

锦鸡儿属植物遗传多样性的 RAPD 分析

段永红^{1,2,3}, 牛西午², 李素清⁴, 孙毅^{1,2}

(1. 山西大学 生物技术研究, 山西 太原 030006; 2. 山西省农业科学院, 山西 太原 030006;

3. 山西农业大学, 山西 太谷 030801; 4. 山西太原师范学院, 山西 太原 030012)

摘要:应用 RAPD 技术, 对我国不同产地的锦鸡儿属植物 30 份材料进行遗传多样性分析, 从 40 个随机引物中筛选出 15 个有效引物, 共扩增出 87 条 DNA 片段, 其中 74 条为多态性条带, 约占总数的 84.1%。30 份材料聚类结果可将供试材料分为 4 个类群: 中间锦鸡儿材料区, 小叶锦鸡儿材料区, 柠条锦鸡儿材料区和 秦晋锦鸡儿材料区, 中间锦鸡儿、小叶锦鸡儿和柠条锦鸡儿种间差异不大, 有较近的亲缘关系, 它们与秦晋锦鸡儿的亲缘关系较远, 同时反映出品种间关系与地理起源有一定的相关性。

关键词:锦鸡儿属; RAPD; 遗传多样性; 聚类分析

中图分类号: Q3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7091(2009)01-0143-06

Genetic Diversity Analysis of Peashrub in China by RAPD

DUAN Yong-hong^{1,2,3}, NIU Xi-wu², LI Su-qing⁴, SUN Yi^{1,2}

(1. Institute of Bio-technology, Shanxi University, Taiyuan 030006, China;

2. Shanxi Academy of Agriculture Sciences, Taiyuan 030006, China;

3. Shanxi Agricultural University, Taigu 030801, China; 4. Department of Geography, Taiyuan Normal University, Taiyuan 030012, China)

Abstract: Peashrub, in common name of *Caragana* Fabr, there is about 66 species of peashrub were recorded in China, which are mainly distributed in arid and semi-arid areas of North China. All species of peashrub developed typical biological features, which are highly drought-tolerant and good shrubs for dune-fixation, animal feeding, and biological resources for fuel energy and fiber material. They are valuable plants for the ecological restoration of North China. It is very important to analyze the genetic diversity of peashrub for protecting and utilizing them. In this paper, the genetic diversities of 30 peashrubs from different places in North China were analyzed by RAPD markers. Among 87 RAPD bands obtained from 15 primers, 74 bands were polymorphic which occupied 84.1% of the total. Cluster analysis showed that the tested materials of 30 peashrubs could be divided into 4 groups: population of *C. intermedia*; population of *C. microphylla*; population of *C. korshinskii* Kom and population of *C. purdomi*, the relationships among population of *C. intermedia*, population of *C. microphylla* and population of *C. korshinskii* Kom are nearer than population of *C. purdomi*, it also showed that their relationships are related with the geographic origin.

Key words: *Caragana* Fabr; RAPD; Genetic diversity; Cluster analysis

锦鸡儿属 (*Caragana* Fabr.) 植物系落叶灌木, 是欧—亚草原植物亚区的典型植物种类。全球锦鸡儿属植物约有百余种^[1], 主要分布在欧亚大陆干旱和半干旱地区。我国现已查明的锦鸡儿属植物有 66 种^[2], 从森林区、草原区到荒漠区都有分布, 但主要

集中分布在草原和荒漠区。锦鸡儿属植物不仅具有防风固沙、保持水土的生态功能, 而且具有饲用、绿肥、能源、蜜源、入药、木质纤维等资源价值^[3]。锦鸡儿属植物在我国北方种植广泛, 其栽培种在我国通称柠条 (*Caragana korshinskii* Kom.)^[4]。柠条的种子

收稿日期: 2008-11-13

基金项目: 国家林业科技支撑计划项目 (2006BAD01A16)

