

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

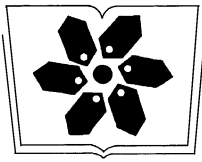
Acta Ecologica Sinica



第 32 卷 第 9 期 Vol.32 No.9 **2012**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 32 卷 第 9 期

2012 年 5 月 (半月刊)

目 次

不同土地覆被格局情景下多种生态系统服务的响应与权衡——以雅砻江二滩水利枢纽为例	葛菁, 吴楠, 高吉喜, 等 (2629)
放牧对小嵩草甸生物量及不同植物类群生长率和补偿效应的影响	董全民, 赵新全, 马玉寿, 等 (2640)
象山港日本对虾增殖放流的效果评价	姜亚洲, 凌建忠, 林楠, 等 (2651)
城市景观破碎化格局与城市化及社会经济发展水平的关系——以北京城区为例	仇江啸, 王效科, 逯非, 等 (2659)
江河源区高寒草甸退化序列上“秃斑”连通效应的元胞自动机模拟	李学玲, 林慧龙 (2670)
铁西区城市改造过程中建筑景观的演变规律	张培峰, 胡远满, 熊在平, 等 (2681)
商洛低山丘陵区农林复合生态系统光能竞争与生产力	彭晓邦, 张硕新 (2692)
基于生物量因子的山西省森林生态系统服务功能评估	刘勇, 李晋昌, 杨永刚 (2699)
不同沙源供给条件下柽柳灌丛与沙堆形态的互馈关系——以策勒绿洲沙漠过渡带为例	杨帆, 王雪芹, 杨东亮, 等 (2707)
桂西北喀斯特区原生林与次生林凋落叶降解和养分释放	曾昭霞, 王克林, 曾馥平, 等 (2720)
江西九连山亚热带常绿阔叶林优势种空间分布格局	范娟, 赵秀海, 汪金松, 等 (2729)
秦岭山地锐齿栎次生林幼苗更新特征	康冰, 王得祥, 李刚, 等 (2738)
极端干旱环境下的胡杨木质部水力特征	木巴热克·阿尤普, 陈亚宁, 等 (2748)
红池坝草地常见物种叶片性状沿海拔梯度的响应特征	宋璐璐, 樊江文, 吴绍洪, 等 (2759)
改变 C 源输入对油松人工林土壤呼吸的影响	汪金松, 赵秀海, 张春雨, 等 (2768)
啮齿动物捕食压力下生境类型和覆盖处理对辽东栎种子命运的影响	闫兴富, 周立彪, 刘建利 (2778)
上海闵行区园林鸟类群落嵌套结构	王本耀, 王小明, 王天厚, 等 (2788)
胜利河连续系统中蜉蝣优势种的生产量动态和营养基础	邓山, 叶才伟, 王利肖, 等 (2796)
虾池清塘排出物沉积厚度对老鼠簕幼苗的影响	李婷, 叶勇 (2810)
澳大利亚亚热带不同森林土壤微生物群落对碳源的利用	鲁顺保, 郭晓敏, 芮亦超, 等 (2819)
镜泊湖岩溶台地不同植被类型土壤微生物群落特征	黄元元, 曲来叶, 曲秀春, 等 (2827)
浮床空心菜对氮循环细菌数量与分布和氮素净化效果的影响	唐莹莹, 李秀珍, 周元清, 等 (2837)
促分解菌剂对还田玉米秸秆的分解效果及土壤微生物的影响	李培培, 张冬冬, 王小娟, 等 (2847)
秸秆还田与全膜双垄集雨沟播耦合对半干旱黄土高原玉米产量和土壤有机碳库的影响	吴荣美, 王永鹏, 李凤民, 等 (2855)
赣江流域底泥中有机氯农药残留特征及空间分布	刘小真, 赵慈, 梁越, 等 (2863)
2009 年徽州稻区白背飞虱种群消长及虫源性质	刁永刚, 杨海博, 瞿钰锋, 等 (2872)
木鳖子提取物对朱砂叶螨的触杀活性	郭辉力, 师光禄, 贾良曦, 等 (2883)
冬小麦气孔臭氧通量拟合及通量产量关系的比较	佟磊, 冯宗炜, 苏德·毕力格, 等 (2890)
专论与综述	
基于全球净初级生产力的能源足迹计算方法	方恺, 董德明, 林卓, 等 (2900)
灵长类社会玩耍的行为模式、影响因素及其功能风险	王晓卫, 赵海涛, 齐晓光, 等 (2910)
问题讨论	
中国伐木制品碳储量时空差异分析	伦飞, 李文华, 王震, 等 (2918)
研究简报	
森林自然更新过程中地上氮贮量与生物量异速生长的关系	程栋梁, 钟全林, 林茂兹, 等 (2929)
连作对芝麻根际土壤微生物群落的影响	华菊玲, 刘光荣, 黄劲松 (2936)
刈割对外来入侵植物黄顶菊的生长、气体交换和荧光的影响	王楠楠, 皇甫超河, 陈冬青, 等 (2943)
不同蔬菜种植方式对土壤固碳速率的影响	刘杨, 于东升, 史学正, 等 (2953)
巢湖崩岸湖滨基质-水文-生物一体化修复 陈云峰, 张彦辉, 郑西强 (2960)	

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 336 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 36 * 2012-05



封面图说: 在交配的雨蛙——雨蛙为两栖动物, 世界上种类达 250 种之多, 分布极广。中国的雨蛙仅有 9 种, 除西部一些省份外, 其他各省(区)均有分布。雨蛙体形较小背面皮肤光滑, 往往雄性绿色, 雌性褐色, 其指、趾末端多膨大成吸盘, 便于吸附攀爬。多生活在灌丛、芦苇、高秆作物上, 或塘边、稻田及其附近的杂草上。白天匍匐在叶片上, 黄昏或黎明频繁活动, 捕食能力极强, 主要以昆虫为食。特别是在下雨以后, 常常 1 只雨蛙先叫几声, 然后众蛙齐鸣, 声音响亮, 每年在四、五月份夜间发情交配。

彩图提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjiw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201103230361

康冰, 王得祥, 李刚, 高妍夏, 张莹, 杜焰玲. 秦岭山地锐齿栎次生林幼苗更新特征. 生态学报, 2012, 32(9): 2738-2747.

Kang B, Wang D X, Li G, Gao Y X, Zhang Y, Du Y L. Characteristics of seedlings regeneration in *Quercus aliena* var. *acuteserrata* secondary forests in Qinling Mountains. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(9): 2738-2747.

秦岭山地锐齿栎次生林幼苗更新特征

康 冰¹, 王得祥^{2,*}, 李 刚¹, 高妍夏¹, 张 莹¹, 杜焰玲¹

(1. 西北农林科技大学生命科学学院, 杨凌 712100; 2. 西北农林科技大学林学院, 杨凌 712100)

摘要:分析了秦岭山地锐齿栎次生林群落乔木及木本幼苗物种特征值、更新生态位宽度及不同影响因子下(包括林分密度、坡向、海拔等)乔木的更新动态。结果表明, 乔木层物种有 25 种, 锐齿栎占有明显的优势, 重要值为 149.18%; 其次为华山松(*Pinus armandii*)和千斤榆(*Carpinus cordata*)等。更新层共有木本植物 41 种, 其中乔木种有 28 种, 占有所有木本植物总数量的 68%, 优势种有青蛙皮槭(*Acer grosseri*)、木姜子(*Litsea pungens*)等。林下有丰富的幼苗库, 更新方式以实生为主; 分析了 10 种更新优势乔木种群的生态位宽度, 同种幼树种群生态位宽度均大于幼苗种群生态位宽度。幼苗种群生态位宽度从大到小依次为榛子(*Corylus heterophylla*)、锐齿栎、青蛙皮槭等。幼树种群生态位宽度从大到小依次为榛子、青蛙皮槭、锐齿栎等; 林分密度对林下乔木幼苗和幼树数量影响不同。当林分密度从 720 增加到 1460 株/hm² 时, 幼苗密度逐渐增大。随后随着林分密度的增加, 又呈现出减少的趋势。而幼树密度随着林分密度增加一直呈现出减少的趋势。坡向对锐齿栎次生林林下乔木幼苗和幼树的影响各异, 阳坡(南偏西 3°)均利于幼苗和幼树的更新。南偏西 45°林分内, 幼苗密度急剧减少。随着坡向转为阴坡, 幼苗密度又逐渐增加。而幼树密度逐渐减少。当海拔从 1083 m 增加到 1547 m 时, 幼树密度逐渐增加。随后, 随着海拔增加到 1882 m, 幼树密度则逐渐减小。而幼苗密度随着海拔的增高一直呈现减小的趋势。

