

福建武夷山野生早樱群落优势种群种间竞争

谢春平¹⁻³, 伊贤贵², 王贤荣²

(1. 南京森林公安高等专科学校 侦查系, 江苏 南京 210046; 2. 南京林业大学 森林资源与环境学院, 江苏 南京 210037; 3. 国家林业局 森林公安局 野生动植物刑事物证鉴定中心, 江苏 南京 210046)

摘要: 为了更好地了解野生早樱 *Cerasus subhirtella* var. *ascendens* 群落优势种群间关系, 保护和开发野生早樱这一珍贵木本观花植物, 利用群落学研究方法, 对福建武夷山野生早樱群落种进行了调查。在野生早樱、木荷 *Schima superba* 与青冈栎 *Cyclobalanopsis glauca* 为优势树种的群落中, 以其优势度为环境容纳量, 采用相对优势度求得群落内的种间竞争系数, 并用 Lotka-Volterra 方程研究了该群落中优势树种间竞争关系。结果表明: 在现阶段以野生早樱为优势的群落, 经过若干年的群落演替, 平衡状态时, 野生早樱、木荷与青冈栎的相对优势度分别为 28.65%, 62.17% 和 9.18%, 表明未来的野生早樱群落仍将由野生早樱、木荷和青冈栎等 3 种植物共优组成, 但木荷将取代野生早樱的优势地位, 成为绝对优势种群支配整个群落。建议适度的干扰和开辟林窗, 有利于野生早樱的繁衍。表 4 参 18

关键词: 森林生态学; 野生早樱; 优势种群; 种间竞争; 福建武夷山

中图分类号: S718.5 文献标志码: A 文章编号: 1000-5692(2008)06-0718-05

Interspecific competition among dominant populations of *Cerasus subhirtella* var. *ascendens* community in Mount Wuyi of Fujian

XIE Chun-ping¹⁻³, YI Xian-gui², WANG Xian-rong²

(1. Investigation Department, Nanjing Forest Police College, Nanjing 210046, Jiangsu, China; 2. College of Forest Resources and Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu, China; 3. Wildlife and Botany Forensic Center, Bureau of Forestry Public Security of State Forestry Administration, Nanjing 210046, Jiangsu, China)

Abstract: In order to better understand the interspecific relationships of dominant tree species in *Cerasus subhirtella* var. *ascendens* community and better protect and develop this precious ornamental plant, the research methods of phytocoenology are utilized to study its community in Mount Wuyi, Fujian Province. In the community, the dominant populations are *Cerasus subhirtella* var. *ascendens*, *Schima superba* and *Cyclobalanopsis glauca*. Taking the dominance as the environmental carrying capacity, calculating the interspecific competition coefficient by percentage of relative dominance values, the interspecific competition among them was studied, and the Lotka-Volterra equation was also used to discussed the competition relationship in the paper. The results showed that after several years' community succession, the relative dominance of *Cerasus subhirtella* var. *ascendens*, *Schima superba* and *Cyclobalanopsis glauca* would be 28.65%, 62.17% and 9.18% respectively, which indicated that *Cerasus subhirtella* var. *ascendens*, *Schima superba* and *Cyclobalanopsis glauca* should be the dominant population in this community in the future. But *Schima superba* would replace the *Cerasus subhirtella* var. *ascendens* as the dominant population and control the whole community. It was suggested that moderate disturbance and artificial forest gaps be beneficial to the

收稿日期: 2008-01-22; 修回日期: 2008-04-24

基金项目: 江苏省高校自然科学基金资助项目(06KJB180045)

作者简介: 谢春平, 助教, 博士研究生, 从事植物系统与进化等研究。E-mail: xcp80@yahoo.com.cn. 通信作者: 王贤荣, 教授, 博士, 从事树木分类学与资源植物学等研究。E-mail: wangxianrong66@njfu.edu.cn

reproduction of *Cerasus subhirtella* var. *ascendens*. [Ch, 4 tab. 18 ref.]

