

植物种群生态适应机理研究

钟章成 编著

科学出版社

国家自然科学基金“八·五”重点资助项目

植物种群生态适应机理研究

STUDY ON ECOLOGICAL ADAPTATIVE MECHANISM
OF PLANT POPULATION

钟章成 编著

科学出版社

2000

内容简介

“植物种群生态适应机理研究”是由钟章成教授主持的国家自然科学基金“八五”重点项目。本书分上下两篇,上篇为总论,由钟章成教授编著,论述了植物种群生态研究进展,种子种群和幼苗适应性,生殖生态和本本无性系,构件生态和种群生态分化。下篇为各论,由 72 篇论文组成,内容与上篇不重复,包括种子和幼苗生态,有性生殖和无性系,植物种群的适应性和竞争以及生态位研究。书后附录是本项目研究正式发表的 105 篇论文的目录。

本书可供高等院校、科研单位以及农、林、牧工作者参考。

植物种群生态适应机理研究

钟章成 编著

责任编辑 陈桂香

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码 100717

中国科学院长春地理研究所地图制印工厂印制

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

* * *

2000 年 10 月第一版	开本:787×1092 1/16
2000 年 10 月第一次印刷	印张:40 5/8
印数:1—1 000	字数:930 000

ISBN 7-03-008983-9/Q·1023

定价:130.00 元

植物种群生态适应机理研究

项 目 负 责 人：钟章成 西南师范大学

协作单位负责人：郑师章 复旦大学

杨 持 内蒙古大学

祝廷成 东北师范大学

编 委：以姓氏笔划为序

王德利 刘玉成 刘 庆 孙 凡 苏智先

杨 持 李旭光 李 睿 李瑞智 何 平

郑师章 钟章成 祝廷成 钱 吉 谈 锋

陶建平 曾 波 黎云祥 M J A 维尔格

序

当前人口、资源、粮食和环境问题日益威胁着人类的未来,许多未来学家和生态学家都指出,社会可持续稳定发展的希望之一在于更加有理、有效、有节地开发利用全球自然资源,特别是作为生态系统中的第一生产者——绿色植物。因此,保护生物资源基因库,维持物种多样性已越来越为世界人民和各国政府所共识。植物种群生态学崛起于 80 年代,现正处于蓬勃发展时期。作为一个基础科学研究领域,它在维持物种多样性、指导植物资源的合理开发利用以及对生态学理论与技术发展等方面都显示出重要的推动作用。但是,我国在这方面的研究工作相对滞后于发达的国家,这与我国气候横跨三带,植物资源非常丰富的地位很不相称。

钟章成教授主编的《植物种群生态适应机理研究》是国家自然科学基金“八五”重点项目。自 1994 年 1 月至 1998 年 12 月历时 5 年,共发表论文 105 篇。本专著上篇为总论,下篇为各论。其研究内容涉及生殖生态、构件生态、克隆生态、生态型分化、行为生态、适应性与适应对策等。如此广泛系统地研究植物种群生态学在国内可谓首次,而且主要以木本种群为对象进行多方位研究,这在国外也少见。木本植物生命周期较长,其种群研究的难度是不言而喻的。因此本专著的研究工作为我国植物种群生态学研究奠定了良好的开拓性基础,并初步达到了植物种群生态学研究与国际接轨的目的。项目还为参加研究的 24 名硕士生和 4 名博士生提供了学位论文工作的经费,因此也为人才培养做出了重要贡献。

中国科学院副院长
中国科学院院士

陈宜瑜

1999 年 8 月 10 日

前 言

植物种群是人类利用与保护植物种的对象。植物种群生态学崛起于 80 年代初,现正处于蓬勃发展的时期,它在维持物种多样性、开发利用植物资源以及对生态学理论与技术发展等方面显示出强大的推动作用。迄今为止的植物种群生态学代表著作《植物种群生物学》(J.L.Harper, 1977),《植物种群生态学导论》(J.W.Silvertown, 1982)等,虽有很大贡献,但前者借鉴较多的是动物种群生态学一般原理,后者多采用植物学而不是植物种群生态学的工作方法,并很少涉及理论探讨。中国在这方面的研究更滞后于世界,有关论著很少,这与我国气候横跨三带,植物资源极其丰富的地位很不相称。本研究的目的是为了使我我国植物种群生态学研究与国际接轨并逐步走向世界,在理论上和应用上有较大突破,并能建立起有自己特色的植物种群生态学理论与方法。

本项目主要研究内容:

