

文章编号: 1000-5692(2002)03-0325-05

# 亚热带常绿阔叶林植被恢复研究进展

李翠环<sup>1</sup>, 余树全<sup>2</sup>, 周国模<sup>2</sup>

(1. 四川农业大学 林学院园艺学院, 四川 雅安 625014; 2. 浙江林学院 生命科学院, 浙江 临安 311300)

**摘要:** 回顾了在具有影响的几种演替理论指导下的亚热带常绿阔叶林恢复研究的主要内容, 包括群落结构研究: 群落的发育、波动、更新和演替; 种群的特征、结构和竞争压力以及物种的生理生态学特征在群落进展演替中的变化。土壤动态变化研究: 土壤的理化性质、肥力、有机质含量在与群落协同发展过程中的变化。植被恢复研究方法: 数学模型在时间序列和生态序列研究方法中的应用。建议在以后的研究中应增设固定样地, 加强定位研究以及加强群落演替过程中树种遗传机理方面的探索, 优化次生演替数学模型等。参 67

**关键词:** 常绿阔叶林; 植被恢复; 演替; 亚热带

**中图分类号:** S718.54      **文献标识码:** A

常绿阔叶林是亚热带地区的地带性植被, 主要分布在亚热带地区大陆东岸 ( $22^{\circ} \sim 40^{\circ} \text{NS}$ )<sup>[1]</sup>。该区由于受副亚热带高压的影响, 大范围陆地都分布着荒漠和沙漠<sup>[2]</sup>, 因此亚热带常绿阔叶林的面积不大。中国的常绿阔叶林在全球分布面积最大, 类型最为丰富, 生物多样性最高, 对保护环境、维持全球性碳循环的平衡和人类的持续发展都具有极其重要的作用。但由于长期以来对其功能和作用认识不清, 曾大面积毁林开荒, 砍阔栽针, 使其遭到严重破坏<sup>[3]</sup>, 广阔的亚热带常绿阔叶林已被农耕地和人工林取代, 导致了森林群落结构趋于简单, 功能衰退, 易受外来种侵入, 大量物种濒临绝境甚至消失, 生态环境恶化, 持续生产力低, 调节气候、涵养水源和储藏养分能力弱, 土壤退化, 肥力下降, 病虫害频繁等一系列问题<sup>[4]</sup>。生态环境的变化引起了各国学者的广泛关注<sup>[3~9]</sup>。退化生态系统的恢复和重建以及亚热带常绿阔叶林的迅速恢复已经成为当前生态学研究热点之一<sup>[10~16]</sup>。

## 1 常绿阔叶林植被恢复的生态学理论

退化生态系统的植被恢复与重建本质上是一个进展演替过程, 常绿阔叶林恢复最有效和最省力的办法是顺从生态系统的演替规律<sup>[17]</sup>。自 1806 年 John Adlum 首次提出演替 (succession) 以后, 生态学家通过各自的研究试图从各种角度去解释演替。Clements<sup>[18, 19]</sup> 认为群落演替意味着物种以一定的顺序成批出现和消失, 后面种的出现必须有前期种对群落环境的改变为基础, 直到群落达到顶极 (climax)。原则上在一个气候区域内的所有生境中, 最后将是同一个顶极群落, 这就是影响广泛的单元顶极学说。以 Tansley 为代表的一些英国学者对此持否定态度, 提出了与之相对的多元顶极学说, 认为群落的演替不必汇集于一个共同的气候顶极终点<sup>[20]</sup>。Whittaker<sup>[17]</sup> 的顶极格式假说强调了群落与环境在生态系统中的密切功能联系, 认为植物群落是沿着环境梯度的群落连续体的一部分。而 Egler<sup>[21]</sup> 在初始植物区系学说中提出演替具有很强的异源性, 并不一定朝着顶极群落方向发展, 演替

收稿日期: 2002-03-08; 修回日期: 2002-06-10

基金项目: “十五”浙江省重点资助项目(011037)

