

大盘山香果树 (*Emmenopterys henryi*) 种内及其与 常见伴生种之间的竞争关系

康华靖¹, 陈子林², 刘 鹏^{1,*}, 张志祥¹, 周钰鸿²

(1. 浙江师范大学植物学实验室, 金华 321004; 2. 浙江大盘山国家级自然保护区管理局, 磐安 322300)

摘要:应用了生态位和单木竞争模型对浙江省大盘山国家级自然保护区香果树 (*Emmenopterys henryi*) 种内及其与常见伴生种之间的竞争关系进行了研究。结果表明, 群落中, 香果树的生态位宽度最大, 香果树与其伴生种生态位的重叠值顺序为: 杉木 > 红脉钓樟 > 山胡椒 > 七子花 > 尖连蕊茶; 对生境的要求非常相近的山胡椒、红脉钓樟和尖连蕊茶之间, 其生态位重叠值极高。采用 Hegyi 单木竞争模型的研究结果表明, 在早期阶段, 香果树的种内竞争强度随着径级的增加而增大, 胸径大于 15 cm 后, 其竞争强度又逐渐降低。种间竞争强度的大小顺序为: 香果树 > 杉木 > 七子花 > 红脉钓樟 > 山胡椒 > 尖连蕊茶。两种方法的研究结果表现出较高的一致性, 如种内竞争大于种间竞争; 种间竞争又以香果树-杉木之间的竞争最大, 而香果树-尖连蕊茶之间竞争最小, 且两种方法的结果具有一定的互补性。因此, 建议在对群落竞争关系的研究中, 将生态位和单木竞争模型相结合, 更能客观的反映其竞争关系。另外, 在经营香果树人工林时, 为了给香果树创造一个良好的生存环境, 应选择灌木树种作为其主要的伴生种而不宜选择生长迅速的常绿树种。

关键词: 香果树 (*Emmenopterys henryi*); 竞争; 生态位; 单木竞争模型; 大盘山

文章编号: 1000-0933(2008)07-3456-08 **中图分类号:** Q948.1; S718.54 **文献标识码:** A

Intra-specific competition of *Emmenopterys henryi* and its accompanying species in the Dapanshan National Nature Reserve of Zhejiang Province

KANG Hua-Jing¹, CHEN Zi-Lin², LIU Peng^{1,*}, ZHANG Zhi-Xiang¹, ZHOU Yu-Hong²

1 Key Laboratory of Botany, Zhejiang Normal University, Jinhua 321004, China

2 The Administration Bureau of Dapanshan National Natural Reserve, Pan'an 324000 China

Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(7): 3456 ~ 3463.

Abstract: *Emmenopterys henryi*, an endemic species in China, is one of the grade II rare and endangered plants for the National Key Conservation. Based on the data collected from sample plots, intra-specific and inter-specific competitions were analyzed, using the methods of niche and Hegyi's competition index model for the individual trees. The results showed that the niche breadth of *E. henryi* was the greatest in the community. The niche overlaps were in an order of *Cunninghamia lanceolata* > *Litsea rubronervia* > *Lindera glauca* > *H. miconioides* > *Camellia cuspidate*. There was a great value of niche overlaps among the species of *L. glauca*, *C. cuspidate* and *L. rubronervia* with very similar environment requirements. The results of Hegyi's competition index model for individual trees indicated that the competition

基金项目: 浙江省自然科学基金资助项目 (399277); 金华市科技重点资助项目 (2005-1-318)

收稿日期: 2007-06-10; **修订日期:** 2007-12-14

作者简介: 康华靖 (1982 ~), 男, 湖北襄阳人, 硕士生, 主要从事植物生态研究. E-mail: kanghuajing@126.com

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: sky79@zjnu.cn

Foundation item: The project was financially supported by the Natural Science Foundation of Zhejiang Province (No. 399277); the science technology item of Jinhua (No. 2005-1-318)

Received date: 2007-06-10; **Accepted date:** 2007-12-14

Biography: KANG Hua-Jing, Master, mainly engaged in plant ecology. E-mail: kanghuajing@126.com

intensity increased with the diameter at breast height (DBH) at early stage, decreased after DBH was greater than 15 cm. Relationship between the competition index and the base diameter of objective tree conformed closely as a power function. The competition intensity was in the order of *E. henryi* > *C. lanceolata* > *H. miconioides* > *L. rubronervia* > *L. glauca* > *C. cuspidate*. The results of the two methods were accordant, for example, the competition in intra-species was more intense than that in inter-species and the competition between *E. henryi* and *C. lanceolata* was the most intense in inter-species, whilst the competition between *E. henryi* and *C. cuspidate* was the least. Therefore, it's better to integrate the two methods to study the intra-specific and inter-specific competition. Some favorable eco-environmental measures for artificial forestry should be developed the forest management.

