

# 栓皮栎研究进展与未来展望

周建云<sup>1</sup>, 林 军<sup>2</sup>, 何景峰<sup>1</sup>, 张文辉<sup>1\*</sup>

(1. 西北农林科技大学 西部环境与生态教育部重点实验室, 陕西 杨陵 712100; 2. 商州市商州区林业局, 陕西 商州 726000)

**摘 要:**综述了国内外近 30 a 来关于栓皮栎生物生态学特性、地理分布、资源培育、综合利用等方面的研究进展, 对当前工作中存在的问题进行了探讨, 对未来栓皮栎的研究工作进行了展望, 以改善生态环境、增加农民收入、促进地方经济发展为目的, 结合生态效益、社会效益和经济效益, 加强残败次生天然林更新、遗传改良、丰产林培育等工作, 为栓皮栎保护恢复和永续利用提供参考。

**关键词:**栓皮栎; 研究进展; 天然林更新; 遗传改良; 丰产林培育

**中图分类号:** S792.189

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1001-7461(2010)03-0043-07

## Review and Perspective on *Quercus variabilis* Research

ZHOU Jian-yun<sup>1</sup>, LIN Jun<sup>2</sup>, HE Jing-feng<sup>1</sup>, ZHANG Wen-hui<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory of Environment and Ecology in Western China, Ministry of Education, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. Forestry Bureau of Shangzhou County, Shangzhou, Shaanxi 726000, China)

**Abstract:** Progress in the researches of *Quercus variabilis* in the recent 30 years was reviewed, including the biological and ecological characteristics, the geographic distribution, the resource cultivation, the comprehensive utilization, etc. Problems existing in the research were explored, and further research directions were proposed. To protect the ecological environment, increase farmers' income, and promote local economic development, the research of *Q. variabilis* should combine the ecological, social and economical benefits, to further study on the issues of the natural regeneration of the secondary forest, genetic improvement, cultivation of high-yield plantation etc.

**Key words:** *Quercus variabilis*; research progress; natural regeneration; genetic improvement; cultivation of high-yield plantation

栓皮栎(*Quercus variabilis*)属壳斗科栎属植物,是我国分布极为广泛的乔木树种之一,树高可达 30 m,胸径可达 1 m,栓皮层极为发达。栓皮栎是我国暖温带海拔 1 600 m 以下地区地带性植被的主要组成树种,也是生产木材、软木、栲胶、薪炭、食用菌等的主要原料,在国际市场的地位仅次于栓皮櫟(*Q. suber*),在发展地方经济、保护生态平衡等方面有着巨大的作用<sup>[1-3]</sup>。有关栓皮栎的研究,科研工作者已经做了大量的工作。本文综述了近 30 a 来与栓皮栎相关的研究动态,对今后栓皮栎的研究作了展望,为更好地保护和利用这一重要的资源树种提供参考。

## 1 研究现状

欧美国家没有栓皮栎分布,但是关于栎属其他树种的研究很多,主要集中在种群恢复与林分更新方面<sup>[4-7]</sup>。有关栓皮栎的研究,主要集中在生物生态学特性、地理分布、资源培育、综合利用等方面。

### 1.1 栓皮栎生物学特性

栓皮栎是多年生落叶乔木树种,不同生境的栓皮栎种群性状参数分化差异明显,叶柄长、叶长、叶宽、栓皮厚度、种长和种宽与纬度呈现二次抛物线关系,叶柄长、叶长和栓皮厚度与海拔高度呈明显的二次抛物线关系,叶宽和种宽与海拔高度呈明显的

收稿日期:2009-03-16 修回日期:2009-11-25

基金项目:西北农林科技大学唐仲英育种基金;国家自然科学基金项目(30872018;30740059);国家林业局推广项目(2009028);陕西省自然科学基金重点项目(2009JZ005)

作者简介:周建云,男,硕士,实验师,主要从事天然林保护及森林植物分类教学与研究工作。

\* 通讯作者:张文辉,男,教授,主要从事天然林保护与种群生态学教学与科研工作。E-mail: zwhckh@163.com。

正线性相关,种子长度与海拔呈典型的负线性相关。栓皮栎结实存在大小年现象,结实的大小年与年龄、生境之间存在着较大的差异。天然群体遗传变异主要集中在群体内部,群体间变异很小<sup>[8-10]</sup>。对天然次生栓皮栎林在不同季节的光合特性研究表明,栓皮栎光补偿点为  $40.00 \sim 42.21 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,光饱和点为  $1\,000 \sim 1\,600 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,表观光量子效率为  $0.014 \sim 0.060 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ ;栓皮叶片的  $\text{CO}_2$  补偿点为  $57.54 \sim 72.00 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,叶片在生长末期光呼吸速率为  $0.952 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ <sup>[11-12]</sup>。

