



新疆欧洲李种质资源染色体核型分析

孙 琪, 廖 康*, 耿文娟, 曼苏尔·那斯尔, 刘 欢, 徐桂香

(新疆农业大学 特色果树研究中心, 乌鲁木齐 830052)

摘 要: 运用常规制片法, 以 5 个新疆欧洲李类型种质资源为研究材料, 对其染色体核型特征进行观察测量及数据分析。结果表明: (1) 供试的 5 个欧洲李类型均为六倍体 ($2n=6x=48$), 均含有不同数量的 m 和 sm 染色体, 相对长度系数均包括 L 、 M_2 、 M_1 和 s 等 4 种类型。(2) 5 个欧洲李类型染色体的平均臂比范围为 1.46~1.69, 核型类型均属 2B 型, 核型不对称系数范围为 59.13%~62.34%。研究认为, 新疆欧洲李核型特征具有种共性的同时, 不同类型间也具有一定程度的差异, 核型进化趋势总体由对称向不对称发展。在核型特征上, 国外引进欧洲李品种与塔城槟子具有较近的亲缘关系, 而塔城酸梅与野生欧洲李的亲缘关系较近。

关键词: 新疆; 欧洲李; 染色体; 核型分析

中图分类号: Q343.2⁺2

文献标志码: A

Karyotype Analysis of *Prunus domestica* L. Germplasm Resources in Xinjiang

SUN Qi, LIAO Kang*, GENG Wenjuan, MANSUR Nasir, LIU Huan, XU Guixiang

(Research Centre of Characteristic Fruit Tree, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China)

Abstract: The karyotypes of 5 types of Xinjiang European plum were studied using traditional squash method. The results showed that: (1) the ploidy levels of tested materials were all hexaploid ($2n=6x=48$). All tested materials contained different numbers of 'm' and 'sm' chromosomes. All tested materials contained L , M_2 , M_1 and s in total 4 types of relative length index. (2) Arm ratio means of 5 types of European plum ranged from 1.46 to 1.69. Karyotype types of 5 European plum types were all '2B'. Asymmetrical karyotype coefficients of 5 types of European plum ranged from 59.13% to 62.34%. In summary, karyotype of European plum in Xinjiang had their common characteristics. There were some differences among different types of European plum in Xinjiang. The karyotype evolutionary trends of European plum in Xinjiang were changed from symmetric to asymmetric in general. On the karyotype characteristic, introduced European plum varieties and Tacheng Binzi had the nearly phylogenetic relationship. However, Tacheng Smoked plum and wild European plum had the nearly phylogenetic relationship.

Key words: Xinjiang; European plum; chromosome; karyotype analysis

欧洲李 (*Prunus domestica* L.) 是蔷薇科 (Rosaceae) 李属 (*Prunus*) 植物^[1], 在新疆的天山南北分布着较丰富的欧洲李资源, 主要有塔城地区的塔城酸

梅和塔城槟子、伊犁地区的野生欧洲李、喀什地区的伽师酸梅和国外引进欧洲李品种共 5 个类型^[2-3], 伽师酸梅、塔城酸梅、塔城槟子是当地农家栽培的欧洲

收稿日期: 2015-02-13; 修改稿收到日期: 2015-04-23

基金项目: 国家自然科学基金 (31160387); 新疆维吾尔自治区果树重点学科基金

作者简介: 孙 琪 (1989—), 女, 在读硕士研究生, 主要从事果树种质资源方面的研究。E-mail: 1056441863@qq.com

* 通信作者: 廖 康, 教授, 博士生导师, 主要从事果树栽培与果树种质资源方面的研究。E-mail: 13899825018@163.com

李,有较长的栽培历史,而野生欧洲李分布于新疆伊犁地区的新源县、巩留县部分山区,是目前世界上唯一发现野生欧洲李分布的区域^[4-5]。这些材料之间有何种亲缘关系?是如何进化的?尚不完全清楚。

核型分析是一种从细胞学角度研究亲缘关系的方法,已被广泛应用于枣^[6]、枇杷^[7]、榛子^[8]、香蕉^[9]等果树,为研究它们的遗传关系、起源演化等内容提供了必要的细胞学证据。目前为止,仅林盛华等^[10-11]、蒲富慎等^[12]对6个种的李属植物材料进行了染色体数目及部分核型分析研究,而晁无疾等^[13]、魏文娜等^[14]、王然等^[15]都在研究染色体时涉及部分李属材料。欧洲李染色体的研究就更少见,只有陈瑞阳^[16]曾做过一例核型分析,另有其它少数数目上的报道^[10],尚未见有针对欧洲李种内不同类型材料染色体核型分析的研究报道。

本试验选取新疆具代表性的5个类型欧洲李单株进行核型分析,以期揭示不同欧洲李类型的染色体核型特征,为研究欧洲李亲缘关系和进化发育提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 材料