Key Words: *Emmenopterys henryi*; competition; niche; competition index model for individual tree; Danpanshan

影响林木生长的因素很多,如立地条件、小气候、林分密度等,其中林木之间的竞争是一个重要的因素^[1]。竞争在群落组成、结构与动态等方面具有决定性的作用^[2,3]。植物间的竞争是普遍现象,特别是在高密度的情况下^[4]。竞争的结果是一个有机体阻碍了另一个有机体的正常生长和发育^[5]。因此,准确的了解植物之间的竞争在林业抚育管理中是非常必要的,尤其对于濒危物种的保护。

香果树 (*Emmenopterys henryi*) 属茜草科,是第四纪冰川幸存孑遗植物之一,为中国特有单种属植物,是研究茜草科系统发育、形态演化及中国植物地理区系的重要材料。由于香果树现存数量有限,濒临灭绝,故被列为国家Ⅱ级重点保护植物^[6]。目前,国内外对香果树的研究较少,主要集中在组织培养^[7,8]、种子生理特性^[9,10]、种群结构^[11]及遗传多样性^[12,13]等方面。然而,关于自然群落中香果树种群竞争关系的研究至今未见报道。本文运用生态位和单木生长模型相结合的方法对大盘山国家级自然保护区香果树种内种间的竞争关系进行研究,旨在了解香果树与其常见伴生树种种间的竞争关系,从而为保护香果树及营造香果树人工混交林合理选择树种、混交模式优化及高效生态系统组建提供理论依据,并为研究种群竞争关系提供新思路。

1 研究区概况

大盘山自然保护区位于浙江省磐安县的中部,处于浙江山脉的中支部分,即由江西、福建交界的武夷山脉向浙江省延伸为仙霞岭,仙霞岭继续向东北延展至大盘山,主峰盘山尖海拔 1245 m。地理位置介于 28°57'05" ~ 29°01'58" N, 120°28'05" ~ 120°33'40" E。该保护区属亚热带季风区,年均气温 16.1℃,高于 10℃ 的年均活动积温为 5030℃,最热月(7 月份)均温为 28.1℃,最冷月(1 月份)均温为 3.7℃,极端最高气温为 40.6℃,极端最低气温为 -15.20℃,无霜期 236d,年均降水量 1573 mm,降水以 3~6 月份最多^[14,15]。该地区的植被类型主要有针叶林、针阔叶混交林、常绿阔叶林、常绿落叶阔叶混交林、落叶阔叶林、竹林、山地落叶灌丛、山地灌草丛、山地湿地草丛。

2 研究方法

2.1 样地选择和调查

对大盘山自然保护区香果树资源进行了多次调查发现,该保护区内香果树分布较多,然而成片分布,即典型的种群有限,目前只发现了 5 个样点。在这些香果树群落中,物种分布较为单一,香果树占绝对的优势,其常见的主要木本伴生种有:山胡椒 (*Lindera glauca*)、杉木 (*Cunninghamia lanceolata*)、尖连蕊茶 (*Camellia cuspidat*)、红脉钓樟 (*Litsea rubuonervia*) 和七子花 (*Heptacodium miconioides*) 等。由于考虑到各个样点之间的生态异质性较小,因此每个样点均只选取了 20 m × 20 m 的样方(分别为 1、2、3、4 和 5)。

统计时,分别测量样方内木本植物 (DBH ≥ 2 cm) 的胸径、高度、枝下高、冠幅、相对位置等,同时详细记录各样地岩石裸露度、海拔高度、坡度等生境指标(表 1)。另外,在每个样方内选择 5 株香果树 (DBH ≥ 5 cm) 作为对象木,测量其胸径并编号。以该对象木为中心,测量半径为 8 m 的样圆以内的所有木本树种 (DBH ≥ 2 cm) 的胸径及这些竞争木与对象木之间的距离,测量时标记竞争木以免重测。共选对象木 25 株。