作者简介: 李翠环(1978-), 女, 四川万源人, 从事水土保持和森林生态研究。

是一种替代,这种替代是种间的而不是群落间的,因而演替系列是连续的而不是离散的。Conell和Slatyer<sup>[22]</sup>的忍耐理论认为任何种都可以开始演替,较能忍受有限资源的物种将会取代其他种,演替就是靠这些种的侵入和原来定居物种的逐渐减少而进行的,主要取决于初始条件。Grime<sup>[23,24]</sup>建立了生活史对策演替学说,即R-C-S学说。R-C-S对策模型反映了某一地点某一时刻存在的植被是胁迫强度、干扰和竞争之间平衡的结果,认为次生演替过程中的物种对策格局是有规律的,是可以预测的。Tilman<sup>[25]</sup>认为演替是通过资源的变化而引起竞争关系的变化而实现的,这就是资源比例理论。Pickett<sup>[26]</sup>提出了关于演替的原因和机制概念框架,较详细地分析了演替的原因。Bazzaz<sup>[27,28]</sup>试图从演替先锋群落到顶极群落一些主要种的生理生态学特征的比较上来解释演替的机理,这无疑是研究演替本质,揭示演替机理的又一个新途径。总之演替是遵循着客观规律的一个动态过程,是一个物种代替另一个物种,一个群落代替另一个群落的过程,在这个过程中,群落与其环境的组成、结构及功能发生了变化。目前,对植被恢复的研究主要集中于群落动态、土壤动态和动态变化模型等三方面。

## 2 亚热带地带性植被恢复的主要研究内容

### 2.1 次生林演替过程中群落结构动态研究

亚热带常绿阔叶林恢复的通常模式是马尾松针叶林—针阔混交林—常绿阔叶林。温远光<sup>[1]</sup>对大明山,彭少麟、王伯荪<sup>[30,29]</sup>对鼎湖山,钟章成<sup>[15]</sup>对缙云山的长期定位研究表明,在自然条件下,亚热带低山丘陵区退化生态系统的植被恢复总是伴随着马尾松先锋树种的侵入和马尾松先锋林的形成过程,并且不到25a的时间就能形成针阔混交林。同时温远光还发现在低山丘陵区,植被的恢复过程是否经历针叶先锋林阶段取决于人为的干扰和植被与土壤的退化程度;在中山区缺乏马尾松种源而且山地气候湿润不利于马尾松生长,退化生态系统的植被恢复没有马尾松的入侵而直接进入以阔叶树种为优势的先锋群落,只要20a左右就能形成以阳性阔叶先锋树种与中生性阔叶树种为共优种的森林群落,只要60~100a就能形成中生性常绿阔叶林。可见环境条件不同,植被恢复的进程也不同。彭少麟、方炜、王伯荪<sup>[30~32]</sup>在对南亚热带森林恢复研究中发现南亚热带植被恢复遵循一般模式,同样这种动态受本地带生态综合作用过程决定。包维楷<sup>[1]</sup>认为乔木层在恢复过程中,物种多样性基本保持不变,群落结构发生较大变化,群落由单优或双优向双优或多优势种发展,由单层乔木层向多层次立体结构发展,使群落更复杂更稳定、利用立体空间更充分。黄忠良等<sup>[33]</sup>研究了鼎湖山自然保护区群落多样性随着植被恢复而发生的变化,结果表明在植被恢复过程中,群落的多样性随着演替的发展而增加,但演替的最高阶段其多样性不是最高的。彭少麟<sup>[34~36]</sup>分析了鼎湖山植被40多年(1952~1999年)演替中优势种群的生态位、分布格局和种间关系,认为以上种群特征均有变化,生物量和生产力也随演替呈上升趋势。陈煜初、余树全等<sup>[37,38]</sup>分别分析了浙江千岛湖植被经过30a和40a恢复的群落学特征。方炳法等<sup>[39]</sup>报道了随着植被恢复,湖区小气候的变化。包维楷<sup>[4]</sup>等研究认为自然恢复的常绿阔叶林不仅有较高的物种多样性,也具有较高的材积生产力,这似乎暗示着在植被恢复过程中,生物多样性的恢复与追求较高的材积生产力并不矛盾,而是可以兼顾的。

