

核用银杏品种遗传关系的 AFLP 分析

吴岐奎, 邢世岩*, 王 萱, 孙立民

(山东农业大学林学院, 山东泰安 271018)

摘 要: 采用 AFLP 技术对 34 份核用银杏品种进行遗传多样性和亲缘关系分析。结果表明: 8 对 AFLP 引物组合共扩增出 1 337 条谱带, 多态带百分率为 99.63%; 品种间的遗传相似系数在 0.2915 ~ 0.6812 之间, 平均值为 0.4911; 在相似系数为 0.50 时供试品种可分为 4 大类; 依据 AFLP 结果建立了核用银杏品种指纹图谱。核用银杏 4 个类型的 Nei's 遗传多样性指数范围为 0.1392 ~ 0.2014, 总体为 0.2112, Shannon's 信息指数范围为 0.2138 ~ 0.3165, 总体为 0.3417; 4 个类型品种间的遗传分化系数为 0.0871, 基因流为 5.4230。结合特异位点、相似系数、聚类结果等筛选出 8 份核用银杏优质品种。

关键词: 核用银杏; AFLP; 遗传多样性; 亲缘关系

中图分类号: S 664.3

文献标志码: A

文章编号: 0513-353X (2015) 05-0961-08

Genetic Relationship of Stone-used *Ginkgo biloba* Cultivars Based on AFLP Markers

WU Qi-kui, XING Shi-yan*, WANG Xuan, and SUN Li-min

(College of Forestry, Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong 271018, China)

Abstract: The genetic relationship of 34 stone-used *Ginkgo biloba* L. cultivars were assessed by AFLP markers. A total of 1 337 bands were amplified with 8 pairs of primers, the percentage of polymorphic loci was 99.63%. The genetic similarity coefficient among 34 stone-used *G. biloba* L. cultivars ranged from 0.2915 to 0.6812 with an average of 0.4911, and all cultivars were divided into 4 groups at 0.50 of the similarity coefficient. The fingerprint of *G. biloba* L. cultivars were established based on AFLP results. Nei's gene diversity index ranged from 0.1392 to 0.2014 for 4 types of stone-used *G. biloba* L. cultivars, with the total value of 0.2112. Shannon's information index varied from 0.2138 to 0.3165, with the total value of 0.3417. The genetic differentiation coefficient for 4 types of stone-used *G. biloba* L. cultivars was 0.0871 and genetic flow was 5.4230. Eight cultivars were recognized relatively more distinctive among 34 stone-used *G. biloba* L. cultivars.

Key words: *Ginkgo biloba*; stone-used; AFLP; genetic diversity; genetic relationship

银杏 (*Ginkgo biloba* L.) 依据其种核的形态特征及核形系数, 可将栽培品种分为 5 大类, 即长子银杏类、佛指银杏类、马铃银杏类、梅核银杏类和圆子银杏类 (陈鹏 等, 2004; 邢世岩, 2013)。

收稿日期: 2015-01-26; **修回日期:** 2015-04-17

基金项目: 国家科技支撑计划课题 (2012BAD21B04); 山东省农业良种工程重大课题 (鲁农良字[2011]7 号); 国家植物种质资源共享平台项目 (2013-39)

* 通信作者 Author for correspondence (E-mail: xingsy@sdau.edu.cn)

邢世岩（1997）首次将核用银杏选种标准定位在“大粒、早实、丰产、稳产、优质、成熟期、抗性
及适应性”上。有关核用银杏的研究大多集中在核用银杏无性系的光合及生理指标分析（欧祖兰，
2009），种核产量与形态指标、种核内含物（陈昕，2010），核用银杏无性系综合评价分析（曹福亮 等，
2012）及核用银杏种实优良性状指标分析及优质品种选育（邢世岩，2004）。AFLP 技术在观赏银杏
品种（Wang et al., 2006）、雄株银杏种质（郭彦彦，2006）、垂乳银杏种质（吴岐奎 等，2014a）、
叶用银杏种质（吴岐奎 等，2014b）等遗传多样性及遗传关系的相关研究中有较多的应用。本研究
中采用 AFLP 分子标记的方法，对收集到的 34 个市场上公认的优异核用银杏品种进行遗传多样性及
亲缘关系分析，为优质核用银杏品种的开发、利用及特异品种的鉴定、保护提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

