

柑桔类的细胞分类学研究

I. 柑桔属30个分类群的核型及进化*

梁 国 鲁

(西南农业大学园艺系果树研究室, 重庆 630716)

提 要 作者研究了柑桔属30个分类群的核型及进化。结果表明: 染色体数目为 $2n=2x=18$, 属小染色体植物, 核型由中部着丝粒染色体(m)和近中部着丝粒染色体(sm)组成, 具2—4个连接于短臂上的随体, 一些分类群的部分同源染色体上存在长度和臂比值不同程度的杂合现象, 核型均属2A型。比较随体及与之相连短臂, 其随体分为大随体(LS)中随体(MS)和小随体(SS)三类, 随体的多样性可作为探讨该属物种的起源、系统演化的一个遗传标志。作者赞同把柚(*Citrus grandis*)作为柑桔属的一个基本种, 而宽皮柑桔(*C. reticulata*)核型变异较大, 还待进一步分析; 推测红黎檬(*C. limonia*)、葡萄柚(*C. paradisi*)、甜橙(*C. sinensis*)、酸橙(*C. aurantium*)、香圆(*C. wilsonii*)、三宝柑(*C. sulcata*)、部分宽皮柑桔(*C. reticulata*)为杂种起源。该属核型由不对称向对称进化是与形态及孢粉的进化趋势一致的。

关键词 柑桔属; 核型; 进化

柑桔是世界上经济价值很高的果树, 而我国又是柑桔类植物的主要原产地之一, 资源丰富, 无论是栽培种类、品种, 还是野生, 半野生种以及天然的或人工育成的杂种类型等都极为繁多, 同时还拥有大量的近缘属植物。柑桔类主要包括枳属(*Poncirus* Raf.)、金柑属(*Fortunella* Swingle)和柑桔属(*Citrus* L.)。由于柑桔类植物具有多胚性, 种属间易杂交和芽变繁杂等特点^[7], 致使植株形态多样, 亲缘关系较复杂, 是分类学上较困难的类群, 而其中又以柑桔属最为复杂。长期以来, 人们对柑桔分类问题进行了许多研究, 由于分类标准不一, 分歧很大。在具深远影响的两大分类系统中Swingle^[36]承认16个种, 而Tanaka^[38]却承认162个种。近来不少学者在生物化学^[8,10,11,16,17,26,31,33]、孢粉学^[1]及数值分类^[9,16,25]等方面对柑桔类进行了广泛研究, 并提出了许多新见解, 但至今仍缺乏较统一的看法。

关于柑桔属植物的染色体研究, 据报道已有58个种作过染色体计数^[13], 一些学者在部分分类群的倍性变异^[8,12]、粗线期染色体的形态^[22]以及减数分裂染色体的行为^[18,23,24,26-28,32]等方面进行了观察。我国在这方面的研究还比较薄弱。作者拟对柑桔类植物逐步开展细胞分类学的研究, 以期对该类植物的分类提供细胞学方面的资料。本文首篇

本文于1988年2月24日收到。

*承蒙徐炳声教授审阅并提出宝贵意见, 陈全友、朱立武在试材上的大力帮助, 特此致谢。

报道柑桔属30个分类群的核型及进化。

材 料 和 方 法

供试的30个分类群由中国农科院柑桔研究所资源室提供,种子萌发取根,室温下用 $0.002M$ 8-羟基喹林处理3小时,植物有丝分裂染色体标本制备新方法制片^[6],核型分析按李懋学等^[3]报道的标准,核型类别按Stebbins^[33]的分类。

结 果 和 讨 论

柑桔属30个分类群的染色体数目、形态和核型如图版I-V所示,核型模式图见图1,核型的主要特征列于表1,现分述如下:

染色体数目 Strasburger^[34]认为甜橙和酸橙的单倍染色体数为 $n=8$ 。但Longley^[20]与Frost^[14]在同一年(1925)对柑桔属9个种的观察,发现其单倍染色体数是 $n=9$,后来的观察都清楚地表明 $x=9$ 是柑桔属植物的染色体基数^[13]。本文的观察结果,其体细胞染色体数目均为 $2n=18$,未发现多倍体和非整倍体。尽管偶尔也能看到个别非整倍体的细胞,但所占比例极小。从已有的报道^[13]来看,有三倍体($2n=3x=27$)、四倍体($2n=4x=36$)、五倍体($2n=5x=45$)及六倍体($2n=6x=54$)四种倍性,但均属种类多倍体(约占26%),无一为多倍体种。可见,多倍体未成为柑桔属进化的主要趋势,而可能是在二倍体水平上。近年来,柑桔育种者已广泛利用多倍体来开辟其育种途径,进展较快^[3]。

核型 所观察30个分类群的核型共同特征是:染色体长度属小染色体类型(1—3微米),均由中部着丝粒染色体(m)和近中部着丝粒染色体(sm)组成,具有2—4个随体且都连接在短臂上,最长与最短染色体之比小于2,染色体相对长度变异不大。核型的相似性说明各分类群的亲缘关系密切,这也正是种类间易杂交的细胞学基础。而各分类群核型的差别主要表现在:1.随体的数目、大小及形态上的明显不同(下详);2.尽管核型根据Stebbins的分类^[33]属2A,即较对称的核型,但在具中着丝粒位置多少及平均臂比值上表现出一定的差异,尤力克柠檬(*C. limon*)的中部着丝粒染色体最少(6m),而平均臂比值又最高(1.98);以甜橙(*C. sinensis*)、香园(*C. wilsonii*)和除皱皮柑(*C. vessucosa*)外的宽皮柑桔(*C. reticulata*)的中部着丝粒染色体最多(12m),其平均臂比值仅在1.59—1.48范围内;3.某些分类群的核型可明显看到部分同源染色体在长度和臂比值上表现出不同程度的杂合现象:一种是臂比值有差异,分属 m 和 sm 染色体。如红黎檬(*C. limonia*)第2号染色体,皱皮柑的第3号,尤力克柠檬及改良橙(*C. sinensis*)的第4号,邓肯葡萄柚(*C. paradisi*)及三宝柑(*C. sulcata*)的第6号,雪柑(*C. sinensis*)的第8号,土柠檬(*C. limon*)、克里曼丁桔(*C. clementina*)及金桔(*C. mandurensis*)的第9号均属这一类型;另一种是长度有差异,如锦橙(*C. sinensis*)的第1号,邓肯葡萄柚的第2号,红桔(*C. tangerina*)的第3号,血橙(*C. sinensis*)的第7号,细叶薄皮橙(*C. sinensis*)、椪柑(*C. poonensis*)、土桔(*C. chuana*)及克里曼丁桔的第9号,威尔金桔(*C. reticulata*)的第1、9号属这一类型。这种染色体结构杂合性,据对一些分类群的染色体行为观察,发现染色体的异常十分普