分别在新疆的伽师、塔城和伊犁3个地区采集5个欧洲李类型的成熟种子,各类型种子数量不少于200粒,具体采样类型及分布位置见表1。

1.2 方法

采集的欧洲李种子去外壳及内种皮,于150 mg/L GA₃ 溶液中浸泡24 h,再用蒸馏水浸泡12 h^[17],后置于湿润滤纸上25℃条件下培养,待根尖生长至1~1.5 cm时,切取头部0.5 cm,在0.1%秋水仙素溶液中4℃条件下预处理6~7 h,固定液[甲醇:冰乙酸=3:1(V/V)]中固定24 h以上,37℃条件下于2%纤维素酶和2%果胶酶混合液中解离

75~150 min,再在60℃条件下1 mol/L HCl 溶液中解离15 min,蒸馏水中后低渗30 min,切取根尖分生组织大约0.1 cm,用镊子适当压碎,卡宝品红染色30 min,压片镜检。成片在Nikon ECLIPSE 80i 显微镜的100×油镜下观察,用NIS-Elements F 3.0 软件拍照。

各类型分别选取30个以上细胞计数染色体数目,其中5个染色体分散良好的中期分裂相细胞,使用Motic Images Advanced 3.2 显微图像分析软件测量染色体长度。相对长度、臂比、着丝点位置、染色体排序及核型公式的书写参考李懋学等^[18-19]的标准,相对长度系数的计算及分类参考Guo^[20],以Stebbins^[21]的方法确定核型分类,按Arano^[22]的公式计算核型不对称系数,最后用Excel 2010 和Photoshop 软件处理数据并制作核型模式图,SPSS 软件做聚类分析。

2 结果与分析

2.1 核型分析

5个新疆欧洲李类型的中期染色体形态、染色体核型以及染色体核型模式如图1所示,各类型染色体参数和核型特征如表2和表3所示。

结果表明,供试5类欧洲李单株均含有48条染色体且均为6倍体,JS1(国外引进欧洲李品种)、JS12(伽师酸梅)、T2(塔城槟子)、T10(塔城酸梅)和YE(野生欧洲李)的染色体相对长度范围分别为1.53%~3.32%、1.42%~3.67%、1.42%~3.23%、1.39%~3.54%以及1.39%~3.23%,可见在相对长度范围上5个欧洲李类型的差异并不明显。当以相对长度系数分类时,5个欧洲李类型均含有长染色体(L)、中长染色体(M₂)、中短染色体(M₁)以及短染色体(s)4种类型,即5类欧洲李染色体的相对长度类型都较丰富。其中L型染色体在5

表1 采样单株类型及分布位置

Table 1 The types and distribution locations of sampling plants

序号 Serial No.	编号 Code	纬度(N) Latitude/°	经度(E) Longitude/°	海拔 Altitude/m	种质类型及品种 Germplasm type and variety	采样地点 Sampling site
1	JS1	39.499 954	76.840 107	1 196.40	国外引进品种(女神) Introduced European Plum (Goddess)	伽师县英买里乡阿迪拉村 Ardila Village of Yingmaili Township in Jiashi County
2	JS12	39.508 001	76.778 923	1 218.40	地方品种(伽师酸梅) Local variety (Jiashi Smoked Plum)	伽师县农技推广中心示范园 Demonstration Garden of Agro-tech Extension and Service Center of Jiashi County
3	T2	46.924 380	83.113 192	851.50	地方品种(塔城槟子) Local variety (Tacheng Binzi)	塔城市水管所院落 Farm of Water Management Institute of Tacheng
4	T10	46.710 946	82.947 698	514.70	地方品种(塔城酸梅) Local variety (Tacheng Smoked Plum)	塔城市农科所院落 Farm of Agricultural Research Institute of Tacheng
5	YE	43.500 387	83.696 988	1 294.90	野生资源 Wild resource	伊犁新源博尔赛山区 Birsay Mountain Area of Xinyuan County in Ili Prefecture

个欧洲李类型中均有 6 条,而 M_2 型、 M_1 型和 s 型染色体的数量在各类型中则不完全相同,但 5 个欧洲李类型均含有较多的 M_1 型染色体,其次是 M_2 型染色体,s 型染色体的数量则与 L 型染色体数量较为接近。当以臂比分类时,5 个欧洲李类型都含

有中部着丝点(m)染色体和近中部着丝点(sm)染色体两种类型,数量却不尽相同。其中,JS1(国外引进欧洲李品种)含有 42 条 m 染色体和 6 条 sm 染色体,是 sm 染色体含量最少的类型单株,JS12(伽师酸梅)则含有 m 和 sm 染色体各 24 条,T2(塔城槟