34 份核用银杏品种材料（表 1）均种植在山东省泰安市药乡林场核用银杏品种园。于 2013 年 5
月，每份材料采集嫩叶 5~6 片，硅胶干燥保存备用，用于 DNA 的提取。

表 1 核用银杏品种所属种类、来源、代号和品种
Table 1 Plant materials, geographical origin, and cultivar code for stone-used *G. biloba* cultivars

编号 No.	种类 Taxon	来源 Origin	代号 Accession	品种名称 Cultivar name
1	佛指类 Fozhilei	山东郯城 Tancheng, Shandong	Fztc01	新宇 Xinyu
2		江苏泰兴 Taixing, Jiangsu	Fztx01	家佛指 Jiafozhi
3			Fztx02	七星果 Qixingguo
4		江苏苏州 Suzhou, Jiangsu	Fzsz01	洞庭皇 Dongtinghuang
5			Fzsz02	大佛手 Dafoshou
6		浙江富阳 Fuyang, Zhejiang	Fzfy01	大佛手 5 号 Dafoshou 5
7			Fzfy02	大佛手 8 号 Dafoshou 8
8		浙江诸暨 Zhuji, Zhejiang	Fzzj01	诸暨佛手 Zhujifoshou
9		广西灵川 Lingchuan, Guangxi	Fzlc01	潮田大白果 Chaotian Dabaiguo
10			Fzlc02	华口大白果 Huakou Dabaiguo
11	圆子类 Yuanzilei	山东郯城 Tancheng, Shandong	Yztc01	团峰 Tuanfeng
12		云南腾冲 Tengchong, Yunnan	Yzyn01	腾冲圆果 Tengchong Yuanguo
13		日本 Japan	Yzrb01	藤久郎 Yengjiulang
14			Yzrb02	黄兵卫 Huangbingwei
15			Yzrb03	黄金丸 Huangjinwan
16			Yzrb04	岭南 Lingnan
17		山东泰安 Taian, Shandong	Mlta01	苦白果 Kubaiguo
18	马铃薯类 Malinglei	山东郯城 Tancheng, Shandong	Mltc01	魁铃 Kuiling
19			Mltc02	老和尚头 Laoheshangtou
20			Mltc03	魁金 Kuijin
21			Mltc04	马铃 5 号 Maling 5
22			Mltc05	马铃 9 号 Maling 9
23		安徽宁国 Ningguo, Anhui	Mlng01	马铃 98 号 Maling 98
24		江苏邳县 Pixian, Jiangsu	Mlpx01	亚甜 Yatian
25			Mlpx02	宇香 Yuxiang
26		浙江诸暨 Zhuji, Zhejiang	Mlzj01	大马铃 1 号 Damaling 1
27			Mlzj02	马店大马铃 Madian Damaling
28			Mlzj03	大马铃 2 号 Damaling 2
29	梅核类 Meihelei	福建尤溪 Youxi, Fujian	Mlyx01	中仙马铃 Zhongxianmaling
30		湖北安陆 Anlu, Hubei	Mhal01	红安皇 Honganhuang
31		浙江诸暨 Zhuji, Zhejiang	Mhzj01	大梅核 4 号 Dameihe 4
32			Mhzj02	大梅核 Dameihe
33			Mhzj03	诸暨大梅核 Zhuji Dameihe
34			Mhzj04	大梅核 2 号 Dameihe 2

1.2 AFLP 体系的构建

利用改良的 CTAB 法 (Doyle & Double, 1987) 提取银杏叶片基因组总 DNA, 在 CTAB 提取缓冲液加入 β -巯基乙醇和 PVP 用以去除酚和多糖物质, 用紫外分光光度计测定 DNA 的浓度与质量, 稀释成 $50 \text{ ng} \cdot \mu\text{L}^{-1}$ 后 -20°C 保存备用。