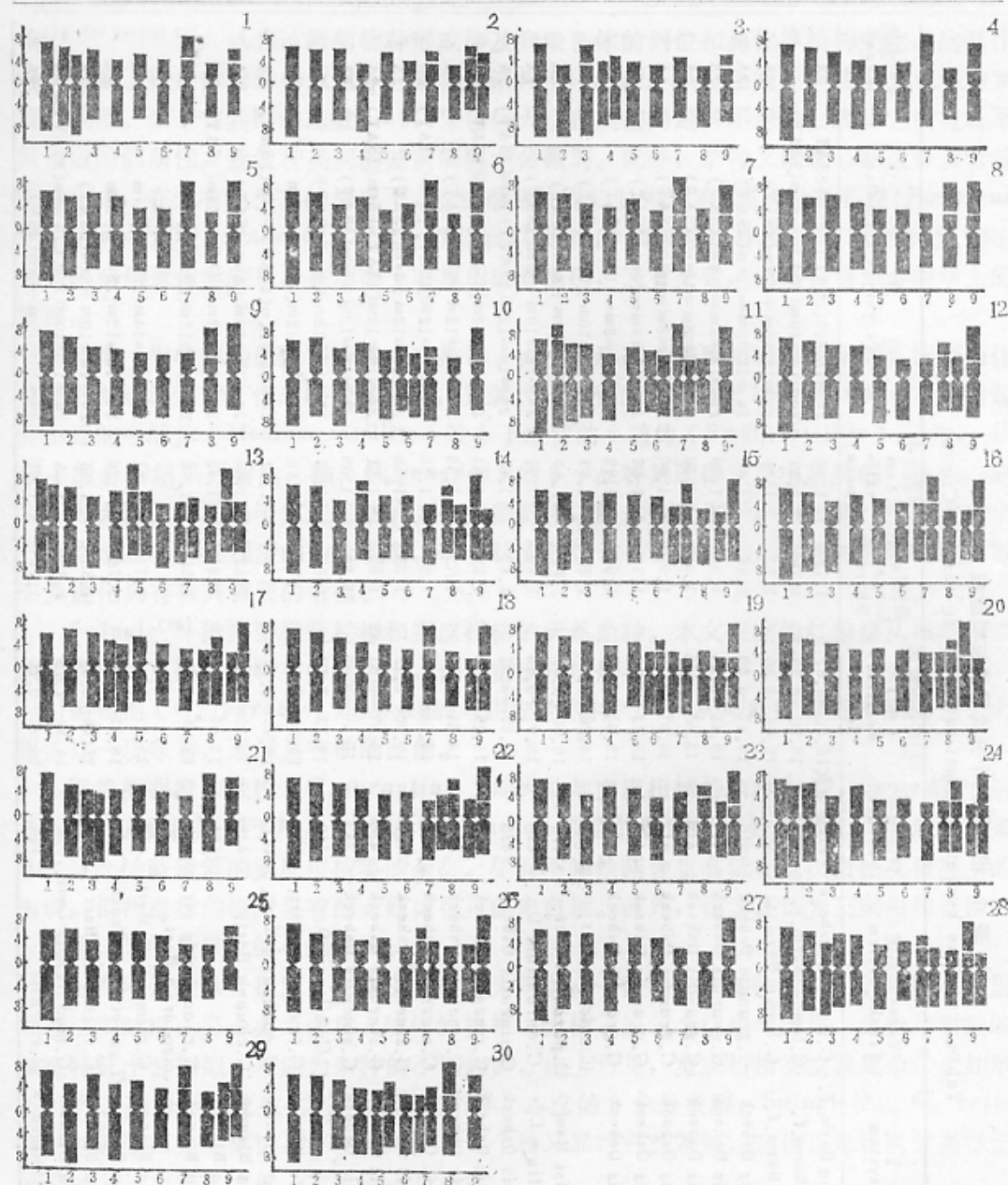


图1 柑桔属30个分类群的核型模式图

Fig.1 Idiogram of karyotype in 30 taxa of genus Citrus

1. 红黎檬 (*Citrus limonia* Osbeck); 2. 土柠檬 (*C. limon* Burm. f.); 3. 尤力克柠檬 (*C. limon* Burm. f.); 4. 垫江柚 (*C. grandis* Osbeck); 5. 垫江白柚 (*C. grandis* Osbeck); 6. 沙田柚 (*C. grandis* Osbeck); 7. 梁平柚 (*C. grandis* Osbeck); 8. 麻豆文蛋 (*C. grandis* Osbeck); 9. 晚白柚 (*C. grandis* Osbeck); 10. 三宝柑 (*C. sulcata* Hort.); 11. 邓肯葡萄柚 (*C. paradisi* Macf.); 12. 摩洛哥橙 (*C. aurantium* L.); 13. 锦橙 (*C. sinensis* Osbeck); 14. 雪柑 (*C. sinensis* Osbeck); 15. 实美橙 (*C. sinensis* Osbeck); 16. 细叶薄皮橙 (*C. sinensis* Osbeck); 17. 改良橙 (*C. sinensis* Osbeck); 18. 化州橙 (*C. sinensis* Osbeck); 19. 血橙 (*C. sinensis* Osbeck); 20. 香圆 (*C. wilsonii* Osbeck); 21. 红桔 (*C. tangerita* Hort.); 22. 柑桔 (*C. poonensis* Osbeck); 23. 土桔 (*C. chuana* Hort.); 24. 威尔金桔 (*C. reticulata* Blanco); 25. 年桔 (*C. chachiensis* var. *oleocarpa* Hort.); 26. 克里曼丁桔 (*C. clementina* Hort.); 27. 脐柑 (*C. suavisissima* Tanaka); 28. 皱皮柑 (*C. ves-sucosa* Hort.); 29. 金桔 (*C. madurensis* Lour); 30. 枳橙 (*P. trifolata* × *C. sinensis*);