作者简介: 段永红 (1974-), 女, 山西太谷人, 博士, 讲师, 主要从事生物化学和分子生物学研究。

通讯作者: 牛西午 (1947-), 男, 山西兴县人, 研究员, 博士生导师, 主要从事干旱区生态及资源的开发利用研究。

不仅是重要的油脂资源^[5],而且是潜在的饲用植物蛋白资源^[6]。作为重要的资源植物,锦鸡儿属植物从定名至今已有 200 多年的研究历史^[7],以往对锦鸡儿属植物的研究工作多数集中于生物地理学、资源分布与生态学、系统分类学、化学成分分析、孢粉学及引种驯化等方面,但是这些研究大都是在传统的形态学和育种原理的基础上进行的,染色体核型和带型分析也为细胞学水平上认识锦鸡儿属植物的遗传差异起了积极作用,但由于锦鸡儿属植物种类繁多、种内变异复杂,因此在分类上仍然存在一些困难^[8-14]。

分子标记技术的快速发展为在 DNA 水平上进一步分析锦鸡儿属植物遗传差异提供了可能性。随机扩增多态性 DNA (RAPD) 分子标记技术,是以 PCR 为基础的有效种质鉴定手段,由于它具有多态性高,分析手段相对快速、简便和经济的优势,目前已被广

泛应用于动植物种内品系区分、种间或种内的亲缘关系和遗传变异水平的检验、杂种优势的鉴定等方面^[15-20]。本研究选取不同产地的锦鸡儿属植物 30 份材料(表 1),通过 RAPD 技术对其种质资源的遗传多样性进行筛查,确定它们之间的亲缘关系,旨在为进一步筛选其优良品种及分子标记辅助育种提供分子生物学依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

本研究的试验材料包括 4 种锦鸡儿属植物:秦晋锦鸡儿 (*C. purdomi*)、小叶锦鸡儿 (*C. microphylla*)、中间锦鸡儿 (*C. intermedia*) 和柠条锦鸡儿 (*C. korshinskii* Kom),它们的种子均采集于各地的人工林。从中选取颗粒饱满、无虫蛀、无霉变的种子,用于本试验。

表 1 试验材料来源
Tab.1 Origin of materials

材料编号 Materials numbers	产地 Origin	种名 Species	生态类型 Ecotype	年均降水量/ mm Annual average precipitation
1	内蒙古包头	中间锦鸡儿	SX	308.8
2	内蒙古呼和浩特	小叶锦鸡儿	X	417.4
3	内蒙古清水河	柠条锦鸡儿	X	409.0
4	青海民和	中间锦鸡儿	SX	301.1
5	内蒙古二连浩特	小叶锦鸡儿	X	142.3
6	内蒙古鄂尔多斯	中间锦鸡儿	SX	200.0
7	山西岢岚	小叶锦鸡儿	X	448.0
8	内蒙古阿拉善	小叶锦鸡儿	X	195.1
9	内蒙古凉城	秦晋锦鸡儿	XM	400.0
10	山西保德	小叶锦鸡儿	X	400.0
11	陕西榆林	秦晋锦鸡儿	XM	413.9
12	山西河曲	柠条锦鸡儿	X	379.0
13	陕西靖边	秦晋锦鸡儿	XM	395.4
14	山西左云	小叶锦鸡儿	X	432.4
15	山西五寨	小叶锦鸡儿	X	463.0
16	内蒙古杭锦旗	中间锦鸡儿	SX	251.3
17	内蒙古四子王旗	中间锦鸡儿	SX	250.0
18	山西广灵	小叶锦鸡儿	X	418.2
19	陕西吴旗	中间锦鸡儿	SX	495.3
20	陕西定边	小叶锦鸡儿	X	323.6
21	山西平鲁	柠条锦鸡儿	X	435.2
22	山西神池	小叶锦鸡儿	X	450.0
23	山西兴县孟家坪	柠条锦鸡儿	X	494.4
24	内蒙古和林格尔	中间锦鸡儿	SX	417.6
25	山西右玉	秦晋锦鸡儿	XM	443.0
26	陕西横山	中间锦鸡儿	SX	478.4
27	内蒙古准格尔旗	小叶锦鸡儿	X	401.5
28	陕西神木	中间锦鸡儿	SX	441.2
29	山西大同	柠条锦鸡儿	X	384.0
30	山西兴县蔡家会	柠条锦鸡儿	X	494.4

注:XM. 旱中生;X. 旱生;SX. 沙生旱生。
Notes:XM. Xero-mesophyte;X. Xerophyte;SX. Sandy xerophyte.

