

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第 32 卷 第 20 期 Vol.32 No.20 **2012**

中国生态学会
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 20 期

2012 年 10 月 (半月刊)

目次

太湖流域源头溪流氧化亚氮(N_2O)释放特征.....	袁淑方, 王为东 (6279)
闽江河口湿地植物枯落物立枯和倒伏分解主要元素动态.....	曾从盛, 张林海, 王天鹅, 等 (6289)
宁夏荒漠草原小叶锦鸡儿可培养内生细菌多样性及其分布特征.....	代金霞, 王玉炯 (6300)
陕西省栎黄枯叶蛾蛹的空间分布.....	章一巧, 宗世祥, 刘永华, 等 (6308)
模拟喀斯特生境条件下干旱胁迫对青冈栎苗木的影响.....	张中峰, 尤业明, 黄玉清, 等 (6318)
中国井冈山生态系统多样性.....	陈宝明, 林真光, 李 贞, 等 (6326)
鄂西南木林子常绿落叶阔叶混交林恢复过程中优势树种生态位动态.....	汤景明, 艾训儒, 易咏梅, 等 (6334)
不同增温处理对夏蜡梅光合特性和叶绿素荧光参数的影响.....	徐兴利, 金则新, 何维明, 等 (6343)
模拟长期大风对木本猪毛菜表观特征的影响.....	南 江, 赵晓英, 余保峰 (6354)
雷竹林土壤和叶片 N、P 化学计量特征对林地覆盖的响应.....	郭子武, 陈双林, 杨清平, 等 (6361)
利用树木年轮重建赣南地区 1890 年以来 2—3 月份温度的变化.....	曹受金, 曹福祥, 项文化 (6369)
川西亚高山草甸土壤呼吸的昼夜变化及其季节动态.....	胡宗达, 刘世荣, 史作民, 等 (6376)
火干扰对小兴安岭白桦沼泽和落叶松-苔草沼泽凋落物和土壤碳储量的影响.....	周文昌, 牟长城, 刘 夏, 等 (6387)
黄土丘陵区三种典型退耕还林地土壤固碳效应差异.....	佟小刚, 韩新辉, 吴发启, 等 (6396)
岩质公路边坡生态恢复土壤特性与植物多样性.....	潘树林, 辜 彬, 李家祥 (6404)
坡位对东灵山辽东栎林土壤微生物量的影响.....	张 地, 张育新, 曲来叶, 等 (6412)
太湖流域典型入湖港口景观格局对河流水质的影响.....	王 瑛, 张建锋, 陈光才, 等 (6422)
基于多角度基尼系数的江西省资源环境公平性研究.....	黄和平 (6431)
中国土地利用空间格局动态变化模拟——以规划情景为例.....	孙晓芳, 岳天祥, 范泽孟 (6440)
世界主要国家耕地动态变化及其影响因素.....	赵文武 (6452)
不同氮源下好氧反硝化菌 <i>Deffluibacter lusatiensis</i> str. DN7 的脱氮特性.....	肖继波, 江惠霞, 褚淑祎 (6463)
基于生态足迹方法的南京可持续发展研究.....	周 静, 管卫华 (6471)
基于投入产出方法的甘肃省水足迹及虚拟水贸易研究.....	蔡振华, 沈来新, 刘俊国, 等 (6481)
浦江县土壤碱解氮的空间变异与农户 N 投入的关联分析.....	方 斌, 吴金凤, 倪绍祥 (6489)
长江河口潮间带盐沼植被分布区及邻近光滩鱼类组成特征.....	童春富 (6501)
深圳湾不同生境湿地大型底栖动物次级生产力的比较研究.....	周福芳, 史秀华, 邱国玉, 等 (6511)
灰斑古毒蛾口腔反吐物诱导沙冬青细胞 Ca^{2+} 内流及 H_2O_2 积累.....	高海波, 张淑静, 沈应柏 (6520)
濒危物种金斑喙凤蝶的行为特征及其对生境的适应性.....	曾菊平, 周善义, 丁 健, 等 (6527)
细叶榕榕小蜂群落结构及动态变化.....	吴文珊, 张彦杰, 李凤玉, 等 (6535)
专论与综述	
流域生态系统补偿机制研究进展.....	张志强, 程 莉, 尚海洋, 等 (6543)
可持续消费的内涵及研究进展——产业生态学视角.....	刘晶茹, 刘瑞权, 姚 亮 (6553)
工业水足迹评价与应用.....	贾 佳, 严 岩, 王辰星, 等 (6558)
矿区生态风险评价研究述评.....	潘雅婧, 王仰麟, 彭 建, 等 (6566)
研究简报	
围封条件下荒漠草原 4 种典型植物群落枯落物枯落量及其蓄积动态.....	李学斌, 陈 林, 张硕新, 等 (6575)
密度和种植方式对夏玉米酶活性和产量的影响.....	李洪岐, 蔺海明, 梁书荣, 等 (6584)
期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 312 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 35 * 2012-10	

封面图说: 草丛中的朱鹮——朱鹮有着鸟中“东方宝石”之称。洁白的羽毛, 艳红的头冠和黑色的长嘴, 加上细长的双脚, 朱鹮历来被日本皇室视为圣鸟。20 世纪前朱鹮在中国东部、日本、俄罗斯、朝鲜等地曾有较广泛地分布, 由于环境恶化等因素导致种群数量急剧下降, 至 20 世纪 70 年代野外已认为无踪影。1981 年 5 月, 中国鸟类学家经多年考察, 在陕西省洋县重新发现朱鹮种群, 一共只有 7 只, 也是世界上仅存的种群。此后对朱鹮的保护和科学研究做了大量工作, 并于 1989 年在世界首次人工孵化成功。

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

DOI: 10.5846/stxb201202260255

汤景明, 艾训儒, 易咏梅, 李玲, 徐红梅, 宋亚丽. 鄂西南木林子常绿落叶阔叶混交林恢复过程中优势树种生态位动态. 生态学报, 2012, 32(20): 6334-6342.

Tang J M, Ai X R, Yi Y M, Li L, Xu H M, Song Y L. Niche dynamics during restoration process for the dominant tree species in montane mixed evergreen and deciduous broadleaved forests at Mulinzi of southwest Hubei. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(20): 6334-6342.

