

文章编号: 100F 1498(2002) 02 0235 07

# 竹类无性系种群生态学研究现状 及其应用前景

董文渊

(西南林学院竹藤研究所, 云南 昆明 650224)

摘要: 从竹类无性系种群增长及结构动态、无性系生长格局、形态可塑性、生理整合作用和生态对策等方面, 对竹类无性系种群生态学的研究现状进行了分析和总结, 提出以生态高效整合理论及技术为核心的竹类无性系种群生态学研究方向, 在 21 世纪竹林资源培育与利用实践中具有广阔的应用前景。

关键词: 竹类植物; 无性系; 种群生态学; 研究现状; 应用前景

中图分类号: S718.54

文献标识码: A

1977 年 J. L. Harper<sup>[1]</sup> 提出植物种群 (plant population) 的构件 (module) 结构理论以来, 植物种群生态学的研究对象摆脱了过去的困境, 从单一的所有个体集群的种划分出两个不同层次, 即植物种群具有由遗传单位形成的个体种群和由无性繁殖 (vegetative propagation) 所形成的构件种群两个结构水平<sup>[2]</sup>。J. L. Harper 的植物种群的构件结构理论, 强调在进行植物种群生态学研究时, 应注意区分单体生物 (unitary organism) 和构件生物 (modular organism) 的概念, 并同时注意基株 (genets) 和构件两个水平的数量动态<sup>[3]</sup>。近 10 年来, 构件结构理论已成为竹类植物生态学研究的重要理论基础, 我国的科学工作者采用无性系植物种群生态学的理论与方法, 对慈竹 (*Neosinocalamus affinis* (Rendle) Keng f.)、斑苦竹 (*Pleioblastus maculatus* (McClure) C. D. Chu et C. S. Chao)、毛竹 (*Phyllostachys pubescens* Mazel ex H. de Lehaie)、箬竹 (*Qiongzhusia tumidinala* Hsueh et Yi) 等竹种开展了一系列研究和探索工作。在研究中, 根据竹类植物通过无性繁殖增加无性系种群数量和拓展空间的特性, 把某一生境内的一个或数个无性系和基株构成的集合称为竹类无性系种群。而将竹类无性系种群中的每一立竹视为一个无性系分株。目前, 竹类无性系种群生态学的研究工作尚属起步阶段, 虽然所涉及的竹类植物不多, 但是其开创性的工作及成果, 无疑将对我国竹类无性系种群生态学的发展起到积极的推动作用。由于竹类无性系种群是个体、群落和生态系统之间的枢纽, 只有在深刻了解竹类无性系种群特性和深入研究无性系生长机理及调控机制的基础上, 才能深入认识竹林生态系统的结构和功能, 为竹林培育提供科学依据。因此, 探讨和总结竹类无性系种群生态学的原理和方法, 具有重要的理论及实践意义。

收稿日期: 2001-10-11

基金项目: 云南省自然科学基金资助项目 (2001C0040M)

作者简介: 董文渊 (1962), 男, 贵州惠水人, 副教授, 中国林科院博士后。

# 1 竹类无性系种群增长及结构动态

## 1.1 竹类无性系种群增长

竹类无性系种群增长(population growth)研究一方面以竹笋-幼竹无性系种群为研究对象,通过对其生长发育过程及各阶段的定量连续计测分析,揭示竹类无性系种群生长发育规律及其与生态因子的内在关系;另一方面,从竹类无性系种群、分株和构件3个层次,探讨生物量结构动态(structure dynamics)。采用数学模型模拟竹类无性系种群增长的规律。