Key words: forest ecology; *Cerasus subhirtella* var. *ascendens*; dominant population; interspecies competition; Mount Wuyi in Fujian

植物间的竞争作用是影响植物生长、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是植物生态学研究的核心问题^[1-4]。竞争是森林生态系统中的普遍现象，其结果是一个有机体阻碍另一个有机体的正常生长和发育^[5]。在植物群落结构形成和发展的过程中，植物种群尤其是优势种群间的竞争起了重要作用，植物种群间的竞争，将导致植物群落中物种的选择，种的生态位分化，群落结构的变化，同时也是群落演替的主要原因^[6]。因此，林木间竞争规律的研究对于了解群落结构与功能，预测群落的发展动态，进而辅以必要的人工管理措施以促进森林生态系统功能的完善都具有十分重要的理论和现实意义^[7]。野生早樱 *Cerasus subhirtella* var. *ascendens* 隶属蔷薇科 Rosaceae 樱属 *Cerasus*，是优良的高大木本观花植物，具有极高的观赏价值。研究野生早樱种群生态学特性，分析它与其他物种间的相互关系，对探讨未来种群结构变化具有较高的价值，并为它今后的保护与开发利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究地概况

福建武夷山国家级自然保护区地处中亚热带，气候温暖湿润，具有典型的亚热带季风气候。它位于 27°35' ~ 27°54'N，117°27' ~ 117°51'E，面积 5.7 万 hm²。年平均气温为 13.7 °C，年平均降水量为 2 403 mm，相对湿度 81%，无霜期 260 左右；整个气候呈现出气温低，水量大，湿度大，雾日长和垂直变化显著的特征。土壤类型随海拔变化，依次为山地草甸土、黄壤土、黄红壤土和红壤土等^[8]。

在所调查的样地中，与野生早樱伴生的主要树种有青冈栎 *Cyclobalanopsis glauca*，木荷 *Schima superba*，黄山松 *Pinus taiwanensis*，甜槠 *Castanopsis eyrei*，枫香 *Liquidambar formosana*，拟赤扬 *Alniphyllum fortunei*，麂角杜鹃 *Rhododendron latoucheae*，乌饭树 *Vaccinium bracteatum*，山矾 *Symplocos sumuntia* 和冬青 *Ilex* sp. 等；草本层植物比较稀疏，经常出现的如吉祥草 *Reineckea carnea*，芒萁 *Dicranopteris pedata*，里白 *Hicriopteris glauca* 等其他一些蕨类植物。整个群落共有种子植物共计 197 种（包括种下等级），隶属于 60 科 113 属，其中乔灌木 165 种。

1.2 研究方法

在野生早樱群落中选择 30 个 10 m × 10 m 的样方，调查高 5 m 以上的所有立木。按植物群落学的调查研究方法，记录所有植物的名称、高度、胸径、冠幅和枝下高等。将 30 个样方按群落相似性划分为 10 个标准样地，进行统计分析。

利用 Lotka-Volterra 种间竞争模型定量分析野生早樱群落中优势种群之间的竞争关系^[9]。

$$\frac{dN_i}{dt} = r_i N_i \left(1 - \frac{N_i - a_{ij} N_j}{K_i} \right) (i \neq j); \quad (1)$$

$$a_{ij} = a_{ji} = \frac{\sum_{l=1}^n (P_{il} P_{jl})}{\left(\sum_{l=1}^n P_{il}^2 \sum_{l=1}^n P_{jl}^2 \right)^{\frac{1}{2}}}. \quad (2)$$

式(1)(2)中： $i, j = 1, 2, \dots, n (i \neq j)$ 表示 n 个生长在一起的物种； K_i 表示种 i 的环境容纳量； r_i 为种 i 的内禀增长率； a_{ij} 表示种 j 对种 i 的竞争系数； N_i 表示种 i 的优势度； P_{il} 和 P_{jl} 分别为种 i 和种 j 在 n 个群落中的相对优势度。

2 结果与分析

2.1 种群容纳量

由于环境资源的有限性，在野生早樱群落中，优势植物种间对共享资源存在激烈的竞争，尤其是对光资源有明显的竞争关系，制约着个体生长和种群数量的增长。它们之间的这种资源竞争可由竞争

