

栓皮栎软木细胞结构与主要特性

苑一丹,朱玲燕,宋孝周\*

(西北农林科技大学 林学院,陕西 杨陵 712100)

**摘 要:**以秦巴山区栓皮栎软木为原料,对其细胞结构、基本物理特性及化学组成进行研究,以期为栓皮栎软木的预处理及高附加值的应用提供基础数据。通过场发射扫描电镜观察软木的微观结构,利用图像分析软件(Image-Pro Plus 6.0)测量软木细胞的特征参数;按照国家和行业相关标准测量栓皮栎软木的主要物理性能指标和化学组成。结果表明,栓皮栎初生和再生软木细胞是沿树径向排列紧密的薄壁细胞,无细胞间隙,细胞壁均存在明显褶皱,在横切面上,初生和再生栓皮栎的早软木细胞壁平均厚度分别为 1.10 μm 和 1.02 μm,晚软木的细胞壁平均厚度分别为 1.52 μm 和 1.99 μm;在试验范围内,初生和再生软木的厚度测量值范围分别为 6.00~18.92 mm 和 8.55~23.07 mm,皮层厚度测量值范围分别为 0.31~2.21 mm 和 0.42~1.59 mm,密度分别为 0.197~0.355 g·cm<sup>-3</sup> 和 0.198~0.344 g·cm<sup>-3</sup>。解除压力 15 min 后,初生和再生栓皮栎软木的径向压缩回弹率均值分别为 83.16%和 85.86%,解除压力 24 h 后的径向压缩回弹率均值分别为 88.42%和 90.82%;初生和再生栓皮栎软木的主要化学成分有抽提物、软木脂、酸不溶木质素、综纤维素和灰分,其质量分数分别为 12.79%和 11.52%、36.34%和 40.41%、20.12%和 18.40%、18.29%和 21.75%、2.44%和 1.08%,软木脂是栓皮栎软木细胞壁的主要成分。再生软木的主要物理特性总体上优于初生软木,两者化学组成含量的差异是其物理性能差异的主要原因之一。

**关键词:**栓皮栎;软木;细胞结构;物理性能;化学组成

**中图分类号:**S792.18      **文献标志码:**A      **文章编号:**1001-7461(2017)03-0216-05

Cellular Structure and Principal Characteristics of the Cork from *Quercus variabilis*

YUAN Yi-dan,ZHU Ling-yan,SONG Xiao-zhou\*

(College of Forestry,Northwest A&F University,Yangling,Shaanxi 712100,China)

**Abstract:**In order to provide basic data for the pretreatment and high value-added applications of the cork from *Quercus variabilis*,the cork cell structure,physical properties and chemical composition were studied. The microscopic structures were observed with the field emission scanning electron microscopy and the characteristic parameters of cork cells were analyzed with the software of Image-Pro Plus 6.0. The main physical property parameters and chemical composition were measured based on relevant national and industrial standards and literatures. The results showed that the virgin and reproduction cork cells were a homogeneous tissue of thin-walled cells. The cells,as an irregular polyhedral packed in columns parallel to the radial direction of the tree,were structurally arranged without intercellular voids. The corrugation was obvious on the virgin and reproduction cork cell walls. On average,in the transverse section,the cell wall thickness of earlycork of virgin and reproduction cork was 1.10 μm and 1.02 μm,and the cell wall thickness of latecork was 1.52 μm and 1.99 μm,respectively. Within the scope of the test,the thickness ranges of virgin and reproduction cork were 6.00—18.92 mm and 8.55—23.07 mm,respectively. The thickness