AFLP 分析参照 Vos 等 (1995) 的方法修改后进行, 用 *Pst* I + *Mse* I 酶切组合对基因组 DNA 进行限制性酶切, 并筛选出 8 对多态性高且稳定的引物组合 (P-GAA/M-CAG、P-GAA/M-CTG、P-GAC/M-CAC、P-GAC/M-CTA、P-GAC/M-CTC、P-GAC/M-CTG、P-GAG/M-CTG 和 P-GAT/M-CAG, 其中 P-代表 GACTGCGTACATGCA, M-代表 GATGAGTCCTGAGTAA) 进行 PCR 扩增分析。扩增产物采用 ABI 3730XL 自动测序仪进行荧光检测, 检测结果用 GeneScan3.1 软件进行分析, 并将结果转化为 0/1 数据矩阵用于统计分析。

利用 Excel 2007 对 AFLP 扩增结果 0/1 数据矩阵进行分析, 依据每对引物扩增出来的总条带及多态性条带数, 计算多态带百分率。利用 POPGENE version 1.31 软件计算遗传多样性指标: 观测等位基因数 (N_a)、有效等位基因数 (N_e)、Nei's 遗传多样性 (H) 以及 Shannon's 信息指数 (I)。采用 NTSYSpc 2.10 软件计算各类型间的遗传相似性矩阵和遗传距离矩阵, 并进行 UPGMA 聚类分析。采用指纹图谱自动识别系统 Gel2.0 (曹永生 等, 1999) 对核心引物组合扩增的胶图进行识别处理, 建立核用银杏品种的标准 DNA 指纹图谱。

2 结果与分析

2.1 不同 AFLP 引物组合的扩增结果

从 64 对 *Pst* I /*Mse* I 随机引物组合中筛选出 8 对条带清晰、多态性强且重复性好的引物组合, 对 34 个核用银杏品种 DNA 进行扩增与分析 (部分结果见图 1)。

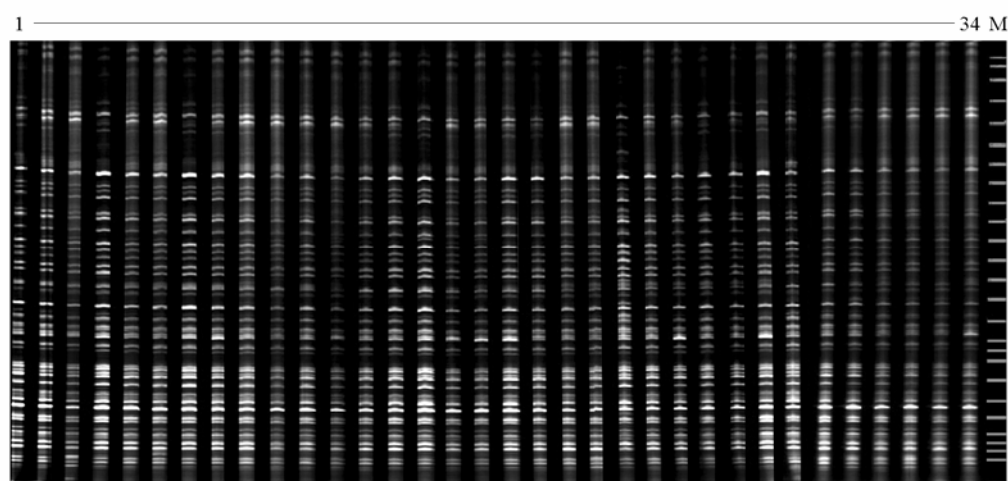


图 1 引物组合 P-GAC/M-CTC 对 34 份核用银杏品种的 AFLP 扩增图谱
Fig. 1 AFLP patterns of 34 stone-used *G. biloba* cultivars by P-GAC/M-CTC

8 对引物组合共扩增出 1 337 条谱带(表 2), 其中多态带为 1 332 条, 平均多态带比例为 99.63%, 产生 224 个特异性条带 (包括单态带和缺失带)。不同引物产生的谱带数量有所不同, 其中 P-GAG/M-CTG 引物产生的谱带最多 (203 条), 而 P-GAA/M-CAG 引物产生的谱带最少 (124 条)。

表 2 核用银杏品种 AFLP 分析结果
Table 2 Result of AFLP analysis of stone-used *G. biloba* cultivars