1.2 试验方法

1.2.1 总 DNA 的提取 种子发芽后取幼叶作为 DNA 提取的材料,参照 CTAB^[21]法,并略有改动。提取缓冲液中含 0.35 mol/L 葡萄糖,0.1 mol/L Tris-HCl,5 mmol/L Na₂EDTA,2 % PVP,1 % (V/V) -Me。裂解缓冲液中含 1.4 mol/L NaCl,0.1 mol/L Tris-HCl,20 mmol/L Na₂EDTA,2 % CTAB,2 % PVP,1 % (V/V) -Me。最后将提取的 DNA 溶于适量的 TE (pH 8.0)缓冲液中,于 -70 °C 冰箱中保存。

1.2.2 DNA 的检测 取 10 μL 的 DNA 溶液,加水至 1 mL,用北京 752 型紫外分光光度计测定其 A₂₆₀, A₂₈₀值,用 A₂₆₀的值计算 DNA 的浓度,用 A₂₆₀/A₂₈₀的值计算 DNA 的纯度。取 200 ng DNA 用 0.8 % 的琼脂糖凝胶电泳测定 DNA 的质量和 RNA 的含量。

1.2.3 RAPD 反应 PCR 反应体系为 25 μL,其中含有 10 mmol/L Tris-HCl (pH 8.3),50 mmol/L KCl,2.0 mmol/L MgCl₂,0.001 % 明胶,4 种 dNTP 各含 0.15 mmol/L,60 ng 模板 DNA,0.4 μmol/L 引物,1.0 μL Taq 酶,双蒸水补足 25 μL,上覆 30 μL 矿物油。

PCR 反应程序:94 °C 预变性 2 min;94 °C 变性 1 min,36 °C 退火 2 min,72 °C 延伸 2 min,共 44 个循环;最后,72 °C 延伸 10 min,4 °C 保温。反应完毕,取 20 μL 扩增产物经 1.4 % 的琼脂糖电泳,胶中加入 0.5 μg/mL EB。电泳结束后,紫外检测,凝胶成像分析系统扫描照相。

每次试验均重复 2 次,只有 2 次重复均相同的扩增带才被用作特征带分析。

1.2.4 数据分析 RAPD 扩增产物以 0,1 统计建立数据矩阵。在相同迁移位置上有带记为 1,无带记为 0,使用 NTSYS-pc 软件,计算遗传距离 (GD),根据 UPGMA 方法构建树状图。

2 结果与分析

2.1 RAPD 扩增分析

本研究采用上海生工 S 系列的随机引物,从 40 个随机引物中筛选出 15 个有效的随机引物,分别属于上海生工 S 系列的 S3、S5、S11、S13、S18、S19、S20、S22、S23、S26、S27、S34、S35、S116、S117。这 15 个引物对 30 个材料均有扩增产物,总共扩增出 87 条 DNA 带,其中 74 条具有多态性,占 84.1 %。引物不同扩增的片段数也不同 (表 2),平均每个引物可扩增出 5.8 条 DNA 带。从表 2 可以看出,不同引物扩增出的 DNA 带差异极大,最多的可扩出 10 条带 (S27),最少的仅有 2 条 (S116),而且多态性也不同,多态性带所占比例变化幅度也大。15 个引物对 30