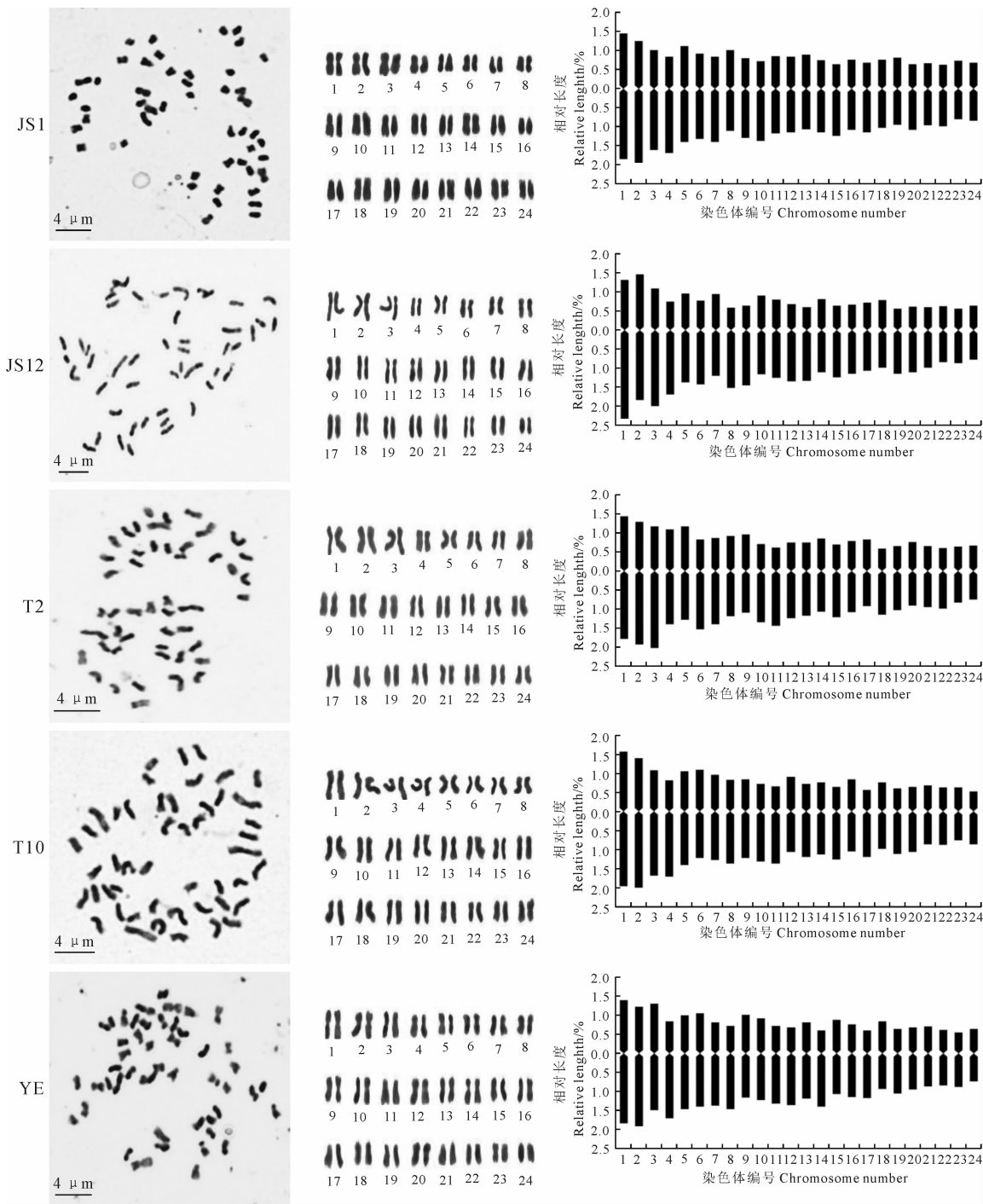


图 1 5 个新疆欧洲李中期染色体形态、染色体核型及核型模式
5 个新疆欧洲李代号同表 1;下同

Fig. 1 The metaphase chromosome morphology,karyotype and karyotype model of 5 European plums
The code of 5 European plums are same as in Table 1;the same as below