引物组合 Primer	总条带数 Total bands	多态带数 Polymorphic bands	多态带比例/% Percentage of polymorphic bands
P-GAA/ M-CAG	124	124	100.00
P-GAA/ M-CTG	167	165	98.80
P-GAC/ M-CAC	178	178	100.00
P-GAC/ M-CTA	149	148	99.33
P-GAC/ M-CTC	166	164	98.80
P-GAC/ M-CTG	199	199	100.00
P-GAG/ M-CTG	203	203	100.00
P-GAT/ M-CAG	151	151	100.00
总数 Total	1 337	1 332	
平均 Mean	167	166	99.63

2.2 核用银杏品种的遗传多样性

34 份核用银杏品种总的观测等位基因数 (N_a)、有效等位基因数 (N_e)、Nei's 遗传多样性 (H) 以及 Shannon 信息指数 (I) 分别为 1.9963、1.3310、0.2112、0.3417 (表 3)。此外, 各位点遗传多样性存在不同程度的差别, Nei's 遗传多样性指数最大值为 0.4996, 最小值为 0.0292; Shannon's 信息指数最大值为 0.6927, 最小值为 0.0771, 表明本研究中的不同核用银杏品种存在一定程度的遗传变异。4 类核用银杏品种间的遗传分化系数为 0.0871, 基因流为 5.4230, 说明不同类型品种间存在一定程度的遗传分化。梅核类的各项遗传多样性指数都比较低 (N_a 、 N_e 、 H 、 I 分别为 1.4370、1.2288、0.1392、0.2138), 其他 3 类品种各项遗传多样性指数都高于梅核类。

表 3 不同类型核用银杏品种间的遗传多样性分析
Table 3 Genetic diversity measures among stone-used *G. biloba* groups

种类 Taxon	品种编号 No. of cultivars	多态带比例/% Percentage of polymorphic bands	观测等位基因数 N_a	有效等位基因数 N_e	Nei's 基因多样性指数 H	Shannon's 信息指数 I
佛指类 Fozhilei	1 ~ 10	73.54	1.7354 ± 0.4380	1.3230 ± 0.3265	0.2014 ± 0.1732	0.3165 ± 0.2436
圆子类 Yuanzilei	11 ~ 16	59.79	1.4729 ± 0.4750	1.2951 ± 0.3260	0.1818 ± 0.1783	0.2817 ± 0.2562
马铃薯类 Malinglei	17 ~ 29	75.79	1.7579 ± 0.4122	1.3086 ± 0.3165	0.1950 ± 0.1687	0.3094 ± 0.2363
梅核类 Meihelai	30 ~ 34	43.70	1.4370 ± 0.4799	1.2288 ± 0.3219	0.1392 ± 0.1757	0.2138 ± 0.3558
种级水平 Total	1 ~ 34	99.63	1.9963 ± 0.0376	1.3310 ± 0.3097	0.2112 ± 0.1594	0.3417 ± 0.2103

采用 popgene 1.32 软件计算各类核用银杏品种间的 Nei's 遗传距离和遗传一致度 (表 4), 其中圆子类银杏与马铃薯类银杏的遗传距离最小 (0.0109), 遗传一致度最高 (0.9892), 表明两种类型核用银杏品种间亲缘关系最近, 类型间遗传分化较小; 圆子类银杏与梅核类银杏的遗传距离最大 (0.0780), 遗传一致度最低 (0.9258), 表明两种类型核用银杏品种间亲缘关系最远, 类型间遗传分化较大。

表 4 不同类型核用银杏品种间的 Nei's 遗传距离 (左下) 和遗传一致度 (右上)
Table 4 Nei's genetic distance (below diagonal) and genetic identity (above diagonal) among stone-used *G. biloba* groups

种类 Taxon	佛指类 Fozhilei	梅核类 Meihelei	马铃薯类 Malinglei	圆子类 Yuanzilei
佛指类 Fozhilei		0.9609	0.9873	0.9821
梅核类 Meihelei	0.0400		0.9314	0.9258
马铃薯类 Malinglei	0.0128	0.0718		0.9892
圆子类 Yuanzilei	0.0162	0.0780	0.0109	

2.3 核用银杏品种的亲缘关系

采用 NTSYSpc2.10 软件分析, 结果显示 34 份核用银杏品种间的遗传相似系数在 0.2915 ~ 0.6812 之间, 平均值为 0.4911。其中, Mlta01 与 Mljz02 的遗传相似系数最大 (0.6812), 为相似品种, 二者来源不同但形态学观察较为一致, 都为马铃薯类。Mltc03 与 Mhzj02 的遗传相似系数最小 (0.2915), 说明二者的亲缘关系最远, 分别属于马铃薯类和梅核类。

