前处理不同和测量误差所致。华福花也具有与二倍体五福花和四福花相似的核型 (待发表)¹⁾。它们核型的相似性说明, 五福花科的原始祖先分化为 3 属时, 核型的表型并未根

1) 关于华福花属的核型特征, 另文发表。

本性的变化, 属间分化的控制更多地可能表现在基因水平。这一结果从另一方面也说明 3 属的染色体资料在推测属的系统地位及其演化关系时作用不大, 使用它们时应持谨慎态度。

3. 五福花属内染色体进化趋势

五福花属具有 $2n=36, 45, 54, 108$ 四种染色体数目; 由于该科的染色体基数为 $x=18$, 因此, $2n=36$ 为二倍体, $2n=54$ 为三倍体, $2n=108$ 为六倍体。至于 $2n=45$ 的报道, 一方面要进一步肯定; 另一方面由于五福花属中无融合生殖较为普遍, 同时也存在杂交, 这种由于杂交—无融合生殖等造成的非整倍性变异十分特殊 (如 *Rubus*, *Potentilla*), 其具体的演变机制有待进一步研究。根据染色体倍性不可逆的公认原理, 五福花属染色体进化的一个重要趋势就是从低倍到高倍。

二倍体五福花比三倍体五福花少一组同源端着丝点染色体而多一组亚中同源着丝点染色体; 与东方五福花同样是少近一组的同源亚端着丝点染色体, 而多近一组的同源中部着丝点染色体 (梁汉兴, 1993b)。上述比较说明, 在五福花属中, 伴随倍性的增高, 核型的不对称性有增高的趋势, 根据 Stenb bins (1971) 的总结, 有花植物的核型总是存在着从对称向不对称演化的趋势。因此, 五福花属中与染色体倍性演化成正相关的另一重要演化趋势就是核型从对称向不对称方向进化。

在五福花属中, 由于存在染色体多倍化的演化途径, 并伴随染色体结构不对称性的增加; 加上五福花属中普遍存在的无融合生殖的特点, 使五福花属的居群分化比其余两属更为活跃, 并由此产生了相对较多的种类和较多的生态类型 (或地理宗), 并获得了较高的适应幅度, 具有较广的分布区。我们研究的二倍体五福花离五福花科的起源和分化中心—横断山地区 (吴征镒, 1981) 不远, 它具有较原始的核型特征, 似乎不足为奇。五福花在其散布的过程中, 是否还有更多的染色体数目、倍性以及结构的变化, 这些变化是否与地理分布相联系, 还有待进一步研究。

参 考 文 献

- 吴征镒, 1981, 五福花科的另一新属, 兼论本科的科下进化和系统位置, 云南植物研究, 3 (4): 383~388。
洪德元, 1990, 植物细胞分类学, 北京, 科学出版社。
梁汉兴, 1986, 四福花染色体核型的分析, 云南植物研究, 8 (2): 153~156。
梁汉兴, 1993a, 五福花科染色体数目及其系统学意义, 云南植物研究, 15 (3): 260~262。
梁汉兴, 1993b, 东方五福花的核型分析, 云南植物研究, 15 (4): 395~398。
梁汉兴, 吴征镒, 1995, 论五福花科的分类、进化与分布, 云南植物研究, 17 (4): 380~390。
Donoghue J. M., 1995, Phylogeny and phylogenetic taxonomy of Dipsacales. Amer Journ Bot, 82: 108~120。
Donoghue J. M., R. G. Olmstead, J. F. Smith et al., 1992, Phylogenetic relationships of Dipsacales based on rbcL sequences. Ann Missouri Bot Gard, 80: 333~345。
Eriksson T., J. M. Donoghue, 1997, Phylogenetic relationships of *Sambucus* and *Adoxa* (Adoxaceae) based on nuclear ribosomal ITS sequences and preliminary morphological data. Sys Bot 22 (3): 555~573。
Johnson A. W., J. G. Packer, 1968, Chromosome numbers in the flora of Ogotruk Creek, N. W. Alaska. Bot Botis 121: 403~456。
Packer J. G., 1968, In IOPB chromosome number report XVII. Taxon 17: 285~288。
Leven A., Fredga K., Sandberg A. A., 1964, Nomenclature for centromeric position on chromosomes. Hereditas, 52:

Noguchi J., Kawano S., 1974, Brief notes on the chromosome of some Japanese plants (3). Journ Jap Bot, 49: (1): 76~86.

Stebbins G. L., 1971, Chromosomal evolution in higher plant. London: Edward Arnold.

Zhukova P. G., 1967, Chromosome numbers in some species of plants of the north-eastern part of the USSR. II. Bot Zhur 52: 983~987.

育发本千酒鞣鞣又主发千麻小，大鞣鞣双

KARYOTYPE ANALYSIS OF DIPLOIDY *ADOXA MOSCHATELLINA* WITH REFERENCE TO ITS SYSTEMATIC SIGNIFICANCE

Liu Jianquan Chen Shilong Lu Xuefeng He Tingnong

(Northwest Plateau Institute of Biology, The Chinese Academy of Sciences, Xining, 810001)

Abstract

Reported in the present paper are the somatic chromosome numbers and karyotypes of two populations of *Adoxa moschatellina* L. collected in Qinghai Province. Two populations were found to have the same chromosome number of 2n=36 and similar karyotype. The karyotype formula can be summarized as 2n=36=12m+8sm+4st+12t.

Up to now, the lowest chromosome numbers found in Adoxaceae are 2n=36. The basic chromosome number of Adoxaceae might be x=18, based on the available chromosome data and comparison with outgroup. The populations with 2n=36 are diploids. The diploid of *Adoxa moschatellina* has similar karyotype with *Tetradoxa* and *Sinadoxia*. The differentiation of the chromosome karyotypes among 3 genera of Adoxaceae is indistinct. However, within *Adoxa*, the chromosome differentiates through polyploids with increasing asymmetrical karyotypes, which might account for the more species and ecotypes of *Adoxa* if compared with the other two monotypic genera.

Key words: Adoxaceae; *Adoxa moschatellina*; karyotype

Abstract (continued text, partially obscured and difficult to read due to image quality)