

大贵寺国家森林公园野生青檀檀皮纤维成分分析

李建华, 王伟, 姚国新, 汪殿蓓*

(湖北工程学院生命科学技术学院, 湖北孝感 432000)

摘要: 分析了湖北大贵寺国家森林公园野生青檀种群 64 份 2~3 年生青檀枝条檀皮的纤维成分。结果表明, 该野生青檀枝条檀皮纤维的水分、灰分、冷水抽出物、热水抽出物等指标的平均值分别为 8.267%、6.273%、24.025%、26.594%; 1% NaOH 抽出物、苯-醇抽出物、综纤维素、酸不溶木素等指标的平均值分别为 60.904%、11.011%、56.759%、9.698%; 纤维素吸光值为 0.373。酸不溶木素、灰分、纤维素吸光值以及 1% NaOH 抽出物 4 个指标呈现近正态分布, 其它指标的分布偏斜度较大; 水分与 1% NaOH 抽出物、灰分与酸不溶木素、综纤维素与酸不溶木素之间具有显著的相关性 ($p < 0.05$); 水分与灰分、水分与热水抽出物、水分与综纤维素、苯-醇抽出物与综纤维素、苯-醇抽出物与酸不溶木素之间具有极显著的相关性 ($p < 0.01$)。平均连锁值取 5.627 时, 可以把 64 个样品分为 23 类, 说明大贵寺国家森林公园野生青檀群体檀皮纤维成分存在着较高的表型多样性, 具有广阔的遗传改良前景。

关键词: 青檀; 纤维成分; 表型多样性; 大贵寺国家森林公园

中图分类号: Q949.94

文献标识码: A

文章编号: 2095-0837(2012)05-0511-08

Composition of Bark Fiber of Wild *Pteroceltis tatarinowii* in Daguisi National Forest Park

LI Jian-Hua, WANG Wei, YAO Guo-Xing, WANG Dian-Pei*

(School of Life Science and Technology, Hubei Engineering University, Xiaogan, Hubei 432000, China)

Abstract: The compositions of bark fiber in 64 samples (2–3 year old branches) of wild *Pteroceltis tatarinowii* population in Daguisi National Forest Park, Hubei province were analyzed. Results showed that the average value of moisture, ash, cold water extraction, and hot water extraction was 8.267%, 6.273%, 24.025%, and 26.594%, respectively; of 1% NaOH extraction, benzene-alcohol extraction, holocellulose, and acid accumulator insoluble lignin was 60.904%, 11.011%, 56.759% and 9.698%, respectively; cellulose absorbance value was 0.373. The distribution of four indices, namely acid accumulator insoluble lignin, ash, cellulose absorbance, and 1% NaOH extraction, was near to normal distribution, but other variables had large skewness. The inter-correlations between moisture and 1% NaOH extraction, ash and acid accumulator insoluble lignin, holocellulose and acid accumulator insoluble lignin were significant ($p < 0.05$). The inter-correlations between moisture and ash, moisture and hot water extraction, moisture and holocellulose, benzene-alcohol extraction and holocellulose, benzene-alcohol extracts and acid accumulator insoluble lignin were highly significant ($p < 0.01$). The 64 samples could be divided into 23 groups with average linkage of 5.627, which showed high phenotypic diversity in the wild *Pteroceltis tatarinowii* population in Daguisi National Forest Park and its broad prospect of genetic improvement.

收稿日期: 2011-08-26, 修回日期: 2012-08-09。

基金项目: 湖北省教育厅自然科学重大项目 (Z20092601); 湖北省教育厅自然科学重点项目 (D20122604)。

作者简介: 李建华 (1969–), 男, 博士, 教授, 主要研究方向为分子遗传及生化工程 (E-mail: zmkmcn2001@yahoo.com.cn)。

* 通讯作者 (Author for correspondence. E-mail: wangdp@scib.ac.cn)。

Key words: *Pteroceltis tatarinowii*; Fiber composition; Phenotypic diversity; Daguisi national forest Park