收稿日期:2016-12-04 修回日期:2017-01-17

基金项目:国家自然科学基金(31470583)。

作者简介:苑一丹,女,在读硕士,研究方向:栓皮栎软木物理特性。E-mail:258744185@qq.com

\* 通信作者:宋孝周,男,教授,研究方向:木材科学。E-mail:xzhsong@163.com

ranges of annual ring of the virgin and reproduction cork were 0.31—2.21 mm and 0.42—1.59 mm. The density ranges were 0.197—0.355 g·cm<sup>-3</sup> and 0.198—0.344 g·cm<sup>-3</sup>. On average, the radial compression resilience ration of virgin and reproduction cork after pressure relief 15 min were 83.16% and 85.86%, and after pressure relief 24 h were 88.42% and 90.82%, respectively. The chemical composition of virgin and reproduction cork were 12.79% and 11.52% extractives, 36.34% and 40.41% suberin, 20.12% and 18.40% acid-insoluble lignin, 18.29% and 21.75% holocellulose, 2.44% and 1.08% ash. The suberin was the main component of the *Q. variabilis* cork. In general, the main physical properties of reproduction cork were better than that of virgin cork. The difference in content of chemical composition was one of the main reasons of virgin and reproduction cork with different physical performance.

**Key words:** *Quercus variabilis*; cork; cellular structure; physical property; chemical composition

软木也称栓皮,是栓皮树表层的次生保护组织,在解剖学上属于周皮<sup>[1]</sup>。软木是由木栓形成层向外分生形成的,栓皮树在生长 20~25 a,胸径达到 15~20 cm 后即可进行首次剥皮,第 1 次采剥的软木称为初生软木,以后每隔大约 9~15 a 再次采剥的软木称为再生软木<sup>[2-4]</sup>。与一般的树皮不同,软木具有质轻、压缩回弹性好、化学性质稳定等一系列优异性能<sup>[5-6]</sup>,广泛被用来加工葡萄酒瓶塞、地面和墙面装饰材料、密封和衬垫材料以及各类软木用品和饰品等<sup>[7-11]</sup>。

国外软木主要来源于栓皮櫟(*Quercus suber*),其广泛分布在地中海沿岸的葡萄牙、西班牙、阿尔及利亚、突尼斯等欧洲和非洲国家,国外学者对栓皮櫟软木的细胞结构、化学组成、物理力学特性的研究报道较多,有力的促进了栓皮櫟软木的加工和应用<sup>[12-17]</sup>;我国的软木主要来源于栓皮栎(*Quercus variabilis*),我国 22 个省市有分布,陕西秦巴山区是其中心产区之一<sup>[18-19]</sup>。与栓皮櫟软木相比,国内对栓皮栎软木的研究报道相对较少,本研究以陕西秦巴山区所产栓皮栎软木为原料,对其细胞结构、主要物理性能以及化学组成特性进行研究,以期对栓皮栎软木的后续加工应用提供基础数据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料与主要试剂

初生、再生栓皮栎软木来自陕西省凤县(106°24'54"—107°7'30"E, 33°34'57"—34°18'21"N),由陕西秦巴山软木公司提供,在室内自然条件下存放 6 个月以上,试样加工时,平均含水率 6%左右。软木主要化学组成分析所需的试剂有二氯甲烷、无水乙醇、无水硫酸、无水甲醇、氯仿、丙酮、氯化钡均为分析纯,甲醇钠为化学纯。

### 1.2 试验仪器

S-4800 场发射扫描电子显微镜(日本日立),CMT5504 电子万能力学试验机(深圳新三思材料

检测有限公司),DHG-9123A 电热恒温鼓风干燥箱(上海一恒科学仪器有限公司),YP601N 电子天平(上海精密科学仪器有限公司),JP-350A-8 高速万能粉碎机,RE5299 旋转蒸发仪,索式提取器(250ml)等。

### 1.3 软木细胞结构分析

选取初生和再生软木进行徒手剖切,试样长和宽约为 3~5 mm,厚度 1 mm 左右,表面要平整,厚度均匀,经干燥、粘贴、表面喷金后置于场发射扫描电子显微镜中观察,对软木横、径、弦 3 个切面的显微图像进行拍照,应用图像分析软件 Image-Pro Plus 6.0 对软木细胞特征参数进行测定,测量统计约 1 000 个软木细胞,结果取平均值。