以上研究都是在固定样地上进行,需要几十年的时间,耗时太长,因此一些学者采用生态序列研究方法即以空间分布代替时间过程来研究群落的演替。任海<sup>[40]</sup>采用时空互代的方法把同一空间上不同演替系列的群落:灌草丛、针叶林、针阔混交林和常绿阔叶林当作同一群落在不同的演替阶段,以此研究鼎湖山森林生态系统演替过程中的能力生态特征。张庆费等<sup>[41]</sup>对浙江天童常绿阔叶林演替过程凋落物现存量的分析表明:进展演替能促进群落的生物循环和自维持机制,有利于群落的稳定和发展,而森林凋落物的分解又能改善土壤肥力的物质基础,影响群落物种组成的竞争和更替,提高森林生产力,促进群落演替。安树青<sup>[42~45]</sup>采用生态序列法研究了我国北亚热带森林植被的演替原因、机制、特征和演替阶段的划分。郭全邦等<sup>[46]</sup>认为在研究演替时,以非线性的空间代替具有较高线性的时间是必要的,但有一定的局限性,因此用构成指数来修整空间序列,消除或减少演替在这两个序列上的差异。黄忠良等<sup>[47]</sup>以生态系统的整体动态作为研究对象,把生态系统的自维持能力、生活史、营养循环和选择压力等基本特征与演替理论对比,认为这些特征与理论基本符合。刘金林等<sup>[48]</sup>对群落外貌、种类成分以及区系地理的分析认为浙江午潮山森林植被在20a封山保护的条件下,经历了

次生演替的各个阶段, 现已发育成阳性常绿阔叶林。赵学友等<sup>[49]</sup>认为种群大小结构随着演替发生变化, 群落演替现存各阶段在空间上的差异可以反映种群在时间上的进程。刘玉成、缪世利<sup>[50]</sup>也从种群的角度研究群落, 试图在种群生态和群落生态间建立桥梁。张水松等<sup>[51]</sup>将常绿阔叶林的树种区分为重要树种和次要树种, 认为在常绿阔叶林恢复过程中, 提高林分产量和质量的关键是调整建立合理的树种组成, 优化数量结构和产量结构。丁圣彦、宋永昌<sup>[52]</sup>从生理生态的角度研究演替, 认为树种在各个演替阶段的光合作用速率的变化和光补偿点的不同是演替进行的一个动因。

## 2.2 次生林恢复过程中土壤动态变化研究

Odum<sup>[53]</sup>认为植物群落的演替是群落对其初始阶段异化的过程, 不但体现在物种的竞争上, 也体现在环境条件的改变上, 而土壤是植物群落的主要环境因子, 因此群落演替也是一个土壤和植物演替协同发展的过程。张全发等<sup>[54]</sup>研究植物群落演替与土壤的关系表明, 在植物群落演替过程中, 土壤的离子交换量和有机质增加, 钙含量和 pH 值降低, 而镁、钠、速效氮和速效磷的含量受上层植被的组成影响成动态变化。安树青等<sup>[55, 56]</sup>研究土壤因子对次生森林群落演替的影响时发现土壤水分和土壤厚度是制约地处北亚热带的紫金山森林植被演替的主要土壤因子。张庆费等<sup>[57, 58]</sup>研究浙江天童植物群落次生演替与土壤的关系, 发现随着演替的进展, 土壤肥力呈增长趋势, 而且由于群落类型尤其是建群种的不同而呈跳跃性和渐变性增长的特征。土壤肥力状况影响着群落优势种的拓殖和更替, 土壤肥力的提高有利于演替后续种的生长和发展。在研究植物群落演替与土壤化学性质的关系时认为植物群落变化是环境积累性变化的结果, 土壤化学性状的改善也影响着群落种间竞争和物种更替。植物对有限资源的竞争是决定群落组成多样性及演替动态的主要因子之一<sup>[59]</sup>。因此常绿阔叶林的恢复实践中应该重视提高土壤有机质和养分含量, 改善森林的结构和功能以提高森林的自肥能力<sup>[58]</sup>。