在竹类无性系种群的生长发育方面,研究结果表明:慈竹<sup>[4]</sup>、斑苦竹<sup>[5]</sup>和箬竹<sup>[6]</sup>无性系种群的个体数量呈现周期性增长,慈竹在7~8月,斑苦竹为6~8月,箬竹则为3~5月。竹笋-幼竹高生长过程能与Logistic方程较好地拟合。慈竹、箬竹无性系种群竹笋-幼竹秆高生长的昼夜节律非常明显,慈竹夜净高生长大于昼净高生长量,相反箬竹则表现为白天生长量是夜间生长量的1.5倍,而斑苦竹的昼夜高生长量则无明显差异,地上茎生长的制约因素为温度和湿度。幼竹地径生长较快,慈竹在竹笋出土后15~20d内完成,斑苦竹为20~30d,箬竹仅为15d左右。对慈竹<sup>[7]</sup>、斑苦竹<sup>[8]</sup>、箬竹<sup>[6]</sup>无性系种群的生物量结构研究,从不同龄级和不同径级生物量配置、构件结构生物量的垂直配置及其影响因素等方面进行了探讨,建立了一系列生物量优化模型,其结果客观反映了慈竹种群生物量构成的特点与生长发育阶段、土壤条件和营林措施的关系。对箬竹无性系种群生物量结构与动态研究表明,各构件单位在不同年龄的生物量分配具有阶段性,1、2年生分株是秆>鞭>箨>叶>枝>根,而3、4、5年生则为秆>鞭>箨>根>枝>叶;无性系种群各构件单位的生物量为秆>鞭>箨>根>叶>枝;光合构件生物量季节性变化明显。在群落水平上的种群,地上部分生物量占55.06%,地下部分为44.94%;在竹笋-幼竹阶段分株的生物量动态,符合Logistic增长。

对竹类无性系种群增长和生态因子影响的系统研究结果,在竹林培育和利用实践中,为提高种群的经济产量及种群繁殖力,拟定营林技术措施提供了可靠的科学依据。

## 1.2 竹类无性系种群数量和年龄结构动态

数量动态是植物种群的基本特征之一。早在1921年Pearl和Parker就已将生命表(life table)引入生物学领域,应用于动物和昆虫种群生态学的研究<sup>[9]</sup>;在植物中应用生命表的方式来研究种群的数量动态,则迟至20世纪70年代末期<sup>[10]</sup>。如今生命表已发展成为种群统计学(demography)的核心,是研究种群数量动态的重要手段。动态生命表(dynamic life table),其统计的对象是同期出生的同龄个体群(cohort),从其出生开始追踪到全部死亡为止,表征该同生群随时间进程,在其一生中不同年龄阶段的生死动态。编制竹类无性系种群动态生命表,主要探讨其竹笋-幼竹生长阶段的生死变化。静态生命表(static life table)是指在同一时间内,用收集到的样地内某竹种一个无性系种群所有个体的年龄数据编制而成的生命表。它反映了竹类生活史小循环阶段一个特定时间的无性系分株数量变动的一般规律,说明从竹笋-幼竹至成竹阶段,随着时间进程,死亡率和平均期望寿命的变化情况。利用无性系种群动态和静态生命表的计算值,绘制死亡率曲线、死亡曲线和生存曲线,可以直观地表达存活与死亡的过程。年龄结构是种群统计学研究的重要内容,也是种群的重要属性之一,对出生率和死亡率都有很大的影响。

通过编制慈竹<sup>[4]</sup>、斑苦竹<sup>[11]</sup>、箬竹<sup>[6]</sup>无性系种群生命表,探索竹笋-幼竹生长过程中存活

与死亡的基本规律和特定时间多个世代重叠的年龄动态历程中的一个片段的情况。应用生命表和生存曲线对斑苦竹无性系种群的数量进行统计分析, 其竹笋-幼竹无性系种群的生存曲线介于B型和C型之间, 主要反映在竹笋-幼竹生长前期死亡率较高, 而后期死亡率逐渐降低且稳定的趋势; 年龄结构基本稳定, 但已表现出轻度衰退的迹象。采用Leslie矩阵表述和预测斑苦竹无性系种群的数量和年龄结构变化趋势<sup>[12]</sup>, 结果说明Leslie矩阵用来预测靠无性繁殖扩大种群数量的竹类植物的年龄结构和数量动态, 具有较高的可靠性。箬竹竹笋-幼竹种群、无性系种群的生存曲线也介于B型和C型之间, 平均期望寿命随年龄增加而下降; 1年生分株数目少于2年生分株数目, 从年龄结构上表现出轻度衰退的现象, 但近年内开花死亡的可能性不大。