青檀(*Pteroceltis tatarinowii* Maxim.), 榆科青檀属落叶乔木, 是中国特有的单种属植物及特有的纤维树种, 具有重要的应用价值和市场前景, 其树皮纤维是制造宣纸的优质原料; 木材坚硬致密, 是制作农具、车轴、家具及建筑用材的上等木料^[1]; 其叶含有 17 种氨基酸和多种微量元素, 可作为高级营养型饲料添加剂^[2]; 青檀根系发达, 耐干旱贫瘠, 是石灰岩山地优良造林绿化树种。文献记录分布于我国安徽、福建、广西、湖北、河南等 19 省^[1], 由于自然植被遭到破坏及大量砍伐, 野生青檀分布区逐渐缩小, 导致青檀栽培群体的遗传多样性降低, 栽培群体用来选育的潜力逐渐减小。近年来, 对青檀的研究报道集中于其栽培林的培育措施及机理, 探讨了不同栽培条件对檀皮质量的影响^[3-7]; 高慧等^[8]对青檀树皮的化学组成与细胞壁结构进行了研究。造纸植物纤维原料的主要成分是纤维素、木质素和半纤维素, 而优质的制浆原料要求其(综)纤维素含量较高, 且木质素、灰分和抽出物含量低^[9], 由于木质素的含量决定化学药品消耗和污染的负荷, 原料的纤维成分对于化学制浆的工艺、经济效益和污染都有决定性的影响。因此, 系统研究野生青檀种群檀皮主要纤维品质, 对扩大青檀育种选育范围, 提高宣纸纸浆原料质量具有重要意义, 可为保护和合理利用青檀种质资源提供科学依据。

大贵寺国家森林公园位于湖北省广水市北 35 km (31°23'~32°05' N, 113°31'~114°07' E), 北面距河南信阳 37 km。属低山丘陵地带, 公园的最高点——大贵寺金顶海拔 908 m。为北亚热带大陆性季风气候, 年均气温 13~14 °C, 年均降水量 990 mm; 平均无霜期 221 d, 全年日照数 2083 h。该森林公园分布有较大面积的青檀天然林^[10], 被誉为“中华第一青檀园”。我们对该森林公园野生青檀檀皮纤维成分进行了分析, 对其表型多样性进行了研究, 以期为进一步研究该野生青檀种群遗传多样性, 充分利用和保护该野生青檀种质资源奠定基础。

1 材料与方法

1.1 采样

在全面勘查青檀分布的基础上, 2010 年 4 月沿青檀分布路线从高海拔至低海拔进行采样, 对于个体数较密集的区域则随机选取个体, 并保持个体间一定的间隔; 采样覆盖整个分布区, 采集青檀 64 个样本, 并同时记录样品编号、经纬度、海拔高度等信息(表 1)。样本为 2~3 年生枝条。

1.2 材料处理

用嫁接刀将所取得的枝条表皮全部剥尽。将檀皮放置数日, 风干后, 用刀切碎, 置入粉碎机中磨成细末, 过筛, 截取能通过 40 目而不能通过 60 目筛的细末。冷却至室温后, 贮存于 1000 mL 具有磨砂玻璃塞的广口瓶中, 供分析使用。记录其采集年月、贮存年月。

1.3 原料成分测定

水分、灰分、冷水抽出物和热水抽出物、1% NaOH 抽出物、苯-醇抽出物、酸不溶木素、综纤维素、纤维素等成分分别按国标法测定、计算^[11]。

1.4 数据处理

用 Excel 软件记录整理数据, 并用 SPSS 20.0 软件对相关数据进行描述性统计、*t* 检验、方差分析等, 采用算术平均数的非加权成组配对法(UPG-MA)进行聚类分析。

2 结果与分析

2.1 青檀各纤维成分含量间的变异特征

64 个样本中檀皮的 9 个纤维成分及其分布特征见表 2、图 1~图 3。平均数是反应变量集中性的参数, 是变量的重要特征数。从表 2 可以看出该野生青檀檀皮中, 水分和灰分的平均值为 8.267% 和 6.273%; 冷水抽出物、热水抽出物、1% NaOH 抽出物和苯-醇抽出物的平均值分别为 24.025%、26.594%、60.904% 和 11.011%; 综纤维素、酸不溶木素的平均值为 56.759%、9.698%; 综纤维吸光