表 1 香果树取样种群生境的基本情况

Table 1 Locations of populations of *E. henryi*

样方 Plot	坡度 Slope(°)	岩石裸露度 Exposure of rock(%)	海拔 Altitude(m)	郁闭度 Canopy coverage(%)	群落类型 Type of community
1	30	80	860	85	香果树纯林 The pure stand of <i>E. henryi</i>
2	35	90	970	80	香果树 + 杉木 + 七子花林 The mixed stand of <i>E. henryi</i> , <i>C. lanceolata</i> and <i>H. miconioides</i>
3	45	20	910	40	香果树纯林 The pure stand of <i>E. henryi</i>
4	30	75	740	75	香果树纯林 The pure stand of <i>E. henryi</i>
5	60	90	780	45	香果树 + 槲木林 The mixed stand of <i>E. henryi</i> and <i>Sassafras tzumu</i>

2.2 数据处理和计算

生态位宽度的计算公式为:

$$B_i = - \sum_{j=1}^S P_{ij} \lg P_{ij}$$

式中, B_i 为 i 物种的生态位宽度; S 为资源单位数, 以每个样方作为一资源位; P_{ij} 为 i 物种在第 j 资源单位中的重要值百分率。

生态位重叠的计算公式为:

$$NO = \sum P_{ij} P_{kj} / \sqrt{(\sum P_{ij}^2 \sum P_{kj}^2)}$$

式中, NO 为生态位重叠值, P_{ij} 和 P_{kj} 为种 i 和 k 在资源 j 上的优势度 (本文即样方中物种的重要值)。

物种的重要值 (%) = (相对密度 + 相对优势度 + 相对频度) / 3

Hegyi 单木竞争指数计算公式为:

$$I_c = \frac{\sum_{j=1}^N (D_j / D_i)}{L_{ij}}$$

式中, I_c 为竞争指数。 I_c 越大, 表明竞争越激烈。 D_i 为对象木 i 的胸径, L_{ij} 为竞争木 j 的胸径, N 为对象木 i 与竞争木 j 之间的距离, N 为竞争木的株数。首先计算出每个竞争木与对象木的竞争指数, 然后将 N 个单木间的竞争指数累加值平均即得香果树种内及其与伴生树种之间的竞争强度。

3 结果与讨论

3.1 生态位的研究

生态位研究可以从本质上揭示种群的适应性、种群之间相互作用的机理, 特别是有助于深刻理解种群之间的竞争与协同进化等关系^[16,17]。生态位不仅在研究种间关系、生物多样性、群落结构及演替和种群进化等方面得到广泛应用^[18,19], 而且在实践方面具有重要的指导意义^[20,21]。

生态位的研究主要集中在生态位宽度和生态位重叠上。生态位宽度是度量植物种群对环境资源利用状况的尺度。一个种群的生态位宽度是该种群所利用的各种资源的总和, 生态位宽度的大小取决于物种对环境的生理适应性、种间竞争强度和环境因子的分布状况^[22]。由表 2 可知, 生态位宽度值以香果树最大, 并远远

表 2 香果树及主要伴生种的重要值和生态位宽度值

Table 2 The importance value and niche breadths of *E. henryi* and its main companion species

序号 No.	种名 Species	重要值 Importance value					合计 Sum	生态位宽度 (B_i) Niche breadths
		P_{i1}	P_{i2}	P_{i3}	P_{i4}	P_{i5}		
1	香果树 <i>E. henryi</i>	0.753	0.619	0.508	0.193	0.746	2.820	0.824
2	山胡椒 <i>L. glauca</i>	0.026	0.059	0.037	0.128	0.000	0.251	0.349
3	红脉钓樟 <i>L. rubronervia</i>	0.016	0.021	0.029	0.073	0.000	0.099	0.183
4	杉木 <i>C. lanceolata</i>	0.000	0.151	0.000	0.015	0.042	0.208	0.209
5	七子花 <i>H. miconioides</i>	0.000	0.087	0.000	0.000	0.000	0.087	0.129
6	尖连蕊茶 <i>C. cuspidata</i>	0.011	0.027	0.024	0.053	0.000	0.115	0.170

大于其他伴生树种。分析认为, 主要由于香果树在该群落中为绝对的优势种, 数量多, 分布广, 在群落内部独特环境中起重要作用, 对环境资源的利用能力较强。而其常见的伴生种因其数量较少, 个体也较小, 导致其生态位也较小。这与史作民等^[23]对宝天曼落叶阔叶林种群生态位特征的研究相一致。