鄂西南木林子常绿落叶阔叶混交林恢复 过程中优势树种生态位动态

汤景明^{1,*}, 艾训儒², 易咏梅², 李玲¹, 徐红梅¹, 宋亚丽¹

(1. 湖北省林业科学研究院, 武汉 430075; 2. 湖北民族学院, 恩施 445000)

摘要:运用 Shannow-wiener 生态位宽度指数和 Pianka 生态位重叠指数, 分析了鄂西南木林子常绿落叶阔叶混交林恢复过程中优势树种生态位动态。结果表明:大穗鹅耳枥(*Carpinus fargesii*)、四照花(*Cornus kousa* var. *Chinensis*)、青冈(*Cycloblanopsis glauca*) 生态位总宽度较大,且在 5 个不同恢复时期均有分布。恢复期 14a、35a、60a、85a 和 110a 生态位宽度最大的树种分别为白马桑(*Weigela japonica* var. *sinica*)、大穗鹅耳枥、四照花、光皮桦(*Betula luminifera*)和尾叶冬青(*Ilex wilsonii*)。随着群落的恢复,优势落叶树种生态位宽度表现出下降趋势,优势常绿树种则呈上升趋势。当恢复到顶极群落阶段,乔木层常绿和落叶树种生态位接近,灌木层常绿灌木占据较大生态位。随着群落的恢复,优势落叶树种与其它树种的生态位重叠值呈波动性下降趋势,优势常绿树种表现为波动性上升趋势,群落全部树种间生态位重叠程度呈小幅度波动性下降趋势。相同或相似生活型的演替早期种间的高生态位重叠,意味着种间对资源利用的相似性和竞争关系,演替后期种与其它树种间的生态位重叠的增加,意味着不同生活型树种在水平空间重叠而在垂直空间分化,这是不同树种对有限环境资源充分利用的一种机制。

关键词:常绿落叶阔叶混交林;生态恢复;生态位;动态;木林子

Niche dynamics during restoration process for the dominant tree species in montane mixed evergreen and deciduous broadleaved forests at Mulinzi of southwest Hubei

TANG Jingming^{1,*}, AI Xuenru², YI Yongmei², LI Ling¹, XU Hongmei¹, SONG Yali¹

1 Hubei Academy of Forestry, Wuhan 430075, China

2 Hubei University for Nationalities, Enshi 445000, China

Abstract: The niche dynamics during natural restoration process of dominant tree species in montane mixed evergreen and deciduous broadleaved forests at Mulinzi of Southwest Hubei were analyzed by means of Shannow-wiener niche breadth index and Pianka niche overlap index. The results showed that the total breadth of niche of *Carpinus fargesii*, *Cornus kousa* var. *Chinensis* and *Cycloblanopsis glauca* were higher and these tree species were found in all five restoration stages. *Weigela japonica* var. *sinica*, *Carpinus fargesii*, *Cornus kousa* var. *Chinensis*, *Betula luminifera* and *Ilex wilsonii* were the species with the largest niche breadth for the restoration stage of 14, 35, 60, 85 and 110 years respectively. There was a general trend that the niche breadth of dominant deciduous tree species decreased with increasing degree of community restoration, while that of dominant evergreen tree species was on the contrary. When the community restored to its climax stage, the niche of evergreen species in tree layer was close to that of deciduous trees, and that of evergreen species in shrub layer

基金项目:湖北省林业重点科研项目(2004KJ03,2006KJ08)

收稿日期:2012-02-26; 修订日期:2012-07-10

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: tjingming@163.com

occupied a larger niche; this was a spatial pattern for better sharing of natural resources. With increasing restoration degree of community, the niche overlap between dominant deciduous tree species and other tree species had a trend of fluctuant decrease; while that of dominant evergreen tree species had a trend of fluctuant increase; and the niche overlap among all tree species in communities had a tendency of slightly waved decrease. The results showed that higher niche overlap among the early-succession species with same or similar life form meant a similar or competing requirement on resources. The increase of niche overlap among the late-succession species and other tree species represented a horizontally spatial overlap but vertically spatial differentiation; this is a full use mechanism of different tree species regarding limited resources in their environment.

Key Words: montane mixed evergreen and deciduous broadleaved forests; restoration; niche; dynamics; Mulinzi

生态位是种群在群落中的时间、空间位置及其功能、地位^[1-2]。生态位理论在种间关系、群落结构及演替等研究方面的广泛应用,已成为解释自然群落中物种共存与竞争机制的基本理论之一^[1,3-6]。国内外学者在生态位理论^[7-8]、生态位计测^[9-10]和生态位应用^[4,11-17]等方面进行了大量的研究。我国学者在森林群落种群生态位计测和应用方面开展了一系列研究,主要集中在热带山地雨林^[17-18]、亚热带常绿阔叶林^[19-22]、暖温带落叶阔叶林^[23]、东北阔叶红松林^[24-26]、西南高山栎灌丛^[27]等地带性森林主要树种生态位特征方面,森林恢复过程中主要种群生态位动态研究也有少量开展^[28-30]。山地常绿落叶阔叶混交林是我国特有的天然林类型^[31]。鄂西南木林子自然保护区是我国山地常绿落叶阔叶混交林最具代表性的地区之一。我国亚热带山地常绿落叶阔叶混交林恢复过程中主要树种生态位动态的研究尚未见报道。开展鄂西南木林子山地常绿落叶阔叶混交林恢复过程中树种生态位动态研究,将有助于了解主要树种对资源利用的生态习性和生态幅度的差异,认识各主要树种对环境资源的利用状况及其相互关系,揭示优势树种生态位特征及其在常绿落叶阔叶混交林群落演替中的地位、作用,对于营造混交林时树种选择、配置及调节树种间关系有重要意义,从而为退化天然林恢复和生物多样性保护提供理论依据和指导。

1.1 研究区自然概况

湖北省木林子自然保护区位于湖北省西南部的恩施自治州鹤峰县境内,北纬 30°1'15"—30°6'40",东经 110°10'23"—110°13'50"。总面积 2133.3 hm²。属武陵山脉的石门支脉,为典型的鄂西中高山地形。一般海拔 1200 m 以上,最高海拔 2095.6 m,最低海拔 1100 m。平均坡度 30°以上。成土母质为绿色页岩、泥质页岩、石英砂页岩、酸性紫色页岩。土壤为黄棕壤、棕壤和黄壤。pH 值 4.5—6.5 之间。属亚热带大陆性季风气候,年平均气温 11.9 °C,1 月平均气温 9.7 °C,极端最低气温 -17.1 °C。7 月平均气温 28.6 °C,极端最高气温 32 °C。年降水量 1800 mm,年平均日照时数 1750 h,无霜期 260 d。该区植物区系起源古老,种类丰富,是我国亚热带山地常绿落叶阔叶混交林典型分布区之一。常绿落叶阔叶混交林是木林子自然保护区的一种主要的植被类型,主要分布在海拔 1200—1800 m。

1.2 调查与分析方法

1.2.1 样地设置

综合该地森林经营档案资料和野外调查结果,按照“空间代替时间法”,设置不同恢复时期群落的样地,要求样地海拔和坡向基本一致。对应的恢复期分别为 14、35、60、85、110a,其中,恢复期为 110a 的样地代表常绿落叶阔叶混交林顶极群落。根据在研究地木林子所做的种-面积曲线,最小取样面积为 500 m²,考虑本研究的可靠性,确定样地面积 600 m²(20 m×30 m)。采用“相邻格子法”将其分为 6 个 10 m×10 m 的样方即为乔木样方。在每个 10 m×10 m 乔木样方中均匀设置 5 个 2 m×2 m 的灌木样方。