表 1 柑桔属30个分类群的核型组成
Table 1 The karyotype constitution of 30 taxa in *Citrus*

序号 No.	种 类 Species	Swingle 系统 Swingle system	Tanaka 系统 Tanaka system	凭证标本 Voucher	相对长度范围 (%) Relative length	最长/最短 Longest/ Shortest	平均臂比 Arm ratio (mean)	核 型 Karyotype formulae	核型类型 Type
1	红黎檬	<i>Citrus limon</i> Burm.f.	<i>C. limonia</i> Osbeck	404 陈全友	15.20—8.32	1.72	1.53	2n=18=10(2SAT)+8sm(2SAT)	2A
2	土柠檬	<i>C. limon</i> Burm.f.	<i>C. limon</i> Burm.f.	409	15.30—8.60	1.78	1.59	2n=18=10m(2STA)+8sm(2SAT)	2A
3	尤力克柠檬	<i>C. limon</i> Burm.f.	<i>C. limon</i> Burm.f.	405	15.65—8.36	1.77	1.98	2n=18=6m+12sm(4SAT)	2A
4	垫江柚	<i>C. grandis</i> Osbeck	<i>C. grandis</i> Osbeck	416	15.87—8.60	1.84	1.67	2n=18=8m+10sm(4SAT)	2A
5	垫江白柚	<i>C. grandis</i> Osbeck	<i>C. grandis</i> Osbeck	417	15.45—8.44	1.95	1.69	2n=18=8m+10sm(4SAT)	2A
6	沙田柚	<i>C. grandis</i> Osbeck	<i>C. grandis</i> Osbeck	410	15.60—8.25	1.90	1.68	2n=18=8m+10sm(4SAT)	2A
7	梁平柚	<i>C. grandis</i> Osbeck	<i>C. grandis</i> Osbeck	412	16.01—8.30	1.93	1.66	2n=18=3m+10sm(4SAT)	2A
8	麻豆文蛋	<i>C. grandis</i> Osbeck	<i>C. grandis</i> Osbeck	413	15.72—8.18	1.92	1.65	2n=18=8m+10sm(4SAT)	2A
9	晚白柚	<i>C. grandis</i> Osbeck	<i>C. grandis</i> Osbeck	411	15.64—7.93	1.97	1.68	2n=18=8m+10sm(4SAT)	2A
10	三金柑	<i>C. sulcata</i> Hort.	<i>C. sulcata</i> Hort.	415	14.26—7.31	1.83	1.63	2n=18=10m+8sm(4SAT)	2A
11	邓肯葡萄柚	<i>C. paradisi</i> Macf.	<i>C. paradisi</i> Macf.	418	15.68—8.49	1.91	1.60	2n=18=10m+8sm(2SAT)	2A
12	摩洛哥酸橙	<i>C. aurantium</i> L.	<i>C. aurantium</i> L.	434	15.97—8.65	1.85	1.61	2n=18=10m+8sm(3SAT)	2A
13	锦橙	<i>C. sinensis</i> Osbeck	<i>C. sinensis</i> Osbeck	423	14.99—8.21	1.82	1.59	2n=18=12m(1SAT)+6sm(2SAT)	2A
14	雪柑	<i>C. sinensis</i> Osbeck	<i>C. sinensis</i> Osbeck	429	15.19—8.30	1.83	1.54	2n=18=12m(3SAT)+6sm(1SAT)	2A
15	实美橙	<i>C. sinensis</i> Osbeck	<i>C. sinensis</i> Osbeck	425	14.51—8.12	1.79	1.55	2n=18=12m+6sm(2SAT)	2A
16	细叶薄皮橙	<i>C. sinensis</i> Osbeck	<i>C. sinensis</i> Osbeck	428	15.54—8.41	1.85	1.55	2n=18=12m(1SAT)+6sm(1SAT)	2A
17	改良橙	<i>C. sinensis</i> Osbeck	<i>C. sinensis</i> Osbeck	422	15.00—8.13	1.85	1.58	2n=18=12m+6sm(2SAT)	2A
18	化州橙	<i>C. sinensis</i> Osbeck	<i>C. sinensis</i> Osbeck	426	15.63—8.51	1.84	1.51	2n=18=12m(1SAT)+6sm(1SAT)	2A
19	血橙	<i>C. sinensis</i> Osbeck	<i>C. sinensis</i> Osbeck	433	15.10—8.35	1.81	1.59	2n=18=12m+6sm(2SAT)	2A
20	香园	<i>C. wilsonii</i> O.	<i>C. wilsonii</i> O.	440	14.72—8.12	1.82	1.53	2n=18=12m+6sm(2SAT)	2A
21	红柑	<i>C. reticulata</i> Blanco	<i>C. tangerina</i> Hort.	446	15.96—8.99	1.78	1.50	2n=18=12m(4SAT)+6sm	2A
22	柑桔	<i>C. reticulata</i> Blanco	<i>C. poonensis</i> Hort.	447	14.96—8.79	1.82	1.49	2n=18=12m(1SAT)+6sm(2SAT)	2A
23	土柑	<i>C. reticulata</i> Blanco	<i>C. chuana</i> Hort.	448	15.33—8.44	1.82	1.49	2n=18=10m+8sm(3SAT)	2A
24	威尔金柑	<i>C. reticulata</i> Blanco	<i>C. reticulata</i> Blanco	451	15.01—8.17	1.84	1.53	2n=18=12m(1SAT)+6sm(2SAT)	2A
25	年桔	<i>C. reticulata</i> Blanco	<i>C. chachiensis</i> var. <i>oleocarpa</i> Hort.	453	15.26—8.43	1.81	1.48	2n=18=12m(2SAT)+6sm	2A
26	克里曼丁桔	<i>C. reticulata</i> Blanco	<i>C. clementina</i> Hort.	452	15.27—9.01	1.74	1.51	2n=18=14m(2SAT)+4sm	2A
27	脐橙	<i>C. reticulata</i> Blanco	<i>C. suavisissima</i> Tanaka	442	15.27—9.31	1.78	1.50	2n=18=12m(2SAT)+6sm	2A
28	晚皮柑	<i>C. reticulata</i> Blanco	<i>C. vesucosa</i> Hort.	444	15.44—8.49	1.82	1.56	2n=18=10m+3sm(2SAT)	2A
29	金桔	<i>C. reticulata</i> Blanco	<i>C. madurensis</i> Lour.	456	14.39—7.75	1.86	1.55	2n=18=10m(2SAT)+8sm(2SAT)	2A
30	枳橙	<i>P. trifoliata</i> × <i>C. sinensis</i>		400	15.00—8.75	1.71	1.61	2n=18=10m+3sm(4SAT)	2A