把生命表作为竹类无性系种群数量动态研究的主要手段, 用以解析种群在整个生活周期中各个年龄或发育阶段的死亡数量、致死原因和生殖力, 以及下一代种群消长的趋势。这些机理在生产实践中的应用, 即构成竹林培育和经营的生物学基础, 具有十分重要的价值。

## 2 竹类无性系生长格局

研究根茎植物种群无性系生长格局(pattern of clonal growth, 无性系的营养扩散和生长过程)是近几年来世界植物种群生态学中的一个新领域<sup>[13]</sup>。所谓竹类无性系生长格局是指竹类植物的地下茎(竹鞭、竹筴), 无性繁殖而进行的营养扩散和生长过程, 在水平空间所占据的位置和拓展的速率。具有竹鞭的散生竹和混生竹无性系种群, 能够顽强地沿土壤基质迅速水平延伸, 形成广泛占据空间的、由一系列子代无性系分株组成的枝状链; 而丛生竹的地下茎粗大短缩, 节密, 故无性系不能在地下作长距离的蔓延生长, 子代分株紧靠老秆成丛密集生长。竹类无性系生长的空间分布格局是竹类植物适应环境和分株之间相互作用的结果。

刘庆等<sup>[14]</sup>对斑苦竹种群无性系生长格局动态进行研究时, 针对竹类植物无加粗生长的特点, 提出了倒逐龄级累加法(reverse age class addition, RAA), 即按分株龄级由大到小逐步累加起来研究特定生境范围内的某个植物种群整体的分布格局动态的方法。结果表明: 斑苦竹无性系分株随时间进程表现为格局强度(聚集程度)逐渐降低的集群分布, 并有随机分布的趋势; 斑苦竹无性系种群从第1时间(即初始种群)到第6时间(6个龄级的种群个体之和), 其格局规模由小变大( $4\text{ m}^2 \rightarrow 16\text{ m}^2$ ), 格局强度和格局纹理由大变小(分别为 $5.11 \rightarrow 3.34$ 和 $2.74 \rightarrow 1.81$ )的动态规律, 揭示了一定生境中斑苦竹占有空间的大小和无性系生长扩展的速率。在箬竹种群无性系生长格局中<sup>[6]</sup>, 随着时间进程, 箬竹无性系种群的分株均呈集群分布, 无性系生长系数(CA)由0.3953变成0.3667, 但从第1时间(5年前)至第5时间, 方差/均值比率由1.9804降至1.5341, 无性系生长综合指数( $B_n$ )由0.3953降至0.3873, 说明随着无性系种群内新的分株的不断产生, 地下茎逐步向四周生长, 使地上部分分株间的离散程度略有增加; 在第2时间段以后, 格局规模即达 $10.24\text{ m}^2$ ; 在第5时间, 格局强度和格局纹理分别为3.95和3.80。

空间与数量是衡量种群昌盛与否的两个指标。每一竹种的无性系种群的个体都以一定的格式分布于群落中, 探索竹类无性系生长的空间分布格局, 加强种群格局研究的应用研究, 其成果对于造林初植密度的确定、竹林结构调整、采笋伐竹等竹林经营实践, 具有重要的指导意义。