栓皮栎分布极为广泛,由于受研究条件所限,这些研究成果都具有明显的阶段性或局域性,仍需要进一步系统研究。

## 1.2 生态学特性

栓皮栎林能较好的净化环境,吸收和转化空气中的重金属元素,对大气  $\text{CO}_2$  增长的趋势有反馈调节作用,发达的根系可有效减少降雨对地面的侵蚀,拦截泥沙流失,缓冲径流,稳定表土,在分布区水土保持中发挥着重要的作用<sup>[13-15]</sup>。关于栓皮栎生态学特性方面的研究主要集中在群落结构特征与类型划分、生物多样性特征、种群动态和生态功能等方面<sup>[16-26]</sup>。如朱志诚<sup>[26]</sup>对秦岭北麓的栓皮栎群落进行了描述,并将其划分为 12 个类型;吴明作等<sup>[22-24]</sup>对河南省内不同干扰程度下栓皮栎种群的年龄动态、生殖生态特征、生态位特征、生命进程及稳定性进行了分析研究;张文辉等<sup>[27-31]</sup>系统地研究了秦岭北坡栓皮栎种群动态,并对陕西不同林区栓皮栎种群空间分布格局及动态进行了对比研究;韩照祥等<sup>[32-36]</sup>系统研究了陕西省境内栓皮栎种群的性状分化、地理变异性、空间分布格局,并对各年龄组的结构和数量动态进行了预测;李登武等<sup>[37]</sup>研究了秦岭北坡和巴山北坡栓皮栎群落主要乔木树种的种间联结性,应用分形理论和方法,分析了黄龙山区、秦岭北坡以及巴山北坡栓皮栎种群空间分布格局的计盒维数与信息维数,表明这一地域栓皮栎种群占据生态空间的能力、聚集程度、种群密度等都是最大的,最适合栓皮栎种群生长和演替。

## 1.3 地理分布

栓皮栎原产地中海沿岸,目前世界各地广泛栽培,其水平分布约在  $22 \sim 42^\circ\text{N}$ ,  $99 \sim 122^\circ\text{E}$  之间。在中国北自辽宁南部、燕山山脉南坡以南;西从太行山起,延至山西的吕梁山、中条山、陕西北部的黄龙山,到甘肃的小陇山、麦积山,经甘肃南部到四川西部山地和川西高山峡谷地区,达云南贡州地区;南至

云南的文山、蒙自、石屏、西双版纳,广西的西北各县,如隆林、天峨、凌云、田林、百色等,广东的乐昌一带;东从辽东半岛旅大区开始,经山东的崂山至江苏、浙江、福建沿海低山丘陵,跨海到台湾,一直到广东东北部的沿海地区<sup>[3-4,19,37-43]</sup>。

关于栓皮栎的地理分布中心,学者们的观点略有不同。吴征镒认为在安徽大别山、河南桐柏山和陕西的秦岭;郑万钧认为在鄂西、秦岭和大别山区;傅焕光认为在陕西的秦岭、河南的伏牛山、桐柏山、安徽的大别山、鄂西和川东一带。三者的观点虽然有一些差异,但秦岭和大别山作为栓皮栎的分布中心,学者们的观点是比较一致的。实际上,秦岭向东延伸与伏牛山和桐柏山相连,伏牛山向东南继续延伸,最终与大别山相连。秦岭向南与大巴山相系,大巴山延伸到鄂西和川东。因此,秦岭山地和大别山地相连形成一个分布中心<sup>[25]</sup>。

## 1.4 资源培育

关于栓皮栎的繁殖特性、苗木培育、造林技术等培育方面的研究较多,但大都是针对某一地区的栓皮栎林开展的研究,具有明显的地理局限性<sup>[14,39-41,44-51]</sup>。栓皮栎实生林木结实年龄  $15 \sim 20 \text{ a}$ ,萌生林  $5 \sim 10 \text{ a}$ ,开花和结实量与光照有密切关系。光照条件好,结实量较大,但是光照充足也为病虫害的发生创造了条件,结实量较大的植株,果实的病虫害也较严重。同时,栓皮栎果实还受到鼠类取食和搬运的危害。栓皮栎种子没有休眠期,果实在落地之后,如果遇到多雨的天气,很多种子萌发,很快到来的冬季则可能对其中一部分幼苗造成致命的伤害。实生苗在幼龄林中占有一定的比重,对于保持种群的遗传多样性具有重要意义。无性繁殖在栓皮栎林更新中发挥着重要的作用,主要从伐根上萌生,随伐根直径增加,萌条数增加;天然萌芽更新的林木,早期生长迅速,年树高生长量  $1 \text{ m}$  左右,直径生长量  $1 \text{ cm}$  左右,一般  $5 \sim 6 \text{ a}$  生以后生长减缓。萌生的代数越多,伐桩越高,萌条生长速度越慢。在人为干扰较小的成熟林内,萌生幼苗较少,实生幼苗较多,密度较小。但是在林窗地段,实生幼苗密度较高。而在人为干扰强烈的地段,占主导地位的是从伐根上萌生的幼苗,生长迅速,早期郁闭成林,形成栓皮栎纯林。但是,通过  $5 \sim 6 \text{ a}$  的环境筛选,能成为幼树或成年树的个体较少。在干扰较小的地段,无论是实生幼苗还是无性繁殖幼苗,密度都较小,而在干扰增加的情况下,二者都有所增加,表明存在着一种调节苗库大小的机制,这种机制可能通过调节种子库的大小和无性繁殖(萌芽)能力来实现<sup>[25]</sup>。