关键词: 秦岭山地; 锐齿栎次生林; 更新特征; 更新生态位; 林分密度; 环境因子

Characteristics of seedlings regeneration in *Quercus aliena* var. *acuteserrata* secondary forests in Qinling Mountains

KANG Bing¹, WANG Dexiang^{2,*}, LI Gang¹, GAO Yanxia¹, ZHANG Ying¹, DU Yanling¹

1 College of Life, Northwest University of Agriculture and Forestry, Yangling District, Xianyang, Shaanxi 712100, China

2 College of Forestry, Northwest University of Agriculture and Forestry, Yangling District, Xianyang, Shaanxi 712100, China

Abstract: *Quercus aliena* Blume var. *acuteserrata* Maxim. ex Wenz. is an important dominant species in temperate mid-elevation mountainous areas of China with significant functions in water resource conservation and ecological stabilization in forested ecosystems. Forty-two plots, including 210 subplots, were used to document the occurrence of trees, saplings, woody seedlings and habitat characteristics for this tree and associated woody species in a second growth forest in the Qinling Mountains in 2010. We analyzed the important values of trees, saplings and woody seedlings, regeneration niche breath, and tree regeneration dynamics under different conditions, including stand density, aspect, and altitude in *Q. aliena* var. *acuteserrata* secondary forests. The results show *Q. aliena* var. *acuteserrata* had an important value of 149.18% with none of the other 24 woody tree species in the tree layer approaching that level of importance. The subdominant species in the tree layer were *Pinus armandii* Franch. and *Carpinus cordata* Blume. 25 tree species of the 41 woody species in the regeneration layer. The woody plants in the regeneration layer were abundant with trees seedlings dominating. This appears

基金项目: 林业公益性行业专项(20100400206, 200804022B); 国家自然科学基金(31070570); 国家科技基础性工作专项重点项目(2007FY110800)

收稿日期: 2011-03-23; 修订日期: 2011-08-01

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: wangdx66@126.com

to be beneficial to the optimization of the community structure and function. The dominant seedling species were *Acer grosseri* Pax, *Litsea pungens* Hemsl., and others. Seedlings of these two species were abundant in the regeneration layer with their height and age class lower than the dominant species. The height class of seedlings and saplings in the understory of *Q. aliena* var. *acuteserrata* secondary forest shows that woody plants regenerated vigorously. The biological chain of seedling to sapling was complete. Most regeneration was from seedlings rather than stump sprouts. We analyzed ten kinds of dominant regeneration tree populations. The regeneration niche breadth of the sapling population was higher than that of seedling population for the same tree species which indicated the saplings has the broader use of community resources. The niche breadth sequence from high to low seedling population was: *Corylus heterophylla* Fisch. ex Trautv. > *Q. aliena* var. *acuteserrata* > *A. grosseri* > other species. For saplings it was *Corylus heterophylla* > *A. grosseri* > *Q. aliena* var. *acuteserrata* > other species. Stand density had different effects on the density of saplings and seedlings. Sapling and seedling density increased with the stand density from 720 trees/ha to 1460 trees/ha, then decreased with the stand density increasing. The saplings density decreased continuously as the stand density increased. The direction of slope had various effects on the seedlings and saplings. A sunny SW facing slope of 3° was the most beneficial to seedlings and saplings. As the slope changed direction to create a shady slope, the seedlings density increased and the sapling density decreased. Sapling and seedling density changed with altitude. The saplings density increased as altitude increased from 1083 m to 1547 m, then decreasing with altitude up to 1882 m. The seedlings density increased from lower altitude to higher altitude.

Key Words: Qinling Mountains; *Quercus aliena* var. *acuteserrata*; secondary forests; regeneration characteristics; regenerational niche; stand density; environmental factors

天然更新是森林生态系统自我恢复的主要手段之一,也是森林结构和功能健康发展的基础经济作用因子之一。天然更新是一种低投入高产出的森林培育方式,其依靠林下层植被的自然发育来实现退化森林生态系统的恢复,并可培育出合乎自然规律的高生物多样性和高生态质量的森林^[1]。林下更新植被是维系整个森林生态系统植被多样性的重要组分^[2],通过影响森林的长期演替格局,在森林动态变化过程中起到核心作用^[3]。木本植物更新过程中,实生更新是以种子为繁殖体所进行的有性生殖,其对种群进化作用突出^[4],而萌生更新以伐桩不定芽萌发、根蘖等无性生殖为主,可有效地利用土壤中水分和养分资源^[5]。在森林群落演替和恢复过程中,实生和萌生 2 种更新方式通常协同作用^[6-7]。

锐齿栎(*Quercus aliena* var. *acuteserrata*)林是广泛分布在我国暖温带的落叶阔叶林,在秦岭区域分布在 1400—1800 m 的海拔范围内^[8],为典型的地带性植被。其在水源涵养、水土保持、维持区域生态平衡等方面具有比较突出的生态功能。多年来,由于对锐齿栎群落更新特征、更新演替进程和更新机制研究比较缺乏,采伐和保育方式不合理,许多地区的锐齿栎群落处于衰退状态,天然林砍伐殆尽。目前对于秦岭区域锐齿栎林的研究多集中在秦岭西段区域群落生物量、群落组成结构及多样性等方面^[9-11]。而对于秦岭中段锐齿栎林幼苗更新特征未见报道。研究锐齿栎次生林更新特征及影响因子,可为近自然化恢复退化锐齿栎次生林提供科学参照。

1 研究地区与方法

1.1 自然概况

秦岭山脉南北坡的土壤有明显的差异,秦岭南坡为黄棕壤与黄褐土地带,北坡则为山地棕壤与山地褐土地带。随着山脉海拔高度的上升,秦岭山地具有明显的土壤垂直带,主要植物群落也形成了明显的带谱。由下而上依次为落叶栎林带、桦木林带、山地针叶林带和高山灌丛草甸带。该区域年平均气温 6.1—8.5℃,最高气温 30.0—40.0℃,最低气温 -12.0—-25.0℃,≥10℃的积温 2100—2900℃,年降雨量 800—1000 mm,年蒸发量 700—950 mm,相对湿度 65.0%—78.0%,无霜期 160—196 d,为温湿气候区。该地区木本植物以壳斗科、桦木科、松科、杨柳科等为主^[12]。太白山自然保护区地理位置为 E107°19′—107°51′, N33°40′—

34°05′。最高峰拔仙台海拔 3767.2 m,保护区北大门黑虎关海拔 1060 m,相对高差 2707.2 m。太白山处于暖温带的最南端,年降水量 1000 mm,年均温 1—5℃。由于复杂的生物、气候条件与地质、地貌条件相互作用,太白山植被及土壤分布具有明显的垂直带谱^[13];秦岭火地塘属秦岭中段南坡,海拔 1420—2474 m,地理坐标为 N33°18′—33°28′,E108°20′—108°39′,年降水量 900—1200 mm,年平均温度 6.5℃,年积温 2200—3100℃,无霜期 178 d,年日照时数 1100—1300 h,为北亚热带海洋气候区。森林覆被率 92%,土壤主要为花岗岩和片麻岩母质发育形成的山地棕壤。

1.2 研究方法

1.2.1 样地设置与调查方法

分别在太白山自然保护区和秦岭火地塘生态定位站不同地段,按照林分因子、立地因子(包括坡位、坡向、海拔等)以及人为干扰等因子的差异性,选取发育阶段一致的有代表性的锐齿栎群落,建立 20 m×30 m 样地 42 个。其中海拔梯度样地数量为 15 个,分布在太白山自然保护区;依据林分密度布设的样地为 15 个,分布在太白山自然保护区;按坡向因子设置的样地有 12 个,分布在秦岭火地塘林区。依据单一影响因子选取的样地集中在同一区域内,使得别的影响因子保持一致。对样地内胸径 4 cm 以上的乔木记录树种名、胸径、树高、冠幅、郁闭度及生长状况等;分别在每个 20 m×30 m 样方中设置 5 个 2 m×2 m 的更新苗小样方,记录其中胸径 4 cm 以下的所有木本植物更新幼苗($H<1$ m)和幼树($1\text{ m}<H<3$ m)^[14]的种类、株数、高度、盖度、年龄等;利用 GPS 测定样方的地理坐标和海拔,同时记录其坡位和坡向^[15-16]。