遍^[18, 23, 24, 26, 28], 认为该属的物种形成涉及到染色体的倒位和易位等结构变化, 然而作者认为除了染色体的结构重组外, 染色体结构不同的种、品种之间的天然杂交也起着重要的作用。由于有共同的基数 $x=9$, 染色体大小和类型的趋异不悬殊, 表明它们有着不同程度的同质性, 致使种类间的基因隔离十分微弱。此外, 杂种又因珠心胚优势及营养繁殖方式, 在无有性生殖的情况下, 致使杂合性得以长期保存, 属间杂种枳橙(*Poncirus trifoliata* × *C. sinensis*) 就是一个例证。这样的结果必然导致某些种类间呈现出复杂的细胞遗传学联系, 在形态上表现出既有区别, 又有交替, 无疑会造成分类学上的障碍。

随体 柑桔属的随体很特殊, 在数目、大小及形态上表现出明显的不同。比较随体及与之相连的短臂, 作者将随体分为: 显著大于短臂的大随体 (Large satellite), 与短臂相近的中随体 (Medium satellite) 及小于短臂的小随体 (Small satellite) 三类, 从表1的分析结果可看出, 柚 (*C. grandis*) 的6个品种其随体表现出高度的一致性, 均为2对大随体; 而属于宽皮柑桔的8个分类群中, 随体数变化于2—4之间, 涉及大中小三种类型且具一定程度的杂合现象。作者认为随体这一明显标志, 对探讨该属物种的形成及进化具有极其重要的价值。

Swingle^[36]推测黎檬是柠檬和宽皮柑桔的天然杂种。本文观察的红黎檬从核型组成中无大随体及果实所特有的红色上, 认为宽皮柑桔是其亲本之一。

葡萄柚 (*C. paradisi*) 认为是柚与甜橙的杂种^[9, 30], 从邓肯葡萄柚具有的三个大随体这一现象看, 无疑具有柚的血缘。

据推测甜橙和酸橙 (*C. aurantium*) 均为柚与宽皮柑桔的杂种^[9, 30], Scora等^[31]则进一步认为甜橙来源于柚与含蒴萜 (Sabinene) 较高的宽皮柑桔类的杂交, 而酸橙则来自柚与含蒴萜较低的宽皮柑桔类的杂交。尽管不知蒴萜含量高低在宽皮柑桔类核型上的表现, 但甜橙和酸橙所具有的大随体很可能来自柚。此外, 作者还认为三宝柑和香园的大随体, 其柚是最大的可能供体。

根据随体的杂合程度, 将宽皮柑桔分为两类: 一类为无大随体的红桔、年桔、克里曼丁桔和瓠柑; 另一类为含有大随体的柑桔、土桔、威尔金桔和皱皮桔, 此类与甜橙的核型特征十分相似, 可能为杂种的不同起源。由上可见, 宽皮柑桔类型较复杂, 正如形态^[9, 18]、孢粉学^[1]及生化^[6, 10]的研究一样。本文的8个分类群, Swingle仅以 *C. reticulata* 就予以笼统概括, 而 Tanaka 定出7个种又显得有些繁琐, 这也正是该属分类学上的主要分歧和混乱之处, 有待进一步研究。

随体的这一现象, 在葱属 (*Allium*) 和百合属 (*Lilium*)^[4]、日本柳杉 (*Cryptomeria japonica* D.)^[37]、秃杉 (*Tawania flusiana*)^[2] 及草木犀属 (*Melilotus*)^[29] 等植物中都有过报道, 认为随体染色体的数目及形态, 一般具有种的特异性, Scora^[30] 首先提出柑桔属具有三个基本种: 枸橼 (*C. medica*)、柚 (*C. grandis*) 和宽皮柑桔 (*C. reticulata*), 而其余的种都是由这三个基本种衍生而来。Barrett等^[9]利用146个性状对43个分类群的数量分类研究, 其结果与 Scora 的观点一致, 并认为三个基本种是真正的种 (Good species)。这以后, 不断得到其它研究结果的支持^[15-17, 26, 38]。本文从30个分类群的核型比较中, 特别是随体这一显著特征上, 认为柚的高度同源染色体对以

及2对大随体的核型是该属的一个原始基本核型,赞同将其作为基本种之一。宽皮柑桔各分类群核型变异较大,目前还难找出其原始基本核型,但不会超出具中型或小型随体为标志的较为对称的核型,还有待从野生类型中去发掘。本文将排除 Handa^[17]把克里曼丁桔作为具宽皮柑桔基本种特性的这种可能性。

从核型变异探讨植物进化途径时,影响最大的是Stebbins的理论^[38],他指出整个植物界的核型进化的主要趋势是由对称向不对称发展,系统演化上处于古老或原始的植物,大多具有较对称的核型,而极不对称的核型则主要存在于进化较高级的植物中。但人们也在一些科属中发现出相反的趋势^[19]。本文参照外部形态^[7,9]、孢粉学^[1]及生物化学^[6]的系统研究结果,认为柑桔属的核型是从不对称向对称方向演化的。Matsuura^[21]照射处理 *Trillium kamtschaticum* 后,认为随体染色体的起源之一,是位于较端化着丝点染色体上的随体经臂内倒位而位于较中部着丝点的染色体上。如果柑桔属的随体染色体是按这一推测进行的话,那么基本种柚所处于近中部着丝点染色体上的大随体及与之相连的短臂之间经其类似的臂位倒位,产生位于具中部着丝点染色体上的中型或小型随体,即宽皮柑桔这个基本种。本文宽皮柑桔中的红桔,年桔及瓠柑的随体染色体均无杂合现象,但年桔和瓠柑的一对随体如何起源?仍是值得深入探讨的。