表 2 5 个新疆欧洲李的染色体参数

Table 2 The chromosome parameters of 5 European plums

材料编号 Material code	染色体编号 Chromosome No.	相对长度 Relative length/%	相对长度系数 Index of relative length	臂比 Arm ratio	着丝点位置 Centromere position	材料编号 Material code	染色体编号 Chromosome No.	相对长度 Relative length/%	相对长度系数 Index of relative length	臂比 Arm ratio	着丝点位置 Centromere position
JS1	1	3.32	1.59(L)	1.27	m	YE	13	2.01	0.96(M ₁)	1.45	m
	2	3.21	1.54(L)	1.55	m		14	2.01	0.96(M ₁)	2.31	sm
	3	2.62	1.26(L)	1.60	m		15	1.95	0.93(M ₁)	1.22	m
	4	2.53	1.22(M ₂)	2.00	sm		16	1.90	0.91(M ₁)	1.49	m
	5	2.51	1.21(M ₂)	1.23	m		17	1.78	0.85(M ₁)	1.90	sm
	6	2.25	1.08(M ₂)	1.42	m		18	1.78	0.85(M ₁)	1.10	m
	7	2.24	1.08(M ₂)	1.64	m		19	1.69	0.81(M ₁)	1.65	m
	8	2.12	1.02(M ₂)	1.08	m		20	1.63	0.78(M ₁)	1.40	m
	9	2.10	1.01(M ₂)	1.58	m		21	1.59	0.76(M ₁)	1.22	m
	10	2.10	1.01(M ₂)	1.89	sm		22	1.45	0.70(s)	1.36	m
	11	2.03	0.97(M ₁)	1.35	m		23	1.43	0.69(s)	1.59	m
	12	1.99	0.96(M ₁)	1.34	m		24	1.39	0.67(s)	1.14	m
	13	1.97	0.94(M ₁)	1.19	m	T2	1	3.23	1.55(L)	1.24	m
	14	1.89	0.91(M ₁)	1.54	m		2	3.22	1.55(L)	1.47	m
	15	1.89	0.91(M ₁)	1.91	sm		3	3.20	1.53(L)	1.71	sm
	16	1.84	0.89(M ₁)	1.42	m		4	2.50	1.20(M ₂)	1.27	m
	17	1.82	0.87(M ₁)	1.68	m		5	2.45	1.17(M ₂)	1.10	m
	18	1.78	0.86(M ₁)	1.33	m		6	2.36	1.13(M ₂)	1.85	sm
	19	1.75	0.84(M ₁)	1.15	m		7	2.26	1.09(M ₂)	1.60	m
	20	1.72	0.83(M ₁)	1.68	m		8	2.12	1.02(M ₂)	1.28	m
	21	1.63	0.78(M ₁)	1.42	m		9	2.06	0.99(M ₁)	1.12	m
	22	1.61	0.77(M ₁)	1.57	m		10	2.06	0.99(M ₁)	1.89	sm
	23	1.54	0.74(s)	1.09	m		11	2.04	0.98(M ₁)	2.31	sm
	24	1.53	0.73(s)	1.22	m		12	1.99	0.95(M ₁)	1.66	m
JS12	1	3.67	1.76(L)	1.77	sm		13	1.92	0.92(M ₁)	1.56	m
	2	3.31	1.59(L)	1.26	m		14	1.91	0.92(M ₁)	1.23	m
	3	3.08	1.48(L)	1.83	sm		15	1.91	0.91(M ₁)	1.73	sm
	4	2.44	1.17(M ₂)	2.25	sm		16	1.88	0.90(M ₁)	1.37	m
	5	2.34	1.12(M ₂)	1.42	m		17	1.75	0.84(M ₁)	1.11	m
	6	2.20	1.06(M ₂)	1.82	sm		18	1.73	0.83(M ₁)	1.93	sm
	7	2.15	1.03(M ₂)	1.27	m		19	1.67	0.80(M ₁)	1.55	m
	8	2.11	1.01(M ₂)	2.58	sm		20	1.67	0.80(M ₁)	1.19	m
	9	2.10	1.01(M ₂)	2.23	sm		21	1.61	0.77(M ₁)	1.42	m
	10	2.07	0.99(M ₁)	1.29	m		22	1.59	0.76(M ₁)	1.62	m
	11	2.05	0.98(M ₁)	1.55	m		23	1.46	0.70(s)	1.26	m
	12	2.02	0.97(M ₁)	1.97	sm		24	1.42	0.68(s)	1.12	m
	13	1.95	0.93(M ₁)	2.17	sm	T10	1	3.54	1.70(L)	1.26	m
	14	1.94	0.93(M ₁)	1.36	m		2	3.40	1.63(L)	1.43	m
	15	1.88	0.90(M ₁)	1.95	sm		3	2.77	1.33(L)	1.56	m
	16	1.82	0.87(M ₁)	1.70	sm		4	2.54	1.22(M ₂)	2.10	sm
	17	1.79	0.86(M ₁)	1.46	m		5	2.47	1.18(M ₂)	1.34	m
	18	1.78	0.85(M ₁)	1.25	m		6	2.31	1.11(M ₂)	1.12	m
	19	1.72	0.83(M ₁)	2.02	sm		7	2.25	1.08(M ₂)	1.32	m
	20	1.72	0.82(M ₁)	1.77	sm		8	2.19	1.05(M ₂)	1.66	m
	21	1.60	0.77(M ₁)	1.61	m		9	2.07	1.00(M ₁)	1.46	m
	22	1.47	0.70(s)	1.35	m		10	2.04	0.98(M ₁)	1.84	sm
	23	1.42	0.68(s)	1.56	m		11	2.03	0.97(M ₁)	2.09	sm
	24	1.42	0.68(s)	1.20	m		12	1.98	0.95(M ₁)	1.18	m
YE	1	3.23	1.55(L)	1.31	m		13	1.94	0.93(M ₁)	1.64	m
	2	3.14	1.51(L)	1.55	m		14	1.90	0.91(M ₁)	1.47	m
	3	2.79	1.34(L)	1.14	m		15	1.90	0.91(M ₁)	1.98	sm
	4	2.55	1.22(M ₂)	1.99	sm		16	1.90	0.91(M ₁)	1.24	m
	5	2.46	1.18(M ₂)	1.46	m		17	1.76	0.85(M ₁)	2.14	sm
	6	2.44	1.17(M ₂)	1.32	m		18	1.75	0.84(M ₁)	1.27	m
	7	2.19	1.05(M ₂)	1.66	m		19	1.72	0.82(M ₁)	1.86	sm
	8	2.19	1.05(M ₂)	1.99	sm		20	1.71	0.82(M ₁)	1.66	m
	9	2.17	1.04(M ₂)	1.14	m		21	1.54	0.74(s)	1.26	m
	10	2.15	1.03(M ₂)	1.31	m		22	1.51	0.72(s)	1.38	m
	11	2.05	0.98(M ₁)	1.81	sm		23	1.39	0.67(s)	1.19	m
	12	2.03	0.98(M ₁)	2.00	sm		24	1.39	0.67(s)	1.61	m