## 2.3 次生林恢复动态变化模型的研究

在生态学中, 关于群落演替的数学模型很多, 但一般可归结为马尔可夫过程<sup>[60]</sup>。马尔可夫模型对群落中各级组织水平的动态都适合, 既适用于整个群落的更替或局部的更替, 也适于种群或局部生物群体、斑块的变化<sup>[61]</sup>。熊利民、钟章成<sup>[62]</sup>用马尔可夫模型预测了缙云山森林植被的次生演替, 发现同期发生演替其侵入样地的初期种是随机的, 演替的历程是随机的但演替的终极阶段却是一致的即模型是收敛的。李兴东、宋永昌<sup>[63]</sup>把常绿阔叶林次生演替的随机过程看成一个近似线性过程, 用马尔可夫链描述, 测得自然次生演替过程和干扰演替过程群落乔木优势树种的更新概率。熊利民<sup>[64]</sup>还指出对于处于强度干扰的非线性演替, 可以对各个演替阶段进行分割, 局部线性化处理后再用马尔可夫模型预测, 其结果与实际调查吻合较好。张家来<sup>[65]</sup>以种间联结为依据, 确定各树种在演替过程中的地位和作用, 然后采用最优分割法确定闽北森林演替阶段并提出演替的非线性性。李兴东、宋永昌<sup>[66]</sup>还尝试了森林演替的系统动力学模型, 用系统状态空间微分方程组来描述自然次生演替和干扰次生演替。曲仲湘<sup>[67]</sup>用树木结构图解的变化进行森林演替的研究和预测, 对我国森林动态演变的数量研究影响深刻。

## 3 讨论

通过以上的分析可以看出: ①对亚热带常绿阔叶林的研究是以演替理论作为指导的, 而演替发生的机制问题众说纷纭, 难以同一。不同的研究对象可能拥有不同的演替机制和原因, 演替理论的多样化是必然的, 而包括多个演替理论于一体的演替学说是当今演替理论发展的方向。②目前对亚热带植被恢复的研究中, 一次性调查的资料多, 设置固定样地进行长期观测的少, 资料的积累有限, 不利于系统分析。今后应该增设固定样地, 加强定位研究。③已有的研究主要集中在对植被外貌和特征等现象的描述以及对演替动态一般模式的印证, 对植被动态的机理分析少。定性研究多, 定量分析少, 数学模型在次生演替中的应用较单一, 而且还鲜见提出适合于疏林和灌丛的模型。④自 Bazzaz 强调群落演替中树种生理特征的变化以来, 有关树种生理的研究有所发展, 但对于树木遗传特性的研究很少。应该进行森林演替中树种的遗传机理方面的探索。⑤对于恢复试验的早期报道较多, 主要是对封山育林、定向改造、抚育间伐、林相改造、树种配置等具体措施的经验之谈, 在此不赘述。