参 考 文 献

1. 叶荫民等. 中国农业科学, 1982(5): 62—66
2. 李林初. 植物分类学报, 1986; 24(5): 376—381
3. 李懋学等. 武汉植物学研究, 1985; 3(4): 297—302
4. 李懋学. 生物学通报, 1985(7): 12—14
5. 陈瑞阳等. 植物学报, 1979; 21(3): 297—298
6. 吴安仁等. 园艺学报, 1985; 12(2): 83—88
7. 蒋聪强. 西南农学院学报, 1983(4): 10—23
8. 蔡里平. 第四届国际柑桔会议简介(之一). 中国园艺, 1982; 28(1): 1—12
9. Barrett H C et al. *Syst Bot*, 1976; 1: 105—136
10. Dass H C et al. *Euphytica*, 1977; 26: 805—810
11. Dass H C et al. *Ind J Exp Biol*, 1978; 16: 62—65
12. Esen A. *Amer J Bot*, 1972; 59(5): 473—477
13. Federov A A et al. *Chromosome numbers of flowering plant*. Leningrad, 1969
14. Frost H B. *J Wash Acad Sci*, 1925; 15: 1—3
15. Green M et al. *Theor Appl Genet*, 1986; 72: 170—177
16. Hand T et al. *J Japan Soc Hort Sci*, 1975; 54: 145—154
17. Handa T et al. *Jpn J Genet*, 1986; 61(1): 15—24
18. Iwamasa M. Reciprocal translocation in the Valencia orange. *Chromosome Information Service*, 1963; 4: 9—11
19. Jones K. *Adv Bot Res*, 1978; 6: 119—194
20. Longley A E et al. *J Wash Acad Sci*, 1925; 15: 347—351
21. Matsuura H. *Cytologia*, 1942; 12: 271—338
22. Nair P K P et al. Chromosome morphology of the pachytene stages with respect to different *Citrus* types. Preceding First International Citrus Symposium, 1967; 1: 215—224
23. Naithani S P et al. *Nature*, 1958a; 181: 1406—1407
24. Naithani S P. *Genetica*, 1963; 33: 301—312
25. Potvin C et al. *Syst Bot*, 1983; 8: 127—133
26. Raghuvanshi S S. *Cytologia*, 1962; 27(2): 172—188
27. Raghuvanshi S S. Cytological evidence bearing on evolution in *Citrus*. Proceed First International Citrus Symposium, 1969; 1: 207—214
28. Sahrigy M A et al. *Egypt J Genet Cytol*, 1973, 2(1): 57—64

- 29 Schlarbaum S E et al. *Heredity*, 1984; 75: 23—26
- 30 Scora R W. *Bull Torrey Bot Club*, 1975; 102: 369—375
- 31 Scora R W et al. *Chemotaxonomy of the genus Citrus chemistry and chemical taxonomical the Rutaceae*. Academic Press, London, 1983; 343—351
- 32 Sharma A K et al. *Agron Lusit*, 1957; 19: 101—126
- 33 Stebbins G L. *Chrimisimal evolution in higher plants*. London, 1971; 87—89
- 34 Strasburger E. *Jahrb Wiss Bot* 1907; 44: 482—555
- 35 Swingle W T. *The botany of Citrus and its wild relatives*. In the *Citrus Industry*. (ed. Webber H J et al.) 1943; 1: 190—430
- 36 Tanaka T. *Studia Citrogia*, 1977; 14: 1—6
- 37 Toda Y. *J Jap For Soc*, 1980; 62(7): 264—269
- 38 Torres A et al. *Amer J Bot*, 1978; 65: 869—887

STUDIES ON THE CYTOTAXONOMY OF CITRUS

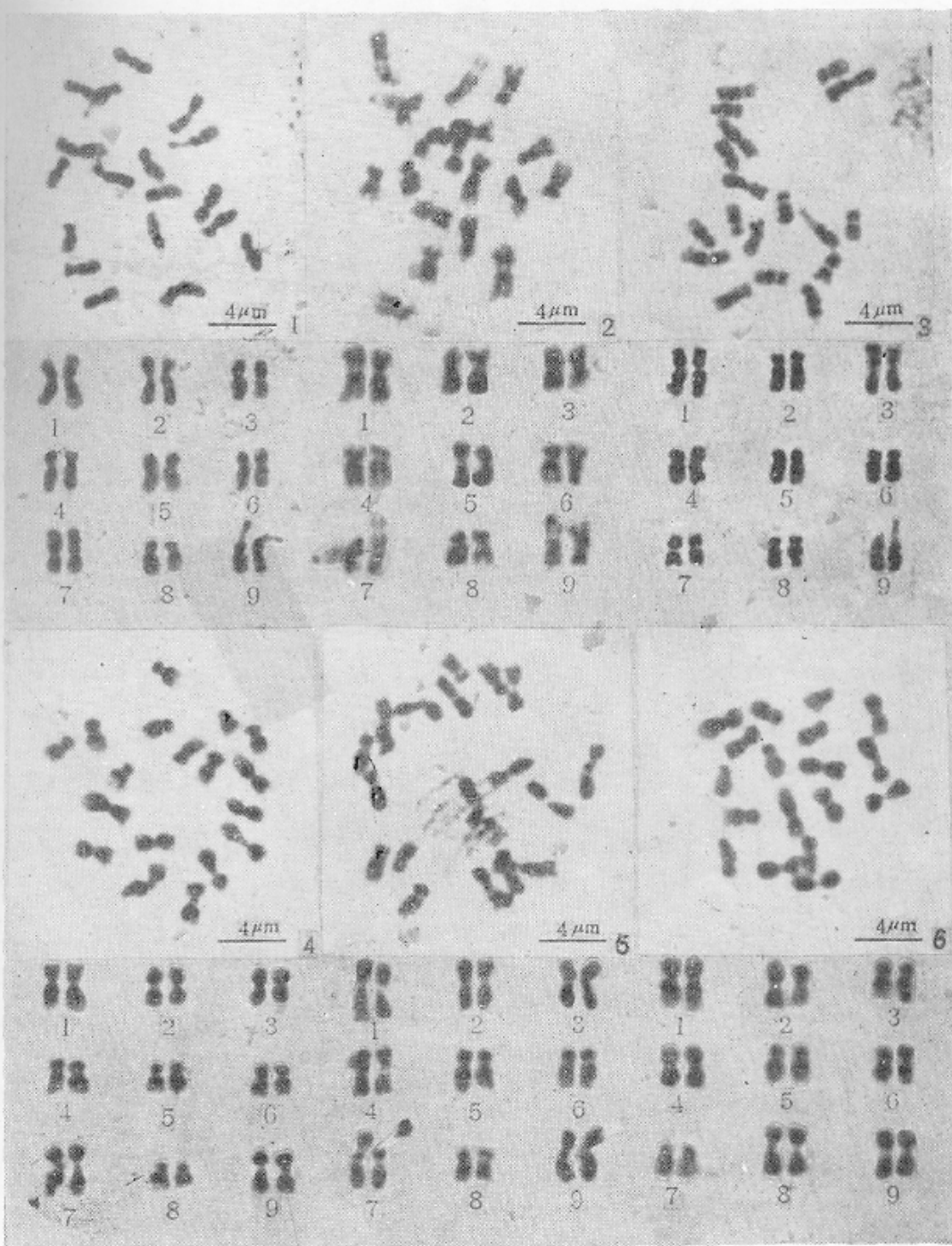
I. Karyotype and evolution of 30 taxa of the genera *Citrus*