个柠条品种均表现出多态性,反映了不同品种的柠条有丰富的遗传多样性。扩增结果如图 1 所示。

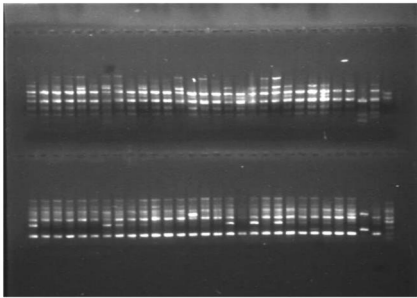


图 1 用引物 S34 扩增得到的 RAPD 图谱

Fig. 1 Profile amplified by RAPD primer S34

表 2 15 个引物对 30 份柠条种质资源 DNA 扩增的带数

Tab. 2 The total number of polymorphic bands for the 30 materials amplified by 15 RAPD primers

引物 Primers	引物序列 Sequences	扩增带 Total bands	多态带 Scorable polymorphic bands
S3	CATCCCCCTG	8	8
S5	TGCGCCCTTC	8	6
S11	GTAGACCCGT	4	4
S13	TTCCCCCGCT	3	3
S18	CCACAGCAGT	5	4
S19	ACCCCCGAAG	6	5
S20	GGACCCCTTAC	4	4
S22	TGCCGAGCTG	7	6
S23	AGTACCCAC	4	4
S26	GGTCCCTGAC	5	3
S27	GAAACGGGTG	10	9
S34	TCTGTCTGC	8	7
S35	TTCGGAACCC	6	5
S116	TCTCAGCTGG	2	2
S117	CACTCTCCTC	4	4

2.2 聚类分析

根据 15 个随机引物所检测出的 87 个基因位点,以此遗传信息为基础,计算出不同地理生态类群的 30 个个体间的遗传距离 (表 3)。依据遗传距离,采用 UPGMA 法进行聚类分析,得到树状分支图 (图 2)。从图 2 看出,在相似系数 0.71 处可将 30 份材料明显划分为 4 大类: . 中间锦鸡儿材料区, . 小叶锦鸡儿材料区, . 柠条锦鸡儿材料区和 . 秦晋锦鸡儿材料区。

. 中间锦鸡儿材料区:包括 9 份中间锦鸡儿 (1, 28, 16, 26, 17, 4, 24, 6, 19) 和 4 份小叶锦鸡儿 (8, 10, 20, 27) 材料,该类型以沙生旱生灌木中间锦鸡儿为主,植物区系的地理成分属典型的戈壁-蒙古成分,主要分布于干草原和荒漠草原地带,为适应该地带气候干旱多风沙的恶劣生境,中间锦鸡儿形成了具刺、落叶、沙生旱生灌木等明显的旱生结构和形态特征。

. 小叶锦鸡儿材料区:包括 7 份小叶锦鸡儿

表 3 柠条不同地理生态类群遗传距离矩阵
Tab. 3 The matrix of genetic distances among the different walnut groups