基于供试品种间的遗传相似系数, 对 34 份核用银杏品种进行 UPGMA 聚类 (图 2)。在相似系数 0.50 处, 可将核用银杏品种分为 4 类: 第 1 类包括 8 个品种, 包含 3 个佛指类及所有梅核类; 第 2 类包括 1 个品种, 即 Fzsz02, 佛指类; 第 3 类包括 18 个品种, 包含 6 个佛指类、8 个马铃薯类及 4 个圆子类; 第 4 类包括 7 个品种, 包含 5 个马铃薯类及 2 个圆子类。

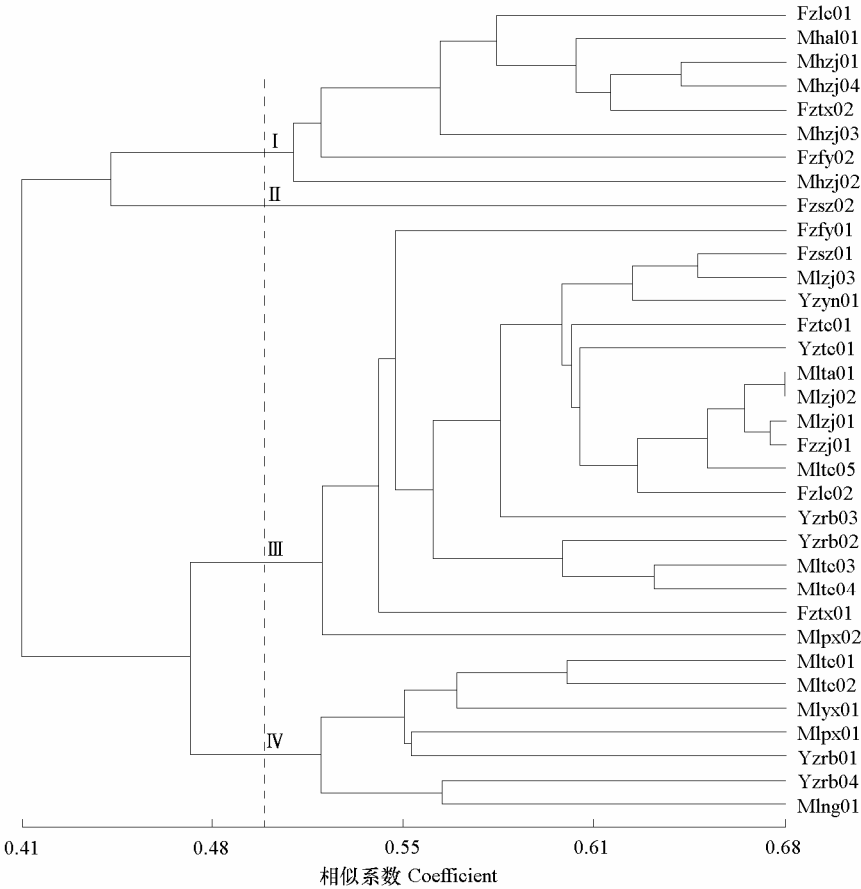


图 2 核用银杏品种基于 AFLP 分析的 UPGMA 聚类结果
品种代号见表 1。

Fig. 2 UPGMA dendrogram of stone-used *Ginkgo biloba* cultivars based on AFLP
Cultivar accession are shown in Table 1.

通过聚类分析,可知地理来源相同的核用银杏品种,并没有最先聚在一起,这说明亲缘关系的远近与来源并没有严格的一致关系;同样,4 种类型品种在聚类中,佛指类与梅核类聚类较为紧密,马铃薯类与圆子类聚类较为紧密,但也没有明确的分类,表明核用银杏品种的基因型与表现型也没有严格的一致关系。