将 1 个根系上只有 1 个茎干归为实生株(单干基株),有 1 个以上茎干归为萌生株(多干基株,即生于同一个根系的植株,无论茎干数量多少均为 1 个基株)。记录样方内所有乔、灌木植物幼苗的种类、基株数、通过萌生发生的茎干数和高度^[7]。

$$\text{萌生比例} = \text{萌生苗个体数} / \text{总幼苗个体数} \times 100\%$$

$$\text{灌木层(包括更新层)物种重要值} = \text{相对频度}(\%) + \text{相对密度}(\%) + \text{相对盖度}(\%)$$

$$\text{乔木层物种重要值} = \text{相对频度}(\%) + \text{相对密度}(\%) + \text{相对显著度}(\%)$$

重要值取值范围在 0—300%。

生态位宽度用 Levins 生态位宽度指数^[17]进行测定:

$$B_{(L)} i = 1 / \left(r \sum_{ij=1}^r P_{ij}^2 \right)$$

式中, p_{ij} 为物种 i 利用第 j 资源占它利用全部资源位的比例, r 为资源位数。其中:

$$p_{ij} = n_{ij} / r_{ij}, r_{ij} = \sum_{j=1}^r n_{ij}$$

式中, n_{ij} 为树种 i 在第 j 资源位的重要值, 为 r_{ij} 为树种 i 利用全部资源位的重要值之和和生态位宽度 $B_{(L)} i$ 域值 $[1/r, 1]$ 。

1.2.2 数据处理

试验数据采用 Excel 2003 软件进行处理。通过 SPSS 16.0 软件的单因素方差分析(ANOVA)检验不同更新方式下幼苗更新方式百分比及不同影响因子下锐齿栎次生林群落幼苗(幼树)更新密度的差异($\alpha=0.05$)。

2 结果与分析

2.1 锐齿栎次生林群落乔木层树种的特征值分析

依据 42 个乔木样方资料,统计分析锐齿栎次生林群落乔木层物种特征值,见表 1。从表 1 可以看出,秦岭山地锐齿栎次生林乔木层物种有 25 种,锐齿栎占有明显地优势,重要值为 149.18%,占有所有乔木树种重要值总和的 50%,为该群落的建群种。其次为华山松(*Pinus armandii*)和千斤榆(*Carpinus cordata*),重要值(%)分布在 20—30,为群落的次优势种。另外,野核桃(*Juglans cathayensis*)、三桠乌药(*Lindera obtusiloba*)、四照花(*Dendrobenthamia japonica*)、油松(*Pinus tabulaeformis*)等,重要值分布在 10%—30%。从乔木层树种的特征值来看,锐齿栎林分中别的物种很难在乔木层中与锐齿栎形成明显竞争关系。

表 1 锐齿栎次生林群落乔木层树种的重要值

Table 1 Important values of tree species in *Quercus aliena* var. *acuteserrata* secondary forests

序号 Code	树种 Tree species	相对频度/% Relative frequency	相对密度/% Relative density	相对显著度/% Relative dominance	重要值/% Important value
1	锐齿栎 <i>Quercus aliena</i> var. <i>acuteserrata</i>	12.12	60.42	76.65	149.18
2	华山松 <i>Pinus armandii</i>	9.09	6.71	6.26	22.06
3	千斤榆 <i>Carpinus cordata</i>	12.12	6.02	3.67	21.80
4	野核桃 <i>Juglans cathayensis</i>	7.58	1.16	3.80	12.54
5	三桠乌药 <i>Lindera obtusiloba</i>	7.58	3.01	0.67	11.26
6	四照花 <i>Dendrobenthamia japonica</i>	6.06	3.70	1.26	11.03
7	油松 <i>Pinus tabulaeformis</i>	6.06	3.01	1.25	10.32
8	青蛙皮槭 <i>Acer grosseri</i>	6.06	1.39	0.35	7.80
9	毛樱桃 <i>Cerasus tomentosa</i>	4.55	2.31	0.10	6.96
10	漆树 <i>Toxicodendron vernicifluum</i>	3.03	0.93	1.07	5.02
11	朴树 <i>Celtis sinensis</i>	1.52	1.62	1.73	4.86
12	五角枫 <i>Acer mono</i>	3.03	1.16	0.48	4.67
13	白腊 <i>Fraxinus chinensis</i>	3.03	1.39	0.10	4.52
14	膀胱果 <i>Staphylea holocarpa</i>	1.52	2.08	0.21	3.81
15	假稠李 <i>Malus asiatica</i>	1.52	1.16	0.64	3.32
16	苦楝 <i>Melia azedarach</i>	1.52	0.46	0.83	2.80
17	鹅耳枥 <i>Carpinus turczaninowii</i>	1.52	0.93	0.13	2.57
18	山杨 <i>Populus davidiana</i>	1.52	0.69	0.20	2.41
19	桑树 <i>Morus alba</i>	1.52	0.46	0.31	2.29
20	山柳 <i>Salix pseudotangii</i>	1.52	0.23	0.11	1.86
21	少脉槲 <i>Tilia paucicostata</i>	1.52	0.23	0.10	1.84
22	榛子 <i>Corylus heterophylla</i>	1.52	0.23	0.09	1.84
23	木姜子 <i>Litsea pungens</i>	1.52	0.23	0.01	1.75
24	山楂 <i>Crataegus pinnatifida</i>	1.52	0.23	0.01	1.75
25	水榆花楸 <i>Sorbus alnifolia</i>	1.52	0.23	0.00	1.75

2.2 更新木本植物特征值分析

依据 210 个更新苗小样方数据,统计分析锐齿栎次生林林下更新的木本植物特征值,见表 2。从表 2 可以看出,锐齿栎次生林林下共有木本植物 41 种,其中乔木树种有 28 种,占有木本植物总数量的 68%。优势种有悬钩子 (*Rubus corchorifolius*)、栓翅卫矛 (*Euonymus phellomanus*),重要值均大于 30%;其次为青蛙皮

表 2 锐齿栎次生林木本植物幼苗树种类组成、特征值

Table 2 Species composition, important value of woody plant seedlings or saplings in *Quercus aliena* var. *acuteserrata* secondary forests

序号 Code	树种 Tree species	相对频度/% Relative frequency	相对密度/% Relative density	相对显著度/% Relative dominance	重要值/% Important value
1	悬钩子 <i>Rubus corchorifolius</i>	12.15	22.57	11.08	45.80
2	栓翅卫矛 <i>Euonymus phellomanus</i>	7.48	22.57	9.87	39.91
3	青蛙皮槭 <i>Acer grosseri</i>	3.74	4.22	13.59	21.55
4	木姜子 <i>Litsea pungens</i>	5.61	4.59	11.16	21.36
5	麻叶绣线菊 <i>Spiraea cantoniensis</i>	9.81	5.50	3.60	18.92
6	秦岭忍冬 <i>Lonicera ferdinandi</i>	6.54	4.77	5.42	16.73
7	三桠乌药 <i>Lindera obtusiloba</i>	2.34	1.28	5.82	9.44
8	锐齿栎 <i>Quercus alienavar</i>	3.27	3.12	2.67	9.06
9	野樱桃 <i>Prunus tomentosa</i>	4.21	2.02	2.10	8.33
10	蔷薇 <i>Rosa multiflora</i>	1.87	2.57	3.48	7.92
11	美丽胡枝子 <i>Lespedeza formosa</i>	2.80	1.83	3.07	7.71
12	白檀 <i>Symplocos paniculata</i>	3.27	1.28	2.29	6.84
13	榛子 <i>Corylus heterophylla</i>	2.80	1.83	1.54	6.18