表 1 青檀样本地理位置
Table 1 Geographic location of each *P. tatarinowii* sample

编号 No. of samples	海拔高度 Altitude	纬度 Latitude	经度 Longitude	编号 No. of samples	海拔高度 Altitude	纬度 Latitude	经度 Longitude
1	532.4	31°49'860"	113°56'370"	33	397.1	31°50'334"	113°56'398"
2	513.4	31°49'918"	113°56'112"	34	387.3	31°50'357"	113°56'392"
3	505.3	31°49'928"	113°56'115"	35	373.3	31°50'381"	113°56'411"
4	502.2	31°49'976"	113°56'138"	36	368.7	31°50'395"	113°56'421"
5	489.5	31°50'002"	113°56'159"	37	365.6	31°50'402"	113°56'425"
6	480.5	31°50'027"	113°56'174"	38	361.1	31°50'417"	113°56'414"
7	479.6	31°50'064"	113°56'203"	39	354.3	31°50'431"	113°56'451"
8	475.6	31°50'075"	113°56'207"	40	340.7	31°50'448"	113°56'440"
9	469.6	31°50'093"	113°56'225"	41	337.4	31°50'456"	113°56'450"
10	467.3	31°50'090"	113°56'223"	42	328.5	31°50'461"	113°56'457"
11	463.2	31°50'089"	113°56'203"	43	329.4	31°50'475"	113°56'461"
12	460.1	31°50'088"	113°56'221"	44	326.1	31°50'489"	113°56'473"
13	458.2	31°50'096"	113°56'229"	45	329.7	31°50'504"	113°56'489"
14	450.3	31°50'108"	113°56'235"	46	330.4	31°50'499"	113°56'501"
15	446.7	31°50'119"	113°56'241"	47	323.8	31°50'516"	113°56'503"
16	438.8	31°50'134"	113°56'254"	48	316.4	31°50'539"	113°56'518"
17	435.5	31°50'149"	113°56'269"	49	270.3	31°50'554"	113°56'522"
18	433.4	31°50'152"	113°56'272"	50	269.6	31°50'605"	113°56'554"
19	432.5	31°50'163"	113°56'294"	51	268.5	31°50'618"	113°56'570"
20	430.1	31°50'178"	113°56'302"	52	254.7	31°50'686"	113°56'618"
21	431.5	31°50'184"	113°56'295"	53	253.9	31°50'849"	113°56'626"
22	428.6	31°50'199"	113°56'318"	54	244.5	31°50'905"	113°56'608"
23	423.9	31°50'207"	113°56'323"	55	240.7	31°50'927"	113°56'592"
24	417.4	31°50'234"	113°56'328"	56	233.0	31°51'042"	113°56'409"
25	416.9	31°50'258"	113°56'339"	57	243.5	31°51'012"	113°55'988"
26	413.7	31°50'271"	113°56'340"	58	249.5	31°51'009"	113°55'982"
27	412.9	31°50'281"	113°56'343"	59	254.7	31°50'991"	113°55'978"
28	411.2	31°50'296"	113°56'367"	60	258.4	31°50'988"	113°55'978"
29	410.0	31°50'308"	113°56'354"	61	272.6	31°50'998"	113°55'960"
30	407.8	31°50'311"	113°56'370"	62	276.4	31°51'000"	113°55'960"
31	406.9	31°50'316"	113°56'392"	63	221.3	31°51'112"	113°56'135"
32	402.5	31°50'325"	113°56'381"	64	220.0	31°51'117"	113°56'137"

值为 0.373。

标准差、方差、极差和变异系数可用来表示变量的离散性特征,统计值越大,表明变量离散程度越大。综合这 4 个指标可以看出,在青檀檀皮纤维 9 个纤维成分中,苯-醇抽出物的离散性最高,其次为灰分,1%NaOH 抽出物的离散性最低;研究的 9 个指标中,苯-醇抽出物的表型多态性最高,其次为灰分,1%NaOH 抽出物的表型多态性最低。

根据表 2 和图 1~图 3 可以看出,酸不溶木素、灰分、纤维素吸光值以及 1%NaOH 抽出物的分布接近正态分布,其它几个变量的分布偏斜度较大。

2.2 青檀各纤维成分含量间的相关关系

对青檀 9 个纤维成分百分含量进行的双变量相关分析和检验结果(表 3)表明:相关系数在 0.01 水平上表示相关的指标有水分与灰分(0.510)、水分与热水抽出物(−0.307)、水分与综纤维素(0.294)、苯-醇抽出物与综纤维素(−0.468)、苯-醇抽出物与酸不溶木素(−0.404),说明这些纤维成分含量两两间有着极显著的相关性;相关系数在 0.05 水平上表示相关的指标有水分与 1%NaOH 抽出物(−0.252)、灰分与酸不溶木素(0.278)、综纤维素与酸不溶木素(0.233),说明这些纤维成分含量间有着显著的相关性。

表 2 青檀檀皮纤维成分的描述性统计
Table 2 Description statistics for bark compositions of *P. tatarinowii*