### 1.4 软木物理特性测试

软木试材经刨削、打磨及锯切等工序去掉表面硬背皮、内侧凸出部分以及杂质和沟壑,获得表面平整试样,再加工成不同尺寸的试件,供不同物理特性参数的测定使用。

初生和再生软木厚度、密度的测定,参照我国林业行业标准 LY/T1317-2013《栓皮》中有关内容进行,测量密度的试件长宽尺寸均为 16 mm;对于测量厚度的试样用放大镜观察统计相应厚度范围内的年轮层数,利用所得的软木厚度尺寸除以相应层数得到该软木的皮层厚度。

软木吸水率、15 min 和 24 h 后的压缩回弹率的测试参照参考文献<sup>[20]</sup>的方法,试件长宽尺寸均为 16 mm,厚度均>6 mm,吸水率的计算公式如下:

$$W=(M_1-M_0)/M_0 \tag{1}$$

式中:W 为软木试样的吸水率(%);M<sub>1</sub> 为试样吸水 24 h 后的质量(g);M<sub>0</sub> 是试样吸水前的质量(g)。

压缩回弹率的测定是将试件放在力学试验机上加压,加压速度 5 mm·min<sup>-1</sup>,当试样被径向压缩至原高度的 1/2 即受压变形达到 50%时解除压力,分别在 15 min 和 24 h 后测量试件厚度,计算压缩回弹率。

$$R=(T_2-T_1)/T_1 \tag{2}$$

式中: $R$  试样压缩回弹率(%); $T_1$  试样径向压缩变形达到 50%时的厚度(mm); $T_2$  试样解除压力 15 min 或 24 h 后厚度(mm)。

各物理参数测定的试件数量均为 60 个,结果取平均值。

1.5 软木主要化学组成分析

将软木外表面干的硬皮和内皮除去,剔除石细胞和杂质,干燥粉碎后选取 40~60 目的粒子进行化学成分分析。可抽提物的质量分数参照 GB/T 2677. 6-94《造纸原料有机溶剂抽出物含量的测定》和 GB/T 2677. 4-93《造纸原料水抽出物含量的测定》进行,分别用 150 mL 的二氯甲烷、乙醇和水按照溶剂极性递增的顺序进行提取;对除去抽提物的试样再进行软木脂、酸不溶木质素和综纤维素的质量分数测定,软木脂质量分数的测定参照文献<sup>[21]</sup>进行,酸不溶木质素的测定参照 GB/T 2677. 8-94《造纸原料酸不溶木素含量的测定》进行,综纤维素

的测定参照 GB/T 2677. 10-95《造纸原料综纤维素含量的测定》进行,灰分的测定参照 GB/T742-2008《造纸原料、纸浆、纸和纸板灰分的测定》进行。每一化学组分的试验重复 3 次,结果取平均值。

2 结果与分析

2.1 软木细胞结构特征

栓皮栎初生和再生软木细胞是沿栓皮栎树径向排列紧密的薄壁细胞,无细胞间隙。在弦切面上,初生和再生软木细胞呈多边形的蜂窝状排列,3 个相邻细胞在每个顶点相交,多数情况下细胞呈六边形,少量呈五边形、七边形或八边形,两者六边形细胞数量所占比例均超过 65%,两者细胞内腔面积平均值分别为 454. 35  $\mu\text{m}^2$  和 426. 91  $\mu\text{m}^2$ 。在非弦切面上,横切面和径切面细胞结构特征相似,两者细胞主要呈砖墙状平行排列,从几何拓扑关系分析,细胞形状主要有四边形、五边形和六边形(图 1、图 2)。