续表

序号 Code	树种 Tree species	相对频度/% Relative frequency	相对密度/% Relative density	相对显著度/% Relative dominance	重要值/% Important value
14	野山楂 <i>Crataegi cuneatae</i>	2.34	1.65	1.78	5.77
15	黄栌 <i>Cotinus coggygia</i>	0.93	1.28	3.32	5.54
16	桦叶荚蒾 <i>Vinurnum betulifoljkium</i>	1.87	1.47	1.94	5.28
17	盘叶忍冬 <i>Lonicera tragophylla</i>	2.34	2.57	0.24	5.15
18	山梅花 <i>Philadelphus incanus</i>	1.40	0.73	2.72	4.85
19	鹅耳枥 <i>Carpinus turczaninowii</i>	2.34	0.73	1.70	4.77
20	栒子 <i>Cotoneaster horizontalis</i>	0.93	0.37	2.91	4.21
21	水榆花楸 <i>Sorbus aloifolia</i>	0.93	1.10	1.70	3.73
22	菝葜 <i>Smilax china</i>	1.87	1.10	0.40	3.37
23	五角枫 <i>Acer mono</i>	1.40	0.73	1.21	3.35
24	珍珠梅 <i>Sorbaria kirilowii</i>	1.87	1.10	0.28	3.25
25	南蛇藤 <i>Celastrus orbiculatus</i>	1.40	0.73	1.05	3.19
26	漆树 <i>Toxicodendron verniciiflnum</i>	1.87	0.73	0.37	2.98
27	五加 <i>Acanthopanax gracilistylus</i>	1.87	0.73	0.37	2.98
28	大叶朴 <i>Celtis koraiensis</i>	1.40	0.92	0.65	2.97
29	刺楸 <i>Kalopanax septemlobus</i>	0.93	0.92	0.85	2.70
30	茅莓 <i>Rubus parvifolius</i>	0.93	0.92	0.73	2.58
31	桑树 <i>Morus alba</i>	1.40	0.73	0.20	2.34
32	茶条槭 <i>Acer ginnala</i>	1.40	0.55	0.20	2.15
33	五味子 <i>Schisandra chinensis</i>	0.47	0.73	0.57	1.77
34	勾儿茶 <i>Berchemia sinica</i>	0.93	0.37	0.08	1.38
35	黄瑞香 <i>Daphne giraldii</i>	0.47	0.55	0.06	1.07
36	四照花 <i>Dendrobenthamia Japonica</i>	0.47	0.18	0.40	1.06
37	千金榆 <i>Carpinus cordata</i>	0.47	0.18	0.20	0.85
38	六道木 <i>Abelia dielsii</i>	0.47	0.18	0.12	0.77
39	槲子栎 <i>Quercus baronii</i>	0.47	0.18	0.12	0.77
40	杈叶槭 <i>Acer robustum</i>	0.47	0.18	0.08	0.73
41	华山松 <i>Pinus armandii</i>	0.47	0.18	0.04	0.69

槭(*Acer grosseri*)、木姜子(*Litsea pungens*)、麻叶绣线菊(*Spiraea cantoniensis*)、秦岭忍冬(*Lonicera ferdinandi*)等,重要值均大于10%。灌木物种在锐齿栎林下具有明显的优势地位,表明该森林群落处于演替初期阶段^[7]。悬钩子耐贫瘠,适应性强,属阳生性植物,其在林下对环境资源的利用更为宽泛和充分。更新层中,乔木物种比较丰富,这样就为森林群落结构的自然优化提供一定的保障。更新的乔木树种中,青蛙皮槭、木姜子重要值均大于20%,优势地位明显,并均已发育到乔木层;其次为三桠乌药、锐齿栎和野樱桃(*Prunus tomentosa*),重要值分别为9.44%、9.06%和8.33%。锐齿栎为林下更新层的次优势种,表明锐齿栎次生林群落具有一定的自我更新能力,这与锐齿栎次生林丰富的母树及栎类植物一定的萌生更新习性^[18]有关。从其余所更新的乔木树种的重要值来看,重要值差异不明显,表明林下更新树种具有比较均衡的空间分布及资源占有有力。主要因为所调查的锐齿栎次生林处于人为强烈干扰后的自然恢复前期,林下物种处于随机分布格局,没有形成明显的时空竞争关系。

2.3 木本植物幼苗幼树高度级分布

统计分析锐齿栎次生林群落下更新木本植物幼苗高度级分布,结果见图1。从图1可以看出,40—60 cm高度级范围内幼苗数量最多,可见锐齿栎次生林群落中有着丰富的幼苗库,林下幼苗更新发育状况良好,这样就可为森林群落的天然更新奠定一定的基础。其次,120—140 cm高度级范围内幼树数量居多,表明从幼苗到幼树的发育机制较为健全。幼苗幼树高度级可有效揭示林下幼苗的发育状况及最终趋向,木本植物更新链为种子(无性繁殖体)→幼苗→幼树→成树,锐齿栎次生林林下幼苗和幼树高度级数量分布均较为突出,表明

其木本植物更新状况良好。

2.4 木本植物幼苗更新方式

从图 2 可以看出,在锐齿栎林下更新层中,乔木幼苗幼树数量占林下更新木本植物总数量的 65.6%,其数量上占有一定优势。由于乔木幼苗与森林群落结构的改变有着密切的关系,这样就可为森林群落结构的自然优化提供较为有利的保障。林下更新层不论乔木或灌木,均以实生更新为主。乔木实生幼苗占总数量的 42.8%。乔木萌生苗也有一定数量的分布,占 22.8%;灌木实生苗占 24.4%,灌木萌生苗占 10%。因此,在锐齿栎次生林更新过程中,乔木及灌木母树分布及结实率就显得尤为重要。此外,萌生更新方式占有一定比例。萌生更新在一定程度上补偿了实生更新上的不足,利于物种种群的扩展及次生林结构的优化。

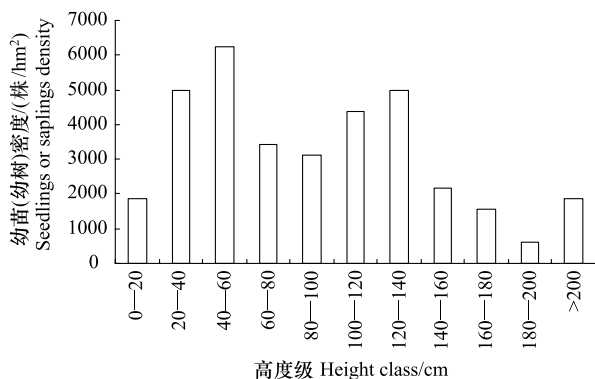


图 1 锐齿栎次生林群落木本植物幼苗和幼树高度级分布

Fig.1 Seedlings and saplings densities of woody plant by height class distribution in *Quercus aliena* var. *acuteserrata* secondary forests

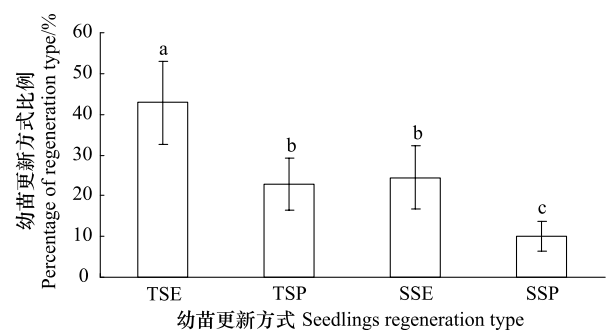


图 2 锐齿栎次生林群落幼苗更新方式(均值±标准误)

Fig.2 Regeneration modes of seedlings in *Quercus aliena* var. *acuteserrata* secondary forests (mean±SE)

TSE:乔木实生苗 Seedling of tree; TSP:乔木萌生苗 Sprouting of tree; SSE:灌木实生苗 Seedling of shrub; SSP:灌木萌生苗 Sprouting of shrub; 柱状图顶部字母的不同表示存在显著性差异($P < 0.05$)