模型 Lotka-Volterra 方程表达进行估计。由于方程式 (1) 中, K_i 和 N_i 在原定义为种群密度, 但密度受个体大小的影响, 不能准确地表示各优势树种在林分中的地位 and 作用。本文用优势度代替密度, 并用第 i 种植物纯林的正常成熟林的优势度 (胸高断面积) 作为 K_i 值, 其中伴生树种 K_i 值取调查区以外一块生境相同或相似、以伴生树种作为优势种的阔叶林作为伴生树种的 K_i 值。具体各优势种群容纳量见表 1。

2.2 种群竞争系数

亚热带森林群落的优势种较多, 且野生早樱种群及其伴生树种在群落中处于主林冠层, 故可以变通地认为它们之间的相互影响是对称的, 即 $a_{ij} = a_{ji}$ 。 a_{ij} 只与植物本身和代表这个生境的生态因素有关, 根据相互作用等同的生态位重叠计算公式^[10-12], 可算出竞争系数。其中 P_{ii} 和 P_{ji} 分别为种 i 和种 j 在 n 个群落中的相对优势度 (表 2)。根据表 2 所算出的相对优势度百分数, 按式 (2) 求得竞争系数见表 3。

表 2 10 块样地中野生早樱及伴生树种的相对优势度

Table 2 The relative dominance of *C. subhirtella* var. *ascendens* and associated trees in 10 plots

样地号	树 种	优势度/(cm ² ·hm ⁻²)	相对优势度/%	样地号	树 种	优势度/(cm ² ·hm ⁻²)	相对优势度/%
1	野生早樱	39 111	28.04	6	野生早樱	200 355	48.97
	木荷	11 702	8.39		木荷	167 211	40.87
	青冈栎	88 672	63.57		青冈栎	41 548	10.16
2	野生早樱	312 844	75.59	7	野生早樱	291 798	100
	木荷	101 002	24.41		木荷	0	0
	青冈栎	0	0		青冈栎	0	0
3	野生早樱	58 591	100	8	野生早樱	145 220	86.16
	木荷	0	0		木荷	16 337	9.69
	青冈栎	0	0		青冈栎	6 990	4.15
4	野生早樱	53 171	62.74	9	野生早樱	349 553	42.89
	木荷	707	0.83		木荷	450 791	55.31
	青冈栎	30 866	36.42		青冈栎	14 714	1.81
5	野生早樱	48 302	90.57	10	野生早樱	71 010	28.64
	木荷	0	0		木荷	0	0
	青冈栎	5 027	9.43		青冈栎	176 890	71.36

2.3 种群竞争结果判定

由于 a_{ij} ($i \neq j$) < 1 , 说明野生早樱群落中植物种内竞争大于种间竞争, 野生早樱及其伴生树种之间有可能共存于某个平衡点^[11-13]。由于资源利用的全局重叠, 平衡时就有 $\sum N_i > \max K_{i_0}$ 。在自然状况下, 当 $t \rightarrow \infty$ 时, $dN_i/dt = 0$, 即达到平衡状态, 则 $N_i + a_{ij}N_j = K_i$ 。这时: $N_1 + 0.438 N_2 + 0.338 N_3 = 349 553$, $N_2 + 0.438 N_1 + 0.146 N_3 = 450 791$, $N_3 + 0.338 N_1 +$

表 1 野生早樱及其伴生树种的环境容纳量

Table 1 K_i value of *Cerasus subhirtella* var. *ascendens* and associated trees

树种	K_i 值/(cm ² ·hm ⁻²)
野生早樱(A)	349 553
木荷(B)	450 791
青冈栎(C)	176 890

表 3 野生早樱群落中优势种群的竞争系数

Table 3 The coefficient index of dominant populations of *C. subhirtella* var. *ascendens* community