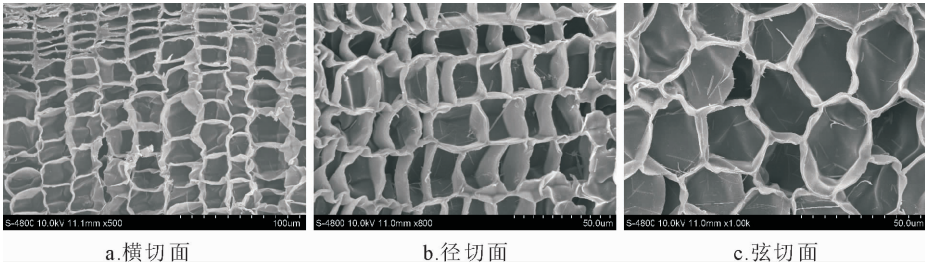


图 1 初生栓皮栎软木电镜扫描

Fig. 1 Scanning electron micrographs of virgin cork from *Quercus variabilis*

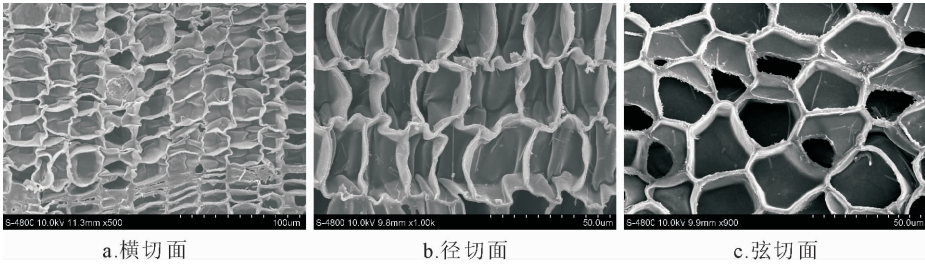


图 2 再生栓皮栎软木扫描电镜图

Fig. 2 Scanning electron micrographs of reproduction cork from *Q. variabilis*

在一个生长周期之内,软木细胞大小会受到季节的影响而产生差异,早软木细胞腔大且细胞壁较薄,晚软木细胞腔小且细胞壁较厚(图 1a、图 2a)。在横切面上,初生和再生软木的早软木细胞壁厚度范围分别在 0. 60~1. 69  $\mu\text{m}$  和 0. 63~1. 59  $\mu\text{m}$ ,平均厚度分别为 1. 10  $\mu\text{m}$  和 1. 02  $\mu\text{m}$ ;晚软木的细胞壁厚度范围分别在 1. 07~2. 00  $\mu\text{m}$  和 1. 19~2. 88  $\mu\text{m}$ ,平均厚度分别为 1. 52  $\mu\text{m}$  和 1. 99  $\mu\text{m}$ 。

初生和再生软木细胞在非弦切面上存在明显的褶皱,它是棱柱状软木细胞侧壁的一个重要特征,每个细胞的 2~3 个侧边有不规则的褶皱,在一些部位

径切面褶皱非常严重(图 2b),但未观察到软木细胞壁断裂情况出现。

2.2 软木物理特性分析

初生栓皮栎软木的平均厚度为 11. 74 mm,再生软木的平均厚度为 15. 17 mm,两者厚度尺寸变化幅度较大;皮层厚度即年轮平均生长厚度,表明软木每年平均生长量的大小,与软木质量的优劣有较大关系,初生和再生软木皮层厚度分别为 0. 75 mm 和 0. 94 mm,初生软木皮层厚度变化范围较大,均匀性较差(表 1)。

初生和再生软木吸水率的平均值分别是

12.52%和 11.42%，与再生软木相比，初生软木均一性较差，试件之间差异性较大，初生软木的吸水率变化范围较大，其值在 8.20%~20.49%之间。

表 1 栓皮栎软木主要物理性能测试结果  
Table 1 Physical properties of the cork from *Q. variabilis*