漆民楷等<sup>[2]</sup>根据栓皮栎的生物学特性,采用树干解析和生物量测定,分析了栓皮栎的生长进程及其生物量的增长进程,提出了栓皮栎薪炭林的轮伐期为 6 a,对营造栓皮栎薪炭林进行了投入产出经济效益分析,为栓皮栎薪炭林培育提供参考。周建云等<sup>[52]</sup>针对栓皮栎良种选育进行了栓皮栎优树选择标准和方法的研究。栓皮栎地理分布广泛,天然群体中蕴藏着大量的优良遗传类型,应开展栓皮栎良种选育研究,培育栓皮栎丰产林,加快栓皮栎林恢复进程。

### 1.5 综合利用

1.5.1 重要的能源用材树种 栓皮栎喜光,根系发达,萌芽更新能力强,产柴量高,经多次砍伐仍能天然更新成林,是缺柴地区采用短轮伐期、矮林作业经营薪炭林的优良薪材树种,为缓解广大山区农民缺柴状况起了一定作用<sup>[29,53]</sup>。随着我国人民生活水平的提高,人们对居住环境的更高要求使得木材类天然材料的使用量急剧增加,栓皮栎木材具有丰富的木射线组织,花纹美观,光泽度好,木材硬度大,其材质坚实耐用,耐腐、耐磨、耐冲击、耐水湿,惟干燥易裂,可供作船舶、家具、建筑、车辆、枕木、矿柱、地板等,深受人们喜爱,是我国重要的用材树种。

进入 21 世纪,生物质能源的工业化生产在欧美各国迅速发展,生物质能是国际能源领域竞相开发的重点对象。瑞典、匈牙利、德国等用固体燃料发电和供应暖气,这些固体燃料主要来自专门培育的高热值的能源树种如柳树、刺槐和红栎等。我国利用生物质能基本局限在直接燃烧(如栓皮栎)、制碳等初级阶段,热能利用率很低,资源浪费大,易造成环境污染,相反对进口原油的依存度很高。开发利用能源树种栓皮栎,解决生物质能转换关键技术,培育大面积速生丰产林,不仅拉动绿色能源基地建设,带动载能工业的发展,而且造福山区农民。

1.5.2 软木工业和栲胶生产的主要原材料 软木,也称栓皮,是栓皮栎或栓皮槲树皮的一部分,主要由木栓细胞组成软而厚的木栓层(外皮)。它具有良好的弹性和减震功能,还具有优良的吸音、隔热、防潮、防滑、耐压、耐腐、耐磨、耐酸碱、比重小、浮力大、不透水、不透气、抗静电、防火等性能,主要用来制作软木地板、瓶塞、救生圈、救生衣、凉筏、玩具、运动帽、特种设计运输带、装饰材料、防震材料、绝缘衬垫材料、传动无声材料、绝缘衬垫材料、工艺品等。栓皮粉还可调入油漆,油漆船、锅炉、仓库、墙壁等,以防湿保温<sup>[54-56]</sup>。

栲胶是以含有单宁(鞣料)的植物树皮、根、茎、枝、叶、果等为原料经加工而成的固体产品,是制革、

纺织印染、石油化工、塑料、医药工业的重要原料。经济价值较大的鞣料植物有麻栎、栓皮栎、板栗、栲树等,它们的皮、根、枝、叶、果鞣质含量均在 10%~30%以上,但植物不同部位鞣质含量不同。栓皮栎主要取其壳斗作为栲胶的提取原料,种壳可提取栲胶和黑色染料,种仁浸泡液含有单宁,经浓缩即成栲胶,每 50 kg 种子可得栲胶 12.5 kg 左右<sup>[57]</sup>。

1.5.3 栓皮栎的生药学研究 栓皮栎的幼叶含有一种水溶性没食子鞣酸的多羟酚,毒性很高,牛误食幼叶后即发生中毒,死亡率在 47%以上。栓皮栎糖浆对食管癌前期病变有阻断作用,能增强巨噬细胞的吞噬功能及提高血清溶菌酶的含量,能显著增强机体的免疫功能,对晚期肿瘤病人有缓解症状、延长生命的作用,是一种高效、低毒的中草药,有延长肿瘤患者生存期及减轻症状的作用<sup>[58]</sup>。周立红等<sup>[59-60]</sup>对栓皮栎叶片化学成分及抗炎活性筛选进行了研究,共分离出 11 个化合物,鉴定了 9 个,其中蒲公英赛醇(taraxerol)和胡萝卜苷(daucosterol)为栓皮栎中首次分离得到,3-表环桉烯醇(3-epicycloeu-calenol)为栎属中首次分离得到。3-表环桉烯醇-24 酮(3-epicycloeuca-lenol-24-one)、3-表环桉烯醇乙酸酯(3-epicycloeuca-lenyl-acetate)和栓皮栎酸(valia-bilic acid)为文献未见报道的新化合物,并对栓皮栎中得到的单体化合物 3-表环桉烯醇(3-epicycloeuca-lenol)进行了初步的抗炎活性研究。这些研究仅仅徘徊在初级阶段,并未深入到临床应用,存在着极大的研究空间。