竞争系数	系数值
a_{A-B}	0.438
a_{A-C}	0.338
a_{C-B}	0.146

0.146 $N_2 = 176\ 890$ 。

解上述方程组，可得： $N_1 = 169\ 770$ ； $N_2 = 368\ 468$ ； $N_3 = 54\ 419$ 。则平衡时 3 个优势种的相对优势度即可得出表 4。

通过表 4 的数据分析可知，野生早樱作为该群落的优势树种，优势度明显。木荷与青冈栎占据的重要位置仍然比较弱。现阶段野生早樱与木荷、青冈栎共同出现在该群落中是优先原则的体现，即谁先占领该立地，则它的丰盛度相对较大，并可完成更新，抑制其他种类的生存，保持其较高的优势度。

随着群落发展演替到一定阶段，木荷将取代野生早樱现有的位置成为绝对优势树种，而青冈栎的优势度也将进一步衰退。这一结果符合 3 个物种的生物学特性。就野生早樱而言，它对光资源的需求性极高，当群落上层一旦形成闭郁林冠，大树的最低分枝开始逐渐抬高时，其林下幼苗也因缺乏光照而无法进一步生长，小苗在幼年期就大量死亡，种群年龄结构呈倒金字塔形。从木荷的生物学特性来看，木荷在亚热带常绿阔叶林中常以优势树种的身份出现，它对土壤的适应性极强，幼龄树能耐阴，大树喜光；在天然林中多与马尾松 *Pinus massoniana* 或樟科 Lauraceae 和壳斗科 Fagaceae 等常绿树种混生。最后的结果是在森林群落的演替中，马尾松等植物的优势被木荷取代，或是与常绿耐阴树种混生时组成了乔木层上层林冠。青冈栎属于中性喜光树种，幼龄稍耐阴，喜生于微碱性或中性的石灰岩土壤上，具有一定的耐干燥能力；但在同等生长环境下，其生长状况不如木荷。

此外，就三者的种子而言，木荷结实量大，种粒轻，具翅，传播面积相当广；野生早樱种子主要靠鸟类啄食后的粪便传播，繁殖机率相当有限，很多种子都因为缺乏足够的萌发条件而深埋在森林腐殖层中；而青冈栎在一定程度与野生早樱有相似之处。有学者在研究热带森林土壤种子库与地上植被关系时发现，大部分种子来自群落外的先锋植物，这些种子在郁闭的林冠下很难萌发，一旦森林受到干扰出现林窗或开阔地，这些潜在的种子将迅速萌发，参与植被恢复或演替^[14]。可见，小尺度干扰对群落结构和动态变化产生巨大影响。

从竞争的结果还可以看出，3 种优势种的总和优势度达 $592\ 657\ \text{cm}^2 \cdot \text{hm}^{-2}$ ，大于任一 K_i 值，说明由多个优势种组成的群落，由于生态位的叠加而能够更充分地利用环境资源^[15-16]。这对于日后引种时人工群落的配置和组建具有较好的理论指导意义。

3 结论与讨论

对野生早樱群落，采用相对优势度计算种间生态位重叠并作为竞争系数，利用 Lotka-Volterra 竞争模型预测了优势种群间竞争及群落动态，其结果符合实际观测值。现阶段野生早樱在该群落中占据着重要的位置，它的相对优势度为 66.36%，木荷与青冈栎分别 13.95% 和 19.69%；随着群落的不断演替，在平衡状态下群落中的优势种群野生早樱、木荷和青冈栎的优势度将变为 28.65%，62.17% 和 9.18%，野生早樱种群的优势地位，将被木荷所取代，而青冈栎的地位也进一步衰退。