性能指标		初生软木	再生软木
栓皮厚度/mm	范围	6.00~18.92	8.55~23.07
	平均值	11.74±3.68A	15.17±3.61B
皮层厚度/mm	范围	0.31~2.21	0.42~1.59
	平均值	0.75±0.31A	0.94±0.29B
密度/(g·cm <sup>-3</sup> )	范围	0.20~0.36	0.20~0.34
	平均值	0.28±0.04A	0.23±0.03B
吸水率/%	范围	8.20~20.49	8.10~16.12
	平均值	12.52±2.88a	11.42±1.88b
压缩回弹率 (径向)/%	解除压力 15 min 后	83.16±3.99 A	85.86±2.83 B
	解除压力 24 h 后	88.42±3.08 A	90.82±2.66 B

注:同行不同大写字母代表初生和再生软木之间差异极显著( $P<0.01$ );同行不同小写字母代表初生和再生软木之间差异显著( $0.01<P<0.05$ )

初生与再生软木的密度平均值分别为 0.280 g·cm<sup>-3</sup>和 0.232 g·cm<sup>-3</sup>,解除压力 15 min 后的径向压缩回弹率平均值分别是 83.16%和 85.86%,解除压力 24 h 后的径向压缩回弹率平均值分别是 88.42%和 90.82%,初生软木密度平均值大于再生软木,径向压缩回弹率的均值小于再生软木。

表 2 栓皮栎软木主要化学组成  
Table 2 Chemical composition of the cork from *Q. variabilis*

类型	抽提物				软木脂	酸不溶木质素	综纤维素	灰分
	二氯甲烷抽提物	乙醇抽提物	水抽提物	抽提物总量				
初生软木	7.20	2.33	3.26	12.79	36.34	20.12	18.29	2.44
再生软木	6.39	1.79	3.34	11.52	40.41	18.40	21.75	1.08

### 3 结论与讨论

林业行业标准 LY/T 1317-2013 中规定了软木的质量指标要求,栓皮厚度大、密度低的软木质量更优;皮层厚度即年轮平均生长厚度,直接决定软木质量的优劣,吸水率也决定了软木的应用性能,皮层厚度大、吸水率低、富有弹性的软木质量更优<sup>[22]</sup>。无论是初生还是再生软木,个体试样之间的性能也存在一定的差异。从总体来看,本试验所用初生和再生软木试样的厚度质量指标的平均值只能达到 3 级,两者均未达到一级的试样(标准规定初生和再生软木厚度:1 级≥27 mm,2 级≥18 mm,3 级≥9 mm);密度平均值基本达到 1 级(标准规定初生软木 1 级≤0.28 g·cm<sup>-3</sup>,再生软木 1 级≤0.24 g·cm<sup>-3</sup>)。因此,建议栓皮栎软木的采剥严格执行相

初生和再生软木在栓皮厚度、皮层厚度、密度和压缩回弹率都有极显著差异( $P<0.01$ ),两者的吸水率有显著差异( $0.01<P<0.05$ )。初生软木的皮层平均厚度、平均栓皮厚度低于再生软木,密度明显高于再生软木,初生软木吸水率高于再生软木,解除压力 15 min 和 24 h 的压缩回弹率低于再生软木,可见,与再生软木质量相比,整体上相对较差,其加工应用会受到一定的限制。

### 2.3 软木主要化学组成分析

栓皮栎软木初生和再生软木的主要化学组成包括抽提物、软木脂、木质素、综纤维素和灰分(表 2)。初生和再生软木中可抽提物的总含量分别占 12.79%和 11.52%,其中,二氯甲烷抽提物的含量分别是 7.20%和 6.39%,占总抽提物的 50%以上,软木脂是软木细胞壁的主要成分,软木具有许多优良特性与软木脂有关,初生和再生软木中的含量分别占 36.34%和 40.41%;木质素是软木细胞中仅次于软木脂含量的成分,具有强化组织,增加细胞壁刚性的功能,初生和再生软木中酸不溶木质素的含量分别占 20.12%和 18.40%;综纤维素是半纤维素和纤维素的总称,初生软木中的综纤维素含量略低于再生软木,两者分别占总质量分数的 18.29%和 21.75%;灰分是软木细胞壁中的无机物成分,含有钙、磷、硅、钾等元素,初生软木中灰分占 2.44%,再生软木中灰分占 1.08%的质量分数。