1.5.4 其他用途 栓皮栎坚果中含有大量淀粉,种仁的淀粉含量达 51.34%,每 50 kg 约合 41 kg 玉米;提取单宁后的淀粉可加工成面粉、粉丝等食品。坚果可作制葡萄糖原料,糖化率达 37%,维生素 B<sub>2</sub> 含量为 3.8 mg·kg<sup>-1</sup>,为大米的 10 倍。坚果还可酿酒,出酒率为 25%~40%,去掉单宁的种实加工副产品可作猪、牛、羊饲料。种壳可制活性炭,每 50 kg 种子可脱壳 12.5 kg,制活性炭 1.5~2.0 kg。侧枝废料可栽培食用菌,是培育香菇、木耳等食用菌的优质原料,叶可饲养柞蚕<sup>[61]</sup>。

## 2 研究展望

### 2.1 残败次生林复壮

由于历史原因,栓皮栎林大多被沦为残败次生林,生产力大为下降,致使生产软木、栲胶、木材等的原料极为短缺,同时造成环境恶化、水土流失严重等一系列问题。解决残败次生林问题,使栓皮栎林能够较快恢复、多年利用、天然更新,是栓皮栎研究者

首要解决的问题。

近年来,学者们对栓皮栎种群恢复的研究重点主要集中在种群分布、种群动态及其群落特征等方面,而针对一个物种进行系统研究,阐明种子成苗过程和无性繁殖的机理研究不多。栓皮栎有性生殖策略是以多种子取胜,虽然有大小年之分,但产种(坚果)量丰富;种子萌发后主要发育根系,在形成庞大根系后地上部分开始加速生长<sup>[30]</sup>。栓皮栎无性繁殖主要是在伐桩上萌生幼苗,根系受到外界刺激后也能产生无性系分株。在低海拔(1 000 m)地区或人为干扰严重的次生林分中,萌生起源的种群在群落中作用重大。因此,也必须对无性繁殖规律进行深入研究,探索种群伐桩、根系萌芽规律及其与环境因素的关系,为种群复壮提供参考。

2.2 栓皮栎遗传改良

我国林业发展和生态建设中涉及的最主要问题就是森林培育、森林保护、森林利用和森林管理,而树种选择和树种改良又是最基本的问题,从某种程度上讲,甚至决定着造林的成效和林业的发展方向。事实证明,造林树种通过遗传改良是林业生产最为有效的途径,可以直接将科技成果应用于生产,获得事半功倍的效果,并且在林业的可持续发展中获得可持续的收获。以壳斗科树种为主组成的各种森林在我国森林中占主要地位,栓皮栎等许多树种由于在生态建设和林业生产中的重要作用而被各地列为造林树种,但相对于其他主要造林树种而言,遗传改良严重滞后,造林用种的良好化、基地化还未起步,严重影响林业生产,是需要亟待解决的问题。

优良种质资源在育种过程中往往起关键作用。长期以来,对栓皮栎种质资源研究、评价不够深入,没有充分发掘利用,特别是对野生资源的研究更少。缺乏优良种质种源,已成为限制栓皮栎育种工作的重要因素。由于地理隔离、自然选择等原因,栓皮栎天然群体内存在着极为丰富的表型变异,其中有些变异具有很高的经济价值。在资源收集、保存的基础上,通过遗传测定和评价,筛选出符合培育目标的繁殖材料进行推广应用,同时,将生物技术同栓皮栎育种研究相结合,是今后的主要研究方向。

2.3 丰产林培育

我国大部分地区气候干燥,自然条件严酷,生态环境恶化,林业建设任务重、问题多,尤其北方地区最为严重。发展速生丰产林,要求高、难度大。栓皮栎是我国的主要造林树种,因此,研究解决在特定条件下的栓皮栎速生丰产栽培技术,具有十分重要的意义。

当前栓皮栎林退化严重,大部分已成为残败次生林,生产力大为下降,严重影响到我国软木、栲胶等产业的发展,培育栓皮栎速生丰产林已成为当务之急。尽管有学者对栓皮栎的栽培技术做了研究,但未形成系统的栽培技术,达不到培育速生丰产林的要求,并没有改变栓皮栎林生产力低下的现状。栓皮栎既有有性繁殖,又有无性繁殖,其栽培技术比较复杂。对栓皮栎速生丰产栽培技术进行研究,形成一整套栽培技术,为栓皮栎速生丰产林培育提供科技支撑,是广大林业工作者、研究者的主要任务。

参考文献:

[1] GUAMA J, LINERA G. Edge effect on acorn removal and oak seedling survival in Mexican lower montane forest fragments [J]. New Forests, 2006, 31: 487-495.

[2] 漆民楷, 陈红. 栓皮栎薪炭林研究[J]. 四川林业科技, 1992, 13 (1): 72-76.

QI M K, CHEN H. Firewood forest on *Quercus variabilis* [J]. Journal of Sichuan Forestry Science and Technology, 1992, 13 (1): 72-76.