表 3 5 个新疆欧洲李的核型特征

Table 3 Karyotype characteristics of 5 European plums

材料编号 Material code	核型公式 Karyotype formula	染色体相对长度组成 Composition of relative length	平均臂比 Mean of arm ratio	PCA/%	Lc/Sc	核型类型 Karyotype	As. K/%
JS1	2n=6x=48=42m+6sm	6L+14M ₂ +24M ₁ +4s	1.46	4.17	2.17	2B	59.13
JS12	2n=6x=48=24m+24sm	6L+12M ₂ +24M ₁ +6s	1.69	20.83	2.59	2B	62.34
T2	2n=6x=48=36m+12sm	6L+10M ₂ +28M ₁ +4s	1.48	4.17	2.27	2B	59.22
T10	2n=6x=48=36m+12sm	6L+10M ₂ +24M ₁ +8s	1.54	12.50	2.55	2B	60.04
YE	2n=6x=48=36m+12sm	6L+14M ₂ +22M ₁ +6s	1.52	8.33	2.32	2B	59.76

注:PCA 表示臂比>2 染色体比例;Lc/Sc 表示染色体长度比;As. K 表示核型不对称系数。下同。

Note:PCA meant proportion of chromosome with arm ratio>2;Lc/Sc meant longest chromosome/shortest chromosome;As. K meant asymmetrical karyotype coefficient. The same as below.

子)、T10(塔城酸梅)和 YE(野生欧洲李)均含有 36 条 m 染色体和 12 条 sm 染色体。此外,5 个欧洲李类型中均未发现随体染色体和 B 染色体。

核型特征方面,5 个新疆欧洲李类型的平均臂比范围为 1.46~1.69,臂比>2 的染色体比例范围为 4.17%~20.83%,染色体长度比范围为 2.17~2.59,核型类型均为 2B 型,核型不对称系数范围为 59.13%~62.34%。由此可见,虽然在其它 4 项指标上 5 个新疆欧洲李类型均具有不同程度的差异,但它们的核型类型一致。另外,与其它单株相比,JS12(伽师酸梅)在 4 项有差异的指标上均为最大值。除在臂比>2 的染色体比例上,JS1(国外引进欧洲李品种)和 T2(塔城槟子)同为最小值,其它 3 项有差异核型指标的最小值都只出现在 JS1(国外引进欧洲李品种)上。

2.2 核型进化趋势分析

由于核型不对称系数和染色体长度比是表示核型进化趋势的关键指标,故参考前人^[23-24]方法,制作可综合这 2 项核型指标特点的图 2,充分展现 5 类新疆欧洲李的核型进化趋势。图 2 中越靠近右上角的欧洲李类型具有越高的染色体核型进化程度,即 5 个新疆欧洲李类型单株的染色体核型进化程度由低到高的顺序为:JS1(国外引进欧洲李品种)、T2(塔城槟子)、YE(野生欧洲李)、T10(塔城酸梅)、JS12(伽师酸梅)。其中,JS12(伽师酸梅)的核型进化程度明显高于其它 4 类欧洲李,而剩余 4 类欧洲李中,T10(塔城酸梅)的核型进化程度又相对较高,其次是 YE(野生欧洲李)和 T2(塔城槟子),而 JS1(国外引进欧洲李品种)的核型进化程度相对较低。