种群间的生态位重叠可表征它们对同一类资源的共同利用, 在一定程度上可反映出物种间隐含的资源利用性竞争关系^[22,24]。香果树种内种间生态位重叠值如表 3 所示, 由表 3 可知, 香果树与其伴生种的生态位重叠值顺序为: 杉木 > 红脉钓樟 > 山胡椒 > 七子花 > 尖连蕊茶。说明在该群落中, 杉木与香果树之间的竞争关系较强。另外, 由表 3 还可以看出, 山胡椒、尖连蕊茶和红脉钓樟这 3 个主要伴生种间生态位重叠值也较高。分析认为, 这主要由于这 3 个树种均处于乔木亚层或灌木层, 生物学特性相近, 对群落生境的要求非常相近, 且在群落中都是相伴而生。同样, 王立龙等^[25]对黄山濒危植物小花木兰生态位研究结果表明, 均为耐荫种的小花木兰 (*Magnolia seiboldii*) 和四照花 (*Dendrobenthamia japonica*), 其间的生态位重叠值较高。赵永华等^[26]对秦岭锐齿栎 (*Quercus aliena* var. *acuteserrata*) 种群生态位特征研究也表明, 对相似环境要求的物种间生态位重叠值较大。另外, 杉木和七子花的生态位重叠也较高, 分析认为, 主要由于在同一群落中这两个树种的生态位宽度均较大而引起的。

表 3 香果树种内种间生态位重叠

Table 3 Niche overlaps (NO) between *E. henryi* and its main companion species

物种 Species	香果树 <i>E. henryi</i>	山胡椒 <i>L. glauca</i>	红脉钓樟 <i>L. rubronervia</i>	杉木 <i>C. lanceolata</i>	七子花 <i>H. miconioides</i>	尖连蕊茶 <i>C. cuspidata</i>
香果树 <i>E. henryi</i>	1					
山胡椒 <i>L. glauca</i>	0.501	1				
红脉钓樟 <i>L. rubronervia</i>	0.543	0.965	1			
杉木 <i>C. lanceolata</i>	0.604	0.465	0.247	1		
七子花 <i>H. miconioides</i>	0.461	0.399	0.164	0.959	1	
尖连蕊茶 <i>C. cuspidata</i>	0.369	0.992	0.954	0.476	0.415	1

3.2 单木竞争的研究

3.2.1 对象木与竞争木特征

在样地中, 最后共测得对象木 (香果树) 25 株, 最小胸径 5.0 cm, 最大胸径 30.0 cm, 平均胸径为 15.08 cm; 共测对象木 224 株, 对象木和竞争木的胸径主要集中在 10 ~ 20 cm (表 4)。由表 4 可知, 该地区群落林木趋于小龄化。

表 4 对象木和竞争木的胸径分布

Table 4 DBH distribution of objective trees and competition trees

项目 Item	对象木径级			小计 Total	竞争木径级			小计 Total
	DBH of objective trees(cm)				DBH of competition trees(cm)			
	2 ~ 10	10 ~ 20	20 ~ 30		2 ~ 10	10 ~ 20	20 ~ 30	
株数 Tree number	16	5	4	25	152	63	9	224
占总数的百分比 Percentage(%)	64.0	20.0	16.0	100	67.9	28.1	4.0	100

3.2.2 香果树种内竞争

香果树种内竞争关系如图 1 所示 (I 级: $DBH \leq 5$ cm; II 级: 5 cm $< DBH \leq 10$ cm; III 级: 10 cm $< DBH \leq 15$ cm; IV 级: 15 cm $< DBH \leq 20$ cm; V 级: 20 cm $< DBH \leq 25$ cm; VI 级: 25 cm $< DBH \leq 30$ cm)。由图 1 可知, 香果树的种内竞争强度先随径级的增加而增大, 而在胸径大于 15 cm 以后竞争强度又逐渐降低。分析认为, 这主要与香果树自身的生物学特性有关: 香果树始花期长达 20 a, 有隔年开花的现象, 通常每 2a 或 4a 开花结果 1 次, 且母树在光照不足的条件难以开花结实^[27]。种子寿命仅 1a 且有休眠的特性; 种子属典型的