1.2.2 调查方法

详细记录样地生境、坡度、坡向、坡位、海拔、林分高度和郁闭度、以及其它层高度和盖度。在 10 m×10 m 的乔木样方中,逐株测定高度大于 1.5 m 林木(乔木和灌木树种)的胸径、树高、枝下高和冠幅,记录生长状

况;对灌木层,按种在 2 m×2 m 灌木样方内对每个植株尤其是更新苗木测定高度、盖度、株数、冠幅。外业调查工作于 2005 年 8—9 月完成。

1.2.3 分析方法

在森林植物群落中不同植物种间的个体大小差异很大,很难在同一水平上进行比较,经实际应用认为以重要值百分数较为合适,它综合反映了物种对资源的利用及适应环境的能力^[21]。本研究利用群落调查资料,以样地(20 m×30 m)代表不同恢复时期的群落,将样地中每个样方(10 m×10 m)视为一个综合资源位,以树种在各样方(资源位)的相对重要值作为指标,测定群落中优势树种的生态位。

(1) 生态位宽度

生态位宽度 B_{sw} 采用 Shannow-Wiener 公式^[9,24]:

$$B_{sw} = - \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i$$

式中, P_i 为物种在资源系列中第 i 资源位的重要值占该种重要值总数的比例。 s 为资源位数。 B_{sw} 取值范围为 $[0, \ln s]$ 。

生态位总宽度 B

$$B = \sqrt{\sum_{i=1}^n B_i^2}$$

式中, B_i 为物种在第 i 个群落类型(样地)的生态位宽度, n 为群落类型(样地)的数目。

(2) 生态位重叠

生态位重叠 O_{ij} 采用 Pianka 公式^[9,24]:

$$O_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^s P_{ik} P_{jk}}{\sqrt{\sum_{k=1}^s P_{ik}^2} \sqrt{\sum_{k=1}^s P_{jk}^2}}$$

式中, P_{ik} 、 P_{jk} 分别为物种 i 和物种 j 在第 k 资源位上的重要值占该物种在整个资源序列的总重要值的比例。 S 为资源位数。

样地全部树种间生态位重叠值的总平均值=样地内全部树种间生态位重叠值总数/总种对数。

1.3 结果与分析

1.3.1 常绿落叶阔叶混交林恢复过程中主要树种生态位宽度变化

将各恢复时期群落重要值在前 5 位的优势树种(5 个不同恢复期样地共涉及 15 个树种)的生态位宽度列于表 1。从表 1 中可以看出,在自然恢复过程中,优势树种的生态位不断变化。恢复 14a 群落以落叶灌木白马桑的生态位宽度最大,为 1.773,四照花、盐肤木和大穗鹅耳枥其次,而且数值接近,分别为 1.751、1.738 和 1.733,常绿树种青冈最小,为 0.688。重要值在前 10 位的优势树种中,落叶树种有 9 种,常绿树种仅青冈 1 种,群落基本上以落叶灌木类的先锋树种为主,这些先锋树种在群落占据了绝大部分生态位。白马桑等灌木树种是先锋拓植树种,首先侵入林地并成活扩展,促进林地环境的改善,为其它树种的入侵和生存发展创造条件。当恢复到 35 年时,白马桑、四照花、盐肤木的生态位有所下降,分别为 1.747、1.740、1.041,大穗鹅耳枥上升至第一位,为 1.758,华中山柳升高到 1.716,其它一些常绿树种侵入群落中,生态位开始上升,青冈上升到 1.011,常绿灌木尾叶冬青在林下出现,生态位宽度为 1.068。此时群落中先锋落叶树种的生态位总体上下下降,特别是落叶灌木生态位受到压缩,常绿乔灌木的生态位得以扩展,但群落仍以落叶乔、灌木占据较大的生态位。当恢复到 60a 时,四照花和大穗鹅耳枥生态位最高,分别为 1.710、1.700,落叶树种白马桑、宜昌木姜子、华中山柳等树种生态位进一步下降,分别下降到 1.255、0.515、1.215,群落中落叶乔木树种占据较大的生态位,青冈和木荷的生态位进一步拓宽,分别达到 1.176 和 0.934。各树种生态位消长变化表明,恢复 60a 的群落,由于群落环境明显得到改善,为地带性顶极种的入侵、生存和发展创造了条件。此时期是先锋树种生态

位压缩和后期竞争种生态位扩展的过渡阶段。当恢复到 85a 时,光皮桦和大穗鹅耳枥的生态位分别为 1.755 和 1.708,四照花和华中山柳等树种的生态位迅速变窄,分别下降为 1.196 和 0.689,白马桑、宜昌木姜子和白檀已从群落中消失,常绿阔叶树种木荷和青冈的生态位明显变宽,分别达到 1.749 和 1.659。这一时期,群落中以木荷等常绿乔灌木树种的生态位占明显优势,而落叶树种的生态位被压缩。当恢复到 110a 以上的顶极群落时,林地土壤肥力进一步增加,林内小气候条件变得更为优越,为中生性树种提供了理想的生存环境,群落中主要种群生态位也发生相应变化。大穗鹅耳枥生态位略有升高,为 1.730,四照花、光皮桦、华中山柳等落叶树种的生态位进一步压缩,生态位分别为 1.023、0.000、0.620,青冈、尾叶冬青、短柱枞等树种生态位继续拓宽,分别为 1.702、1.771、1.665,木荷的生态位则有所下降,为 1.438。群落中以尾叶冬青的生态位最大,大穗鹅耳枥、青冈、短柱枞、木荷等居其次。此时期一些先锋落叶乔木树种如光皮桦生态位变为 0,仅占有一个资源位,而一些适应能力较强的落叶乔木树种如大穗鹅耳枥等仍保持较高的生态位,并与常绿乔木树种保持相近的生态位宽度,共同控制群落的结构和功能。

表 1 不同恢复时期群落优势树种生态位宽度变化

Table 1 Dynamics of niche breadth of main dominant species in the communities of different restoration period