由于野生早樱群落位于武夷山自然保护区内，该区是中国东南大陆保存面积最大、保留最为完整的森林生态系统，具有中亚热带地区植被的典型性、多样性和系统性。在与整体植被保护不相冲突的前提下，如何有效地对野生早樱群落进行保护，是值得探讨的。笔者认为，野生早樱作为阳性树种，受其生物学特性的制约，很难在茂密的原始森林中觅其踪影，而零星分布于有一定人为干扰的路边或是村落边上的次生林中；Lotka-Volterra 竞争模型也已经很好地证明，随着群落的自然发展，它在群落中势必会衰败，甚至湮灭于大山之中。而适度的人为干扰，为它开辟林窗，有利于野生早樱种群的繁衍与扩大。根据“干扰与物种多样性维持理论——中度干扰假说”可知，物种丰富度在中等干扰水平时最大^[17-18]。由此可以判断，笔者所提议的“适度干扰”是可行的，在群落中不仅可以使得野生早樱得到足够的光资源进行补给，而且使得群落多样性得到了提高。当然，具体的“适度干扰”程度及

表 4 平衡时 3 个优势种群的优势度

Table 4 The dominance of 3 dominant populations at balanced state

物种	优势度	现阶段相对优势度/%	平衡时相对优势度/%	优势度变化趋势
野生早樱	169 770	66.36	28.65	↓
木荷	368 468	13.95	62.17	↑
青冈栎	54 419	19.69	9.18	↓

相应措施,有待于日后的进一步深入研究。

参考文献:

- [1] 金则新, 周荣满. 木荷种内与种间竞争的数量关系[J]. 浙江林学院学报, 2003, **20** (3): 259 - 263.
- [2] GRIME J P. *Plant Strategies and Vegetation Process* [M]. London: Wiley, 1979.
- [3] SCHOENER G D. *Resources Competition and Community Structure* [M]. Princeton: Princeton University Press, 1982.
- [4] CONNELL J H. On the prevalence and relative importance of interspecific competition: Evidence from field experiments [J]. *Am Naturalist*, 1983, **122**: 661 - 961.
- [5] 邹春静, 韩士杰, 张军辉. 阔叶红松林树种间竞争关系及其营林意义[J]. 生态学杂志, 2001, **20** (4): 35 - 38.
- [6] 王孝安. 马街山林区优势植物种群竞争的初步研究[J]. 植物生态学与地植物学学报, 1984, **8** (1): 36 - 40.
- [7] 金则新, 张文标. 濒危植物七子花种内与种间竞争的数量关系[J]. 植物研究, 2004, **24** (1): 53 - 58.
- [8] 王贤荣, 谢春平, 何志滨. 福建武夷山野生早樱群落的外貌特征[J]. 浙江林学院学报, 2007, **24** (6): 702 - 705.
- [9] 王伯荪. 植物群落学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1987.
- [10] 赵学农. 哀牢山果石栎林种群调节与竞争的初步研究[J]. 植物生态学与地植物学学报, 1991, **15** (2): 183 - 189.
- [11] 刘金福, 洪伟. 格氏栲群落生态学研究()格氏栲林主要种群的竞争研究[J]. 福建林学院学报, 1998, **18** (1): 24 - 27.
- [12] 蔡庆明, 刘天泉, 陈辉, 等. 闽北次生常绿阔叶林优势种竞争的研究[J]. 福建林学院学报, 1994, **14** (2): 133 - 137.
- [13] 刘宝, 陈存及, 陈世品, 等. 福建明溪闽楠天然林群落种间竞争的研究[J]. 福建林学院学报, 2005, **25** (2): 117 - 120.
- [14] 唐勇, 曹敏, 张建侯, 等. 西双版纳热带森林土壤种子库与地上植被的关系[J]. 应用生态学报, 1999, **10** (3): 279 - 282.
- [15] 吴承祯, 洪伟, 吴继林, 等. 长苞铁杉群落种间竞争的研究[J]. 西北植物学报, 2001, **21** (1): 154 - 158.
- [16] 蔡飞, 于明坚, 张勇, 等. 武夷山常绿阔叶林中优势种群种间竞争的研究[J]. 浙江农业大学学报, 1997, **23** (1): 1 - 6.
- [17] HUSTON M A. General hypothesis of diversity[J]. *Am Naturalist*, 1979, **113**: 81 - 101.
- [18] CONNELL J H. Diversity in tropical rain forests and coral reefs[J]. *Science*, 1978, **19**: 1 302 - 1 310.