变异特征 Variation characteristic	指标 Indices								
	水分(%) Moisture	灰分(%) Ash	冷水抽出物 (%) Cold water extraction	热水抽出物 (%) Hot water extraction	1% NaOH 抽出物(%) 1% NaOH extraction	苯-醇抽 出物(%) Benzene- alcohol extraction	综纤维素 (%) Holocel- lulose	酸不溶木素 (%) Acid accumulator insoluble lignin	纤维素 吸光值 Cellulose absorbance
平均数 Average	8.267	6.273	24.025	26.594	60.904	11.011	56.759	9.698	0.373
标准误 Standard error	0.232	0.197	0.779	0.545	0.576	1.040	0.893	0.350	0.020
标准差 Standard deviation	2.036	1.730	6.833	4.781	5.053	9.129	7.834	3.070	0.178
方差 Variance	4.147	2.992	46.696	22.853	25.532	83.334	61.378	9.426	0.032
偏斜度 Skewness	-1	0.239	1.237	0.719	-0.375	2.62	-1.312	0.19	0.321
偏度标准误 Std. error of skewness	0.274	0.274	0.274	0.274	0.274	0.274	0.274	0.274	0.274
峭度 Kurtosis	1.128	-0.885	4.082	3.806	-0.243	5.771	2.265	0.416	0.464
峭度标准误 Std. error of kurtosis	0.541	0.541	0.541	0.541	0.541	0.541	0.541	0.541	0.541
极差 Range	10.650	6.959	45.100	32.505	22.565	39.646	41.521	15.731	0.957
最小值 Minimum	3.200	3.233	5.327	11.823	48.949	4.434	32.242	2.907	0.012
最大值 Maximum	13.850	10.192	50.426	44.328	71.515	44.080	73.763	18.639	0.969
变异系数 Coefficient of variation	0.246	0.276	0.284	0.180	0.083	0.829	0.138	0.317	0.478

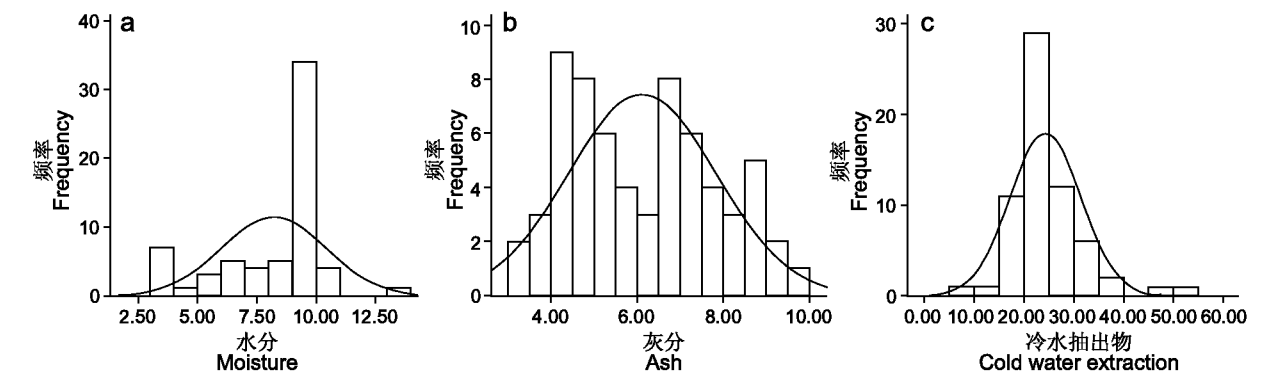


图 1 檀皮水分含量、灰分含量及冷水抽出物含量分布
Fig. 1 Distribution of moisture (a), ash (b), and cold water extraction (c) in bark of *P. tatarinowii*