优势树种 Dominant species	恢复期 Restoration period/a					生态位总宽度 Niche total breadth
	14	35	60	85	110	
大穗鹅耳枥 <i>Carpinus fargesii</i>	1.733	1.758	1.700	1.708	1.730	3.860
四照花 <i>Cornus kousa</i> var. <i>Chinensis</i>	1.751	1.740	1.710	1.196	1.023	3.391
青冈 <i>Cycloblanopsis glauca</i>	0.688	1.011	1.176	1.659	1.702	2.920
光皮桦 <i>Betula luminifera</i>	1.481	0.693	1.471	1.755	0.000	2.813
白马桑 <i>Weigela japonica</i> var. <i>sinica</i>	1.773	1.747	1.255			2.787
华中山柳 <i>Clethra fargesii</i>	1.541	1.716	1.215	0.689	0.620	2.767
木荷 <i>Schima superba</i>		0.000	0.934	1.749	1.438	2.450
盐肤木 <i>Rhus chinensis</i>	1.738	1.041		1.367		2.444
宜昌木姜子 <i>Litsea ichangensis</i>	1.649	1.585	0.515			2.345
尾叶冬青 <i>Ilex wilsonii</i>		1.068	0.000	1.085	1.771	2.335
白檀 <i>Symplocos paniculata</i>	1.456	1.533	0.000		0.686	2.223
短柱枞 <i>Eurya brevistyla</i>			1.053	0.603	1.665	2.060
杜鹃 <i>Rhododendron simsii</i>				1.718	1.016	1.996
锥栗 <i>Castanea henryi</i>			1.643		0.000	1.643
亮叶水青冈 <i>Fagus lucida</i>		0.972	0.563			1.123
优势树种小计 Subtotal of dominant species						
落叶树种 Deciduous species	13.122	12.785	10.071	6.715	4.060	22.331
常绿树种 Evergreen species	0.688	2.079	3.162	6.814	7.592	10.903
乔木树种 Arbor species	7.303	7.759	9.711	8.068	5.893	17.540
落叶乔木 Deciduous arbor	6.615	6.748	7.601	4.659	2.753	13.280
常绿乔木 Evergreen arbor	0.688	1.011	2.110	3.409	3.140	5.237
灌木树种 Shrub species	6.507	7.105	3.522	5.462	5.759	12.970
落叶灌木 Deciduous shrub	6.507	6.037	2.470	2.056	1.306	9.530
常绿灌木 Evergreen shrub		1.068	1.053	3.406	4.452	5.803

就乔木树种而言,随着群落的恢复,大穗鹅耳枥呈波动性变化,并在顶极时期保持一定水平,四照花生态位宽度不断下降,光皮桦呈波动性下降,到顶极群落时期生态位变为 0,木荷从 35a 至 85a 直线上升,从 85a 至 110a 有小幅下降,青冈则一直呈平稳上升之势。可见,落叶乔木树种在恢复过程中总体上呈波动性下降趋势,常绿乔木树种则多呈上升之势(如青冈),或呈“窄-宽-窄”的单峰曲线(如木荷)。就灌木树种而言,随着群落的恢复,落叶灌木白马桑生态位宽度不断下降,华中山柳则呈波动性下降,常绿灌木尾叶冬青和短柱枞则呈波动性上升。白马桑在恢复到 60a 时生态位最低,恢复到 85a 已从群落中消失,而短柱枞则在白马桑最低

时已开始侵入群落中,并取代白马桑而成为林下主要灌木树种之一。随着群落的恢复,落叶树种的生态位不断下降,常绿树种的生态位则不断上升,当恢复到顶极群落阶段,乔木层常绿和落叶树种生态位接近,灌木层以常绿灌木占据较大的生态位的生态位分配格局,共同分享环境资源。

在不同恢复时期群落组成的多维空间里,主要树种的生态位总宽度的顺序为大穗鹅耳枥>四照花>青冈>光皮桦>白马桑>华中山柳>木荷>盐肤木>宜昌木姜子>尾叶冬青>白檀>短柱柃>杜鹃>锥栗>亮叶水青冈。这些树种可利用的环境资源最为丰富,而且有很强的利用资源能力。大穗鹅耳枥、四照花、青冈生态位总宽度较高,在 5 个不同恢复时期均有分布,说明对木林子自然环境条件有较强的适应性,生态适应范围大,可利用资源幅度广。白马桑、华中山柳、光皮桦、盐肤木、宜昌木姜子、白檀等落叶乔灌木在恢复前期有较高的生态位,木荷、尾叶冬青、短柱柃等常绿乔灌木在恢复的中后期有较高的生态位。锥栗、亮叶水青冈生态位宽度较小,说明其空间分布不均匀。锥栗对环境资源有一定的选择性,因锥栗为阳性喜光树种,林下更新不良,在干扰相对较少的 1500—1800m 的常绿落叶阔叶混交林带生态位较窄,种群呈衰退之势。亮叶水青冈较适合木林子山地环境生长,并多与其它树种形成混交林,其生态位较窄。这是因为,水青冈作为优质阔叶用材树种,人为采伐干扰较大,保护不够,加之林下更新不良,现保存的个体零散分布于地势较为陡峭的地段,使得生态位窄化。

2.2 常绿落叶阔叶混交林恢复过程中主要树种生态位重叠变化

将重要值位于前 5 位的优势树种(5 个不同恢复期样地共涉及 15 个树种)与其它树种间生态位重叠值的平均值以及各恢复时期群落全部树种间生态位总平均值列于表 2。从表 2 可以看出,落叶树种四照花与其它树种的生态位重叠值在恢复 14a 时最高,为 0.694,随着群落的演替逐渐下降,到 110a 时,下降到 0.379。白马桑、宜昌木姜子生态位重叠值不断下降,分别从恢复 14a 的 0.656 和 0.663,下降到恢复 60a 的 0.470 和 0.348。当恢复到 85a 时,两树种已从群落中退出。盐肤木、白檀、大穗鹅耳枥、光皮桦、华中山柳与其它树种间生态位重叠值呈波动性下降趋势。随着群落的恢复,优势落叶树种与其它树种的生态位重叠值呈波动性下降趋势。

表 2 不同恢复时期群落优势树种与其它树种间生态位重叠值的平均值

优势树种 Dominant species	恢复期 Restoration period/a				
	14	35	60	85	110
四照花 <i>Cornus kousa</i> var. <i>Chinensis</i>	0.694	0.545	0.492	0.494	0.379
华中山柳 <i>Clethra fargesii</i>	0.670	0.531	0.325	0.445	0.331
宜昌木姜子 <i>Litsea ichangensis</i>	0.663	0.573	0.348		
白马桑 <i>Weigela japonica</i> var. <i>sinica</i>	0.656	0.565	0.470		
白檀 <i>Symplocos paniculata</i>	0.641	0.554	0.280		0.396
盐肤木 <i>Rhus chinensis</i>	0.604	0.426		0.619	
大穗鹅耳枥 <i>Carpinus fargesii</i>	0.592	0.574	0.515	0.695	0.565
光皮桦 <i>Betula luminifera</i>	0.484	0.399	0.511	0.634	0.209
青冈 <i>Cycloblanopsis glauca</i>	0.449	0.344	0.401	0.556	0.570
杜鹃 <i>Rhododendron simsii</i>				0.641	0.360
短柱柃 <i>Eurya brevistyla</i>			0.374	0.390	0.551
亮叶水青冈 <i>Fagus lucida</i>		0.338	0.377		
木荷 <i>Schima superba</i>		0.329	0.380	0.624	0.425
尾叶冬青 <i>Ilex wilsonii</i>		0.461	0.280	0.500	0.598
锥栗 <i>Castanea henryi</i>			0.442		0.201
优势落叶树种 Dominant deciduous species	0.626	0.501	0.418	0.577	0.347
优势常绿树种 Dominant evergreen species	0.449	0.378	0.359	0.542	0.501
样地全部树种间生态位重叠值的总平均值	0.512	0.375	0.351	0.494	0.373
Average of niche overlap value among dominant tree species					