Liang Guolu

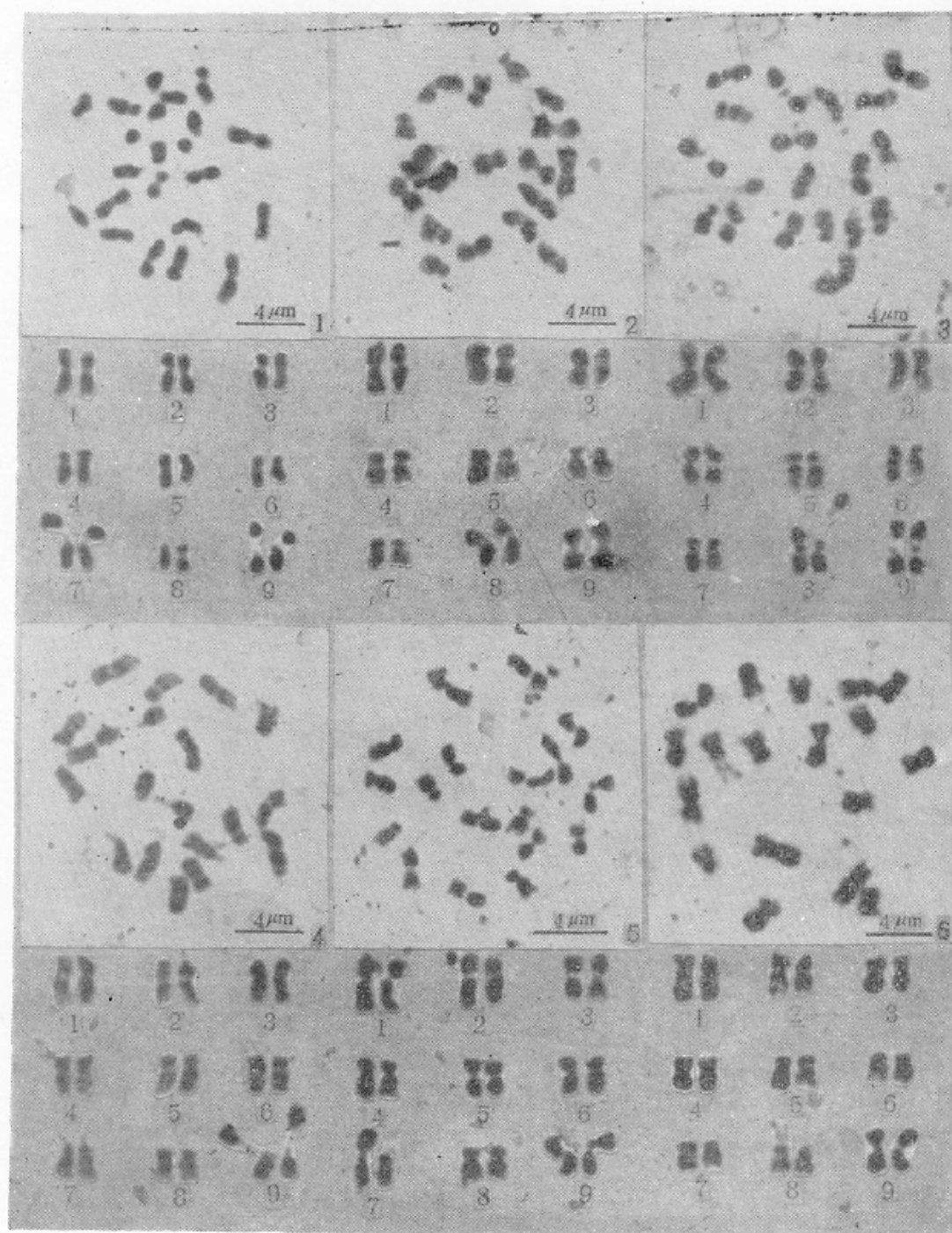
(Department of Horticulture, Southwest Agricultural University, Chongqing 630716)

Abstract The present paper deals with the karyotypes of 30 taxa of genus *Citrus*. The results obtained show that the chromosome numbers are $2n = 18$, belonging to small chromosome. All the karyotype consist of metacentric and submetacentric chromosomes with two to four satellite bodies born by the short arm. In addition, the heterozygosity in chromosomal length and arm ratio of some homologous chromosome were found in some taxa. The karyotypes belong to "2A" type of Stebbins's classification. The satellite chromosome of the species studied can be grouped into three types, large satellite (LS)-satellite much larger than short arm supported satellite, medium satellite (MS)-satellite and short arm close, Small satellite (SS)-satellite small, short arm large. Furthermore, the variation in the number and size of satellite can be used as a stable genetic marker in studing *Citrus* biosystematics. From karyotypical analyses, author support that *C. grandis* is one of the three basic species, while *C. reticulata* should be studied in various wild mandarins further, and suggest that *C. limonia*, *C. paradisi*, *C. sinensis*, *C. aurantium*, *C. wilsonii*, *C. sulcata* and in part of *C. reticulata* have hybrid origin. The evolution of karyotype from asymmetry to symmetry is correlated with the trend of evolution of the morphological characters and pollen morphology.