关标准,确保采前软木达到一定厚度,这对于保护我国栓皮栎软木资源、提高利用效率具有重要意义。

软木细胞在三维状态下呈棱柱状,其理想的形态被描述为一个空间的 14 面体,沿树轴径向呈放射状堆积排列。软木的特性与其细胞结构和化学组成密不可分,软木细胞壁薄腔大,细胞腔内充满空气,细胞之间无间隙,细胞壁的主要成分软木脂是由脂肪族区和芳香族区交联构成的一种复杂生物高分子聚合物,抽提物成分中主要有软木蜡和单宁,木质素和多糖给予细胞结构的支撑,抵抗外界压缩,防止细胞坍塌,这些细胞构造及化学组成特征决定了软木具有质轻、富弹性、渗透性低、不传热、不导电、抗酸、耐磨、隔音、防震等特性。二氯甲烷主要溶解蜡质和一些非极性物质,乙醇、水主要溶解酚类和多酚类以及一些小分子的糖分<sup>[23]</sup>。

初生和再生的栓皮栎软木细胞结构相似,但与再生软木相比,初生软木表面裂纹大而深,在试件的3切面上,初生软木较再生软木相比可肉眼观察到较多的杂质,软木中的杂质主要是夹砂和夹杂,夹杂是软木中深黄色或深棕色的杂质,又称皮孔,夹砂又称石细胞,色白质地坚硬,像砂石状的硅化物,在断面上呈线条状。软木吸水能力的大小与其孔隙率有关,孔隙率越大,其吸水能力越强;夹杂实际是皮孔组织和填充细胞,试验样品中初生软木夹杂较多,其孔隙率也越大。此外,由于树龄和生长条件的关系,初生软木中软木脂和综纤维素的含量低于再生软木,而总抽提物、酸不溶木质素以及灰分含量高于再生软木,这些组成的不同是初生和再生软木主要物理性能存在差异的主要原因之一。

初生和再生软木细胞是沿栓皮栎树径向排列紧密的薄壁细胞,在横切面上,初生和再生栓皮栎的早软木细胞壁平均厚度分别为 1.10 μm 和 1.02 μm,晚软木的细胞壁平均厚度分别为 1.52 μm 和 1.99 μm,褶皱是 2 种类型软木细胞结构的主要特征之一。再生软木的主要物理性能指标总体优于初生软木,两者化学成分含量的不同是其物理性能存在差异的主要原因之一。

参考文献:

[1] 白超,张文辉,雷亚芳.秦岭北坡 2 种类型栓皮栎软木生长及特性[J].林业科学,2013,49(4):62-69.  
BAI C,ZHANG W H,LEI Y F. Growth and characteristics of cork from two types of *Quercus variabilis* in north slopes Qinling Mountains[J]. Scientia Silvae Sinicae,2013,49(4):62-69. (in Chinese)

[2] SILVA S P,SABINO M A,FERNANDES E M,*et al.* Cork: properties, capabilities and applications[J]. International Materials Reviews,2005,50(6):345-365.

[3] 魏新莉,向仕龙.软木的热解特性和热力学研究[J].中南林业科技大学学报,2010,30(3):114-118.  
WEI X L,XIANG S L. Study on pyrogenation characteristics and thermodynamics of cork[J]. Journal of Central South University of Forestry & Technology,2010,30(3):114-118. (in Chinese)

[4] DEMERTZI M,DIAS A C,MATOS A,*et al.* Evaluation of different end-of-life management alternatives for used natural cork stoppers through life cycle assessment[J]. Waste Management,2015,46:668-680.