常绿树种来青冈在恢复 14a 时与其它树种的生态位重叠值为 0.449,恢复到 35a 时有所下降,为 0.344,随后逐渐上升,当恢复到 110a 的顶级群落时,达到最高,为 0.570。木荷从恢复 35a 时的 0.329 逐步上升到恢复 85a 时的 0.624,并达到最大值,到 110a 的顶级群落时又下降到 0.425。尾叶冬青在恢复 35a 时的生态位重叠值为 0.461,恢复到 60a 时下降为 0.280,随后逐渐上升,当恢复到 110a 的顶级群落时达到最高,为 0.598。短柱枥从 60a 到 110a 逐步上升。随着群落的恢复,优势常绿树种与其它树种的生态位重叠值总体上表现为波动性上升趋势。

从群落中优势树种间生态位重叠值的总平均值来看,在常绿落叶阔叶混交林自然恢复过程中,树种间生态位重叠程度总体较高。恢复 14a 群落中优势树种与其它树种间生态位重叠值最高,其值为 0.512,高于其他恢复时期群落。随着群落的恢复,群落树种间生态位重叠程度呈小幅度波动性下降之势。从 14a 到 60a,树种间生态位重叠程度下降,恢复到 60a 时最低,为 0.351。从 60a 到 85a,种间生态位重叠程度又开始上升,到 85a 时,达 0.494,恢复到 110a 时,种间生态位重叠程度又下降到 0.373。恢复 14a 群落中优势树种除青冈为常绿树种外,其余均为落叶树种,其喜光耐脊薄的生态习性,使得它们在皆伐迹地恢复的初期不仅占据较高的生态位,而且相互间具有较高的生态位重叠。这说明恢复 14a 群落树种组成复杂,树种生态位分化水平低,种间存在激烈的竞争。随着群落的恢复,一些中生性种类开始在群落中生长,并排挤其它竞争力弱的一些落叶树种而居优势地位,树种生态位进一步分化,生态位重叠程度总体上趋于下降,种间竞争关系缓和。由于群落恢复过程中环境的异质性和树种侵入的随机性,群落部分生境斑块树种侵入的种类和密度存在不确定性,使得树种间生态位重叠出现波动。

3 结论与讨论

(1)随着群落的恢复,优势落叶树种生态位宽度表现出下降趋势,优势常绿树种则呈上升趋势。当恢复到顶极群落阶段,乔木层常绿和落叶树种生态位接近,灌木层以常绿灌木占据较大的生态位的分配格局,共同分享环境资源。大穗鹅耳枥、四照花、青冈生态位总宽度最高,在 5 个不同恢复时期均有分布,说明对木林子自然环境条件有较强的适应性,生态适应范围大,可利用资源幅度广。在木林子常绿落叶阔叶混交林恢复过程中,不同的物种以不同的生态对策适应和利用环境资源,而表现出空间生态位的释放或压缩。森林群落恢复的实质是群落中不同生态对策树种的更替过程。在恢复早期,一些阳性落叶灌木以其 R-生态对策迅速侵入林地,占据最大的生态位,并改善林地土壤条件,为落叶乔木树种提供了充足的可利用资源,拓展了生态位,促进了落叶乔木树种生态位的拓展,并形成一定的高度结构,增加林分的郁闭度,制约了先锋喜光落叶灌木的生长,压缩了其生态位空间。随着环境条件的进一步改善,常绿乔灌木相继侵入群落并不断拓展生态位。当恢复到中期,不同的树种共存于群落中,当资源能满足树种的需求时,群落相对稳定,不表现出树种间生态位释放与压缩,或生态位释放与压缩趋向缓和。随着群落的演替,资源消耗迅速,必然限制其原有树种的发展,腾出更多的生态空间为其它树种生态位扩展创造条件。树种间生态位此消彼长,一些树种的生态位压缩,而另一些树种的生态位扩张。当恢复到顶极群落时期,树种间生态位合理配置,形成相对稳定的群落结构。恢复早期的树种繁殖能力强,种子传播距离远,先定居在较为恶劣的生境,但竞争力弱,恢复后期的树种则刚好相反。皆伐迹地不受任何干扰,恢复早期树种和恢复后期树种可以同时出现,因恢复早期树种在资源相对丰富的条件下生长迅速,短期内要比恢复后期树种表现好,随着资源的消耗,生长变慢且存活力降低,而恢复后期树种竞争能力强,在资源容量低时,仍能生长和竞争,在无干扰的条件下能够取代恢复早期树种成为群落中的优势种。

(2)随着群落的恢复,优势落叶树种与其它树种的生态位重叠值呈波动性下降趋势,优势常绿树种表现为波动性上升趋势,群落全部树种间生态位重叠程度呈小幅度波动性下降趋势。虽然不同树种通过对环境适应的相似性共同生存和构成同一个群落,但同一群落中各树种由于各资源位上分布不一致,其生态位宽度值存在差异,也产生了不同程度的生态位重叠。在皆伐迹地自然恢复过程中,在恢复早期,群落中树种生态位配置不合理,树种之间生态位重叠总体上很高,种间竞争激烈,群落结构不稳定。随着群落的演替,树种间生态

位重叠值总体上变小,这说明树种间经过长期竞争排斥作用等生态过程产生了生态位分化,种间竞争缓和,种间关系和群落结构趋于稳定。生态位宽度较大的种由于对资源利用能力较强,分布较广,常常与其它的树种间有较高的生态位重叠。生态位宽度较小的种由于对资源的利用能力较弱,分布较窄而与其它树种间有较低的生态位重叠^[32]。由于不同生活型的物种,生活习性不同,对资源的需求不同,即使水平空间上重叠,仍可减少或避免直接竞争,因此,不同生活型物种间生态位重叠与相同生活型物种间生态位重叠所表达的意义是不同的。根据群落恢复过程中树种间生态位重叠值的变化规律,可以认为,相同或相似生活型的演替早期种间的高生态位重叠,意味着种间对资源利用的相似性和竞争关系,演替后期种与其它树种间的生态位重叠的增加,这种重叠是群落水平空间上的,在垂直空间上是分化的。不同生活型树种在水平空间重叠而在垂直空间分化不仅不是竞争,而是一种互利共生,是不同树种对有限环境资源充分利用的一种机制。