2.5 林下主要树种种群更新生态位宽度分析

统计分析更新层 10 种树种种群生态位宽度,结果见图 3。从图 3 可以看出,同一树种的幼苗和幼树种群生态位差异明显,幼树种群生态位宽度均大于幼苗,说明幼苗和幼树对环境资源的利用能力不同,幼树对环境资源利用能力较强。幼苗种群中,榛子(*Corylus heterophylla*)生态位宽度最大,为 0.87,表明其对群落环境有较强的适应能力,在群落内分布也比较广泛均匀。幼苗层生态位宽度从大到小依次为榛子、锐齿栎、青蛙皮槭、三桠乌药、白檀(*Symplocos paniculata*)、水榆花楸(*Sorbus aloifolia*)、鹅耳枥(*Carpinus turczaninowii*)、千金榆(*Carpinus cordata*)、漆树(*Toxicodendron verniciflnum*)、华山松(*Pinus armandii*);幼树层种群生态位宽度从大到小依次为榛子、青蛙皮槭、锐齿栎、鹅耳枥、白檀、水榆花楸、漆树、千金榆、华山松。榛子幼苗和幼树,对环境资源利用能力均较强,但其并没有成为林下更新层的优势树种,这可能和其自身的生长发育速率有关。锐齿栎幼苗和幼树,均有着较大的更新生态位宽度,进一步揭示了锐齿栎群落具有较强的自我更新能力。华山松生态位宽度最小,在群落中分布范围较窄,利用资源能力较差,其仅出现于个别资源位中。

2.6 锐齿栎次生林乔木更新影响因子分析

2.6.1 林分密度对乔木幼苗幼树更新密度的影响

统计分析不同林分密度的锐齿栎次生林中所更新的乔木幼苗幼树密度,见图 4。从图 4 可以看出,林分密度对乔木幼苗幼树更新密度影响显著($P < 0.01$)。而林下幼苗和幼树密度对林分密度变化的反响不同。当林分密度从 720 株/hm² 增加到 1460 株/hm² 时,幼苗密度逐渐增加。随后随着林分密度的增加,林下幼苗数量却逐渐减少。主要因为林下乔木幼苗具有一定的阴生性,过强的光照抑制了幼苗的发育。此外,幼苗发育需要一定的水分支撑,密度小的林分,蒸腾量较大,林地水分比较缺乏,不利于幼苗的构建,幼苗数量较少。而当林分密度过大的时候,极端阴蔽的环境对幼苗的发育产生了障碍效应;幼树对林分密度的变化响应敏感。

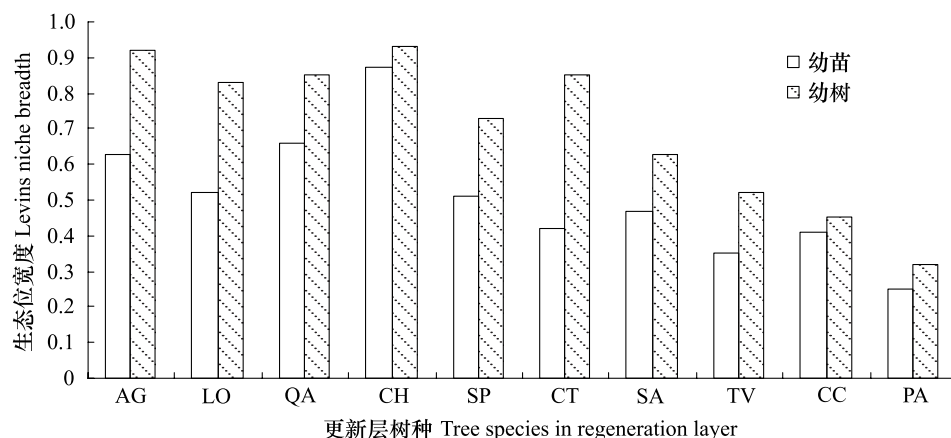


图3 锐齿栎次生林更新层主要乔木种群生态位宽度

Fig. 3 Niche breadths of main tree population in regeneration layer of *Quercus aliena* var. *acuteserrata* secondary forests

AG: 青蛙皮槭 *Acer grosseri*; LO: 三桠乌药 *Lindera obtusiloba*; QA: 锐齿栎 *Quercus aliena* var. *acuteserrata*; CH: 榛子 *Corylus heterophylla*; SP: 白檀 *Symplocos paniculata*; CT: 鹅耳枥 *Carpinus turczaninowii*; SA: 水榆花楸 *Sorbus aloifolia*; TV: 漆树 *Toxicodendron verniciflnum*; CC: 千金榆 *Carpinus cordata*; PA: 华山松 *Pinus armandii*

随着林分密度增加,幼树数量呈现出减少的趋势。密度为 720 株/hm² 的稀疏林分中,幼树密度为幼苗密度的 8.3 倍。主要因为锐齿栎是阔叶树种,其冠层结构遮光度较高。低密度林分内具有利于幼树发育的光照强度,林分密度增加时,林内光照减少剧烈,使得幼树的发育受限。

2.6.2 坡向对乔木幼苗幼树更新密度的影响

不同坡向对锐齿栎次生林林下乔木幼苗幼树的影响各异,见图 5。主要由于不同坡向所造成的林分内光、热、水分等生态因子的差异而引起的。从图 5 可以看出,阳坡(南偏西 3°)林分中乔木幼苗和幼树更新均较好。主要因为锐齿栎林为阔叶林,林分郁闭度较大,只有阳坡的林分内才能有一定强度的光照,可满足幼苗和幼树发育的需要。南偏西 45°林分内,幼苗密度急剧减少,并略低于幼树密度。由于西南坡向林分有一定的光照强度,仍可维持一定数量幼树的发育。随着坡向转为阴坡,幼苗密度又逐渐增加。而幼树密度逐渐减少。主要因为阴坡林分内土壤具有较高的水分含量,利于幼苗的发育。

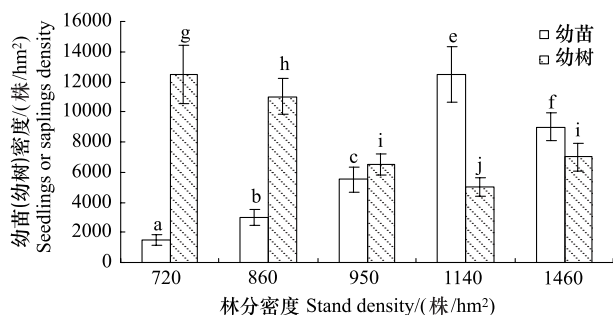


图4 林分密度对幼苗幼树更新密度(均值±标准误)的影响

Fig. 4 The effect of different stand density on the seedlings or saplings density (mean±SE)

柱状图顶部字母的不同表示存在显著性差异 ($P < 0.05$)

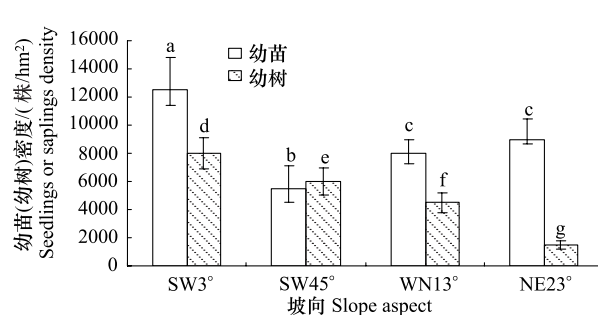


图5 坡向对幼苗幼树更新密度(均值±标准误)的影响

Fig. 5 The effect of different slope aspect on the seedlings or saplings density (mean±SE)

柱状图顶部字母的不同表示存在显著性差异 ($P < 0.05$)

2.6.3 海拔对乔木幼苗幼树更新密度的影响

从图 6 可以看出,海拔对锐齿栎次生林林下落叶阔叶树种更新的作用突出。当海拔从 1083 m 增加到 1547 m 时,幼树密度逐渐增加。随后,随着海拔增加到 1882 m,幼树密度则逐渐减小;而幼苗密度随着海拔的

增加一直呈现减小的趋势。随着海拔的升高,幼树种群数量增加。随着海拔的继续增加,幼树数量则逐渐减少。锐齿栎为落叶阔叶树种,林分内部环境比较隐蔽,温度相对较低。较低海拔的林分内温度适宜于更新物种种子的萌发,幼苗数量相对较多。而低海拔林分内土壤较低含量的养分和水分,不利于幼树的发育。在 1083 m 海拔的林分中,幼苗数量是幼树的 2 倍。

3 讨论

锐齿栎为秦岭山地分布的地带性植被,由于长期地人为干扰,林分结构及功能衰退。近年来,在封禁措施下,锐齿栎次生林得到一定恢复。由于乔木幼苗在森林的更新进程中起主导作用。木本植物的幼苗更新状况直接影响植物种群的数量及分布格局,是森林群落演替、植被生态恢复等过程中非常关键的一步,最终可影响到森林群落演替过程^[7]。