2.3 聚类分析

参考前人^[23,25]方法,以核型特征中的平均臂比、染色体长度比和核型不对称系数为原始数据提取主成分,再以 5 个新疆欧洲李类型的主成分得分

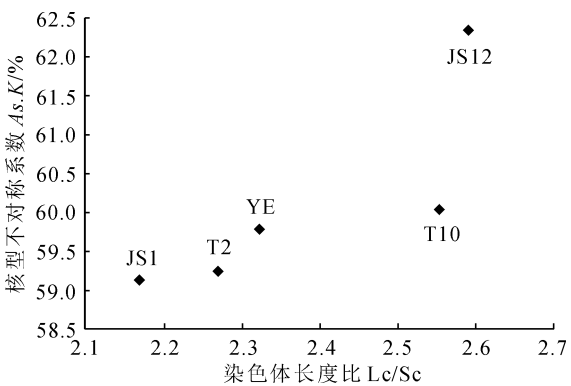


图 2 5 个新疆欧洲李的进化趋势

Fig. 2 The evolutionary trends of 5 European plums

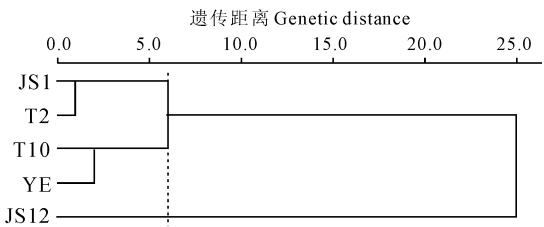


图 3 5 个新疆欧洲李的染色体核型聚类

Fig. 3 The cluster of 5 European plums based on karyotype

进行聚类,结果(图 3)显示,大约在遗传距离 6.0 处,5 个类型供试欧洲李单株被划分为 3 类,JS1(国外引进欧洲李品种)和 T2(塔城槟子)聚为一类,T10(塔城酸梅)和 YE(野生欧洲李)聚为一类,而 JS12(伽师酸梅)则被单独划分为一类。当遗传距离大于 6.0 以后,除 JS12(伽师酸梅)仍然自成一类外,其余欧洲李类型已聚为同一类。说明在核型特征上,国外引进欧洲李品种和塔城槟子的相似度高,塔城酸梅和野生欧洲李的相似度高,而伽师酸梅具有其自身的核型特点。

3 讨 论

本试验结果表明,5 个新疆欧洲李类型均含 48

条染色体,为 6 倍体,依着丝点位置判断,都含有 m 和 sm 2 种染色体类型。这与此前陈瑞阳^[16]对欧洲李染色体核型的报道基本一致。但在染色体数目上与林盛华^[10]之前对野生欧洲李的研究结果略有不同,未发现其二倍体($2n=16$)类型,可能是采样地点或种类不同所致。据前人^[26]研究,恶劣环境中,具有 B 染色体的植株适应性和竞争能力更强。但本试验 5 个新疆欧洲李类型均未发现 B 染色体,可见新疆欧洲李资源对恶劣环境的适应能力有限,这可能是野生欧洲李资源近年来分布急剧减少的原因之一^[27]。同时,本试验补充了农家栽培欧洲李的核型分析,丰富了欧洲李不同核型特征指标的数据,为首次报道。

核型进化趋势方面,试验表明伽师酸梅的核型进化程度明显高于其它 4 类新疆欧洲李,而塔城酸梅位列第二,其次是野生欧洲李和塔城槟子,国外引进欧洲李品种的核型进化程度相对最低。Stebbins^[21]认为,在植物进化过程中起主导作用的规律是,伴随物种的进化与形态的专化,染色体核型呈现由对称向不对称发展的进化趋势,即核型不对称的植物通常伴随着形态上的专化和减化^[28]。笔者之前在新疆欧洲李果实外观及花粉形态上的观察结果显示,国外引进欧洲李品种的果实形状比塔城槟子丰富,野生欧洲李的花粉外壁纹饰类型比伽师酸梅及塔城酸梅丰富。因此,结合本试验结果可知,它们在物种进化或形态专化的同时,也存在正向的核型进化趋势,即核型由对称向不对称发展。这与前人在其它物种上的观察分析结果相一致^[29-30],基本可以印证其理论普遍性。

依据前人^[21]建立的理论基础可知,植物染色体的核型进化趋势主要有 2 条路线,其一是染色体着丝点由中部至端部的变化,其二是染色体长度差距不断扩大的变化。本研究中核型不对称系数和染色体长度比变动较大的欧洲李类型分别符合 2 种核型进化路线。5 个新疆欧洲李类型中,伽师酸梅和野生欧洲李更符合第一种路线,塔城酸梅、塔城槟子以及国外引进欧洲李品种更符合第二种路线,这可能

与核型相似程度有一定的关系。但自然界条件多变,伴随物种的进化,某种核型进化趋势路线通常不会单一出现,它们很可能混合交错甚至反向。李懋学等^[19]和 Stebbins^[21]均认为染色体核型进化趋势及物种进化趋势都不是单一孤立的,有正向、反向或两个相反过程均存在的可能,并且在某些植物的科属中已得到证实。也就是说,如果与林培钧^[31]一样赞同野生欧洲李是栽培欧洲李的祖先,那么在 5 个新疆欧洲李类型之间,应该还存在某种核型反向进化的趋势。即伴随野生欧洲李向塔城槟子及国外引进欧洲李品种进化的同时,染色体核型进化趋势由不对称向对称发展。