	S3	S5	S11	S13	S18	S19	S20	S22	S23	S26	S34	S35	S116	S117	S3	S5	S11	S13	S18	S19	S20	S22	S23	S26	S34	S35	S116	S117	S34	S35	
1	1																														
2	0. 7250	1																													
3	0. 6341	0. 6363	1																												
4	0. 6000	0. 7000	0. 6274	1																											
5	0. 5869	0. 6595	0. 6170	0. 7115	1																										
6	0. 5555	0. 6666	0. 5531	0. 6226	0. 7555	1																									
7	0. 5555	0. 5625	0. 5208	0. 6538	0. 6458	0. 5833	1																								
8	0. 4736	0. 5614	0. 4262	0. 6129	0. 6315	0. 6071	0. 5789	1																							
9	0. 5744	0. 6122	0. 6382	0. 6981	0. 8043	0. 7777	0. 6000	0. 6491	1																						
10	0. 5652	0. 5714	0. 5625	0. 6923	0. 6530	0. 5918	0. 5918	0. 5590	0. 7083	1																					
11	0. 6086	0. 7555	0. 6041	0. 7647	0. 6938	0. 7021	0. 6666	0. 7090	0. 7500	0. 7083	1																				
12	0. 6136	0. 6521	0. 6086	0. 7400	0. 7777	0. 6739	0. 6041	0. 6250	0. 8409	0. 7555	0. 8409	1																			
13	0. 4905	0. 5555	0. 5769	0. 6964	0. 7600	0. 6037	0. 6037	0. 6500	0. 745	0. 6415	0. 6792	0. 6862	1																		
14	0. 4117	0. 4807	0. 4423	0. 5714	0. 6200	0. 6250	0. 5294	0. 6428	0. 7446	0. 5384	0. 6078	0. 6808	0. 6111	1																	
15	0. 5094	0. 6037	0. 5090	0. 6551	0. 6792	0. 6862	0. 5925	0. 6949	0. 7647	0. 6603	0. 7307	0. 7400	0. 6964	0. 6923	1																
16	0. 3928	0. 4561	0. 4210	0. 5409	0. 5000	0. 5000	0. 5272	0. 5312	0. 5438	0. 4576	0. 5438	0. 5178	0. 5245	0. 4576	0. 5666	1															
17	0. 5098	0. 5185	0. 4814	0. 5762	0. 6226	0. 5961	0. 5961	0. 6166	0. 6415	0. 5740	0. 5818	0. 5849	0. 6140	0. 5740	0. 5762	0. 4677	1														
18	0. 5384	0. 5454	0. 4561	0. 6000	0. 5892	0. 6226	0. 5357	0. 7241	0. 6981	0. 6603	0. 6363	0. 6415	0. 6379	0. 6603	0. 6551	0. 4920	0. 6909	1													
19	0. 5918	0. 5961	0. 5000	0. 6785	0. 6415	0. 5555	0. 6800	0. 6333	0. 6603	0. 6862	0. 6603	0. 7000	0. 6315	0. 6538	0. 7090	0. 5333	0. 6545	0. 6785	1												
20	0. 5192	0. 6153	0. 4385	0. 5833	0. 5714	0. 6037	0. 6346	0. 5967	0. 5614	0. 6111	0. 6481	0. 5925	0. 6206	0. 5263	0. 6964	0. 4531	0. 6428	0. 6379	0. 6607	1											