### 3 竹类无性系种群的形态可塑性

生物生长所需的资源,如光、水分、矿质养分和  $\text{CO}_2$  等在空间上的分布是斑块状的,即资源异质性(resource heterogeneity)。由于资源的异质性,无性系植物通常依靠其构件在环境空间或水平位置上的不同配置,以提高对资源的利用,这种最终表现在形态上的可塑性,对于无性系植物具有重要的生态学意义<sup>[15,16]</sup>。竹类无性系植物的形态可塑性(morphological plasticity)是指其对环境的适应性,主要表现为“隔离者”(spacer)长度、地下茎分枝强度,以及无性系分株的数目、高度、胸径(或地径)、叶面积的垂直分布、分枝长度及角度、枝下高等方面的差异。由于形态可塑性被认为是无性系植物的觅食行为(foraging behaviour)的基础之一,因此形态可塑性反应已成为植物种群无性系生长及其生态适应对策研究的基本内容。所谓觅食行为是指有机体在其生境内进行的促进对必需资源获取的搜寻或分枝过程。就竹类无性系的觅食行为而言,其内涵和外延远比一般意义上竹类植物生长的趋肥性更为丰富。

从资源有效性(resource availability)的角度探讨竹类无性系生长的形态可塑性反应,对斑苦竹<sup>[17]</sup>的研究发现,土壤水分含量相对越高,无性系积累的生物量愈多,而产生的分株数目越少。水分资源有效性越高,无性系隔离者生长的总长度越短,而隔离者直径越大,隔离者长度也越长。同时,在较高的水分资源有效性条件下,无性系分株具有较大的叶面积和较高的高度,以及较大的分株直径,表明斑苦竹相同母竹在不同水分资源有效性生境中,产生的无性系分株具有很大的形态可塑性。在不同水分条件下箬竹无性系生长适应对策的研究中,亦有类似斑苦竹的结论<sup>[6]</sup>。在低水分资源有效性的生境中,隔离者总长度较大,说明无性系对必需资源的有效吸取,要求吸收结构放置格局与生境资源异质性之间的精细协调,也表现出分株选择放置的格局,即在不利的生境中箬竹无性系,选择水资源相对丰富的微生境放置无性系分株(摄食位点),以克服或缓解水资源异质性给水分吸收带来的困难。在水分资源有效性水平较高的生境中,因隔离者长度较长,而使分株密度下降,各分株对光资源的竞争明显减弱,从而具有较长的分枝长度、较大的分枝角度及叶面积,而叶面积大小是决定光合效率和生物产量的重要因素,加之地上和地下相对充分的营养空间,使得分株的高度和直径明显提高。箬竹无性系分株形态特征的适应性变化,是其趋利避害的生态适应对策的具体反映。研究立竹密度与毛竹、箬竹无性系生长的关系,从密度制约的角度反映了毛竹、箬竹无性系生长的形态可塑性<sup>[16,18-20]</sup>。

研究不同资源有效性水平对竹类无性系分株形态可塑性变化的影响,以及竹类无性系觅食行为的调节机制,系统分析生态因子的综合作用和限制作用,可为竹林培育的造林地选择及竹林土壤、密度管理提供理论依据。在生产实践中,通过调控土壤水分和养分资源有效性水平的育林措施,可以改善竹笋个体质量和品质,提高竹林中工业用材或工艺用竹的比例,实现竹林定向培育。

### 4 竹类无性系种群生理整合作用

1985年,Pitelka 等在其著名的论文《无性系植物分株的生理学与整合作用》(Physiology and integration of ramets in clonal plants)中首次正式提出整合作用(integration)这一无性系植物种群中极其重要的崭新问题。直到1991年,T. Caraco 和 K. Kelly 对整合作用才有了较为明确的解

释:“所谓整合作用,是指营养物质,即资源通过联接的根茎、匍匐茎或地上茎在无性系分株间的转移。”迄今为止,整合作用的研究对象主要是草本植物。由于整合作用的复杂性和研究方法选择困难,严格的数量化研究尚未真正深入,目前有关整合强度(integration intensity)、整合速率(integration rate)、整合方向(integration direction)、分株的受益-受损,以及整合作用的机理,停止和发生整合的时间及原因等尚不清楚<sup>[2,21]</sup>。而竹类无性系种群的生理整合作用的研究,尚属起步阶段。所谓竹类无性系种群生理整合(physiological integration)是指营养物质(资源),通过相互联接的竹鞭、竹箨在无性系分株间的转移,即处于不同资源水平小生境中而产生的无性系分株间的物质运输。