3.1 锐齿栎次生林群落木本植物更新特征分析

本研究表明,锐齿栎次生林群落乔木层树种有 25 种,主要为落叶阔叶树种。锐齿栎在群落乔木层中优势明显,重要值为 149.18%, 占有乔木层物种重要值之和的 50%。其次为华山松、千金榆,重要值均大于 20%。野核桃、三桠乌药、四照花、锐齿栎重要值均大于 10%, 其余树种的重要值均较低,并没有和群落优势种形成明显的竞争关系。针叶树在乔木层有一定的分布,表明锐齿栎次生林由松栎混交林演替而来。

林下更新层的木本植物丰富,其中乔木种类居多,利于锐齿栎次生林群落结构及功能的优化。乔木种类中,优势种有青蛙皮槭、木姜子、三桠乌药、锐齿栎等。锐齿栎幼苗幼树在次生林群落中有一定的优势,说明锐齿栎次生林自我更新能力较强。大多数更新树种重要值较低,主要因为该次生林群落处于人为强烈砍伐干扰后恢复初期,林下树种处于随机分布,没有形成明显的竞争关系。从林下木本植物幼苗幼树高度级来看,林下幼苗数量较少,占总幼苗幼树总数的 36%。幼苗数量主要集中在 40 cm—60 cm 高度级范围内。锐齿栎次生林更新状况良好。幼苗构建直至幼树发育的生物学链比较完备。从林下木本植物幼苗幼树更新方式来看,林下乔木数量多于灌木数量。不论乔木或灌木,均以实生更新为主,这样利于林下更新层物种遗传多样性的维持^[4]。森林演替初期灌木数量较多,随着时间推移,灌木幼苗数量逐渐减少,乔木在进展演替中的地位逐渐突出^[19]。表明该群落处于正向演替阶段,部分更新乔木已经进入到乔木层,群落结构趋于复杂稳定。尽管林下更新层乔木物种丰富度较大,但灌木物种为林下更新层的优势种。由于灌木的萌生能力较强,萌生株根系发达,在森林群落演替过程中补偿了地上的损失部分^[20]。

生态位包含生物开拓和利用环境的能力,也包括生物与环境相互作用的各种方式^[21]。更新生态位可揭示出林下更新优势植被在有限群落资源下的竞争关系^[22]。林下乔木优势种更新发育过程中对环境适应能力的变化,决定着群落发展的趋势和群落演替的速度。锐齿栎次生林林下乔木幼树更新生态位宽度大于幼苗更新生态位宽度,说明幼树对群落资源利用更为宽泛,这和林下木本植物的高度级分析结论一致,幼苗数量不及幼树数量。幼树发育较好,群落更新能力较强。幼苗幼树种群中,榛子生态位宽度较大,其对环境资源利用充分,呈现集群分布。

3.2 锐齿栎次生林林下乔木更新影响因子分析

综合分析锐齿栎次生林林下乔木更新的主要影响因子,包括林分密度、坡向、海拔等。研究表明,这些因子对林下乔木幼苗幼树密度大小有明显的的作用。这些因子与锐齿栎次生林林下光照、营养和水分条件等生境因子密切相关,从而影响到林下幼苗幼树的生长,并成为天然更新的主导因素。

林分密度变化形成了群落中不同的光环境,幼苗和幼树对光的需求不同。当林分密度从 720 株/hm² 增

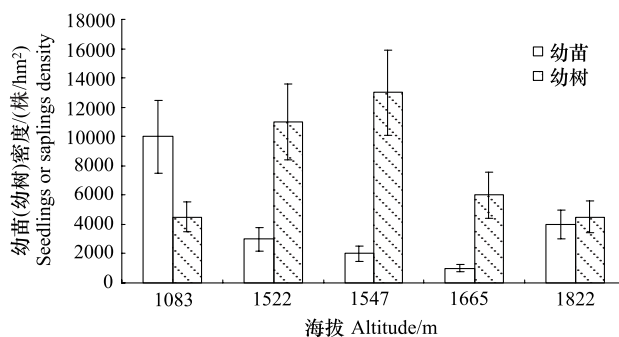


图6 不同海拔对幼苗幼树更新密度(均值±标准误)的影响

Fig.6 The effect of different altitude on the seedlings or saplings density (mean±SE)

柱状图顶部字母的不同表示存在显著性差异($P < 0.05$)

加到 1460 株/hm² 时,幼苗密度逐渐增加。随着林分密度的增加,林下幼苗数量却逐渐减少。而较高的林分密度对林下幼树数量有明显的抑制作用。处于不同发育阶段的幼苗和幼树对林分内光照的生理生态特性存在差异。幼苗发育需要一定的阴蔽环境,但高度郁闭森林林下的光照不足和光质的改变使很多树种的幼苗更新不良^[23]。栎类植物较高的冠层高度和其叶片密集的分布特点使得林内透光度减少,林分密度增大后,林分郁闭度增加幅度比较明显。而林下更新植物均是中生偏阳生性的物种,加之幼树对光照需求量较大^[24]。因此,林内较弱的光照不利于幼树的发育;坡向对于锐齿栎次生林天然更新的影响显著,阳坡均利于幼苗和幼树的更新发育,阳坡林分内一定的光照可满足阳性更新树种的生长发育。随着坡向从阳坡转为阴坡时,林分内较弱的光照,阻滞了幼树的发育,幼树数量急剧减少。幼苗数量在北向坡林分中的数量高于西向坡,主要因为阴坡林地有较高的水分含量^[25],利于土壤中种子的萌发。任丽华等^[26]对油松的相关研究结论不同,他们认为油松林下幼苗密度从大到小依次:阴坡>半阴坡>半阳坡>阳坡。主要因为锐齿栎和油松有着不同的冠层结构和叶片特征,坡向变化所产生的群落中光环境也有差异;海拔对于锐齿栎次生林林下幼苗幼树数量影响不同。当海拔从 1083 m 增加到 1882 m 时,幼树密度变化有一个先增后减的趋势,主要由于随着海拔的增高,土壤有机质及水分含量增加^[27],为幼树提供了较为适宜的生长环境,而当海拔增加到临界高度,过低的温度成为了幼树生长发育的限制瓶颈。幼苗密度随着海拔的增加一直呈现减小的趋势。由于种子萌发和幼苗构建需要一定的温度。随着海拔增高,逐渐减少的温度抑制了幼苗的形成和发育。

3.3 锐齿栎次生林林下乔木更新的生态学启示

天然更新是次生林持续发展的主导作用因子,尤其是林下乔木幼苗幼树的数量和种类,关系到群落结构的自然调整趋向。落叶阔叶林是秦岭山地地带性植被,也是暖温带的顶级群落。锐齿栎次生林林下乔木树种的更新对种群的增殖、扩散、延续和群落稳定性维持具有重要的作用。

影响锐齿栎次生林乔木更新的因子有林分密度、坡向、海拔等。因此,判断其更新的状况要从各种因子不同状态的组合入手。由于不同密度林分内光、热、水分等小环境因子差异明显,林下乔木幼苗幼树的生长发育对林分密度反响剧烈。尤其是林分密度增大,极易抑制幼树的发育。森林的可持续发展的关键是采伐收获后可确保经济树种幼苗和幼树的建立。因此,对于密度过大的锐齿栎次生林应通过部分收获,形成伐隙,改善群落内光环境,促使林下经济属性较好的树种更替起来^[24],逐渐形成异龄多物种的经济属性较好的阔叶林。环境因子中,坡向对于锐齿栎次生林天然更新影响显著,因为不同坡向的太阳辐射强度和日照时数不同,因而水、热状况和土壤理化特性有较大的差异。因此,综合天然更新的影响因子及锐齿栎林分密集阴蔽的冠层结构,可以发现,处于阳坡的低密度林分天然更新最好。因此,对于阳坡区域的低密度林分,可实施封禁措施,减少人为干扰,实现林分结构的自然优化,全面提高锐齿栎次生林群落的稳定性及服务功能。随着森林的演替,灌木幼苗逐渐被乔木幼苗代替,更新方式也发生了较大变化,乔木萌生更新逐渐变得突出^[7]。因此,在锐齿栎次生林中,应保障母树及其它繁殖体数量,人为辅助减缓乔木种子萌发的障碍效应。如可以适度剔除一些灌木植物,保留残桩萌生植株,促进乔木更新,加快森林健康持续发展进程。