2.4 核用银杏品种的指纹图谱

本研究中,各引物组合的鉴别效率均为 100%。参照徐宗大等(2011)的方法,结合电泳图和表 2 的分析结果建立核用银杏品种的指纹图谱,以扩增条带清晰、稳定、多态性位点较多、多态性位点百分率和 Nei's 遗传多样性指数较高为标准,筛选出 P-GAC/M-CAC 作为核心引物组合构建 34 份核用银杏品种 DNA 指纹图谱(图 3)。经验证,在相似率为 95%时,本图谱的鉴别准确率为 100%,故用其对核用银杏品种进行鉴定是可行的。指纹图谱的构建为核用银杏园初期没有结果情况下不同种质的鉴别提供了一定的理论基础。

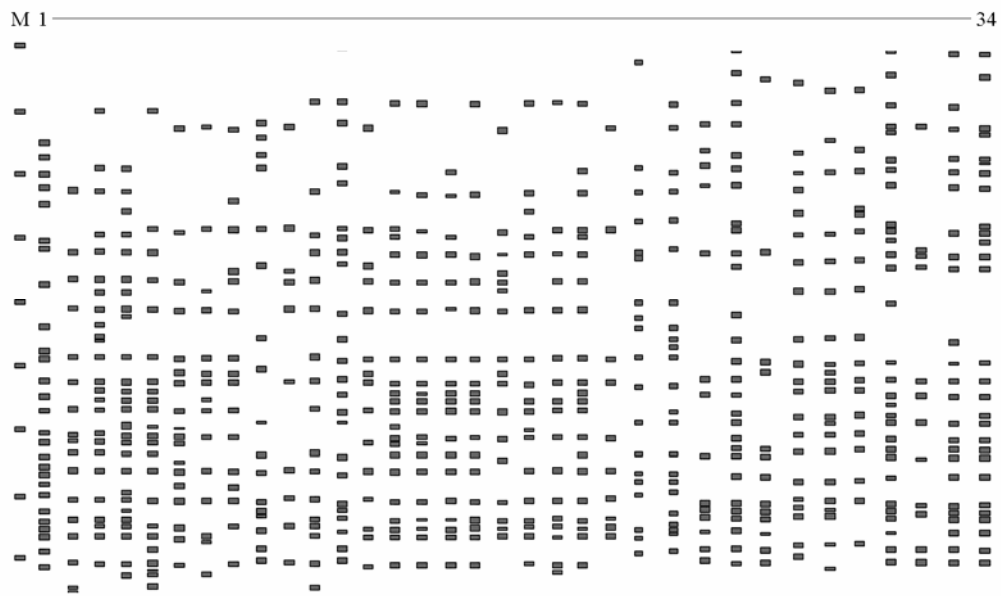


图 3 34 份核用银杏品种的指纹图谱
Fig. 3 The fingerprint of 34 stone-used *G. biloba* cultivars

3 讨论

3.1 核用银杏特异品种的分析

目前,核用银杏根据其种核形状被划分为长子类、佛指类、马铃薯类、梅核类、圆子类银杏五大类,这是当今较为接受的一种核用银杏分类方法(何凤仁,1989)。五大类核用银杏栽培品种中,由于长子类银杏果核较小、产量较低,没有选择出长子类核用品种,因此本研究中只对生产上存在的佛指类、马铃薯类、梅核类、园子类核用银杏进行了遗传多样性分析。

Wang 等(2006)对银杏观赏品种进行特异种质分析。本研究对不同核用银杏品种的特异位点及多态性进行研究,Fzfy01、Fzsz01、Fzsz02、Mhzj02、Mlpx01、Yztc01 的特异性条带较多,占总

特异性条带的 43.30%, 表明这些品种比较特殊。Mljz02、Mltc05 和 Yzrb03 的多态性较高 (均超过 30%), 高于来源相同的其他品种, 因此这 3 个品种应该优先得到保护与重视。

邢世岩 (2004) 通过营养生长、种实特征、产量性状等对核用银杏种质进行分析, 筛选出亚甜、宇香、华口大白果、大龙眼等优质种质。本研究结合多态性、相似性、聚类结果等对试验材料进行分析, 8 个品种 Fzfy01 (大佛手 5 号)、Fzsz01 (洞庭皇)、Fzsz02 (大佛手)、Mhzj02 (大梅核)、Mlpx01 (亚甜)、Mltc05 (马铃 9 号)、Yztc01 (团峰)、Yzrb03 (黄金丸) 分别属于不同的类群, 尽管这些品种仅占试验品种的 23.53%, 但是其多态性却达到 98.54%, 占试验品种多态性的 98.90%, 具有一定的代表性, 它们应该作为重要的优质核用银杏品种加以保护与重视, 应优先作为核用银杏园的营建品种资源, 为银杏核心种质的构建提供了依据。