光敏感性种子,在黑暗条件下,无论恒温或变温均完全不能萌发^[9]。香果树萌生力虽然较强,但萌条多见于倒木、树桩、根际等。由于这些较为特殊的生物学特性,使得自然条件下香果树的更新极为困难。另外,香果树一般分布于水沟或溪边,岩石裸露严重、常有水流冲刷地面。因此,群落中幼苗、幼树缺乏而以中树占绝对的优势,故早期阶段香果树的种内竞争强度偏小,明显小于中树的竞争强度。随着胸径的增大,林木对其生长空间和营养条件等要求愈来愈高,林木之间的竞争强度必然增大。竞争的结果使林木开始发生自然稀疏,林木自然稀疏而加大距离,种群调节而使个体间对光、热、水、土等资源的竞争性利用逐渐减弱,林木逐渐趋于均匀化而表现出各自相对的独立性。从而使竞争强度的上升趋势得到抑制,开始呈现出下降的趋势。

3.2.3 香果树种间竞争

香果树与其常见的伴生种之间的竞争关系如图2所示。从图2可知,竞争强度的顺序为:香果树 > 杉木 > 七子花 > 红脉钓樟 > 山胡椒 > 尖连蕊茶。香果树种内的竞争强度明显大于种间的竞争强度,分析认为主要由于香果树为高大乔木树种,同种个体因有相似的生态位需求,距离较近,数量较多,竞争强度较大。Martin 等^[28]研究表明,在一定条件下,有相似要求的物种可共存的前提是种内竞争大于种间竞争。种内竞争较种间竞争激烈,从一个侧面反映出种群的水平分布具有聚集性^[29]。这也许是香果树适应环境的一种表现,因为聚集分布加剧了种内竞争而减弱了种间竞争强度,造成种内竞争大于种间竞争,从而可以促进种间共存^[17]。

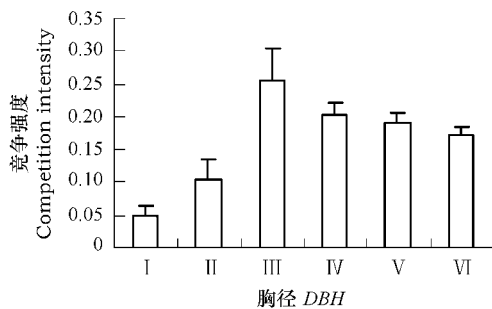


图1 香果树种内竞争强度

Fig. 1 The intra-specific competition intensity of *E. henry*

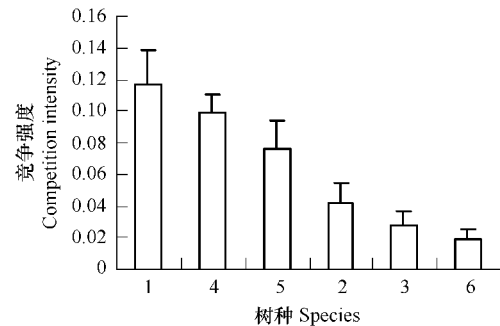


图2 香果树种间竞争强度

Fig. 2 The inter-specific competition intensity of *E. henry*

3.2.3 竞争强度与对象木的胸径关系及其预测结果

林木的竞争能力受多种因素制约,如植株个体大小、植株生长速度、不同发育阶段、个体生活能力的高低等,其中对象木胸径的大小对竞争能力影响较大,且胸径是林分调查的基本因子,因此,本试验着重分析对象木的胸径和竞争指数之间的关系。通过几种数学模拟的比较,发现两者的关系紧密地服从幂函数(图3)。

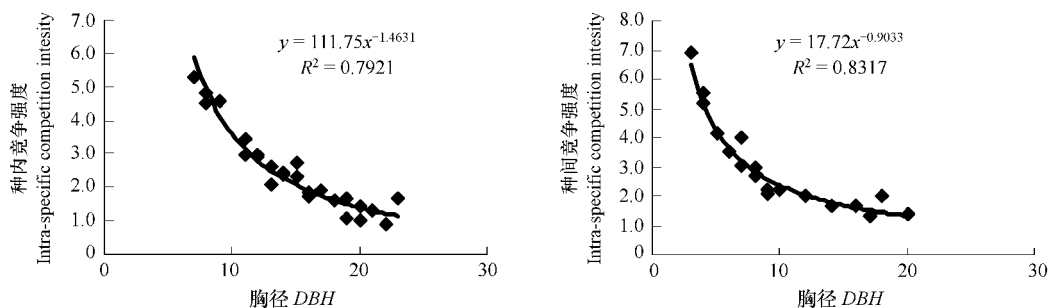


图3 竞争指数与对象木胸径的回归模型参数

Fig. 3 Model and model parameters of competition index (CI) and DBH of objective tree