References:

- [1] Moktan M R, Gratze G, Richards W H, Rai T B, Dukpa D, Tenzin K. Regeneration of mixed conifer forests under group tree selection harvest management in western Bhutan Himalayas. *Forest Ecology and Management*, 2009, 257(10): 2121-2132.
- [2] D'Amato A W, Orwig D A, Foster D R. Understory vegetation in old-growth and second-growth *Tsuga canadensis* forests in western Massachusetts. *Forest Ecology and Management*, 2009, 257(3): 1043-1052.
- [3] Nyland R D, Bashant A L, Bohn K K, Verostek J M. Interference to hardwood regeneration in northeastern North America: controlling effects of American beech, striped maple, and hobblebush. *Northern Journal of Applied Forestry*, 2006, 23(2): 122-132.
- [4] Kanno H, Seiwa K. Sexual vs. vegetative reproduction in relation to forest dynamics in the understory shrub, *Hydrangea paniculata* (Saxifragaceae). *Plant Ecology*, 2004, 170(1): 43-53.
- [5] Miller P M, Kauffman J B. Seedling and sprout response to slash-and-burn agriculture in a tropical deciduous forest. *Biotropica*, 1998, 30(4): 538-546.
- [6] Hamberg L, Malmivaara-Lämsä M, Löfström I, Vartiamaäki H, Valkonen S, Hantula J. Sprouting of *Populus tremula* L. in spruce regeneration areas following alternative treatments. *European Journal of Forest Research*, 2011, 130(1): 99-106.
- [7] Li X S, Liu W Y, Chen J W, Yuan C M. Seedling regeneration in primary moist evergreen broad-leaved forest and different type secondary

- vegetations in Ailao Mountains. Chinese Journal of Ecology, 2009, 28(10): 1921-1927.
- [8] Wang Z L, Gao X M. The regeneration of *Quercus aliena* var. *acuteserrata*; acorn status, seedling pool and size structure. Acta Ecologica Sinica, 2005, 25(5): 986-993.
- [9] Suo A N, Ju T Z, Zhang J H, Ge J P. Biomass structure of *Quercus aliena* var. *acuteserrata* community on Mt. Xiaolongshan in Gansu. Chinese Journal of Ecology, 2005, 24(4): 377-381.
- [10] Zhao Z H, Hui G Y, Yuan S Y, Liu W Z, Wang R X. Spatial structure characteristic of *Quercus aliena* var. *acuteserrata* natural forest in Xiaolongshan. Scientia Silvae Sinicae, 2009, 45(3): 1-6.
- [11] Duan C S, Wang J H, Ma J W, Yuan S Y, Du Y C. Evaluation of *Quercus aliena* var. *acuteserrata* forest at the western segment of Qinling Mountain, northwestern China. Journal of Beijing Forestry University, 2009, 31(5): 61-66.
- [12] Wang D X, Lin Y Y, Lei R D, Yang T, Wang Q, Yong X H. Community composition and classification of natural forest of Chinese pine (*Pinus tabulaeformis* Carr.) in Qinling Mountains. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2009, 29(5): 1016-1025.
- [13] Zhang L, Fang J Y. Reserves and species diversity of soil seed banks in four types of forest on Mt. Taibai, Qinling Mountains. Biodiversity Science, 2004, 12(1): 131-136.
- [14] Yu Q, Xie Z Q, Xiong G M, Chen Z G, Yang J Y. Community characteristics and population structure of dominant species of *Abies fargesii* forests in Shennongjia National Nature Reserve. Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(5): 1931-1941.
- [15] Ren Q S, Yang X L, Cui G F, Wang J S, Huang Y, Wei X H, Li Q L. Smith fir population structure and dynamics in the timberline ectone of the Sejila Mountain, Tibet, China. Acta Ecologica Sinica, 2007, 27(7): 2670-2677.
- [16] Dech J P, Robinson L M, Nosko P. Understorey plant community characteristics and natural hardwood regeneration under three partial harvest treatments applied in a northern red oak (*Quercus rubra* L.) stand in the Great Lakes-St. Lawrence forest region of Canada. Forest Ecology and Management, 2008, 256(4): 760-773.
- [17] Levins R. Evolution in Changing Environments: Some Theoretical Explorations. Princeton: Princeton University Press, 1968: 116-121.
- [18] Gao X M, Wang W, Du X J, Ma K P. Size structure, ecological significance and population origin of *Quercus wutaishanica* forest in Beijing Mountainous area. Acta Phytotectologica Sinica, 2001, 25(6): 673-678.
- [19] Franklin J, Spears-Lebrun L A, Deutschman D H, Marsden K. Impact of a high-intensity fire on mixed evergreen and mixed conifer forests in the Peninsular Ranges of southern California, USA. Forest Ecology and Management, 2006, 235(1/3): 18-29.
- [20] Holl K D. Effects of above- and below-ground competition of shrubs and grass on *Calophyllum brasiliense* (Camb.) seedling growth in abandoned tropical pasture. Forest Ecology and Management, 1998, 109(1/3): 187-195.
- [21] Zhang J T. The Methods in Plant Quantitative Ecology. Beijing: Chinese Science and Technology Press, 2004: 306-316.
- [22] Gunton R M, Boyes L J, Griffiths M E, Lawes M J. Regeneration niches and functional traits of three common species in subtropical dune forest. Forest Ecology and Management, 2010, 260: 1490-1497.
- [23] Chen S B, Song A Q, Li Z J. Research advance in response of forest seedling regeneration to light environmental heterogeneity. Chinese Journal of Applied Ecology, 2005, 16(2): 365-370.
- [24] Mirallesa J, Martínez-Sánchez J J, Franco J A, Bañón S. *Rhamnus alaternus* growth under four simulated shade environments; morphological, anatomical and physiological responses. Scientia Horticulturae, 2011, 127(4): 562-570.
- [25] Wang M, Zhang W H. Growth and species diversity of *Pinus tabulaeformis* artificial forest on different slope aspects. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2009, 29(8): 1678-1683.
- [26] Ren L H, Zhou G X, Li F M. Distribution of seedlings in the forest of *Pinus tabulaeformis* and natural regeneration on Western Liaoning. Protection Forest science and Technology, 2010, 94(1): 11-35.
- [27] Yang S Z, Ma Y, Jiang P, Jiao J, Zhu Y F, Zhao M S, Chen X Y. Soil physical and chemical properties along altitudes of Western Tianmushan, Zhejiang. Journal of East China Normal University: Natural Sciences Edition, 2009, (6): 101-107.

参考文献:

- [7] 李小双, 刘文耀, 陈军文, 袁春明. 袁牢山湿性常绿阔叶林及不同类型次生植被的幼苗更新特征. 生态学报, 2009, 28(10): 1921-1927.
- [8] 王中磊, 高贤明. 锐齿栎林的自然更新——坚果、幼苗库和径级结构. 生态学报, 2005, 25(5): 987-993.
- [9] 索安宁, 巨天珍, 张俊华, 葛剑平. 甘肃小陇山锐齿栎群落生物量动态研究. 生态学报, 2005, 24(4): 377-381.
- [10] 赵中华, 惠刚盈, 袁士云, 刘文桢, 王润喜. 小陇山锐齿栎天然林空间结构特征. 林业科学, 2009, 45(3): 1-6.
- [11] 段昌盛, 王军辉, 马建伟, 袁士云, 杜彦昌. 秦岭西段锐齿栎林分经营状态评价. 北京林业大学学报, 2009, 31(5): 61-66.
- [12] 王得祥, 蔺雨阳, 雷瑞德, 杨涛, 王强, 雍小华. 秦岭山地天然油松林群落结构特征和数量分类研究. 西北植物学报, 2009, 29(5): 1016-1025.
- [13] 张玲, 方精云. 秦岭太白山4类森林土壤种子库的储量分布与物种多样性. 生物多样性, 2004, 12(1): 131-136.
- [14] 于倩, 谢宗强, 熊高明, 陈志刚, 杨敬元. 神农架巴山冷杉 (*Abies fargesii*) 林群落特征及其优势种群结构. 生态学报, 2008, 28(5): 1931-1941.
- [15] 任青山, 杨小林, 崔国发, 王景升, 黄瑜, Wei X H, Li Q L. 西藏色季拉山林线冷杉种群结构与动态. 生态学报, 2007, 27(7): 2670-2677.
- [16] 高贤明, 王魁, 杜晓军, 马克平. 北京山区辽东栎林的径级结构、种群起源及生态学意义. 植物生态学报, 2001, 25(6): 673-678.
- [17] 张金屯. 数量生态学. 北京: 科学出版社, 2004: 110-113.
- [18] 陈圣宾, 宋爱琴, 李振基. 森林幼苗更新对光环境异质性的响应研究进展. 应用生态学报, 2005, 16(2): 365-370.
- [19] 王梅, 张文辉. 不同坡向人工油松林生长状况与林下物种多样性分析. 西北植物学报, 2009, 29(8): 1678-1683.
- [20] 任丽华, 邹桂霞, 李凤鸣. 辽西油松林下幼树分布规律及其天然更新研究. 防护林科技, 2010, 94(1): 11-35.
- [21] 杨淑贞, 马原, 蒋平, 焦静, 朱云峰, 赵明水, 陈小勇. 浙江西天目山土壤理化性质的海拔梯度格局. 华东师范大学学报: 自然科学版, 2009, (6): 101-107.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 32, No. 9 May, 2012 (Semimonthly)