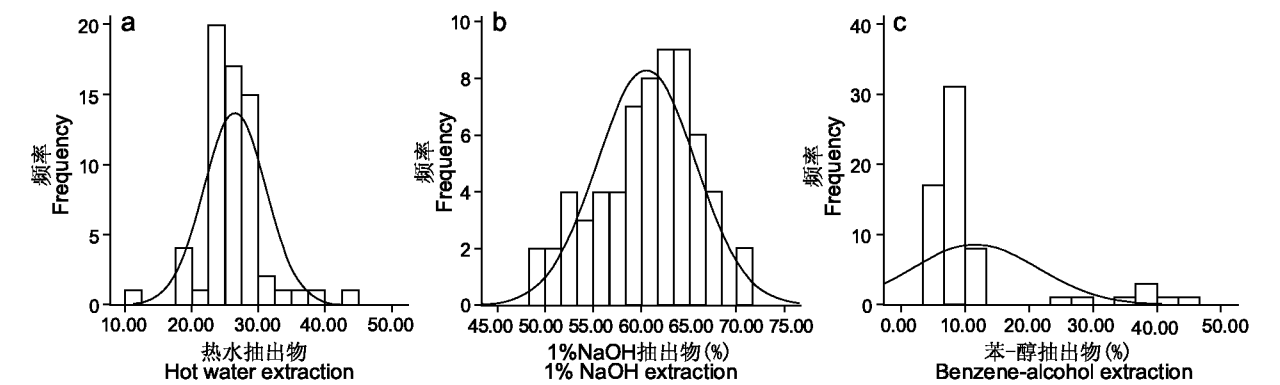


图 2 檀皮热水抽出物、1%NaOH 抽出物、苯-醇抽出物含量分布
Fig. 2 Distribution of hot water extraction (a), 1% NaOH extraction (b), and benzene-alcohol extraction (c) in bark of *P. tatarinowii*

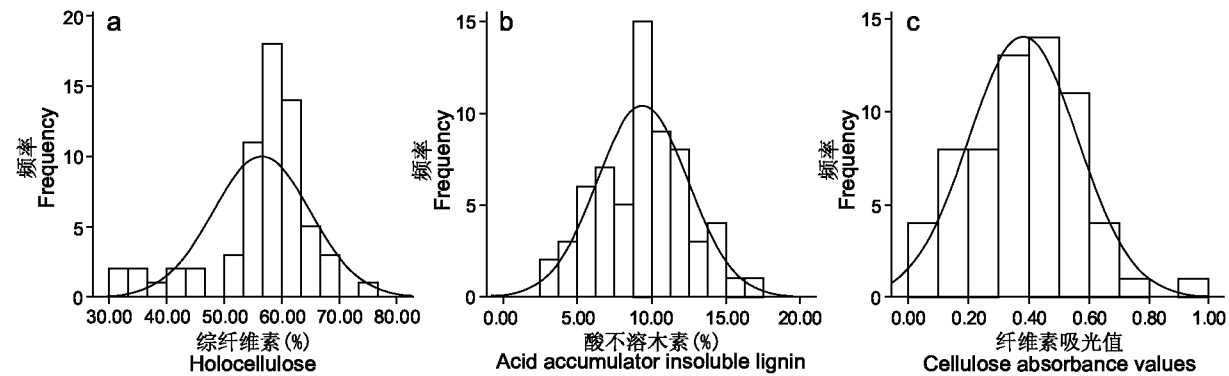


图3 檀皮综纤维素、酸不溶木素及纤维素吸光值含量分布
Fig.3 Distribution of holocellulose (a), acid accumulator insoluble lignin (b), and cellulose absorbance (c) in bark of *P. tatarinowii*

表3 檀皮各纤维成分含量间的相关关系
Table 3 Correlativity between each two bark compositions of *P. tatarinowii*

纤维成分 Bark compositions	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1								
2	-0.050 (0.664)	1							
3	0.510 ** (0.000)	-0.141 (0.222)	1						
4	-0.062 (0.590)	-0.153 (0.184)	-0.055 (0.633)	1					
5	-0.307 ** (0.007)	-0.100 (0.388)	-0.021 (0.858)	-0.120 (0.300)	1				
6	-0.252 * (0.027)	0.191 (0.096)	-0.144 (0.212)	-0.193 (0.092)	0.075 (0.514)	1			
7	0.294 ** (0.010)	-0.468 ** (0.000)	0.186 (0.105)	0.107 (0.353)	-0.184 (0.110)	-0.131 (0.258)	1		
8	0.018 (0.874)	-0.404 ** (0.000)	0.278 * (0.014)	0.155 (0.179)	-0.079 (0.492)	-0.040 (0.727)	0.233 * (0.041)	1	
9	-0.080 (0.488)	-0.063 (0.585)	0.091 (0.431)	0.005 (0.968)	0.089 (0.442)	-0.073 (0.528)	-0.114 (0.325)	-0.028 (0.809)	1