染色体是植物遗传物质的载体,核型分析对于鉴定属下或种下物种的亲缘关系具有重要指导意义^[19,32]。由聚类分析的原理及试验结果可知,在核型特征上更相似的类型应具有更相近的亲缘关系,所以国外引进欧洲李品种和塔城槟子的亲缘关系较相近,而塔城酸梅和野生欧洲李的亲缘关系较相近,也符合这些材料的植物学形态特征的相似性。根据染色体场理论,欧洲李的染色体属于绝对长度 $1\sim 4\ \mu\text{m}$ 的小染色体类型,其染色体场严格,基因调度自由度较小^[19]。这种染色体类型对于核型的变异进化有一定的阻力,所以不同欧洲李类型在染色体核型特征上的差异并不是很大。也就是说,有可能某些基因发生变异对欧洲李的进化产生了一定的影响,但此时核型特征上并未表现出较明显的变化。故从核型水平上获得的亲缘关系结果,虽比外观特征可信得多,但与基因水平相比还是具有一定的局限性,需从多个角度综合分析,才能获得较为可靠的亲缘关系结果。

综上所述,新疆欧洲李种质资源染色体核型特征具有种共性的同时,不同类型之间也具有一定程度的差异。核型进化趋势总体由对称向不对称发展,但也存在部分反向过程。根据核型特征相似性,国外引进欧洲李品种与塔城槟子具有较近的亲缘关系,塔城酸梅和野生欧洲李的亲缘关系较近,而伽师酸梅在核型特征上具有一定的特殊性。

参考文献:

- [1] 张加延,周 恩. 中国果树志(李卷)[M]. 北京:中国林业出版社,1997:13,16—17,20—21.
- [2] 廖康. 新疆野生果树资源研究[M]. 乌鲁木齐:新疆科学技术出版社,2013:4—7,263—266.
- [3] WU M W(吴名武),CHE F B(车凤斌),HAO Q(郝 庆),et al. Cultivation characteristics and utilization value of Tacheng smoked plum [J]. *Xinjiang Agricultural Sciences*(新疆农业科学),2006,43(S1):127—129(in Chinese).
- [4] LIN P J(林培钧),LIAO M K(廖明康),SHI L(施 丽),et al. Finding and distribution of wild *Prunus domestica* L (*P. communis* Fritsch)