[3] 高根虎, 卢从祥. 陕西省软木工业发展的优势及对策[J]. 陕西林业科技, 2002 (1): 63-65.

GAO G H, LU C X. Development advantage and strategy of cork industry in Shaanxi [J]. Journal of Shaanxi Forest Science and Technology, 2002 (1): 63-65.

[4] CALCERRADA J, PARDOS J, GIL L, et al. Summer field performance of *Quercus petraea* (Matt.) Liebl and *Quercus pyrenaica* Willd seedlings, planted in three sites with contrasting canopy cover [J]. New Forests, 2007, 33: 67-80.

[5] CALCERRADA J, PARDOS J, GIL L, et al. Acclimation to light in seedlings of *Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl. and *Quercus pyrenaica* Willd. planted along a forest-edge gradient [J]. Trees, 2007, 21: 45-54.

[6] FUCHSA M A, KRANNITZB P G, HARESTAD A S. Factors affecting emergence and first-year survival of seedlings of Garry oaks (*Quercus garryana*) in British Columbia [J]. Canada, Forest Ecology and Management, 2000, 137: 209-219.

[7] MCEVOY P, MCADAMI J, LOSADA M, et al. Tree regeneration and sapling damage of pedunculate oak *Quercus robur* in a grazed forest in Galicia, NW Spain: a comparison of continuous and rotational grazing systems [J]. Agroforestry System, 2006, 66: 85-92.

[8] 王献溥, 李俊清. 广西落叶栎林的分类研究[J]. 广西植物, 1999, 19(4): 323-333.

WANG X B, LI J Q. The study of deciduous oak forests classification in Guangxi [J]. Guihaia, 1999, 19(4): 323-333.

[9] 周建云, 郭军战, 杨祖山. 栓皮栎天然群体过氧化物酶同工酶遗传变异分析[J]. 西北林学院学报, 2003, 18(2): 33-36.

ZHOU J Y, GUO J Z, YANG Z S. Variation of peroxidase isozyme on natural populations of *Quercus variabilis* [J]. Journal of Northwest Forestry College, 2003, 18(2): 33-36.

[10] 朱选伟, 叶永忠, 杜卫兵. 栓皮栎植冠的构型分析[J]. 河南科

学,2001,19(1):65-68.

ZHU X W, YE Y Z, DU W B. Architectural analysis of crown geometry in *Quercus variabilis* [J]. Henan Science, 2001, 19 (1):65-68.

[11] 武康生. 栓皮栎苗木的水分关系[J]. 北京林业大学学报, 1990, 12(3):26-33.

WU K S. Water relations of oriental Oak(*Quercus variabilis* Bl.) seedlings [J]. Journal of Beijing Forestry University, 1990, 12(3):26-33.

[12] 谢会成, 朱西存. 水分胁迫对栓皮栎幼苗生理特性及生长的影响[J]. 山东林业科技, 2004(2):6-7.

XIE H C, ZHU X C. The effect of water stress on the photo-synthetic characteristics and growth yield of oriental oak seedlings [J]. Journal of Shandong Forestry Science and Technology, 2004(2):6-7.

[13] 蔡志全, 阮宏华, 叶镜中. 栓皮栎林对城郊重金属元素的吸收和积累[J]. 南京林业大学学报, 2001, 25(1):18-22.

CAI Z Q, RUAN H H, YE J Z. A Preliminary study on the absorption and accumulation in oak (*Quercus variabilis*) stand in suburb of Nanjing [J]. Journal of Nanjing Forestry University, 2001, 25(1):18-22.

[14] 邵泽坦. 刺槐栓皮栎混交林调查报告[J]. 山东林业科技, 1992, (3):33-35.

SHAO Z T. Investigation of *Robinia pseudoacacia* and *Quercus variabilis* mixed forest [J]. Journal of Shandong Forestry Science and Technology, 1992, (3):33-35.

[15] 叶荣启, 周仁禄, 冯精华. 闽北栓皮栎人工林土壤肥力与水源涵养功能的研究[J]. 福建林学院学报, 1995, 15(4):353-356.

YE R Q, ZHOU R L, FENG J H. Studies on soil fertility and function of water conservation of oriental oak plantation in Northern Fujian [J]. Journal of Fujian College of Forestry, 1995, 15(4):353-356.

[16] 程瑞梅, 肖文发. 河南宝天曼栓皮栎林群落特征及物种多样性 [J]. 植物资源与环境, 1999, 7(4):8-13.

CHENG R M, XIAO W F. Community characteristics of *Quercus variabilis* forest and species diversity in Baotianman, Henan Province [J]. Journal of Plant Resources and Environment, 1999, 7(4):8-13.

[17] 黄可, 淮虎银. 南五台栓皮栎林结构及分类的初步研究[J]. 陕西师大学报:自然科学版, 1989, 17(3):54-56.

HUANG K, HUAI H Y. A Study on the structure characteristics and community classification of the form *Quercus variabilis* in Nanwutai [J]. Journal of Shaanxi Normal University: Natural Science Edition, 1989, 17(3):54-56.

[18] 刘德章, 侯箕, 金烈谊, 等. 太行山南部栓皮栎天然次生林灰色关联分析[J]. 河北林学院学报, 1996, 11(2):165-169.