注：1. 水分；2. 灰分；3. 冷水抽出物；4. 热水抽出物；5. 1% NaOH 抽出物；6. 苯-醇抽出物；7. 综纤维素；8. 酸不溶木素；9. 纤维素吸光值。各行、列标目交叉处的数字为相关系数，括号中的数字为相应相关系数双尾检验的 sig 值；* 表示在 0.05 水平上显著；** 表示在 0.01 水平上显著。
Notes: 1. Moisture; 2. Aash; 3. Cold water extraction; 4. Hot water extraction; 5. 1% NaOH extraction; 6. Benzene-alcohol extraction; 7. Holocellulose; 8. Acid accumulator insoluble lignin; 9. Cellulose absorbance. Digitalts at the intersection of each row and column headings are correlation coefficient. The number in parentheses is the corresponding correlation coefficient value of two-tailed sig. * significant at 0.05 level; ** significant at 0.01 level.

2.3 聚类分析

以 64 个青檀样本的 9 个纤维成分测定值为原始矩阵,对数据进行 Z 标准化处理后用区间平方 Euclidean 距离进行组间平均联接聚类形成树状图 (见图 4)。

以连锁均值 (5.627) 可以把 64 个样品分为 23 类,由 1 个样本组成的有 16 类: 57、47、13、32、15、11、49、25、36、46、29、9、2、31、22、48; 由

2 个样本组成的有 1 类: 37、16; 由 3 个样本组成的有 2 类,分别是 21、6、3 和 34、53、25; 由 5 个样本组成的有 1 类: 5、7、4、8、1; 由 11 个样本组成的有 2 类,分别是 38、62、30、35、60、19、41、18、27、56、28 和 17、55、10、51、59、52、64、45、58、54、50; 剩下的 13 个样本组成 1 类。表明大贵寺国家森林公园野生青檀种群纤维成分的表型多样性十分丰富。