在研究施肥对毛竹竹笋生长的影响时,初步探讨了毛竹无性系生长的觅食行为和生理整合作用<sup>[22]</sup>。其结果表明,当竹鞭穿越养分分布不均的环境时,竹笋能有选择地大量长于养分丰富的地段而避开养分贫乏的地段,说明跨越于有利地段和不利地段的竹株间有明显的生理整合作用,而且这种生理整合在显著增加了长在不利地段的竹笋数(高收益)的同时,基本上没有减少长在有利地段的竹笋数(低耗费)。对箬竹进行的施肥试验结果亦表明<sup>[6]</sup>,箬竹无性系分株及其地下茎系统在土壤肥力较高的小生境中吸收的养分物质,可以通过地下茎经再分配而输送到生长于相对贫瘠的小生境中的分株,从而实现资源共享(resource sharing),以克服不良环境对部分分株生长的限制作用,即箬竹无性系具有明显的生理整合性,且生理整合的收益显著高于耗费。

生理整合作用是无性系植物种群“无性系性”的两大基本特性之一<sup>[21]</sup>。研究竹类无性系种群生理整合作用的基本规律,深入探索竹林生态系统的养分循环与能量流动的原理,构建竹林培育的生态技术体系,为施肥、培土、钩梢、疏笋等集约经营措施的提出,提供更加系统科学的理论依据,从而可以实现真正意义上的竹林高效优质高产栽培。

## 5 竹类无性系种群的生态对策

生态对策(bionomic strategies)是生物栖居环境相应的种群特征(或参数)的组合方式,它反映了种群的生态学抉择和策略<sup>[23]</sup>。无性系植物在生境系统中,一方面占据一定的生态位;另一方面,各构件结构单元也表现出不同的生态对策。植物对环境的适应常常被归纳为趋同适应和趋异适应,并由此划分为生活型和生态型<sup>[24]</sup>。目前植物适应的研究已深入到种群水平,由此提出生态对策,以表示植物对于所处的生存环境的不同适应方式,是不同栖息环境下长期演化的结果。生物界的种群存在着 $r_k$ 生态对策系统,这种对策可用种群增长模型的参数概括。但是,源于动物种群的 $r_k$ 对策理论,对植物种则不尽适合。植物种群生活史动态与生态对策是各类种群动态自动调节机制的关键。

对无性系植物,尤其是对竹类植物从生态对策的角度,在种群水平上进行系统的研究工作尚不多见。刘庆等<sup>[25]</sup>从栖居生境和种群特征等方面选择了32个指标,对斑苦竹无性系种群在不同生境(自然林和人工林)中的生态对策,进行较为全面的对比分析。在自然相对稳定的生境中,无性系个体的体型大,具有相对稳定的年龄结构和生物量金字塔;幼竹的成竹时间较晚(平均51.4 d);基株投资于无性繁殖的能量相对较少,繁殖数目小,表明其繁殖能力较弱;基株积累的能量主要用于营养生长,使它们可以在竞争激烈的拥挤环境中有较强的适应能力,其能量再分配的策略在于产生少量而较大的竹笋;无性系的地下茎系统的枝系构型为多枝分枝