LIU D Z, HOU J, JIN L Y. Preliminary report of the studies on eating attractant for apriona germeri [J]. Hebei Journal of Forestry and Orchard Research, 1996, 11(2):165-169.

[19] 刘玉萃, 吴明作, 郭宗民, 等. 宝天曼自然保护区栓皮栎林生物量和净生产力研究[J]. 应用生态学报, 1998, 9(6):569-574.

LIU Y C, WU M Z, GUO Z M, *et al.* Biomass and net productivity of *Quercus variabilis* forest in Baotianman Natural Reserve [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 1998, 9 (6):569-574.

[20] 史作民, 刘世荣, 程瑞梅. 宝天曼地区栓皮栎林恢复过程中高等植物物种多样性变化[J]. 植物生态学报, 1998, 22(5):415-421.

SHI Z M, LIU S R, CHENG R M. Changes in plant species diversity in a restoration sequence of *Quercus variabilis* forest stands in Baotianman Mountain [J]. Acta Phytocologica Sinica, 1998, 22(5):415-421.

[21] 宋轩, 李树人, 姜凤岐. 长江中游栓皮栎林水文生态效益研究 [J]. 水土保持学报, 2001, 15(2):76-79.

SONG X, LI S R, JIANG F Q. Eco-hydrological benefit of the middle Yangtze River shelter forest [J]. Journal of Soil Water Conservation, 2001, 15(2):76-79.

[22] 吴明作, 姜志林, 刘玉萃. 栓皮栎种群年龄动态和稳定性关系研究[J]. 河南科学, 1999, 17(1):69-73.

WU M Z, JIANG Z L, LIU Y C. The age structure ecology and stable mechanism of *Quercus variabilis* population [J]. Henan Sciences, 1999, 17(1):69-73.

[23] 吴明作, 刘玉萃, 姜志林. 栓皮栎种群生殖生态与稳定性机制研究[J]. 生态学报, 2001, 21(2):225-230.

WU M Z, LIU Y C, JIANG Z L. The reproductive ecology and stable mechanism of *Quercus variabilis* population [J]. Acta Ecologica Sinica, 2001, 21(2):225-230.

[24] 吴明作, 刘玉萃, 杨玉珍, 等. 河南省栓皮栎林主要种群的生态位研究[J]. 西北植物学报, 1999, 19(3):511-518.

WU M Z, LIU Y C, YANG Y Z, *et al.* Study on niche of main population of *Quercus variabilis* (Fagaceae) forest in Henan Province [J]. Acta Botanica Boreali-occidentalia Sinica, 1999, 19(3):511-518.

[25] 张文辉, 卢志军, 李景侠, 等. 陕西不同林区栓皮栎种群空间分布格局及动态的比较研究[J]. 西北植物学报, 2002, 22(3):476-483.

ZHANG W H, LU Z J, LI J X, *et al.* A comparative study on spatial distribution pattern and its dynamics of *Quercus variabilis* populations among different forest areas in Shaanxi Province, China [J]. Acta Botanica Boreali-occidentalia Sinica, 2002, 22(3):476-483.

[26] 朱志诚. 秦岭北麓的栎林[J]. 陕西林业科技, 1979(4):1-5.

ZHU Z C. Oak forest in the northern slope of Qinling Mountain [J]. Journal of Shaanxi Forest Science and Technology, 1979(4):1-5.

[27] 张文辉, 段宝利, 周建云. 不同种源栓皮栎幼苗水分适应及耐旱特性比较研究[J]. 西北植物学报, 2003, 23(5):728-734.

ZHANG W H, DUAN B L, ZHOU J Y. A comparative study on characters of drought resistance for four provenances of *Quercus variabilis* [J]. Acta Botanica Boreali-occidentalia Sinica, 2003, 23(5):728-734.

[28] 张文辉, 段宝利, 周建云. 不同种源栓皮栎幼苗叶片水分关系和保护酶活性对干旱胁迫的响应[J]. 植物生态学报, 2004, 28 (4):483-490.

ZHANG W H, DUAN B L, ZHOU J Y. Water relations and activity of cell defense enzymes to water stress in seedling leaves of different provences of *Quercus variabilis* [J]. Acta Phytocologica Sinica, 2004, 28(4):483-490.

[29] 张文辉,李景侠.安康汉中地区栎林资源利用现状及分析[J].林业科技通讯,1989(10):11-13.  
ZHANG W H,LI J X. Analyse the oak forest resource utilization in Ankang and Hanzhong[J]. Forest Science and Technology, 1989(10):11-13.

[30] 张文辉,卢志军. 栓皮栎种群的生物生态学特性和地理分布研究[J]. 西北植物学报,2002,22(5):1093-1101.  
ZHANG W H,LU Z J. A study on the biological and ecological property and geographical distribution of *Quercus variabilis* population[J]. Acta Botanica Boreali-occidentalia Sinica, 2002,22(5):1093-1101.