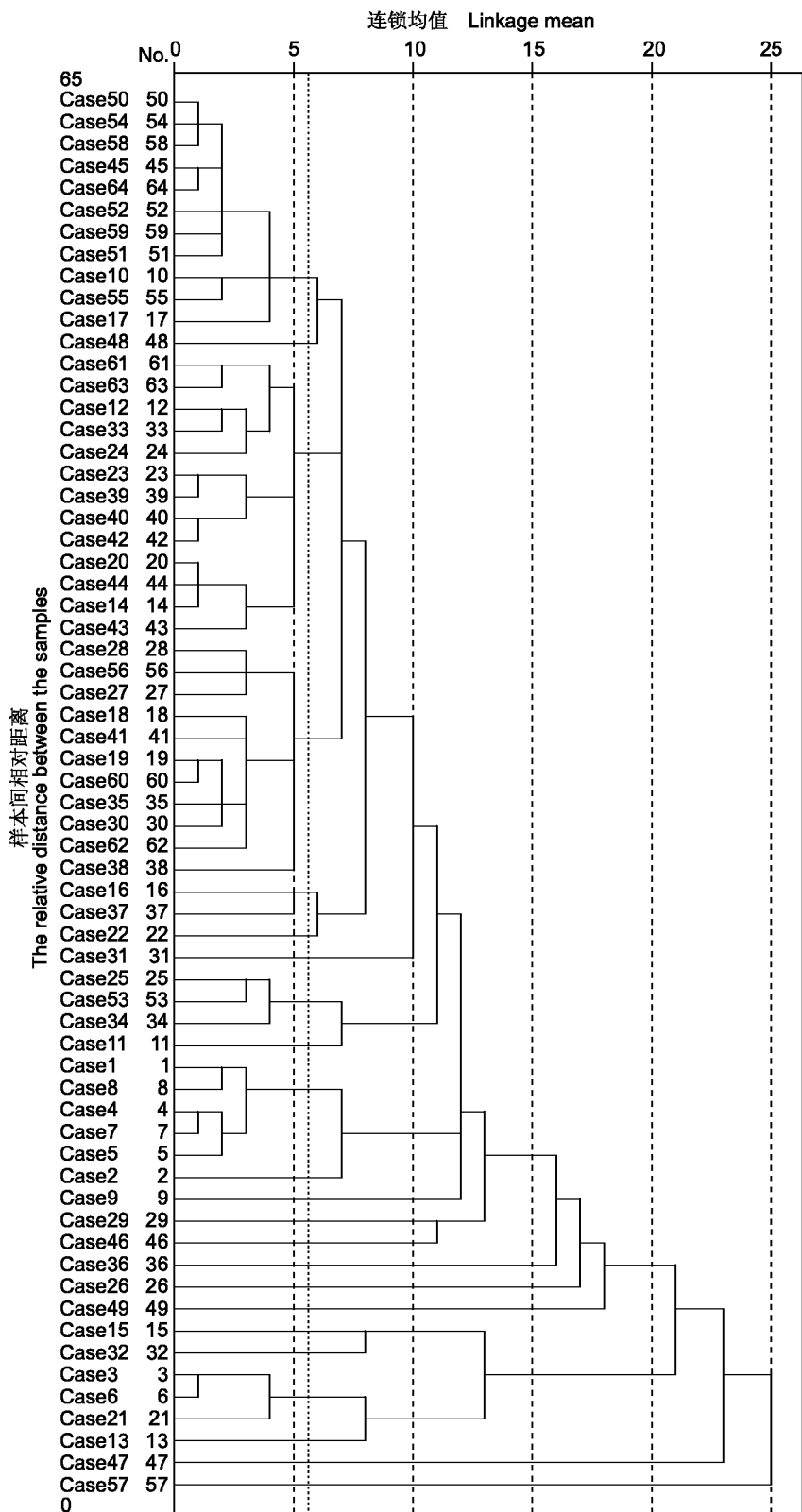


图 4 64 个野生青檀样本的聚类结果

Fig. 4 Cluster of 64 *P. tatarinowii* samples by the bark compositions

3 讨论

3.1 大贵寺国家森林公园野生青檀群体檀皮与安徽泾县青檀檀皮纤维成分的比较

本研究测定的野生青檀檀皮的纤维成分包括水分、灰分、冷水抽出物、热水抽出物、1% NaOH 抽出物、苯-醇抽出物、综纤维素、酸不溶木素等的百分含量。将分析结果与安徽泾县青檀檀皮的相应成分^[8]作比较,并进行 *t* 检验,得到的结果见表 4。

从表 4 中可看出,与安徽泾县相比,大贵寺青檀檀皮的灰分、冷水抽出物、热水抽出物、1% NaOH 抽出物、苯-醇抽出物、酸不溶木素含量较高,但水分、综纤维素含量较低。

灰分的主要成分是钙的无机盐,可提高宣纸的润墨性。与安徽泾县青檀檀皮相比,大贵寺檀皮的灰分含量较高,表明用其制造的宣纸在吸墨时更易呈晕状化开,润墨性也会提高。

水抽出物所含有的是部分无机盐类、糖、植物碱、环多醇、单宁、色素以及多糖类物质(如胶、植物粘液、淀粉、果胶质、多乳糖)等。与安徽泾县青檀檀皮相比,大贵寺檀皮的冷水抽出物、热水抽出物含量较高,从树皮的生物结构和纤维成分组成方面综合考虑,这可能意味着大贵寺青檀檀皮中色素、淀粉和果胶质的含量较高。1% NaOH 溶液除能溶解冷水和热水所溶出的物质外,还能溶出部分木素、聚戊

糖、树脂酸及糖醛酸等。大贵寺檀皮的 1% NaOH 抽出物含量极显著地高于安徽泾县青檀檀皮的 1% NaOH 抽出物含量。由于檀皮中的木素、聚戊糖、树脂酸及糖醛酸容易降解,会增加制浆过程中化学药品的消耗。苯-醇抽出物主要是木材中的树脂、脂肪、蜡、可溶性单宁和色素等,其中树脂、脂肪容易与碱发生皂化反应而溶于水中。与安徽泾县青檀檀皮相比,大贵寺檀皮的苯-醇抽出物含量较高,意味着用其造纸会增加碱法制浆时相关药品的消耗。制浆的目的是降解木质素,使纤维分离出来,与安徽泾县青檀檀皮相比,大贵寺檀皮的木质素含量较高,这可能会增加制浆难度。综纤维素是纤维素和半纤维素的总和,纤维素的含量高将使制浆得率提高。与安徽泾县青檀檀皮相比,大贵寺青檀檀皮的综纤维素平均含量较低,这可能是由于安徽泾县青檀为造纸专用栽培品种,在品种形成过程中对综纤维素含量进行了选择。

3.2 大贵寺国家森林公园野生青檀种群的表型多样性

一般而言,纤维成分含量变异必然蕴藏着遗传变异,成分含量变异越大,可能存在的遗传变异就越大;同时,纤维成分含量变异往往具有适应意义,自然群体中保持大的变异贮存对群体是有利的;群体内多种基因型所对应的纤维成分含量范围越广,群体在整体上适应环境的能力就越强^[12]。大贵寺国