式样,有利于散布拓展和利用空间;发笋率、退笋率与基株密度有密切关系,发笋率较小(37.8%),而退笋率较高(48.75%);集群程度较低,对空间利用更趋合理。在人工林相对不稳定、多变的生境中,无性系小株个体的体型较小,具有相对发展较快的增长型年龄结构和高生产的生物量金字塔;幼竹的成竹时间较短(平均31.5 d);投资于无性繁殖的能量相对较多,繁殖数目大,繁殖能力较强;其能量再分配策略,是产生的竹笋较小而数量很大,这一策略是与其不稳定的生境和可充分利用的空间在原则上是相适应的;无性系地下茎系统的枝系构型为游击线性式样;发笋率很高(81.4%),退笋率很低(10.25%),发笋率、退笋率与基株密度的关系不大;无性系分株的集群分布格局的聚集程度较高,还未充分利用空间。斑苦竹对其环境表现不同的适应特征,自然林斑苦竹无性系种群类似于k-对策种群,称为A型,适合提供较高质量的较大型的竹秆;人工林斑苦竹无性系种群类似于r-对策种群,称为B型,在实践中更适合于为大熊猫(*Ailuropoda melanoleuca* David)提供更多的枝叶作为食物。此外,对慈竹无性系种群中不同龄级的生物量<sup>[7]</sup>和能量<sup>[26]</sup>配置的研究,对斑苦竹无性系种群生物量<sup>[8]</sup>和能量<sup>[27]</sup>的结构与动态研究,对箬竹无性系种群生物量结构与动态的研究<sup>[6]</sup>等,从不同的侧面研究了竹类无性系种群的生态对策表现。

生态对策是竹类无性系种群长期适应环境而形成的自动调节机制,根据种群的对策表现,并结合种群动态、增长及调控,可以为制定合理的竹林生态系统经营管理措施提供科学的依据。

从竹类无性系种群的初步研究结果,可以看出其成果的科学性、客观性、系统性和实用性。竹类无性系种群生态学的研究时间不长,研究竹种较少,还有许多领域尚属空白,如竹类无性系生长的繁殖对策、生理整合作用机理、觅食行为、形态可塑性反应的调节机制、生态对策等。由于竹类无性系种群生态的复杂性和现有研究方法的不足,深入研究将有许多困难并面临许多挑战。因而,采用无性系植物种群生态学的理论与方法,对竹类无性系种群在更高层次上进行探索,特别是多学科的结合研究,必将诞生一些新的理论和方法,进一步充实竹类无性系种群生态学的内容,为竹林培育学奠定新的理论基础。可以预见一旦全面揭示竹类无性系种群的无性系的全部秘密,人为掌握其干预与调控的方法,便可以通过施加生态控制技术超出人们想象地提高其经济生产量和产生巨大的经济、生态效益,这必将极大地促进我国竹产业的快速发展。以高产优质地提高无性系植物种群经济生产量为目标的生态高效整合<sup>[21]</sup>理论及其应用技术,正在成为21世纪初无性系植物种群高新技术的基本内涵之一,并将在农林生产实践中产生出巨大的经济效益。而21世纪前20年是我国竹产业发展的黄金时期,竹类无性系种群生态学研究的不断深入,其成果将在竹林资源培育、保护与利用的实践中得到广泛的推广和应用。

## 参考文献:

- [1] Harper J L. Population Biology of Plant[M]. New York: Academic Press, 1977
- [2] 刘庆,钟章成. 无性系植物种群生态学研究进展及有关概念[J]. 生态学杂志, 1995, 14(3): 40~ 45
- [3] 黎云祥,刘玉成,钟章成. 植物种群生态学中的构件理论[A]. 钟章成. 植物生态学研究进展[M]. 重庆:西南师范大学出版社, 1997. 77~ 84
- [4] 苏智先,钟章成. 慈竹无性系种群生长发育规律初探[J]. 应用生态学报, 1992, 3(3): 289~ 291
- [5] 刘庆,钟章成. 斑苦竹无性系种群生长发育规律的研究[J]. 竹类研究, 1997, (1): 71~ 76