- in Xinjiang Yili (the first report)[J]. *Liaoning Fruit Trees*(辽宁果树),1986,(1):1—3(in Chinese).
- [5] WANG L(王 磊). The wild hawthorn, wild European plum, wild rose and the other wild fruit tree resources in Xinjiang[J]. *Xinjiang Agricultural Sciences*(新疆农业科学),1990,(2):78—79(in Chinese).
- [6] PENG J Y(彭建营),LIU P(刘 平),ZHOU J Y(周俊义),*et al.* Karyotypes of different strains in *Ziziphus jujube* Mill ‘Zanhuang Dazao’[J]. *Acta Horticulturae Sinica*(园艺学报),2005,**32**(5):789—801(in Chinese).
- [7] LI G F(李桂芬),LIANG G L(梁国鲁),LIN SH Q(林顺权). A study on karyotype analysis of genus *Eriobotrya* and its application to systematic taxonomy[J]. *Acta Horticulturae Sinica*(园艺学报),2013,**40**(8):1 465—1 474(in Chinese).
- [8] GUO Y Y(郭媛媛),XING SH Y(邢世岩),MA Y M(马颖敏),*et al.* Analysis of karyotype on fifteen Hazelnut germplasms[J]. *Acta Horticulturae Sinica*(园艺学报),2009,**36**(1):27—32(in Chinese).
- [9] GUO J H(郭计华),LI SH P(李绍鹏),ZHANG L(张 蕾),*et al.* Karyotype analysis of bananas with different genotypes[J]. *Journal of Fruit Science*(果树学报),2013,**30**(4):567—572(in Chinese).
- [10] LIN SH H(林盛华),PU F SH(蒲富慎),ZHANG J Y(张加延),*et al.* Observation of chromosome number of *Prunus*[J]. *China Fruits*(中国果树),1991,(2):8—10(in Chinese).
- [11] 林盛华,方成泉,蒲富慎,等. 中国李属植物染色体数目和核型[C]//中国园艺学会首届青年学术讨论会论文集. 北京:中国园艺学会,1994:78—80,85.
- [12] PU F SH(蒲富慎),LIN SH H(林盛华),ZHANG J Y(张加延),*et al.* Observation of chromosome number of *Prunus* and *Apricot*[J]. *China Fruits*(中国果树),1987,(4):10—11(in Chinese).
- [13] CHAO W J(晁无疾),SU Y P(苏玉萍). Primary report on chromosome observation method of *Prunus* spire[J]. *Fruit Trees Science*(果树科学),1986,(4):42—44(in Chinese).
- [14] WEI W N(魏文娜),TANG Q R(唐前瑞). Studies on taxonomic relationships of peach, plum, Japanes apricot and apricot II. Comparison of karyotype and giemsa C-banding patterns[J]. *Journal of Hunan Agricultural University*(湖南农业大学学报),1996,**22**(3):256—259(in Chinese).
- [15] WANG R(王 然),WANG CH R(王成荣),PAN J SH(潘季淑),*et al.* Studies of karyotype on drupe species in Rosaceae[J]. *Journal of Laiyang Agricultural College*(莱阳农学院学报),1992,**9**(2):124,127—128(in Chinese).
- [16] 陈瑞阳. 中国主要经济植物染色体图谱(第1册)[M]//中国果树及其近缘野生植物染色体图谱. 北京:万国学术出版社,1993:204—205.
- [17] LIU M(刘 敏),WANG H(王 卉),NING H X(宁慧霞),*et al.* Optimization of chromosome sectioning and karyotype analysis of apricot cultivar ‘Shushanggan’[J]. *Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica*(西北农业学报),2012,**21**(10):80—81(in Chinese).
- [18] LI M X(李懋学),CHEN R Y(陈瑞阳). A suggestion on the standardization of karyotype analysis in plants[J]. *Journal of Wuhan Botanical Research*(武汉植物学研究),1985,**3**(4):297—302(in Chinese).
- [19] 李懋学,张纯方. 植物染色体研究技术[M]. 哈尔滨:东北林业大学出版社,1991:142—143,151—152,155,171.
- [20] GUO X R, WANG T T, HUANG T C. Karyotype analysis of some *Formosan gymnosperms*[J]. *Taiwania*,1972,**17**(1):66—80.
- [21] G. L. 史旦宾斯. 植物的变异和进化[M]. 上海:上海科学技术出版社,1963:375—379.
- [22] ARANO H. Cytological studies in subfamily Carduoideae(Compositae) of Japan[X][J]. *Botanical Magazine*(Tokyo),1963,76:32—39.
- [23] ZHANG F(张 芳),XING SH Y(邢世岩),HAN CH J(韩晨静),*et al.* Analysis on karyotype and its evolutionary trend of *Ginkgo biloba* var. *epiphylla* germplasms resources[J]. *Acta Horticulturae Sinica*(园艺学报),2011,**38**(12):2 247—2 251(in Chinese).
- [24] LIU H CH(刘红昌),WANG ZH(王 珍),ZHANG S Q(张素琴),*et al.* Analysis of karyotype and evolution trend of *Polygonum multiflorum* Thunb. germplasm resources[J]. *Acta Bot. Boreal. -Occident. Sin.*(西北植物学报),2013,**33**(6):1 125—1 127(in Chinese).
- [25] LI X(李 璇),DUAN Q(段 青),WANG X N(王祥宁),*et al.* Karyotypes of 12 wild populations of *Lilium sargentiae* from Yunnan Province[J]. *Acta Horticulturae Sinica*(园艺学报),2014,**41**(5):942—943(in Chinese).
- [26] YANG X ZH(杨雪珍),JIA Y H(贾月慧),ZHANG K ZH(张克中),*et al.* Karyotype analysis of several wild lilies native to China[J]. *Acta Bot. Boreal. -Occident. Sin.*(西北植物学报),2013,**33**(5):929—930(in Chinese).
- [27] 耿文娟. 野生欧洲李种质资源特性及亲缘关系研究[D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学,2011.
- [28] HUANG J(黄 骥),CHEN ZH(陈 浙),XIA ZH H(夏志华),*et al.* Chromosome karyotypes of *Coptis* species in China[J]. *Acta Bot. Boreal. -Occident. Sin.*(西北植物学报),2013,**33**(5):936—937(in Chinese).
- [29] CHEN B Y(陈丙义),HUANG J F(黄金凤),GAO ZH H(高志红),*et al.* Karyotype analysis of six wild strawberry species[J]. *Acta Bot. Boreal. -Occident. Sin.*(西北植物学报),2012,**32**(8):1 570—1 571(in Chinese).
- [30] WANG W T(王伟涛),YANG W R(杨炜茹),CHEN J X(陈晶鑫),*et al.* Analysis of karyotypes of 10 *Prunus mume* cultivars and 3 related species[J]. *Acta Bot. Boreal. -Occident. Sin.*(西北植物学报),2013,**33**(11):2 206—2 207(in Chinese).
- [31] 林培钧,崔乃然. 天山野果林资源——伊犁野果林综合研究[M]. 北京:中国林业出版社,2000:35—36,189—192.
- [32] 翟中和,王喜忠,丁明孝. 细胞生物学(第3版)[M]. 北京:高等教育出版社,2007:343—351.