## 参考文献:

- [1] 温远光. 常绿阔叶林退化生态系统恢复过程物种多样性的发展趋势与速率[J]. 广西农业大学学报, 1998, 17(2): 93-106.
- [2] Manuél CM. *Ecology: Concepts and Applications* [M]. New York: McGraw-Hill Companies, Inc. 1999.
- [3] 黄清麟, 李元红. 中亚热带天然阔叶林研究综述[J]. 福建林学院学报, 1999, 19(2): 189-192.
- [4] 包维楷, 刘照光, 刘朝禄, 等. 中亚热带湿性常绿阔叶次生林自然恢复15年来群落乔木层的动态变化[J]. 植物生态学报, 2000, 24(6): 702-709.
- [5] 刘国华, 傅伯杰, 陈利顶. 中国生态退化的主要类型、特征及分布[J]. 生态学报, 2000, 20(1): 13-19.
- [6] Barrow C.J. *Development and Breakdown of Terrestrial Environments* [M]. New York: Cambridge University Press. 1994.
- [7] Bojo J.P. Economics and land degradation [J]. *Am Biol*, 1991, 20: 75-79.
- [8] Stahl M. *Environmental degradation and political constraints in Ethiopia* [J]. *Disast J Disast Stud. Manage*, 1990, 14: 140-150.
- [9] Stahl M. Land degradation in East Africa [J]. *Am Biol*, 1993, 22(8): 505-508.
- [10] Aronson J. Restoration and rehabilitation of degraded ecosystems in arid and semi-arid lands (I): A view from the south [J]. *Rest Ecol*, 1993, 1(1): 8-17.
- [11] Chapman J.L. Reiss M.J. *Ecology: Principles and Applications* [M]. Second Edition. New York: Cambridge University Press. 2001.
- [12] 彭少麟. 中国南亚热带退化生态系统的恢复和重建[A]. 陈灵芝, 陈伟烈, 韩兴国. 中国退化生态系统研究[C]. 北京: 中国科学技术出版社, 1995. 94-113.
- [13] 余作岳, 彭少麟. 热带亚热带退化生态系统的植被子恢复及其效应[J]. 生态学报, 1995, 15(增刊A辑): 1-17.
- [14] 刘照光, 陈庆恒. 中国西南亚高山森林生态系统退化趋势和防治对策[A]. 陈灵芝, 陈伟烈, 韩兴国. 中国退化生态系统研究[C]. 北京: 中国科学技术出版社, 1995. 165-185.
- [15] 钟章成. 常绿阔叶林生态系统研究[M]. 重庆: 西南师范大学出版社, 1992. 1-47.
- [16] 贺金生, 陈伟烈. 中国亚热带地区退化生态系统: 类型、分布、结构及恢复途径[A]. 陈灵芝, 陈伟烈, 韩兴国. 中国退化生态系统研究[C]. 北京: 中国科学技术出版社, 1995. 61-93.
- [17] 彭少麟. 热带亚热带退化生态系统恢复重建的生态学理论[A]. 余作岳, 彭少麟. 热带亚热带退化生态系统植被恢复生态学研究[C]. 广州: 广东科学技术出版社, 1996. 10-30.
- [18] Clements F.E. *Plant Succession: an Analysis of the Development of Vegetation* [M]. Washington D.C.: Carnegie Institution Publication, 1916.
- [19] Clements F.E. Nature and structure of the climax [J]. *J Ecol*, 1936, 24: 252-284.
- [20] 李景文. 森林生态学[M]. 第2版. 北京: 中国林业出版社, 1996.
- [21] Eglér F.E. Vegetation science concepts I: Initial floristic composition, a factor in old-field vegetation development [J]. *Vegetation*, 1954, 4: 412-417.