- [6] 董文渊. 箬竹无性系生长及栽培机制的研究[D]. 南京: 南京林业大学森林资源与环境学院, 2000
- [7] 苏智先, 钟章成. 缙云山慈竹种群生物量结构研究[J]. 植物生态学与地植物学学报, 1991, 15(3): 240~ 252
- [8] 刘庆, 钟章成. 斑苦竹无性系种群生物量结构与动态研究[J]. 竹类研究, 1996, (1): 51~ 56
- [9] 周纪纶, 郑师章, 杨持. 植物种群生态学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1992. 32
- [10] 江洪. 云杉种群生态学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1992. 8
- [11] 刘庆, 钟章成. 斑苦竹无性系种群的数量统计[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 1995, 20(2): 177~ 182
- [12] 刘庆, 钟章成. 斑苦竹(*Pleioblastus maulata*)无性系种群的数量和年龄结构动态[J]. 生态学报, 1997, 17(1): 66~ 70
- [13] 王昱生, 李景信. 羊草种群无性系生长格局的研究[J]. 植物生态学与地植物学学报, 1992, 16(3): 234~ 242
- [14] 刘庆, 钟章成. 斑苦竹无性系种群克隆生长格局动态的研究[J]. 应用生态学报, 1996, 7(3): 240~ 244
- [15] 王昱生, 盖晓春. 羊草无性系植物种群觅养生长格局与资源分配的研究[J]. 植物生态学报, 1995, 19(4): 293~ 301
- [16] 董鸣. 资源异质性环境中的植物克隆生长: 觅食行为[J]. 植物学报, 1996, 38(10): 828~ 835
- [17] 刘庆, 钟章成. 斑苦竹无性系生长与水分供应及其适应对策的研究[J]. 植物生态学报, 1996, 20(3): 245~ 254
- [18] 李睿, 钟章成. 维尔格 M J A. 毛竹种群的更新与立竹密度和年龄的关系[A]. 钟章成. 植物生态学研究进展[M]. 重庆: 西南师范大学出版社, 1997. 234~ 240
- [19] 李睿, 钟章成. 维尔格 M J A. 毛竹的无性系生长与立竹密度和叶龄结构的关系[J]. 植物生态学报, 1997, 21(6): 545~ 550
- [20] 李睿, 钟章成, 维尔格 M J A. 中国亚热带高大竹类植物毛竹竹笋克隆生长的密度调节[J]. 植物生态学报, 1997, 21(1): 9~ 18
- [21] 王昱生. 关于无性系植物种群整合作用(Integration)研究的现状及其应用前景[J]. 生态学杂志, 1994, 13(2): 57~ 60
- [22] 李睿, 维尔格 M J A, 钟章成. 施肥对毛竹(*Phyllostachys pubescens*)竹笋生长的影响[J]. 植物生态学报, 1997, 21(1): 19~ 26
- [23] 钟章成. 我国植物种群生态研究的成就与展望[J]. 生态学杂志, 1992, 11(1): 4~ 8
- [24] 何池全, 赵魁义, 余国营. 湿地克隆植物的繁殖对策与生态适应性[J]. 生态学杂志, 1999, 18(6): 38~ 46
- [25] 刘庆, 钟章成, 何海. 斑苦竹无性系种群在自然林和人工林中的生态对策[A]. 钟章成. 植物生态学研究进展[M]. 重庆: 西南师范大学出版社, 1997. 273~ 277
- [26] 钟章成, 李睿. 慈竹的数量生态研究[J]. 植物生态学与地植物学学报, 1990, 14(1): 63~ 68
- [27] 刘庆, 钟章成. 斑苦竹无性系种群克隆繁殖的动态与调节研究[J]. 植物研究, 1996, 16(2): 228~ 234

## Current Situation about the Research of Bamboo Clonal Population Ecology and Its Application Prospect

DONG Wen-yuan

(Bamboo and Rattan Research Institute, Southwest Forestry College, Kunming 650224, Yunnan, China)

**Abstract:** Current situation was generalized and analyzed on the information obtained from the research of population growth, structure dynamics, clonal growth pattern, morphological plasticity, physiological integration, and bionomic strategies of bamboo clonal population ecology. In the 21st century, the application of ecological high-effective integration theories and its technologies on bamboo forest culture and utilization was discussed.

**Key words:** bamboo; clone; population ecology; current situation; application prospect