利用函数模型模拟和预测了香果树种内和种间竞争强度(表5)。预测结果表明,香果树种内、种间竞争

强度随对象木个体的增大而减小,在胸径大于 25 cm 以后,竞争强度变化不大。这主要由于香果树在生长发育初期,个体小,林冠处于被压状态,为了抢夺生存空间,与周围竞争木发生剧烈的竞争,而导致林木的稀疏。随着个体生长发育,不断稀疏的结果使香果树及周围的竞争木都有适合自己生存的营养空间,供其自由生长,最终竞争关系逐渐减弱,并可长久维持。因此,在香果树天然更新中,应采取一定的人工措施,如采取抚育措施和合理择伐的办法来加强对中小径级的香果树的保护,促进其更新,提高幼苗的存活率;而当植株生长到一定阶段(大于 25 cm 以后),很少受到周围其它植株的影响,可根据这一特性,合理经营和管理香果树天然林。

表 5 香果树种内、种间竞争强度与林木胸径的模拟预测

Table 5 Model prediction of intra-specific and inter-specific competition intensity among *E. henryi*

项目 Item	径级 Diameter class (cm)							
	1 ~ 5	5 ~ 10	10 ~ 15	15 ~ 20	20 ~ 25	25 ~ 30	30 ~ 35	35 ~ 40
香果树种内 Intra-specific of <i>E. henryi</i>	29.243	5.861	2.776	1.697	1.175	0.876	0.686	0.556
香果树种间 Inter-specific of <i>E. henryi</i>	7.743	2.870	1.809	1.335	1.064	0.887	0.714	0.632

4 结论

植物间的竞争作用是影响植物的生长、形态和存活的主要因素之一,因此,植物的种内、种间竞争的研究一直是生态学研究植物生长和种群动态的核心问题^[30]。生态位理论和单木竞争模型均能反映群落中种内和种间的竞争关系,并且两种方法的研究具有一定的互补性:竞争指数模型从个体水平去研究植物间的竞争强度能更加准确地反映出个体的竞争作用,然而,在运用竞争指数建立生长模型时,均仅以林分中单株林木作为研究对象,没有扩展到多个树种或整个林分。因此,如果在应用单木竞争指数模型时,考虑多树种竞争甚至整个林分竞争,效果会更好^[31]。生态位理论是通过物种在群落中的重要值反映出对象木之间、竞争木之间以及对象木与竞争木之间的竞争关系,它恰好涉及到了多个树种或整个林分。但将两种方法相结合对竞争关系进行研究的报道至今少有学者涉及。

本文尝试运用这两种方法对浙江省大盘山国家级自然保护区濒危植物香果树种群竞争关系进行研究,结果表明,两种方法的研究结果表现出较大的一致性:如种内竞争大于种间竞争;种间竞争又以香果树-杉木之间的竞争最大,而以香果树-尖连蕊茶之间竞争最小,且两种方法的结果具有一定的互补性。因此,建议在对群落竞争关系的研究中,如能将生态位和单木竞争模型相结合,将更能客观的反映其竞争关系。另外,在经营香果树人工林时,为了给香果树创造一个良好的生存环境,应选择灌木树种作为其主要伴生种,而不宜选择生长迅速的常绿树种。

References:

- [1] Hong W, Wu C Z. Study on the improvement and application of the neighbourhood interference index model. *Scientia Silvae Sinicae*, 2001, 37 (1): 1-5.
- [2] Aerts R. Interspecific competition in natural plant communities: mechanisms, trade-offs and plant-soil feedbacks. *Journal of Experimental Botany*, 1999, 50: 29-37.
- [3] Tilman D. Plant strategies and the dynamics and the structure of plant communities. Princeton University Press, Princeton, New Jersey. 1988.
- [4] Purves D W, Law R. Experimental derivation of functions relating growth of *Arabidopsis thaliana* to neighbor size and distance. *Journal of Ecology*, 2002, 90: 882-894.
- [5] Iina J, Pukkala T. Application of ecological field theory in distance-dependent growth modeling. *Forest Ecology and Management*, 2002, 161: 101-107.
- [6] Yu Y F. The milestone of the work of protecting wild plant of China-The list of Chinese National Protected Wild Plant (1th). *Journal of Plant*, 1999, 5: 3-11.
- [7] Wei X L, Zhu Z R, Liao M, et al. Study on tissue culture technique of *Emmenopterys henryi*. *Seed*, 2005, 24(10): 27-29.
- [8] Ji F T, Li F L, Gao S M, et al. Somatic embryogenesis of *Emmenopterys henryi* Oliv. *Plant Physiology Communications*, 2005, 41(5): 619

—621.

- [9] Li T H, Zhou Y X, Duan X P, *et al.* Physiological characteristics of the dormancy and light-sensitive germination of *Emmenopterys henryi* seeds. *Journal of Central South Forestry University*, 2004, 24(2): 82—84.
- [10] Gan D, Chen F J, Liang H W, *et al.* Study on the characteristics of seed germination of the endangered plant *Emmenopterys henryi* Oliv. *Seed*, 2006, 25(5): 27—30.
- [11] Kang H J, Chen J L, Liu P, *et al.* The Population structure and distribution pattern of *Emmenopterys henryi* in Dapanshan Natural Reserve of Zhejiang Province. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(1): 389—396.
- [12] Li J M, Jin Z X. Optimization of the RAPD conditions of *Emmenopterys henryi* and primary study on the genetic diversity. *Journal of Fujian Forestry Science and Technology*, 2004, 31(2): 36—40.
- [13] Xiong D, Chen F J, Li X P, *et al.* Genetic diversity of endangered *Emmenopterys* in Shennongjia region of Hubei Province. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2006, 26(6): 1272—1276.
- [14] Wang X P, Jiang G M. The relationship between Dapanshan Reserve and traditional Chinese medicine's home in Pan'an County, Zhejiang Province. *Journal of Plant Resources and Environment*, 2002, 11(4): 51—53.
- [15] Hao C Y, Liu P, Xu G D. Studies on the pteridoflora of Pan'an region in Zhejiang Province. *Journal of Zhejiang Normal University (Nat, Sci,)*, 2004, 27(3): 283—287.
- [16] 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.
- [17] Zhang F, Shangguan T L. Niche characteristics of dominant populations in *Elaeagnus mollis* communities, Shanxi. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2004, 24(1): 70—74.
- [18] Guo S L, Cao T. Applying canonical correspondence analysis to study niche differentiation of species of Polytrichaceae in Changbai Mountains. *Bulletin of Botanical Research*, 2000, 20(3): 286—293.
- [19] Gong P T, Yan T F, Zhou F J, *et al.* The study on ecological niche overlap relations of several populations on *Leymus* community in northeast plain. *Bulletin of Botanical Research*, 1999, 19(2): 213—219.
- [20] Yuan Z Z, He B H. Niche theory and its application in plant population research. *Journal of Fujian Forestry Science and Technology*, 2004, 31(2): 23—27.
- [21] Zhang J Y, Zhao H L, Zhang T H, *et al.* 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.
- [22] Yu S X. *Mathematics bionomics introduction*. Beijing: Science and Technology Literature Publishing House, 1995.
- [23] Shi Z M, Cheng R M, Liu S R. Niche characteristics of plant populations in deciduous broad leaved forest in Baotianman. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1999, 10(3): 265—269.
- [24] Liang S C. A study on the niches of Mangrove populations in the succession of *Rhizophora stylosa* community. *Guangxi Sciences*, 1997, 4(2): 120—123.
- [25] Wang L L, Wang G L, Huang Y J, *et al.* Age structure and niche of the endangered *Magnolia sieboldii* in Huangshan Mountain. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(6): 1862—1871.
- [26] Zhao Y H, Lei R D, He X Y, *et al.* Niche characteristics of plant populations in *Quercus aliena* var. *acuteserrata* stands in Qinling Mountains. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2004, 15(6): 913—918.
- [27] Liu J. Conservation and utilization of *Emmenopterys henryi*, a grade II Chinese National Protected Wild Plant. *Gansu Science and Technology*, 2003, 19(10): 151—152.
- [28] Martin R G, William K L, Debrap P. Intensity of intra and interspecific competition in coexisting shortgrass species. *Journal of Ecology*, 2001, 89: 40—47.
- [29] Zhou C J, Xu W D. Study on intraspecific and interspecific competition of *Picea mongolica*. *Acta Phytocologica Sinica*, 1998, 22(3): 269—274.
- [30] Law R, Purves D W, Murrell D J, *et al.* Causes and effects of small-scale spatial structure in plant populations. *International Institute for Applied Systems Analysis Schlossplatz1 A-2361 Laxenburg, Austria*, 2002, 1—24.
- [31] Zhang C, Huang Z L, Li J, *et al.* Quantitative relationships of intra-and interspecific competition in *Cryptocarya concinna*. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2006, 17(1): 22—26.