[5] LEQUIN S,CHASSAGNE D,KARBOWLAK T,*et al.* Adsorption equilibria of water vapor on cork[J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry,2010,58(6):3438-3445.

[6] GARCIA Á,ANJOS O,IGLESIAS C,*et al.* Prediction of mechanical strength of cork under compression using machine learning techniques [J]. Materials & Design,2015,82:304-311.

[7] GIL L. Cork composites; a review[J]. Materials,2009,2(3):

776-789.

[8] PINTOR A M A,FERREIRA C I A,PEREIRA J C,*et al.* Use of cork powder and granules for the adsorption of pollutants; a review[J]. Water Research,2012,46(10):3152 - 3166.

[9] ANJOS O,RODRIGUES C,MORAIS J,*et al.* Effect of density on the compression behaviour of cork[J]. Materials & Design,2014,53(1):1089-1096.

[10] DEMERTZI M,RUI P S,NETO B,*et al.* Cork stoppers supply chain; potential scenarios for environmental impact reduction[J]. Journal of Cleaner Production,2015,112:1985-1994.

[11] 宋孝周,傅峰,雷亚芳.软木复合材料研究现状与发展趋势[J].西北林学院学报,2011,26(4):210-213.  
SONG X Z,FU F,LEI Y F. Current research situation and development trend of cork-based composite [J]. Journal of Northwest Forestry University,2011,26(4):210-213. (in Chinese)

[12] 刘艳贞,雷亚芳,周伟,等.欧洲栓皮栎软木构造与物理性质研究进展[J].西北林学院学报,2007,22(6):144-147.  
LIU Y Z,LEI Y F,ZHOU W,*et al.* Research and development of the structure and physical properties of cork from *Quercus suber* [J]. Journal of Northwest Forestry University,2007,22(6):144-147. (in Chinese)

[13] PEREIRA H. Chemical composition and variability of cork form *Quercus suber* L. [J]. Wood Sci. Technol.,1998,22(3):211-218.

[14] SUROVY P,OLBRICH A,POLLE A,*et al.* A new method for measurement of annual growth rings in cork by means of autofluorescence[J]. Tree,2010,23(6):1237-1246.

[15] MIRANDA I,GOMINHO J,PEREIRA H. Cellular structure and chemical composition of cork from the Chinese cork oak (*Quercus variabilis*) [J]. Journal of Wood Science,2013,59(1):1-9.

[16] GIL L. Cork; a strategic material[J]. Frontiers in Chemistry,2014,2(16):1-2.

[17] MATOS A M,NUNES S,SOUSA-COUTINHO J. Cork waste in cement based materials[J]. Materials & Design,2015,85:230-239.

[18] 雷静品,肖文发,刘建锋.我国栓皮栎分布及其生态学研究[J].世界林业研究,2013,26(4):57-62.

[19] 任耀忠,张文辉,周建云.栓皮栎不同变异类型 RAPD 分析[J].西北林学院学报,2013,28(4):66-70.  
REN Y Z,ZHANG W H,ZHOU J Y. RAPD analysis on different variant types of *Quercus variabilis* [J]. Journal of Northwest Forestry University,2013,28(4):66-70. (in Chinese)

[20] 马心.软木橡胶[M].北京:中国林业出版社,1989.

[21] 刘艳贞.栓皮栎软木构造及主要化学成分的分析[D].杨陵:西北农林科技大学,2008.

[22] 赵泾峰.栓皮栎软木膨化除杂工艺与机理研究[D].杨陵:西北农林科技大学,2012.

[23] 赵泾峰,冯德君,张文辉,等.陕西不同天然类型栓皮栎软木的主要化学组分及其利用分析[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2014,42(9):79-82.  
ZHAO J F,FENG D J,ZHANG W H,*et al.* Main chemical components and utilization analyses of different natural *Quercus variabilis* corks in Shanxi[J]. Journal of Northwest A&F University; Natural Science Edition,2014,42(9):79-82. (in Chinese)