21	0. 4035	0. 4400	0. 3387	0. 5737	0. 5084	0. 4576	0. 4827	0. 5384	0. 5254	0. 4915	0. 5254	0. 5535	0. 4843	0. 5172	0. 5737	0. 6206	0. 5245	0. 5483	0. 5666	0. 5322	1										
22	0. 4545	0. 5454	0. 5090	0. 6000	0. 6481	0. 6538	0. 4827	0. 5625	0. 6363	0. 6603	0. 6363	0. 5535	0. 6379	0. 5172	0. 6000	0. 4920	0. 5500	0. 5737	0. 5409	0. 5570	0. 5000	1									
23	0. 4901	0. 6200	0. 4629	0. 6428	0. 6346	0. 7083	0. 6078	0. 7142	0. 6226	0. 5849	0. 6862	0. 5961	0. 6250	0. 6470	0. 6428	0. 4754	0. 6181	0. 7037	0. 6363	0. 6545	0. 4603	0. 6428	1								
24	0. 5416	0. 6122	0. 4807	0. 5517	0. 6938	0. 6666	0. 509	0. 6491	0. 6470	0. 6400	0. 6470	0. 6200	0. 6181	0. 5769	0. 6981	0. 4666	0. 5818	0. 6363	0. 6296	0. 6481	0. 5254	0. 6981	0. 6538	1							
25	0. 5434	0. 6170	0. 4800	0. 5818	0. 7391	0. 7906	0. 5098	0. 5964	0. 7234	0. 7173	0. 6530	0. 6956	0. 6226	0. 5800	0. 6730	0. 4655	0. 6153	0. 6111	0. 6037	0. 6226	0. 4745	0. 6730	0. 6274	0. 7608	1						
26	0. 4339	0. 4727	0. 4629	0. 5593	0. 5454	0. 5471	0. 5185	0. 6271	0. 6226	0. 5849	0. 5925	0. 5961	0. 5964	0. 6470	0. 6140	0. 4285	0. 5084	0. 6727	0. 6071	0. 5423	0. 4838	0. 5593	0. 6923	0. 5357	0. 5090	1					
27	0. 4693	0. 5098	0. 5306	0. 5714	0. 7234	0. 6250	0. 5600	0. 6428	0. 7446	0. 6000	0. 6078	0. 6808	0. 7400	0. 7021	0. 6296	0. 5357	0. 5740	0. 6603	0. 5925	0. 5535	0. 5172	0. 5438	0. 6153	0. 6078	0. 6122	0. 6153	1				
28	0. 2244	0. 2745	0. 2857	0. 3571	0. 4081	0. 3469	0. 3750	0. 3114	0. 3725	0. 3333	0. 3207	0. 3673	0. 4423	0. 3877	0. 3571	0. 3703	0. 3272	0. 3333	0. 3703	0. 3392	0. 2666	0. 3333	0. 3584	0. 2727	0. 3137	0. 3333	0. 4468	1			
29	0. 3777	0. 4255	0. 3000	0. 3928	0. 4791	0. 5111	0. 4468	0. 4909	0. 4693	0. 4000	0. 4117	0. 4081	0. 4000	0. 4893	0. 4444	0. 3103	0. 4705	0. 4716	0. 4615	0. 4528	0. 3684	0. 4716	0. 4800	0. 5319	0. 5000	0. 4893	0. 2340	1			
30	0. 3454	0. 4107	0. 3050	0. 4062	0. 3387	0. 3793	0. 3559	0. 4920	0. 3770	0. 3898	0. 4736	0. 3728	0. 4590	0. 3442	0. 4516	0. 4193	0. 3593	0. 4754	0. 4193	0. 4590	0. 3636	0. 4062	0. 3870	0. 3770	0. 3500	0. 3650	0. 4137	0. 2962	0. 3090	1	