(3) 顶极常绿落叶阔叶混交林群落的组成、结构特征是各类受干扰群落恢复的方向,要使退化群落恢复到顶极森林状态将是十分漫长的过程,事实上,恢复也并非一定恢复到植被原有状态,而是根据人们的需求,以一定的恢复目标,将森林恢复到满足人们需要的某种可持续利用状态。为此,森林生态恢复工程中应根据不同树种的生态位动态特征来选择适宜的造林树种并进行树种间生态位调控。如果以恢复地带性植被为目标,则应根据演替过程中物种生态位分化原理,促进树种天然更新,合理调控树种间生态位,改善生态位配置,适当引进那些生态位扩展型种,特别是地带性乡土树种,依靠它们较强的适应和竞争能力,使物种在自然演替中充分扩展生态位,在时间、空间(水平和垂直空间)上形成多格局和多层次生态位结构,造成生态位的多样化,促进生态系统多样性的形成,最大限度地利用环境资源,从而形成最大的生物产量。如果以生态防护林为恢复目标时,应考虑将树种间地下生态位的合理配置,做到深根性与浅根性树种结合,使地下根系深且均匀。如果以培育短周期工业原料林为目标,则应选择 R-生态对策的速生阳性树种,充分利用其在荒山或采伐迹地上拓展生态位的能力,迅速填补空白生态位,并改善林地环境,适当配以较高的初植密度。由于这类树种为生态位衰退种,在经营过程中可缩短培育周期,或通过抚育间伐拓展优势林木的生态位空间,培育中大径材。如果以培育优质大径材用材林为目标,可将早期先锋树种与中后期顶极树种合理配置营建人工常绿落叶阔叶混交林群落,通过调整混交时间和混交比例调控种间生态位结构。在恢复之初,营造先锋落叶阔叶树种纯林,利用其拓展生态位的能力,充分利用迹地暂时富集的养分,促进迹地快速郁闭成林,随后通过间伐在林中补植其它常绿阔叶树种形成结构合理的混交林复合群落;或者营造以先锋落叶阔叶树种为主要树种,以常绿阔叶树种为伴生树种的混交林,在恢复的中期,树种间竞争加剧,这时运用相应的人工措施减少相同生态习性或相同生活型树种间的生态位重叠,把那些在恢复中后期能共同分享生态位空间的树种搭配在一起,优化群落树种间生态位配置,打破生态位重叠所隐含的利用性竞争,如间伐去除非目的树种,择伐部分成熟木和劣质木,腾出生态位为目的树种的生态位拓展创造适宜的生境条件,以充分利用环境资源,提高森林生产力。对于处于不同演替阶段的各类常绿落叶阔叶混交林群落商品林的培育,可以适当控制常绿落叶阔叶混交林中的一些常绿树种的生态位,减缓群落动态发展的速度,使群落较长时间停留在落叶阔叶林阶段,充分发挥森林的生产功能。

(4) 鄂西南地处北亚热带与中亚热带的过渡地带,山地常绿落叶阔叶混交林处于落叶阔叶林与常绿阔叶林的生态交错带上,物种组成十分丰富,对资源利用性竞争很激烈,竞争的结果导致不同的树种占据不同的生态位,使生态位进一步特化,仅利用一个或少数几个资源位,这些生态位狭窄的树种在资源利用和竞争中处于劣势,一旦这些资源位遭破坏,将导致这些特化种被灭绝。与此同时,由于长期的人为干扰特别是在上世纪 70 年代以来大规模采伐木林子森林资源以来,常绿落叶阔叶混交林遭到一定的破坏,原始林面积不断减少,不同干扰破坏的退化森林呈片断化分布,使树种原有生存环境被破坏,使少数生态适应性强的广布种侵入占据生态位,而使另一些树种生态位被压缩。因此,在常绿落叶阔叶混交林恢复与保护实践工作中,加强生态位特化树种的保护,积极通过人为正干扰促进其生态位扩展。

References:

- [1] Rosenthal G. Selecting target species to evaluate the success of wet grassland restoration. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2003, 98(1/3): 227-246.
- [2] Jorge S A, Townsend P. Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. *Biodiversity Informatics*, 2005, 2: 1-10.
- [3] Hirzel A H, Hausser J, Chessel D, Perrin N. Ecological-niche factor analysis: how to compute habitat-suitability maps without absence data. *Ecology*, 2002, 83(7): 2027-2036.
- [4] Silvertown J, Dodd M, Gowing D. Phylogeny and the niche structure of meadow plant communities. *Journal of Ecology*, 2001, 89(3): 428-435.
- [5] Taylor A H, Huang J Y, Zhou S Q. Canopy tree development and undergrowth bamboo dynamics in old-growth *Abies-Betula* forests in southwestern China: a 12-year study. *Forest Ecology and Management*, 2004, 200(1/3): 347-360.
- [6] Gehring T M, Swihart R K. Body size, niche breadth, and ecologically scaled responses to habitat fragmentation: mammalian predators in an agricultural landscape. *Biological Conservation*, 2003, 109(2): 283-295.
- [7] Westman W E. Measuring realized niche spaces: climatic response of chaparral and coastal sage scrub. *Ecology*, 1991, 72(5): 1678-684.
- [8] Li D Z, Liu K Y, Zang R G, Wang X P, Sheng L J, Zhu Z L, Shi Q, Wang C A. Development of the modern niche theory and its main representative genres. *Scientia Silvae Sinicae*, 2006, 42(8): 88-94.
- [9] Li D Z, Shi Q, Zang R G, Wang X P, Sheng L J, Zhu Z L, Wang C A. Models for niche breadth and niche overlap of species or populations. *Scientia Silvae Sinicae*, 2006, 42(7): 95-103.
- [10] Huang Y Z. Mathematical methods in niche theory study. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1994, 5(3): 331-337.
- [11] Tuomisto H. Edaphic niche differentiation among *Polybotrya* ferns in western Amazonia: implications for coexistence and speciation. *Ecography*, 2006, 29(3): 273-284.
- [12] Paoh G D, Curran L M, Zak D R. Soil nutrients and beta diversity in the Bornean Dipterocarpaceae: evidence for niche partitioning by tropical rainforest trees. *Journal of Ecology*, 2006, 94(1): 157-170.
- [13] Hu J Z, Zhen J L, Shen J Y. Discussion of root ecological niche and root distribution characteristics of artificial phyto-communities in rehabilitated fields. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(3): 481-490.
- [14] Wang L L, Wang G L, Huang Y J, Li J, Liu D Y. Age structure and niche of the endangered *Magnolia sieboldii* in Huangshan Mountain. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(6): 1862-1871.
- [15] Yang Z H, Fang E T, Liu H J, Li A D, Xu X Y. Effect of water table to niche of plant population at Minqin oasis fringe. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(11): 4900-4906.
- [16] Kang Y X, Kang B W, Yue J W, Liang Z S, Lei R D. The classification of *Quercus liaotungensis* communities and their niche in Loess Plateau of North Shaanxi. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(10): 4096-4105.
- [17] Zhang Z D, Zang R G, Ding Y. Classification of woody plant functional groups in a tropical natural forest landscape of Bawangling, Hainan Island and their potential distribution. *Scientia Silvae Sinicae*, 2009, 45(10): 1-8.
- [18] Zang R G, Jiang Y X, Yang Y C. Study on the regeneration niche of major tree species in gaps in a tropical montane rain forest in Bawangling, Hainan Island. *Forest Research*, 2001, 14(1): 17-22.
- [19] Liu J F, Hong W. A study on the community ecology of *Castanopsis kawakamii* — study on the niche of the main tree population in *Castanopsis kawakamii* community. *Acta Ecologica Sinica*, 1999, 19(3): 347-352.
- [20] Su Z Y, Wu D R, Chen B G. Niche characteristics of dominant populations in natural forest in North Guangdong. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2003, 14(1): 25-29.
- [21] Yu S Q, Li C H. Study on niche of dominant trees of water conservation forests in Qiandaohu Lake. *Journal of Beijing Forestry University*, 2003, 25(2): 8-23.
- [22] Chen Z L, Zhang Z X, Liu P, Kang H J, Chen Y. Niche of dominant species in evergreen broadleaved forest in Liushitian Mini Nature Reserve of Zhejiang Province. *Journal of Central South University of Forestry and Technology*, 2007, 27(6): 77-82.
- [23] Shi Z M, Cheng R M, Liu S R. Niche characteristics of plant populations in deciduous broadleaved forest in Baotianman. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1999, 10(3): 265-269.
- [24] Ren Q S. Study on niche structure of dominant population in natural secondary forests. *Journal of Northeast Forestry University*, 1998, 26(2): 5-10.
- [25] Wu G, Liang X Y, Zhang X D, Hao Z Q, Zhou Y B, Yin R B. Height niche of some tree species in the Korean pine broad leaved forest on