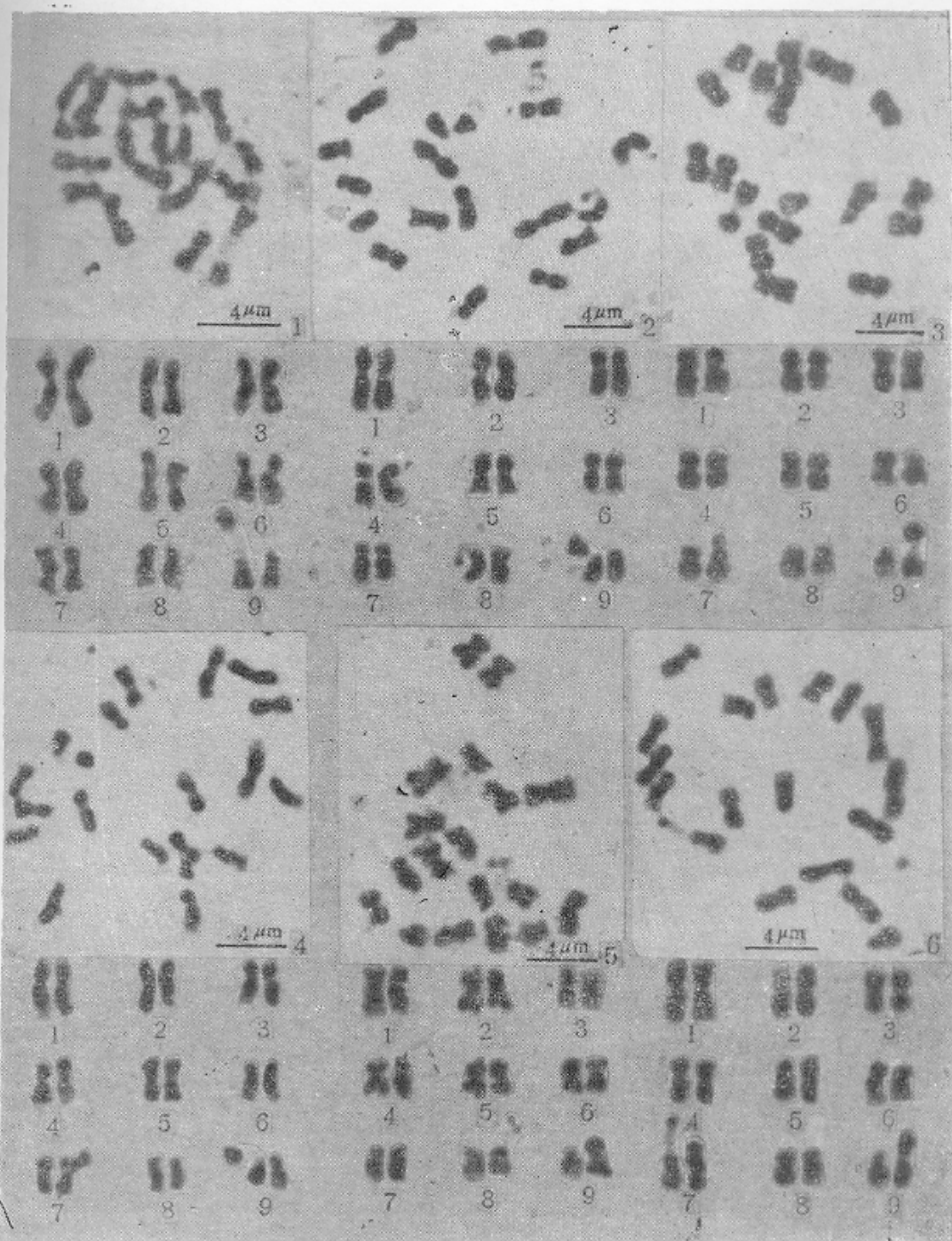
Key words *Citrus*, Karyotype, Evolution



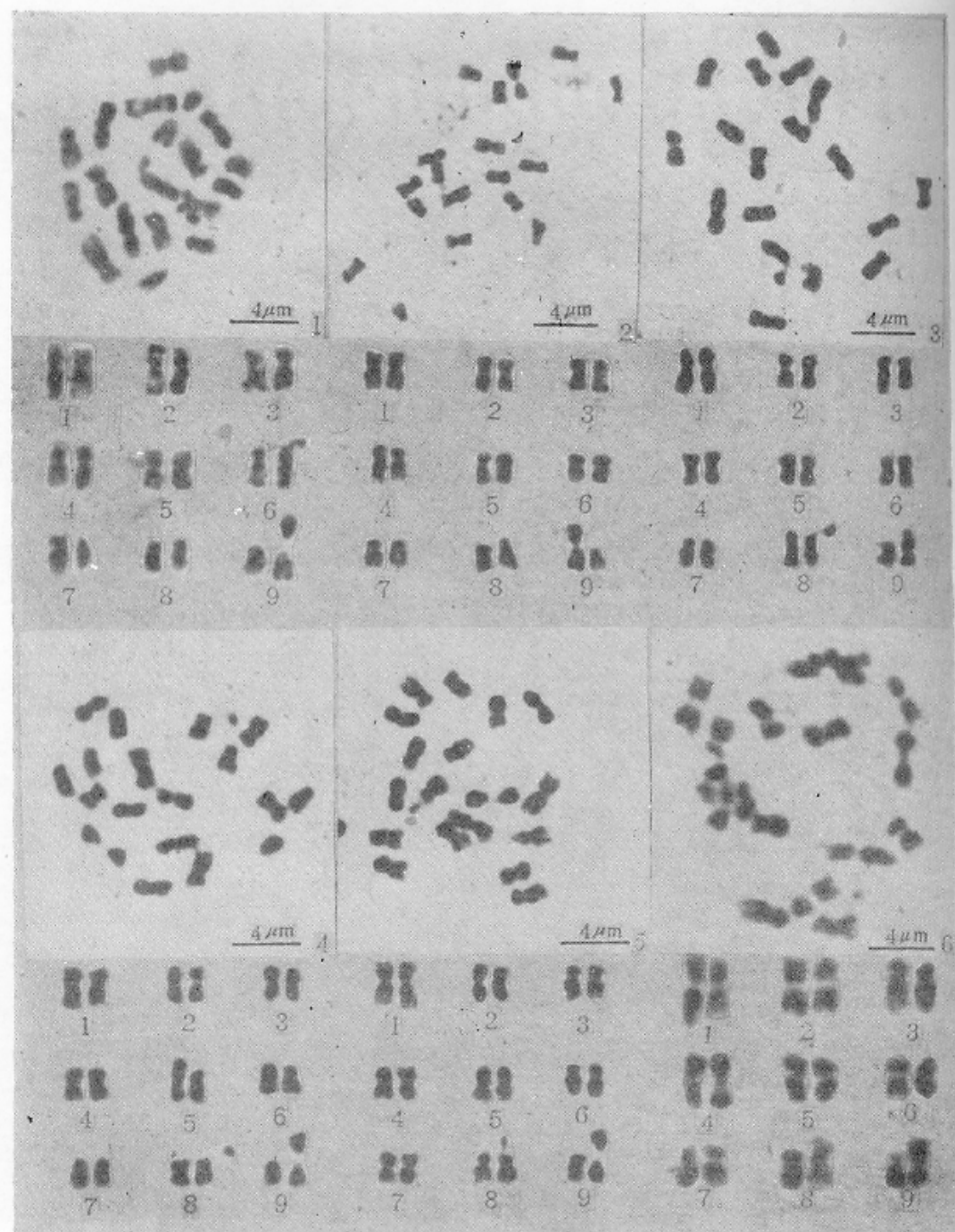
1. 红黎檬 (*Citrus limonia* Osbeck); 2. 土柠檬 (*C. limon* Burm.f.);
3. 尤力克柠檬 (*C. limon* Burm.f.); 4. 垫江柚 (*C. grandis* Osbeck);
5. 垫江白柚 (*C. grandis* Osbeck); 6. 沙田柚 (*C. grandis* Osbeck)