CONTENTS

Responses and weigh of multi-ecosystem services and its economic value under different land cover scenarios: a case study from Ertan water control pivot in Yalong River	GE Jing, WU Nan, GAO Jixi, et al (2629)
Influence of grazing on biomass, growth ratio and compensatory effect of different plant groups in <i>Kobresia parva</i> meadow	DONG Quanmin, ZHAO Xinquan, MA Yushou, et al (2640)
Stocking effectiveness of hatchery-released kuruma prawn <i>Penaeus japonicus</i> in the Xiangshan Bay, China	JIANG Yazhou, LING Jianzhong, LIN Nan, et al (2651)
The spatial pattern of landscape fragmentation and its relations with urbanization and socio-economic developments: a case study of Beijing	QIU Jiangxiao, WANG Xiaoke, LU Fei, et al (2659)
Cellular automata simulation of barren patch connectivity effect in degradation sequence on alpine meadow in the source region of the Yangtze and Yellow rivers, Qinghai-Tibetan Plateau, China	LI Xueling, LIN Huilong (2670)
Evolution law of architectural landscape during the urban renewal process in Tiexi District	ZHANG Peifeng, HU Yuanman, XIONG Zaiping, et al (2681)
Competition for light and crop productivity in an agro-forestry system in the Hilly Region, Shangluo, China	PENG Xiaobang, ZHANG Shuoxin (2692)
Evaluation of forest ecosystem services based on biomass in Shanxi Province	LIU Yong, LI Jinchang, YANG Yonggang (2699)
Research on the morphological interactions between <i>Tamarix ramosissima</i> thickets and Nebkhas under different sand supply conditions; a case study in Cele oasis-desert ecotone	YANG Fan, WANG Xueqin, YANG Dongliang, et al (2707)
Litter decomposition and nutrient release in typical secondary and primary forests in karst region, Northwest of Guangxi	ZENG Zhaoxia, WANG Kelin, ZENG Fuping, et al (2720)
Spatial patterns of dominant species in a subtropical evergreen broad-leaved forest in Jiulian Mountain Jiangxi Province, China	FAN Juan, ZHAO Xiuhai, WANG Jinsong, et al (2729)
Characteristics of seedlings regeneration in <i>Quercus aliena</i> var. <i>acuteserrata</i> secondary forests in Qinling Mountains	KANG Bing, WANG Dexiang, LI Gang, et al (2738)
Xylem hydraulic traits of <i>Populus euphratica</i> Oliv. in extremely drought environment	AYOUPU Mubareke, CHEN Yaning, HAO Xingming, et al (2748)
Response characteristics of leaf traits of common species along an altitudinal gradient in Hongchiba Grassland, Chongqing	SONG Lulu, FAN Jiangwen, WU Shaohong, et al (2759)
Changes of carbon input influence soil respiration in a <i>Pinus tabulaeformis</i> plantation	WANG Jinsong, ZHAO Xiuhai, ZHANG Chunyu, et al (2768)
Effects of different habitats and coverage treatments on the fates of <i>Quercus wutaishanica</i> seeds under the predation pressure of rodents	YAN Xingfu, ZHOU Libiao, LIU Jianli (2778)
Nested analysis of urban woodlot bird communities in Minhang District of Shanghai	WANG Benyao, WANG Xiaoming, WANG Tianhou, et al (2788)
Production dynamics and trophic basis of three dominant mayflies in the continuum of Shenglihe Stream in the Bahe River Basin	DENG Shan, YE Caiwei, WANG Lixiao, et al (2796)
Effects of sedimentation thickness of shrimp pond cleaning discharges on <i>Acanthus ilicifolius</i> seedlings	LI Ting, YE Yong (2810)
Utilization of carbon sources by the soil microbial communities of different forest types in subtropical Australia	LU Shunbao, GUO Xiaomin, RUI Yichao, et al (2819)
Soil microbial community characteristics under different vegetation types at the Holocene-basalt Platform, Jingpo Lake area, Northeast China	HUANG Yuanyuan, QU Laiye, QU Xiuchun, et al (2827)
Effect of <i>Ipomoea aquatica</i> Floating-bed on the quantity and distribution of nitrogen cycling bacteria and nitrogen removal	TANG Yingying, LI Xiuzhen, ZHOU Yuanqing, et al (2837)
Effects of microbial inoculants on soil microbial diversity and degrading process of corn straw returned to field	LI Peipei, ZHANG Dongdong, WANG Xiaojuan, et al (2847)

Effects of coupling film-mulched furrow-ridge cropping with maize straw soil-incorporation on maize yields and soil organic carbon pool at a semiarid loess site of China	WU Rongmei, WANG Yongpeng, LI Fengmin, et al (2855)
Residues and spatial distribution of OCPs in the sediments of Gan River Basin ...	LIU Xiaozhen, ZHAO Ci, LIANG Yu, et al (2863)
Analysis on population fluctuation and properties of the white-backed planthopper in Huizhou in 2009	 DIAO Yonggang, YANG Haibo, QU Yufeng, et al (2872)
Evaluation acaricidal activities of <i>Momordica cochinchinensis</i> extracts against <i>Tetranychus cinnabarinus</i>	 GUO Huili, SHI Guanglu, JIA Liangxi, et al (2883)
Stomatal ozone uptake modeling and comparative analysis of flux-response relationships of winter wheat	 TONG Lei, FENG Zongwei, Sudebilige, et al (2890)

Review and Monograph

Calculation method of energy ecological footprint based on global net primary productivity	 FANG Kai, DONG Deming, LIN Zhuo, et al (2900)
Behavioral patterns, influencing factors, functions and risks of social play in primates	 WANG Xiaowei, ZHAO Haitao, QI Xiaoguang, et al (2910)

Discussion

Spatio-Temporal changing analysis on carbon storage of harvested wood products in China	 LUN Fei, LI Wenhua, WANG Zhen, et al (2918)
---	---

Scientific Note

Variations in allometrical relationship between stand nitrogen storage and biomass as stand development	 CHENG Dongliang, ZHONG Quanlin, LIN Maozi, et al (2929)
Effect of continuous cropping of sesame on rhizospheric microbial communities	 HUA Juling, LIU Guangrong, HUANG Jinsong (2936)
Effects of clipping on the growth, gas exchange and chlorophyll fluorescence of invasive plant, <i>Flaveria bidentis</i>	 WANG Nannan, HUANGFU Chaohe, CHEN Dongqing, et al (2943)
Influence of vegetable cultivation methods on soil organic carbon sequestration rate	 LIU Yang, YU Dongsheng, SHI Xuezheng, et al (2953)
Integrated matrix-hydrology-biological remediation technology for bank collapse lakeside zone of Chaohu Lake	 CHEN Yunfeng, ZHANG Yanhui, ZHENG Xiqiang (2960)

《生态学报》2012 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的自然科学高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究原始创新性科研成果,特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 70 元/册,全年定价 1680 元。

国内邮发代号:82-7 国外邮发代号:M670 标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 32 卷 第 9 期 (2012 年 5 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 9 (May, 2012)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:1000717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元