- Changbai Mountain. Chinese Journal of Applied Ecology, 1999, 10(3): 262-264.
- [26] Wang Y Y, Zuo J M, Liu J G. Study on regeneration niche metrics based on ecostate-ecorole theory. Scientia Silvae Sinicae, 2005, 41(4): 20-24.
- [27] Chen J H, Liu X L, He F, Liu S R. Niche characteristics of dominant woody populations in *Quercus aquifolioides* shrub community in Balangshan Mountain in Wolong Nature Reserve. Scientia Silvae Sinicae, 2010, 46(3): 23-28.
- [28] Chen Y R, Yin L K. Community composition and niche change characteristics of dominant species in the wind-breaking and sand-fixing forest, Xinjiang China. Journal of Plant Ecology, 2008, 32(5): 1126-1133.
- [29] Wang Z N, He K N, Zhang W Q, Liu C F, Liu S. Study on niche characteristics of undergrowth vegetation during pland restoration in semi-arid region. Journal of Soil and Water Conservation, 2005, 19(5): 162-165.
- [30] Wang H, Li Q, Han X M, Shao G F, Dai L M. Effect of harvesting on niche dynamics of main arborous species in Broadleaved-Korean Pine mixed forests in Changbai Mountain. Journal of Northeast Forestry University, 2011, 39(10): 18-20, 53-53.
- [31] Zhou G Y. The deciduous broad-leaved forest of China (also discussing about the belonging of the evergreen mixed deciduous broad-leaved forest). Journal of Ningbo University, 1996, 9(3): 93-102.
- [32] Zhang J Y, Zhao H L, Zhang T H, Zhao X Y. Niche dynamics of main populations of plants communities in the restoring succession process in Horqin Sandy Land. Acta Ecologica Sinica, 2003, 23(12): 2741-2746.

参考文献:

- [8] 李德志, 刘科轶, 臧润国, 王绪平, 盛丽娟, 朱志玲, 石强, 王长爱. 现代生态位理论的发展及其主要代表流派. 林业科学, 2006, 42(8): 88-94.
- [9] 李德志, 石强, 臧润国, 王绪平, 盛丽娟, 朱志玲, 王长爱. 物种或种群生态位宽度与生态位重叠的计测模型. 林业科学, 2006, 42(7): 95-103.
- [10] 黄英姿. 生态位理论研究中的数学方法. 应用生态学报, 1994, 5(3): 331-337.
- [13] 胡建忠, 郑佳丽, 沈晶玉. 退耕地人工植物群落根系生态位及其分布特征. 生态学报, 2005, 25(3): 481-490.
- [14] 王立龙, 王广林, 黄永杰, 李晶, 刘登义. 黄山濒危植物小花木兰生态位与年龄结构研究. 生态学报, 2006, 26(6): 1862-1871.
- [15] 杨自辉, 方峨天, 刘虎俊, 李爱德, 徐先英. 民勤绿洲边缘地下水位变化对植物种群生态位的影响. 生态学报, 2007, 27(11): 4900-4906.
- [16] 康永祥, 康博文, 岳军伟, 梁宗锁, 雷瑞德. 陕北黄土高原辽东栎 (*Quercus liaotungensis*) 群落类型划分及其生态位特征. 生态学报, 2007, 27(10): 4096-4105.
- [17] 张志东, 臧润国, 丁易. 海南岛霸王岭热带天然林景观中木本植物功能群划分及其潜在分布. 林业科学, 2009, 45(10): 1-8.
- [18] 臧润国, 蒋有绪, 杨彦承. 海南岛霸王岭热带山地雨林林隙更新生态位的研究. 林业科学研究, 2001, 14(1): 17-22.
- [19] 刘金福, 洪伟. 格氏栲群落生态学研究——格氏栲林主要种群生态位的研究. 生态学报, 1999, 19(3): 347-352.
- [20] 苏志尧, 吴大荣, 陈北光. 粤北天然林优势种群生态位研究. 应用生态学报, 2003, 14(1): 25-29.
- [21] 余树全, 李翠环. 千岛湖水源涵养林优势树种生态位研究. 北京林业大学学报, 2003, 25(2): 18-23.
- [22] 陈子林, 张志祥, 刘鹏, 康华靖, 陈煜. 浙江六十田常绿阔叶林主要乔木种生态位研究. 中南林业科技大学学报, 2007, 27(6): 77-82.
- [23] 史作民, 程瑞梅, 刘世荣. 宝天曼落叶阔叶林种群生态位特征. 应用生态学报, 1999, 10(3): 265-269.
- [24] 任青山. 天然次生林主要种群生态位结构的研究. 东北林业大学学报, 1998, 26(2): 5-10.
- [25] 吴刚, 梁秀英, 张旭东, 郝占庆, 周永斌, 尹若波. 长白山红松阔叶林主要树种高度生态位的研究. 应用生态学报, 1999, 10(3): 262-264.
- [26] 王莹莹, 左金淼, 刘家冈. 以态势理论为基础的更新生态位测度研究. 林业科学, 2005, 41(4): 20-24.
- [27] 陈俊华, 刘兴良, 何飞, 刘世荣. 卧龙巴朗山川滇高山栎灌丛主要木本植物种群生态位特征. 林业科学, 2010, 46(3): 23-28.
- [28] 陈艳瑞, 尹林克. 人工防风固沙林演替中群落组成和优势种群生态位变化特征. 植物生态学报, 2008, 32(5): 1126-1133.
- [29] 王正宁, 贺康宁, 张卫强, 刘晨峰, 刘胜. 半干旱地区植被恢复过程中林下植被生态位特征的研究. 水土保持学报, 2005, 19(5): 162-165.
- [30] 王惠, 李倩, 韩雪梅, 邵国凡, 代力民. 采伐干扰下长白山阔叶红松林优势树种生态位变化动态. 东北林业大学学报, 2011, 39(10): 18-20, 53-53.
- [31] 周光裕. 中国的落叶阔叶林——兼论常绿落叶阔叶混交林的归属问题. 宁波大学学报, 1996, 9(3): 93-102.
- [32] 张继义, 赵哈林, 张铜会, 赵学勇. 科尔沁沙地植物群落恢复演替系列种群生态位动态特征. 生态学报, 2003, 23(12): 2741-2746.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 32, No. 20 October, 2012 (Semimonthly)