(2, 14, 7, 22, 5, 18, 15) 材料, 该类型由旱生灌木小叶锦鸡儿组成, 植物区系的地理成分典型的达乌里-蒙古成分, 主要分布于典型草原地带, 为适应该地带气候干旱少雨的生境, 小叶锦鸡儿形成了具刺、小叶、旱生灌木等明显的旱生结构和形态特征。

· 柠条锦鸡儿材料区: 包括 6 份柠条锦鸡儿 (3, 29, 30, 21, 23, 12) 材料, 该类型主要由旱生高大灌木柠条锦鸡儿组成, 植物区系的地理成分属典型温带亚洲成分, 主要分布于半干旱草原地带。

· 秦晋锦鸡儿材料区: 包括 4 份秦晋锦鸡儿 (9, 11, 13, 25) 材料, 该类型主要由旱中生灌木秦晋锦鸡儿组成, 植物区系的地理成分属典型温带亚洲成分, 主要分布于森林草原和半干旱草原地带。

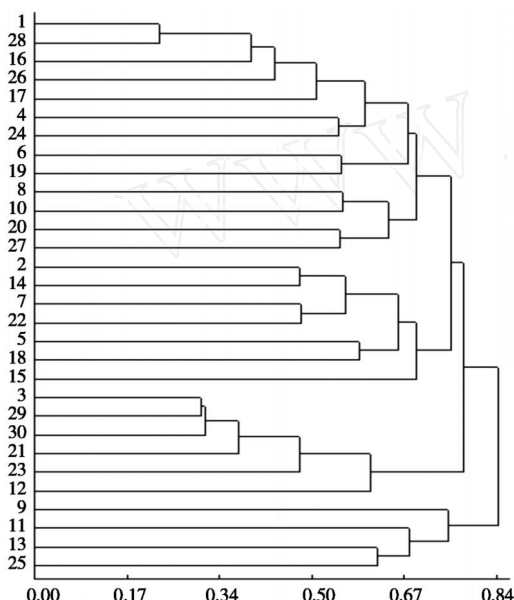


图 2 柠条不同地理生态类群的聚类图

Fig. 2 Dendrogram generated
by UPGMA method using RAPD

从 30 份材料的聚类分析可见, 物种的地理分布并不完全由植物本身特征决定, 也与各自生活的生态环境有关^[22]。在适者生存的自然选择下, 各种适应当地自然环境的类型逐步演化成各个生态类群。中间锦鸡儿、小叶锦鸡儿和柠条锦鸡儿这 3 种锦鸡儿属植物聚为一类, 形成了自己典型的生态类群, 说明这 3 种锦鸡儿属植物的亲缘关系较近。长期以来, 人们对这 3 种锦鸡儿属植物在分类学上的地位一直存在着较大的分歧。贾丽等^[23]从解剖学的角度认为中间锦鸡儿绝非小叶锦鸡儿和柠条锦鸡儿的杂交种, 而是一个完全独立的种; 徐朗然等^[9]通过杂交试验认为中间锦鸡儿应该是柠条锦鸡儿的一个亚种^[9]。通过本试验我们进一步证实这 3 种锦鸡儿属植物种间差异不大, 有较近的亲缘关系。这 3 种锦鸡儿属植物是属于同一种还是不同的种, 还需要

应用多种检测方法进行遗传分析, 还需要将分子标记的研究结果与形态学和其他方法结合起来。本试验同时也发现, 秦晋锦鸡儿与它们的亲缘关系较远, 但由于选取的秦晋锦鸡儿材料较少, 这尚待进一步的研究证实。从聚类结果也反映出品种间关系与地理起源有一定的相关性, 中间锦鸡儿、小叶锦鸡儿和柠条锦鸡儿这 3 种锦鸡儿植物的分布是地带性的分布, 各自分别在一定的植被生态区域出现^[24], 这从分子水平上验证了吴征镒先生^[25]关于“灌木状的锦鸡儿属 *Caragana* 为典型温带亚洲分布, 其乔木状种最原始, 可能源于阿尔泰-萨扬岭和秦岭, 但可向草原荒漠和高原草原扩散的观点”。

3 讨论

目前, 由于对锦鸡儿属植物的遗传背景、亲缘关系没有系统的研究和记载, 尽管人们应用形态学、细胞学手段分析了柠条锦鸡儿的遗传多样性, 但这些手段所含的信息较少, 而生化标记技术的应用能很好地分析柠条的遗传多样性, 魏伟等^[26]用 RAPD 标记对柠条群体遗传多样性进行分析, 确定了柠条群体及种间存在基因流动; 马成仓等^[27]用 RAPD 技术对柠条锦鸡儿、中间锦鸡儿和小叶锦鸡儿种群遗传结构进行了分析, 发现 3 个种在内蒙古高原自东向西形成一个地理连续渐变群; 宋俊双等^[28]用 ISSR 技术对柠条锦鸡儿、中间锦鸡儿和小叶锦鸡儿种群遗传多样性进行分析, 指出 3 个物种分子水平的遗传多样性比较丰富, 种间差异不大, 亲缘关系较近, 难以明确区分。本研究采用 RAPD 技术对不同产地的 30 个柠条基因组 DNA 进行多态性分析, 构建了聚类分析图, 粗略分析了它们之间的亲缘关系, 中间锦鸡儿、小叶锦鸡儿和柠条锦鸡儿亲缘关系较近, 与秦晋锦鸡儿亲缘关系较远; 指出品种间关系与地理起源有一定的相关性。尽管运用试验手段不同, 但是结论还是相近的, 希望本研究能为柠条品种资源的有效利用在分子水平上提供一些参考。

参考文献:

- [1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志 (第四十二卷: 第一分册) [M]. 北京: 科学出版社, 1993.
- [2] 牛西午. 柠条研究 [M]. 北京: 科学出版社, 2000: 1 - 47.
- [3] 赵一之. 中国锦鸡儿属的分类学研究 [J]. 内蒙古大学学报, 1993, 24 (6): 631 - 653.
- [4] 牛西午. 中国锦鸡儿属植物资源研究——分布及分种描述 [J]. 西北植物学报, 1999, 19 (5): 107 - 133.
- [5] 中国科学院植物研究所. 中国主要植物图说·豆科 [M]. 北京: 科学出版社, 1955.