参考文献:

- [1] 洪伟, 吴承祯. 邻体干扰指数模型的改进及其应用研究. *林业科学*, 2001, 37(1): 1~5.

- [6] 于永福. 中国野生植物保护工作的里程碑——国家重点保护野生植物名录(第一批)出台. 植物杂志, 1999, 5: 3~11.
- [7] 韦小丽, 朱忠荣, 廖明, 等. 香果树组织培养技术研究. 种子, 2005, 24(10): 27~29.
- [8] 姬飞腾, 李凤兰, 高述民, 等. 香果树体细胞胚胎发生. 植物生理学通讯, 2005, 41(5): 619~621.
- [9] 李铁华, 周佑勋, 段小平, 等. 香果树种子休眠和萌发的生理特性. 中南林学院学报, 2004, 24(2): 82~84.
- [10] 甘聃, 陈发菊, 梁宏伟, 等. 珍稀濒危植物香果树种子萌发特性研究. 种子, 2006, 25(5): 27~30.
- [11] 康华靖, 陈子林, 刘鹏, 等. 大盘山自然保护区香果树种群结构与分布格局. 生态学报, 2007, 27(1): 389~396.
- [12] 李钧敏, 金则新. 香果树 RAPD 扩增条件的优化及遗传多样性初步分析. 福建林业科技, 2004, 31(2): 36~40.
- [13] 熊丹, 陈发菊, 李雪萍, 等. 神农架地区濒危植物香果树的遗传多样性研究. 西北植物学报, 2006, 26(6): 1272~1276.
- [14] 王献溥, 蒋高明. 浙江磐安大盘山保护区与药材之乡的关系. 植物资源与环境学报, 2002, 11(4): 51~53.
- [15] 郝朝运, 刘鹏, 徐根娣. 浙江磐安蕨类植物区系的研究. 浙江师范大学学报(自然科学版), 2004, 27(3): 283~287.
- [16] 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.
- [17] 张峰, 上官铁梁. 翅果油树群落优势种群生态位分析. 西北植物学报, 2004, 24(1): 70~74.
- [18] 郭水良, 曹同. 应用典范对应分析探讨长白山金发藓科植物的生态位分化. 木本植物研究, 2000, 20(3): 286~293.
- [19] 丛沛桐, 颜廷芬, 周福军, 等. 东北羊草群落种群生态位重叠关系研究. 木本植物研究, 1999, 19(2): 213~219.
- [20] 袁志忠, 何丙辉. 生态位理论及其在植物种群研究中的应用. 福建林业科技, 2004, 31(2): 23~27.
- [21] 张继义, 赵哈林, 张铜会, 等. 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.
- [22] 余世孝. 数学生态学导论. 北京: 科学技术文献出版社, 1995.
- [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] 梁士楚. 红海榄群落演替中种群生态位的研究. 广西科学, 1997, 4(2): 120~123.
- [25] 王立龙, 王广林, 黄永杰, 等. 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.
- [26] 赵永华, 雷瑞德, 何兴元, 等. 秦岭锐齿栎林种群生态位特征研究. 应用生态学报, 2004, 15(6): 913~918.
- [27] 刘军. 国家Ⅱ级重点保护植物香果树的保护与利用. 甘肃科技, 2003, 19(10): 151~152.
- [29] 邹春静, 徐文铎. 沙地云杉种内、种间竞争的研究. 植物生态学报, 1998, 22(3): 269~274.
- [31] 张池, 黄忠良, 李炯, 等. 黄果厚壳桂种内与种间竞争的数量关系. 应用生态学报, 2006, 17(1): 22~26.