- [22] Connell J.H., Slatyer R.O. Mechanism of succession in mature communities and their role in community stability and organization [J]. *Am Nat*, 1977, 111: 1119-1144.
- [23] 安树青, 张久海, 谈健康, 等. 森林植被动态研究述评[J]. 生态学杂志, 1998, 17(5): 50-58.
- [24] Grime J.P. *The C-S-R Model of Primary Plant Strategies—Origins Implications and Tests* [M]. London: Chapman & Hall, 1988.
- [25] Timan D. The resource-ratio hypothesis of plant succession [J]. *Am Nat*, 1985, 125: 827-852.
- [26] Pickett S.T.A. A hierarchical consideration of causes and mechanisms of succession [J]. *Vegetation*, 1985, 69: 109-114.
- [27] Bazzaz F.A. The physiological ecology of plant succession [J]. *Ann Rev Ecol Syst*, 1979, 10: 351-371.
- [28] Bazzaz F.A. The physiological ecology of tropical succession: a comparative review [J]. *Ann Rev Ecol Syst*, 1980, 11: 287-310.
- [29] 王伯荪, 彭少麟. 鼎湖山森林群落分析V群落演替的线性系统[J]. 中山大学学报, 1985(4): 75-80.
- [30] 王伯荪, 马曼杰. 鼎湖山自然保护区森林群落的演变[A]. 中国科学院鼎湖山森林生态系统定位研究站和鼎湖山国家级自然保护区管理处. 热带亚热带森林生态系统研究(第1集) [C]. 广州: 广东科学技术出版社, 1982. 142-156.
- [31] Peng S., Fang W. Studies on dynamic of dominant populations on Dinghushan forest in succession [J]. *Biodiversity*, 1995, 3: 1-11.
- [32] Peng S., Wang B.S. Forest succession at Dinghushan, Guangdong, China [J]. *Chin J Bot*, 1995, 7: 75-80.
- [33] 黄忠良, 孔国辉, 何道泉, 等. 鼎湖山植物多样性研究[J]. 生态学报, 2000, 20(2): 193-198.
- [34] 彭少麟. 鼎湖山植被演替过程椎栗和木荷种群动态研究[J]. 植物生态学报, 1995, 19(4): 311-318.
- [35] 彭少麟. 鼎湖山植被演替过程优势种群动态研究III黄果厚壳桂和厚壳桂种群[J]. 热带亚热带植物学报, 1994, 2(4): 78-87.
- [36] 彭少麟. 植物群落演替研究II: 动态研究方法[J]. 生态科学, 1994, (2): 117-119.
- [37] 陈煜初, 董修耀, 王忠仁, 等. 千岛湖地区阔叶次生林群落学特征初步研究[J]. 浙江林学院学报, 1989, 6(2): 158-164.
- [38] 余树全, 李翠环, 姜礼元, 等. 千岛湖天然次生林群落生态学研究[J]. 浙江林学院学报, 2002, 19(2): 138-142.
- [39] 方炳法, 董修耀, 陈煜初, 等. 千岛湖水体和森林的小气候效益初探[J]. 浙江林学院学报, 1989, 6(2): 165-169.
- [40] 任海, 彭少麟. 鼎湖山森林生态系统演替过程中的能量生态特征[J]. 生态学报, 1999, 19(6): 817-822.
- [41] 张庆费, 徐绒娣. 浙江天童常绿阔叶林演替过程的凋落物现存量[J]. 生态学杂志, 1999, 18(2): 17-21.
- [42] 安树青, 赵儒林. 紫金山次生森林植被特征分析[J]. 植物生态学与地植物学学报, 1990, 14(1): 13-21.