- [6] 牛西午. 柠条的栽培与利用[M]. 太原:山西科学教育出版社,1988.
- [7] 牛西午. 广植柠条恢复植被——关于在我国西北地区大力发展柠条林的建议[J]. 科技导报,1999(2):59-62.
- [8] 贾丽,曲式曾. 豆科锦鸡儿属植物研究进展[J]. 植物研究,2001,21(4):515-518.
- [9] 徐朗然,郝秀英. 黄土高原和秦岭山地锦鸡儿属植物的分类和地理分布的研究[J]. 西北植物学报,1989,9(2):92-101.
- [10] Sanchir C H. 锦鸡儿属(豆科)的系统[J]. 内蒙古大学学报:自然科学版,1999,30(4):501-512.
- [11] 张明理. 锦鸡儿属分析生物地理学的研究[J]. 云南植物研究,1998,20(1):1-11.
- [12] 赵一之. 内蒙古锦鸡儿属的分类及其生态地理分布[J]. 内蒙古大学学报,1991,22(2):256-273.
- [13] 王赞,高洪文,韩建国,等. 柠条锦鸡儿不同居群形态变异研究[J]. 西北植物学报,2003,25(1):118-123.
- [14] 燕玲,李红,刘艳. 13种锦鸡儿属植物叶的解剖生态学研究[J]. 干旱区资源与环境,2002,16(1):100-106.
- [15] 刘殿林,杨瑞环,哈玉洁,等. 不同来源黄瓜遗传亲缘关系的 RAPD 分析[J]. 华北农学报,2003,18(3):50-54.
- [16] 金文林,郭蓓,文自翔,等. 野生小豆种质资源遗传多样性的 RAPD 分析[J]. 华北农学报,2004,19(2):28-31.
- [17] 周延清,牛敬媛,田苗苗,等. 河南栽培大豆的 RAPD 品种鉴定和聚类分析[J]. 华北农学报,2006,21(2):37-41.
- [18] 李霞,刁家连,李书华,等. 芦笋种质资源遗传多样性的 RAPD 分析[J]. 植物遗传资源学报,2005,6(3):310-314.
- [19] 郝朝运,郭卫东,刘鹏. 七子花种群遗传多样性和遗传分化的 RAPD 分析[J]. 园艺学报,2005,32(3):463-467.
- [20] 赵彦,陈源闽,廉勇,等. 胡萝卜种质资源遗传多样性的 RAPD 分析[J]. 华北农学报,2007,22(4):137-140.
- [21] Stewardt C N, Via L E. A rapid CTAB DNA isolation technique useful for RAPD fingerprinting and other PCR applications[J]. Biotechniques,1993,14:748-750.
- [22] 王伯荪. 植物群落学[M]. 北京:高等教育出版社,1988:41-44.
- [23] 贾丽,曲式曾. 锦鸡儿属植物种皮的扫描电镜观察[J]. 山西林业科技,1997(3):4-6.
- [24] 赵一之. 小叶、中间和柠条3种锦鸡儿的分布式样及其生态适应[J]. 生态学报,2005,25(12):3411-3414.
- [25] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志(第一卷)[M]. 北京:科学出版社,2004.
- [26] 魏伟,王洪新,胡志昂,等. 毛乌素沙地柠条群体分子生态学初步研究:RAPD 证据[J]. 生态学报,1999,19(1):16-22.
- [27] 马成仓,高玉葆,刘惠芬,等. 小叶锦鸡儿、中间锦鸡儿和柠条锦鸡儿地理渐变性——生态学和 RAPD 证据[J]. 植物学报,2003,45(10):1218-1227.
- [28] 宋俊双,王赞,高洪文. 3种锦鸡儿遗传多样性 ISSR 分析(简报)[J]. 草地学报,2006,14(4):384-386.