表 4 檀皮各纤维成分的单样本 *t* 检验
Table 4 *t*-test of single sample with the bark compositions of *P. tatarinowii*

项目 Item	湖北大贵寺 Daguisi, Hubei	安徽泾县 Jing County, Anhui	检测值与均值的差 Difference between actual and average value	<i>t</i> 值 <i>t</i> value	显著度水平 Significance	95% 置信区范围 95% confidence interval	
						上边界 Up	下边界 Down
水分 Moisture	8.27	11.18	-2.91	-12.55	0.000	-2.451	-3.376
灰分 Ash	6.27	5.07	1.20	6.10	0.000	1.596	0.8104
冷水抽出物 Cold water extraction	24.02	19.77	4.25	5.46	0.000	5.806	2.704
热水抽出物 Hot water extraction	26.59	22.5	4.09	7.51	0.000	5.179	3.009
1% NaOH 抽出物 1% NaOH extraction	60.90	56.19	4.71	8.19	0.000	5.861	3.567
苯-醇抽出物 Benzene-alcohol extraction	11.01	7.1	3.91	3.76	0.000	5.983	1.839
综纤维素 Holocellulose	56.76	61.43	-4.67	-5.23	0.000	-2.893	-6.449
酸不溶木素 Acid accumulator insoluble lignin	9.70	9.03	0.67	27.72	0.000	10.395	9.001

家森林公园野生青檀丰富的纤维成分含量变异,很可能是其抗逆性强,得以较大规模保存至今的原因。大贵寺国家森林公园野生青檀纤维成分丰富的表型多样性,使其可作为改良制造宣纸用青檀品种的优良素材,对该野生青檀天然群体遗传多样性和种质资源进行进一步的评价、保护和利用具有重要的意义。

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22卷[M]. 北京: 科学出版社, 1998: 380-382.
- [2] 丁佐龙,何云核,石苏华,潘祖耀. 青檀叶的营养成分分析[J]. 安徽农业大学学报, 1997, 24(1): 18-20.
- [3] 李光友,方升佐,吕家驹,汪祥顺. 立地条件对青檀人工林生物生产力及檀皮产量的影响[J]. 南京林业大学学报:自然科学版, 2001, 25(4): 49-53.
- [4] 方升佐,李光友,湫香香. 立地条件对青檀檀皮中矿物质元素含量的影响[J]. 林业科学, 2002, 38(1): 8-14.
- [5] 方升佐,李光友,李同顺,惠超. 经营措施对青檀人工林生物量及檀皮产量的影响[J]. 植物资源与环境学报, 2001, 10(1): 21-24.
- [6] 方升佐,崔同林,虞木奎. 成土母岩和条龄对青檀檀皮质量的影响[J]. 北京林业大学学报, 2007, 29(2): 122-127.
- [7] Fang S Z, Li G Y, Fu X X. Biomass production and bark yield in the plantations of *Pteroceltis tatarinowii* [J]. *Biomass & Bioenergy*, 2004, 26(4): 319-328.
- [8] 高慧,徐斌,邵卓平. 青檀树皮的化学组成与细胞壁结构[J]. 经济林研究, 2007, 25(4): 28-33.
- [9] 杨振寅,李昆,廖声熙,张忠和,孙永玉. 不同类型构树皮的纤维形态、化学组成与制浆性能研究[J]. 南京林业大学学报:自然科学版, 2007, 31(6): 65-68.
- [10] 时宝茹,张辉勇. 大贵寺国家森林公园青檀资源保护与对策[J]. 湖北林业科技, 2006(4): 54-56.
- [11] 全国造纸工业标准化技术委员会. 造纸原料水分、灰分、冷水抽出物、热水抽出物、1% NaOH、苯-醇抽出物、综纤维素、酸不溶木素、纤维素吸水值的测定标准[DB/OL]. (GB/T 2677. 2-1993、GB/T 2677. 3-1993、GB/T 2677. 4-1993、GB/T 2677. 5-1993、GB/T 2677. 6-1994、GB/T 2677. 10-1995、GB/T 2677. 8-1994,)//中国标准信息网 <http://www.chinaios.com/BZ-shuju/standview-gbtwo-GB-1.html>.
- [12] 王娅丽,李毅,陈晓阳. 祁连山青海云杉天然群体表型性状遗传多样性分析[J]. 林业科学, 2008, 44(2): 70-77.

(责任编辑:王豫鄂)