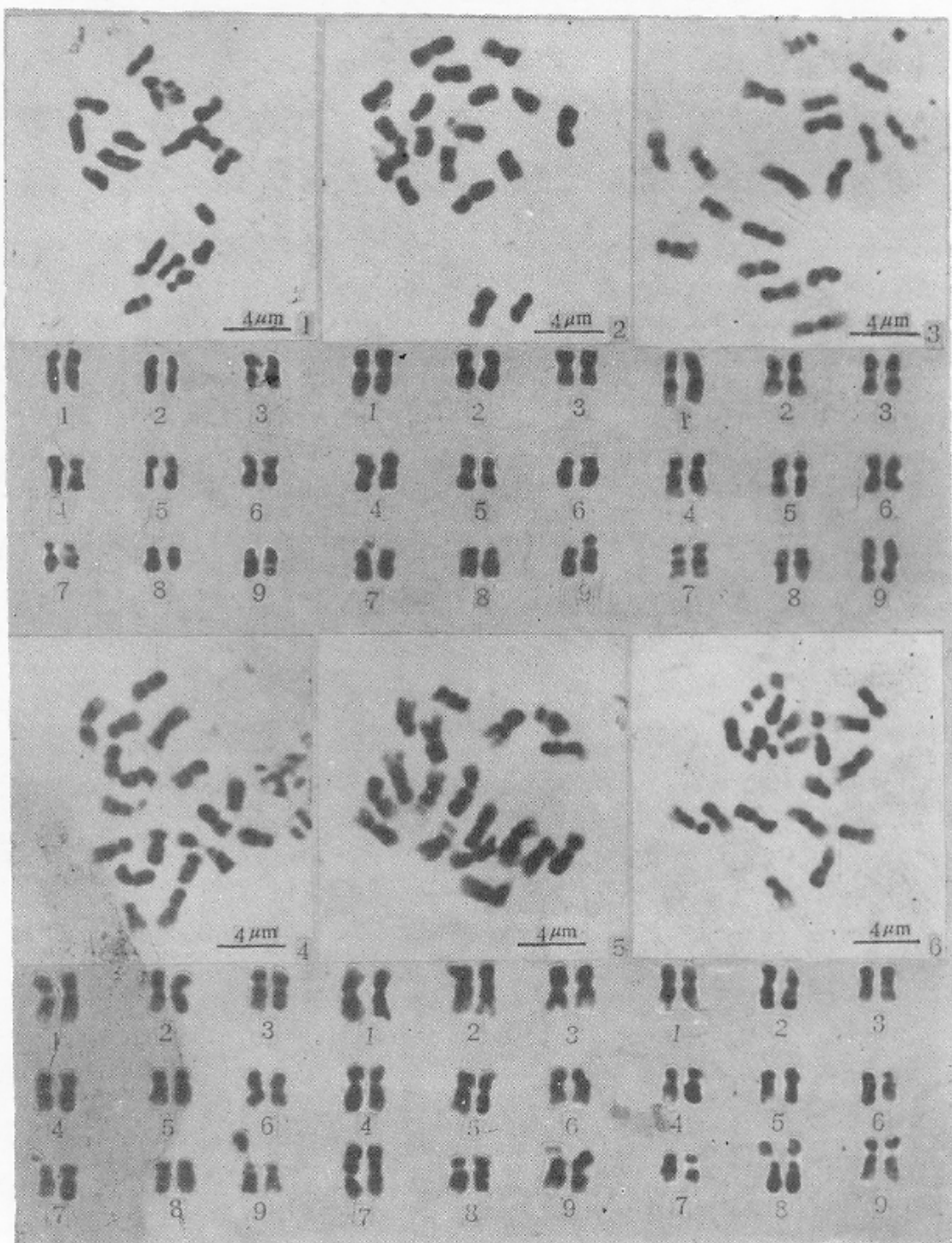
1. 梁平柚 (*C. grandis* Osbeck); 2. 麻豆文蛋 (*C. grandis* Osbeck);
3. 晚白柚 (*C. grandis* Osbeck); 4. 三宝柑 (*C. sulcata* Hort.);
5. 邓肯葡萄柚 (*C. paradisi* Maof.); 6. 摩洛哥酸橙 (*C. aurantium* L.)



1. 锦橙 (*C.sinensis* Osbeck); 雪柑 (*C.sinensis* Osbeck);
3. 实美橙 (*C.sinensis* Osbeck); 4. 细叶薄皮橙 (*C.sinensis* Osbeck);
5. 改良橙 (*C.sinensis* Osbeck); 6. 化州橙 (*C.sinensis* Osbeck)



1. 血橙 (*C. sinensis* Osbeck); 2. 香圆 (*C. wilsonii* Osbeck);
3. 红桔 (*C. tangerina* Hort.); 4. 柑桔 (*C. poonensis* Hort.);
5. 土桔 (*C. chuana* Hort.); 6. 威尔金桔 (*C. reticulata* Blanco)



1. 年桔 (*C. chachiensis* var. *oleocarpa* Hort); 2. 克里曼丁桔 (*C. clementina* Hort);
3. 瓯柑 (*C. suavissima* Tanaka); 4. 皱皮柑 (*C. vesucosa* Hort.);
5. 金桔 (*C. madurensis* Lour); 6. 枳橙 (*P. trifolata* × *C. sinensis*)