3.2 核用银杏品种的遗传关系分析

Singh 等 (2010) 对印度西南地区的 20 株银杏进行 AFLP 分析, 其引物多态性为 56.75% ~ 93.75%, 来源相同的种质没有聚类到一起, 表明地理来源与遗传差异没有明确的关系; 王利等 (2008) 研究了中国雌株银杏遗传变异程度, 其变异系数为 14.29%, 表明国内雌株银杏间遗传变异较大; 吴岐奎等 (2014a) 研究了 14 份垂乳银杏种质的遗传多样性, 其多态带比例为 98.40%, 各种质间的相似系数为 0.4404 ~ 0.7299, 表明各种质间存在一定的遗传分化。本研究中首次对核用银杏种质进行分子水平的遗传多样性研究, 8 对引物组合对 34 份核用银杏品种进行扩增, 条带清晰, 多态性高 (99.63%)。通过对各项遗传多样性指标 (N_a 、 N_e 、 H 、 I) 分析表明, 核用银杏在种级水平上具有较强的遗传多样性, 并且不同类型品种间的具有一定的遗传分化, 梅核类银杏品种各项遗传多样性指标都比较低, 在 4 种核用银杏类型中应较为原始。基于品种间的遗传相似系数进行 UPGMA 聚类分析, 将 34 个核用银杏品种分为 4 大类, 来源相同或表现相同的品种没有优先的聚类在一起, 这与 Singh 等 (2010) 的研究结果相一致。基于 AFLP 标记结果建立核用银杏品种指纹图谱, 客观的表现出核用银杏品种较高的遗传多样性。

References

- Cao Fu-liang, Ou Zu-lan, Zhang Wang-xiang, Wang Gui-bin, Yu Wan-wen. 2012. Selection and brooding of heat-tolerant clones and stone-used of *Ginkgo biloba* L. Journal of Central South University of Forestry & Technology, 32 (12): 113 - 119. (in Chinese)
- 曹福亮, 欧祖兰, 张往祥, 汪贵斌, 郁万文. 2012. 银杏耐热优良核用无性系选育. 中南林业科技大学学报, 32 (12): 113 - 119.
- Cao Yong-sheng, Kong Fan-sheng, Wang Yu-sheng. 1999. Fingerprint analysis system of crop germplasm resources. Computer and Agriculture, (S): 20 - 24. (in Chinese)
- 曹永生, 孔繁胜, 王宇生. 1999. 基于图象处理的种质资源指纹图谱分析. 计算机与农业, (增刊): 20 - 24.
- Chen Peng, He Feng-ren, Qian Bo-lin, Wei Jun, Wang Li. 2004. Seed types and their relative characteristics in *Ginkgo biloba* of China. Scientia Silvae Sincae, 40 (3): 66 - 70. (in Chinese)
- 陈 鹏, 何凤仁, 钱伯林, 韦 军, 王 莉. 2004. 中国银杏的种核类型及其特征. 林业科学, 40 (3): 66 - 70.
- Chen Xin. 2010. Study on differences of yield and quality of different stone-used ginkgo clones [Ph. D. Dissertation]. Nanjing: Nanjing Forestry University. (in Chinese)
- 陈 昕. 2010. 不同核用银杏无性系产量和品种差异研究 [博士论文]. 南京: 南京林业大学.
- Doyle J J, Doule J L. 1987. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. Phytochem Bull, 19: 11 - 15.
- Guo Yan-yan. 2006. AFLP analysis on genetic diversity of male *Ginkgo biloba* L. [M. D. Dissertation]. Tai'an: Shandong Agricultural University. (in Chinese)
- 郭彦彦. 2006. 银杏雄株遗传多样性的 AFLP 分析 [硕士论文]. 泰安: 山东农业大学.