- [43] 安树青 赵儒林. 中国北亚热带次生森林植被的特征分析[J]. 南京大学学报(自然科学版), 1991, 27(2): 323-331.
- [44] 安树青 李升峰 王峥峰, 等. 南京灵谷寺森林动态变化的研究[J]. 植物学报, 1997, 39(7): 661-666.
- [45] 安树青 洪必恭 李朝阳, 等. 紫金山次生森林林窗的植被和环境特征[J]. 应用生态学报, 1997, 8(3): 245-249.
- [46] 郭全邦 刘玉成 李旭光. 缙云山森林次生演替序列群落的物种多样性动态[J]. 应用生态学报, 1999, 10(5): 521-524.
- [47] 黄忠良 孔国辉 叶万辉, 等. 鼎湖山森林生态系统演替[A]. 中国科学院鼎湖山森林生态系统定位研究站和鼎湖山国家级自然保护区管理处. 热带亚热带森林生态系统研究(第8集)[C]. 北京: 气象出版社, 1998. 76-80.
- [48] 刘金林 周秀莲 顾泳洁, 等. 浙江午潮山次生植物恢复过程中的群落学解剖[J]. 植物生态学与地植物学丛刊, 1983, 7(1): 8-18.
- [49] 赵学农 刘化辉 刘圣义, 等. 西双版纳望天树种群结构与动态研究[J]. 广西植被, 1996, 16(3): 225-232.
- [50] 刘玉成 缪世利. 缙云山常绿阔叶林次生演替优势种群动态[J]. 植被生态学与地植物学学报, 1992, 16(1): 26-35.
- [51] 张水松. 常绿阔叶林树种组成、株数、比例和材积比例变化规律的研究[J]. 林业科学, 1997, 33(4): 289-298.
- [52] 丁圣彦 宋永昌. 浙江天童常绿阔叶林演替系列优势种光合生理生态的比较[J]. 生态学报, 1999, 19(3): 318-323.
- [53] Odum E P. The strategy of ecosystem development[J]. *Science*, 1969, 164: 262-270.
- [54] 张全发 郑重 金义兴, 等. 植物群落演替与土壤发展之间的关系[J]. 武汉植物学研究, 1990, 8(4): 325-334.
- [55] 安树青 王峥峰 朱学雷, 等. 土壤因子对次生森林群落演替的影响[J]. 生态学报, 1997, 17(1): 45-50.
- [56] 安树青 王峥峰 朱学雷, 等. 土壤因子对次生森林群落多样性发育和维持的影响[J]. 武汉植物学研究, 1997, 15(2): 143-150.
- [57] 张庆费 宋永昌 由文辉. 浙江天童植物群落次生演替与土壤肥力的关系[J]. 生态学报, 1999, 19(2): 174-178.
- [58] 张庆费 由文辉 宋永昌. 浙江天童植物群落次生演替对土壤化学性质的影响[J]. 应用生态学报, 1999, 10(1): 19-22.
- [59] Whittaker R H. Dominance and diversity in land plant communities[J]. *Science*, 1965, 147: 250-260.
- [60] 张金屯. 植被数量生态学方法[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1995. 303-318.
- [61] Horn H S. Forest succession[J]. *Sci Am*, 232(5): 90-98.
- [62] 熊利民 钟章成. 四川缙云山森林群落的同期发生演替及其模型预测[J]. 生态学报, 1991, 11(1): 49-53.
- [63] 李兴东 宋永昌. 浙江东部常绿阔叶林次生演替的随机过程模型[J]. 植物生态学与地植物学学报, 1993, 17(4): 345-351.
- [64] 熊利民. 缙云山群落的线性和非线性演替研究[A]. 钟章成. 常绿阔叶林生态系统研究[C]. 重庆: 西南师范大学出版社, 1992. 412-438.
- [65] 张家来. 应用最优分割法划分森林群落演替阶段的研究[J]. 植物生态学与地植物学学报, 1993, 17(3): 224-231.
- [66] 李兴东 宋永昌. 常绿阔叶林次生演替的一种系统动力学模型[J]. 生态学报, 1993, 13(3): 287-290.
- [67] 曲仲湘. 南京灵谷寺森林现状分析[J]. 植物学报, 1952, 2(1): 18-45.

## Review of reserches in restoration of subtropical evergreen broad-leaved forests

LI Cui-huan<sup>1</sup>, YU Shu-quan<sup>2</sup>, ZHOU Guo-mo<sup>2</sup>

(1. Institute of Forestry and Horticulture, Sichuan Agriculture University, Ya'an 625014, Sichuan, China;

2. Faculty of Life Science, Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300 Zhejiang, China)

**Abstract:** The zoned vegetation in subtropics is evergreen broadleaved forest. Because of human disturbance, most areas are now covered with secondary forest. The study of the theories, communities, and soil were reviewed in this paper, including ① physiological change of the species during succession, ② the change of population characteristic, structure and pressure and effects of competition on dynamic process, ③ the formation, fluctuation, regeneration and succession of the community, ④ the development of the soil quality, fertility, and organic matter during succession, ⑤ the use of the secondary succession model. Some new ideas for vegetation restoration studies are suggested, such as increase the study of the permanent sample plots, further explore for the hereditary character of the species, optimizing the succession models.

**Key words:** evergreen broad-leaved forest; vegetation restoration; succession; subtropics