[31] 张文辉,卢志军,李景侠,等. 秦岭北坡栓皮栎种群动态的研究[J]. 应用生态学报,2003,14(9):1427-1432.  
ZHANG W H,LU Z J,LI J X, *et al.* A comparative study on spatial distribution pattern and its dynamics of *Quercus variabilis* populations among different forest areas in Shaanxi Proviance,China[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2003,14(9):1427-1432.

[32] 韩照祥,张文辉,山仑. 陕西不同地区栓皮栎种群年龄结构动态模型的研究[J]. 西北植物学报,2004, 24(2):254-255.  
HAN Z X,ZHANG W H,SHAN L. Study on simulation and prediction of *Quercus variabilis* population increase in different regions in Shaanxi[J]. Acta Botanica Boreali-occidentalia Sinica, 2004, 24(2):254-255.

[33] 韩照祥,张文辉,山仑. 陕西地区栓皮栎种群统计特征的区域变异性研究[J]. 干旱区资源与环境,2004, 15(3):148-153.  
HAN Z X,ZHANG W H,SHAN L. Study on area variability of *Quercus variabilis* population's demonography characteristics in Shaanxi region[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2004, 15(3):148-153.

[34] 韩照祥,张文辉,山仑. 不同地区不同尺度下栓皮栎种群的空间分布格局[J]. 西北植物学报,2005,25(6):1216-1221.  
HAN Z X,ZHANG W H,SHAN L. Spatial distribution patterns of *Quercus variabilis* population in different regions by different measurement yardsticks [J]. Acta Botanica Boreali-occidentalia Sinica, 2005,25(6):1216-1221.

[35] 韩照祥,山仑. 栓皮栎种群变异与适应对策研究[J]. 林业科学, 2005,41(6):16-22.  
HAN Z X,SHAN L. Variation and adaptive countermeasures of *Quercus variabilis* population in Shaanxi Province[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2005,41(6):16-22.

[36] 韩照祥,张文辉,山仑. 陕西不同地区栓皮栎种群增长模拟与预测预报的研究[J]. 西北植物学报,2003,23(6):911-915.  
HAN Z X,ZHANG W H,SHAN L. Study on simulation and prediction of *Quercus variabilis* population increase in different regions in Shaanxi [J]. Acta Botanica Boreali-occidentalia Sinica, 2003,23(6):911-915.

[37] 李登武,刘国彬,张文辉. 秦巴山地栓皮栎所在群落主要乔木树种间联结性的研究[J]. 西北植物学报,2003,23(6):901-905.  
LI D W,LIU G B,ZHANG W H. A study on interspecific association of principal tree species in the communities including *Quercus variabilis* on the Qinling and Bashan Mt. [J]. Acta Botanica Boreali-occidentalia Sinica, 2003,23(6):901-905.

[38] 姚增玉,张存旭,张文辉. 栓皮栎核型及体胚发生的细胞学特性研究[J]. 植物研究,2006,26(1):58-62.  
YAO Z Y,ZHANG C X,ZHANG W H. Karyotype and cytological characters of embryogenesis in *Quercus variabilis*[J]. Bulletin of Botanical Research, 2006,26(1):58-62.

[39] 张存旭,宋敏,赵忠. 栓皮栎茎段离体培养的研究[J]. 西北植物学报,2004,24(7):1260-1265.  
ZHANG C X,SONG M,ZHAO Z. In vitro cultivation of nodal segments of the cork tree (*Quercus variabilis*) [J]. Acta Botanica Boreali-occidentalia Sinica, 2004,24(7):1260-1265.

[40] 张存旭,姚增玉,赵忠. 栓皮栎体胚诱导关键影响因素研究[J]. 林业科学,2005,41(2):174-178.  
ZHANG C X,YAO Z Y,ZHAO Z. Factors influencing the induction of somatic embryogenesis in *Quercus variabilis*[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2005,41(2):174-178.

[41] 张存旭,张瑞娥,张文辉,等. 不同群体栓皮栎栓皮性状变异分析[J]. 西北林学院学报,2003,18(3):34-36.  
ZHANG C X,ZHANG R E,ZHANG W H,*et al.* Population variation analysis on cork characters of *Quercus variabilis* [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2003,18(3):34-36.

[42] 郑万钧. 中国树木志(第二卷) [M]. 北京:中国林业出版社,1985. 2198-2354.

[43] ABRAHAMSON W, JAMES L. Relation of ramet size to acorn production in five oak species of xeric upland habitats in south-central Florida[J]. American Journal of Botany,2002, 89(1): 124-131.

[44] 陈孝毓. 闽北 36 年生栓皮栎人工造林效果调查[J]. 河北林果研究,1998(3):147-151.  
CHEN X Y. Studies on the effects of silviculture of 36 year-old oriental oak plantation in north Fujian [J]. Hebei Journal of Forestry and Orchard Research, 1998(3):147-151.

[45] 刘春江. 北京西山地区人工油松栓皮栎混交林生物量和营养元素循环的研究[J]. 北京林业大学学报,1987, 9(1):1-9.  
LIU C J. Study on the biomass and nutrient cycling of the mixed plantation of *Pinus tabulaeformis* and *Quercus variabilis* in Xishan region,Beijing[J]. Journal of Beijing Forestry University, 1987, 9(1):1-9.