CONTENTS

Characteristics of nitrous oxide (N ₂ O) emission from a headstream in the upper Taihu Lake Basin	YUAN Shufang, WANG Weidong (6279)
Nutrient dynamics of the litters during standing and sediment surface decay in the Min River estuarine marsh	ZENG Congsheng, ZHANG Linhai, WANG Tian'e, et al (6289)
Diversity and distribution of endophytic bacteria isolated from <i>Caragana microphylla</i> grown in desert grassland in Ningxia	DAI Jinxia, WANG Yujiong (6300)
Spatial distribution of <i>Trabala vishnou gigantina</i> Yang pupae in Shaanxi Province, China	ZHANG Yiqiao, ZONG Shixiang, LIU Yonghua, et al (6308)
Effects of drought stress on <i>Cyclobalanopsis glauca</i> seedlings under simulating karst environment condition	ZHANG Zhongfeng, YOU Yeming, HUANG Yuqing, et al (6318)
Ecosystem diversity in Jinggangshan area, China	CHEN Baoming, LIN Zhengguang, LI Zhen, et al (6326)
Niche dynamics during restoration process for the dominant tree species in montane mixed evergreen and deciduous broadleaved forests at Mulinzi of southwest Hubei	TANG Jingming, AI Xuenru, YI Yongmei, et al (6334)
Effects of different day/night warming on the photosynthetic characteristics and chlorophyll fluorescence parameters of <i>Sinocalycanthus chinensis</i> seedlings	XU Xingli, JIN Zexin, HE Weiming, et al (6343)
The effect of simulated chronic high wind on the phenotype of <i>Salsola arbuscula</i>	NAN Jiang, ZHAO Xiaoying, YU Baofeng (6354)
Responses of N and P stoichiometry on mulching management in the stand of <i>Phyllostachys praecox</i>	GUO Ziwu, CHEN Shuanglin, YANG Qingping, et al (6361)
Tree-ring-based reconstruction of the temperature variations in February and March since 1890 AD in southern Jiangxi Province, China	CAO Shoujin, CAO Fuxiang, XIANG Wenhua (6369)
Diel variations and seasonal dynamics of soil respirations in subalpine meadow in western Sichuan Province, China	HU Zongda, LIU Shirong, SHI Zuomin, et al (6376)
Effects of fire disturbance on litter mass and soil carbon storage of <i>Betula platyphylla</i> and <i>Larix gmelinii</i> - <i>Carex schmidtii</i> swamps in the Xiaoxing'an Mountains of Northeast China	ZHOU Wenchang, MU Changcheng, LIU Xia, et al (6387)
Variance analysis of soil carbon sequestration under three typical forest lands converted from farmland in a Loess Hilly Area	TONG Xiaogang, HAN Xinhui, WU Faqi, et al (6396)
Soil-property and plant diversity of highway rocky slopes	PAN Shulin, GU Bin, LI Jiaxiang (6404)
Effects of slope position on soil microbial biomass of <i>Quercus liaotungensis</i> forest in Dongling Mountain	ZHANG Di, ZHANG Yuxin, QU Laiye, et al (6412)
Responses of water quality to landscape pattern in Taihu watershed: case study of 3 typical streams in Yixing	WANG Ying, ZHANG Jianfeng, CHEN Guangcai, et al (6422)
Study on the fairness of resource-environment system of Jiangxi Province based on different methods of Gini coefficient	HUANG Heping (6431)
Simulation of the spatial pattern of land use change in China: the case of planned development scenario	SUN Xiaofang, YUE Tianxiang, FAN Zemeng (6440)
Arable land change dynamics and their driving forces for the major countries of the world	ZHAO Wenwu (6452)
Denitrification characteristics of an aerobic denitrifying bacterium <i>Deffluibacter lusatiensis</i> str. DN7 using different sources of nitrogen	XIAO Jibo, JIANG Huixia, CHU Shuyi (6463)
Study on sustainable development in nanjing based on ecological footprint model	ZHOU Jing, GUAN Weihua (6471)
Applying input-output analysis method for calculation of water footprint and virtual water trade in Gansu Province	CAI Zhenhua, SHEN Laixin, LIU Junguo, et al (6481)
Correlation analysis of spatial variability of Soil available nitrogen and household nitrogen inputs at Pujiang County	FANG Bin, WU Jinfeng, NI Shaoxiang (6489)
Characteristics of the fish assemblages in the intertidal salt marsh zone and adjacent mudflat in the Yangtze Estuary	TONG Chunfu (6501)
A comparison study on the secondary production of macrobenthos in different wetland habitats in Shenzhen Bay	ZHOU Fufang, SHI Xiuhua, QIU Guoyu, et al (6511)
Regurgitant from <i>Orgyia ericae</i> Germar induces calcium influx and accumulation of hydrogen peroxide in <i>Ammopiptanthus mongolicus</i> (Maxim. ex Kom.) Cheng f. cells	GAO Haibo, ZHANG Shujing, SHEN Yingbai (6520)
Behavior characteristics and habitat adaptabilities of the endangered butterfly <i>Teinopalpus aureus</i> in Mount Dayao	ZENG Juping, ZHOU Shanyi, DING Jian, et al (6527)
Community structure and dynamics of fig wasps in syconia of <i>Ficus microcarpa</i> Linn. f. in Fuzhou	WU Wenshan, ZHANG Yanjie, LI Fengyu, et al (6535)
Review and Monograph	
Review and trend of eco-compensation mechanism on river basin	ZHANG Zhiqiang, CHENG Li, SHANG Haiyang, et al (6543)
Definition and research progress of sustainable consumption: from industrial ecology view	LIU Jingru, LIU Ruiquan, YAO Liang (6553)
The estimation and application of the water footprint in industrial processes	JIA Jia, YAN Yan, WANG Chenxing, et al (6558)
Research progress in ecological risk assessment of mining area	PAN Yajing, WANG Yanglin, PENG Jian, et al (6566)
Scientific Note	
Litter amount and its dynamic change of four typical plant community under the fenced condition in desert steppe	LI Xuebin, CHEN Lin, ZHANG Shuoxin, et al (6575)
Effects of planting densities and modes on activities of some enzymes and yield in summer maize	LI Hongqi, LIN Haiming, LIANG Shurong, et al (6584)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的生态学专业性高级学术期刊,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,300 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 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 20 期 (2012 年 10 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 20 (October, 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