- He Feng-ren. 1989. The cultivate of *Ginkgo biloba* L. Nanjing: Jiangsu Science and Technology Press. (in Chinese)
- 何凤仁. 1989. 银杏的栽培. 南京: 江苏科学技术出版社.
- Ou Zu-lan. 2009. Studies on heat-adaptation mechanism and selection of heat-tolerant clones for nut production of *Ginkgo* [Ph. D. Dissertation]. Nanjing: Nanjing Forestry University. (in Chinese)
- 欧祖兰. 2009. 银杏热适应机理及耐热优良核用无性系选择[博士论文]. 南京: 南京林业大学.
- Singh S K, Gopichand, Ahuja Paramvir Singh, Rajkumar Subramani. 2010. Estimation of genetic diversity in *Ginkgo biloba* trees from Northwestern India using AFLP and microsatellite markers. *Plant Genetics & Transgenics*, 1 (1): 16 - 20.
- Vos P, Hogers R, Bleeker M, Reijans M, Lee T V D, Hornes M, Frijters A, Pot J, Peleman J, Kuiper M, Zabeau M. 1995. AFLP: A new technique for DNA fingerprinting. *Nucleic Acids Research*, 23 (21): 4407 - 4414.
- Wang Li, Xing Shi-yan, Wang Fang, Han Ke-jie. 2008. AFLP analysis on genetic relationship of *Ginkgo biloba* female germplasms. *Scientia Silvae Sinicae*, 44 (4): 47 - 53. (in Chinese)
- 王 利, 邢世岩, 王 芳, 韩克杰. 2008. 银杏雌株种质遗传关系的 AFLP 分析. *林业科学*, 44 (4): 47 - 53.
- Wang Li, Xing Shi-yan, Yang Ke-qiang, Wang Zheng-hua, Guo Yan-yan, Shu Huai-rui. 2006. Genetic relationships of ornamental cultivars of *Ginkgo biloba* analyzed by AFLP techniques. *Acta Genetica Sinica*, 33 (11): 1020 - 1026.
- Wu Qi-kui, Xing Shi-yan, Fan Sheng-ming, Wang Xuan, Sun Li-min, Liu Xiao-jing. 2014a. Genetic diversity analysis of *Ginkgo biloba* chichi germplasms by AFLP. *Journal of Southwest Forestry University*, 34 (3): 7 - 11. (in Chinese)
- 吴岐奎, 邢世岩, 范圣明, 王 萱, 孙立民, 刘晓静. 2014a. 基于 AFLP 的垂乳银杏种质遗传多样性分析. *西南林业大学学报*, 34 (3): 7 - 11.
- Wu Qi-kui, Xing Shi-yan, Wang Xuan, Sun Li-min. 2014b. Genetic diversity of leaf-used *Ginkgo biloba* germplasms based on flavonoids and ginkgolides contents and AFLP markers. *Acta Horticulturae Sinica*, 41 (12): 2373 - 2382. (in Chinese)
- 吴岐奎, 邢世岩, 王 萱, 孙立民. 2014b. 叶用银杏种质资源黄酮和萜内酯类含量及 AFLP 遗传多样性分析. *园艺学报*, 41 (12): 2373 - 2382.
- Xing Shi-yan. 1997. Leaf-used and kernel-used ginkgo high-yield cultivation. Beijing: Chinese Forestry Publishing. (in Chinese)
- 邢世岩. 1997. 叶用核用银杏丰产栽培. 北京: 中国林业出版社.
- Xing Shi-yan. 2004. The germplasms accession and breeds selection in *Ginkgo biloba* L. Beijing: China Environmental Science Press. (in Chinese)
- 邢世岩. 2004. 银杏种质资源评价与良种选育. 北京: 中国环境科学出版社.
- Xing Shi-yan. 2013. *Ginkgo* germplasm resources in China. Beijing: China Forestry Publishing. (in Chinese)
- 邢世岩. 2013. 中国银杏种质资源. 北京: 中国林业出版社.
- Xu Zong-da, Zhao Lan-yong, Zhang Ling, Yang Zhi-ying. 2011. Analysis of genetic diversity and construction of fingerprint of *Rosa rugosa* by SRAP. *Scientia Agricultura Sinica*, 44 (8): 1662 - 1669. (in Chinese)
- 徐宗大, 赵兰勇, 张 玲, 杨志莹. 2011. 玫瑰 SRAP 遗传多样性分析与品种指纹图谱构建. *中国农业科学*, 44 (8): 1662 - 1669.