[46] 杨红旗,段群迷,黄桂,等. 矿区废弃地栓皮栎生长规律研究[J]. 河南科学,2002,20(2):157-160.  
YANG H Q,DUAN Q M,HUANG G, *et al.* Study on the law of growth of *Quercus variavilis* in abandoned mining area [J]. Henan Sciences, 2002,20(2):157-160.

[47] 张存旭,宋敏,赵忠. 植物生长调节物质对栓皮栎茎芽增殖和生长的影响[J]. 西北林学院学报,2004,19(2):64-66.  
ZHANG C X,SONG M,ZHAO Z. Influence of growth regulators on shoot proliferation and growth in *Quercus variabilis* [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2004,19(2):64-66.

[48] 张理宏. 栓皮栎扣杯直播造林技术[J]. 林业实用技术,1992(4):26-27.  
ZHANG L H. Button cup live afforestation in *Quercus variabilis*[J]. Forest Science and Technology, 1992(4):26-27.

[49] 张文东. 提高栓皮栎林分经营效益的技术实践[J]. 山西林业,

2000(5):22.

ZHANG W D. The technology practice to improve operating efficiency of Cork oak stands[J]. Forestry of Shanxi, 2000(5):22.

[50] 张永亮,王晓军,张文恒. 中条山栓皮栎材种出材率表的编制与应用[J]. 山西林业科技,1997(2):10-13.

ZHANG Y L, WANG X J, ZHANG W H. Construction and application of the assortment outturn table for *Quercus variabilis* stands in Zhongtiao Forest Region[J]. Shanxi Forestry Science and Technology, 1997(2):10-13.

[51] 郑均宝,于力,王德艺. 影响栓皮栎等造林成活因素的研究[J]. 河北林果研究,1990,5(1):33-36.

ZHENG J B, YU L, WANG D Y. Study on factors influencing forestation suevival rate of oriental oak (*Quercus variabilis* Bl.) ETC. [J]. Hebei Journal of Forestry and Orchard Research, 1990,5(1):33-36.

[52] 周建云,杨祖山,郭军战,等. 栓皮栎优树选择标准和方法的初步研究[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版, 2003,31(3):151-154.

ZHOU J Y, YANG Z S, GUO J Z, *et al.* Study on plus tree selection criteria and methods of *Quercus variabilis* [J]. Journal of Northwest A&F University: Natural Science Edition, 2003,31(3):151-154.

[53] 曲式曾,张文辉,李景侠. 陕西南部栎林资源特征调查[J]. 西北林学院学报,1990,5(1):75-81.

QU S Z, ZHANG W H, LI J X. Characteristics of oak forest resources in southern Shaanxi Province[J]. Journal of Northwest Forestry University, 1990,5(1):75-81.

[54] 李康球. 栓皮及其应用[J]. 中国木材,1996(4):40-42.

LI K Q. Cork and exploitation[J]. China Timber, 1996(4):40-42.

[55] 赵戈,段新芳,官恬,等. 世界软木加工利用现状和我国软木工业发展对策[J]. 世界林业研究,2004,17(5):47-55

ZHAO G, DUAN X F, GAN T, *et al.* Situation of cork utilization in the world and the development countermeasure of the China's cork industry[J]. World Forestry Research, 2004,17(5):47-55.

[56] 郑志锋. 软木资源开发及其利用[J]. 云南林业,2005,26(3):23.

ZHENG Z F. Exploitation and utilization of cork resources [J]. Forestry of Yunnan, 2005,26(3):23.

[57] 张丽丛,雷亚芳,常宇婷. 栓皮栎软木主要化学成分的分析[J]. 西北林学院学报,2009,24(4):163-165.

ZHANG L C, LEI Y F, CHANG Y T. Contents of the main chemical components of cork from *Quercus variabilis* [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2009,24(4):163-165.

[58] 常吉梅,刘春霞. 栓皮栎糖浆治疗恶性肿瘤的临床及实验研究[J]. 中国中医药科技,1999,6(4):211-212.

CHANG J M, LIU C X. Quercus syrup treatment with malignant tumors [J]. Chinese Journal of Traditional Medical Science and Technology, 1999,6(4):211-212.

[59] 周立红,孙启时,乔丽川. 栓皮栎叶抗炎活性部位中化学成分的初步研究[J]. 沈阳药科大学学报,2000,17(3):179-181.

ZHOU L H, SUN Q S, QIAO L C. Preliminary studies on the chemical constituents in the active section of the leaves of *Qurecus varliabilis* [J]. Journal of Shenyang Pharmaceutical University, 2000,17(3):179-181.

[60] 周立红. 栓皮栎的生药学研究[D]. 沈阳:沈阳药科大学, 2000.

ZHOU L H. Research on pharmacognosy of *Qurecus varlia-bilis* [D]. Shengyang: Shenyang Pharmaceutical University, 2000.

[61] 谢碧霞,谢涛. 我国橡实资源开发利用的研究[J]. 中南林学院学报,2002,22(3):22-25.

XIE B X, XIE T. Exploitation study of acorn resources in China[J]. Journal of Central South University of Forestry & Technology, 2002,22(3):22-25.