一、植物种群生活史(开花、结实、种子和克隆)适应对策:开花和种子生态研究,影响开花的因子,花粉供应和有效资源对种子产生的影响,开花、结实和种子产生的资源分配;种子形态、活力,散布与休眠的生态学;微域环境种子的筛选效应,种子传播特性、传播能力与传播的时空特征;不同环境中种子的生态遗传分化规律;种子库动态及其原因,种子雨与种子的再分布;种子库种子数量差异和空间分布;种子库类型及其进化上的意义;埋藏种子库组成与不同演替阶段的关系;不同演替阶段种子补充、幼苗生长及其幼苗同生群个体消亡过程;成体密度与幼苗关系及其更新对策;种子库、幼苗库及其成体周转;群落中的种群竞争与生态位;植物种群的生殖生态,植物种群的生殖分配与生殖值;植物种群的繁殖分配与繁殖效率及其适应性。

二、植物种群结构(基株与构件)、时空动态及其对变动环境的适应机制:不同生态条件下无性系分株结构的变化规律,无性系小株形成分化过程;构件的增长分化过程;构件形态格局和空间配置;基株与无性系在生理上与营养上关系;幼苗定居后阶段的克隆生长,基株形态可塑性和克隆结构的表型可塑性及其适应对策;克隆整合作用的方向与程度及其对克服不利环境条件的适应意义;克隆在速变环境中的优势;克隆植物有性生殖与营养生殖的相对重要性;不同生态条件下的构件、基株与种群三个层次的动态;邻体构件与邻体干扰下的自疏模型,邻体构件对产量的影响,构件的死亡率和存活率在时空上的差异。

三、植物种群的生态分化与适应对策:植物种群定居环境的相应种群特性的组合方式;植物种群对环境胁迫(温度胁迫和水分胁迫)的抗逆性与适应对策;种群变异性与生态因子之间关系;生态型的遗传分化,包括同工酶水平、细胞水平、代谢水平和个体水平确定植物种群的生态类型及其遗传分化;在不同条件下的生态分化规律;植物种群的生态对策及其在干扰下的适应对策。

本项目的预期目标:

Harper(1977)提出以生活史为纲研究植物种群生态学是非常重要的,但迄今为止,包括 Harper 本人也没有对一两种植物做过系统的研究。在种群结构与时空动态的研究方

面如何应用构件生物(modular organism)理论和克隆生长是当前种群生态研究热点之一。此外,至今还没有一本比较完善的植物种群生态研究方法的著作。本项目主要选用木本和草本各一种,通过生活史、种群结构与时空动态、生态分化与适应对策研究,分析植物种群的生活史及种群对变动环境的适应机理,提出有自己特色的植物种群生态学的理论与方法。

本项目由西南师范大学钟章成教授主持,以西南师范大学为主持单位,复旦大学、内蒙古大学与东北师范大学为协作单位。1994年1月至1998年12月为项目进行时间。西南师范大学有22人参加了本项目的工作,其中教授5人、博士生6人、硕士生11人。刘玉成教授、谈锋教授、李旭光教授、李瑞智副教授做了大量工作。复旦大学、内蒙古大学和东北师范大学在郑师章教授、杨持教授和祝廷成教授指导下,组织了一定人力参加本项目研究。对上述参研人员表示深深的谢意。

本书分总论与各论两篇,上篇总论共7章,由钟章成编写。下篇也是7章,由72篇论文组成,还有33篇论文未收入下篇,因为有的已收入总论,有的与本项目主题不很符合。但是,所有已正式发表的105篇论文均在本书附录中表明。

本书编委由项目组主要成员和发表论文较多的作者组成。

作 者

2000年8月15日

目 录

序	i
前言	iii
上篇 总论	钟章成
第一章 植物种群生态学研究历史与相关学科概况	1
1.1 植物种群生态学研究历史与进展	1
1.2 植物种群相关学科的生态学研究动态	2
1.2.1 种群统计学研究及其动态	2
1.2.2 植物种群生理生态学研究及其动态	3
1.2.3 植物种群繁殖生态学研究及其动态	4
1.2.4 无性系种群生态学研究及其动态	5
1.2.5 植物构件生态学研究及其动态	7
1.2.6 遗传生态学研究及其动态	9
1.2.7 植物行为生态学研究及其动态	12
第二章 种子种群及其适应机理研究	15
2.1 四川大头茶种子与母体关系	15
2.1.1 四川大头茶种子特征	15
2.1.2 不同地理种源种子与母体的生态关系	15
2.1.3 不同群落类型中种子大小的变异	17
2.2 四川大头茶种子雨的动态	19
2.2.1 四川大头茶种子散播与其生物学特性的关系	19
2.2.2 四川大头茶种子雨的数量动态	20
2.2.3 种子雨的分布格局及其变化动态	20
2.2.4 四川大头茶种子雨千粒重及其活力变化	22
2.3 种子散播和微域生境的筛选效应	23
2.3.1 种子散播的机制和模型	23
2.3.2 微域生境对种子萌发和幼苗生长的筛选效应	25
2.4 四川大头茶种子库和幼苗库的动态	26
2.4.1 四川大头茶种子库数量动态	26
2.4.2 四川大头茶种子库种子的空间分布格局	26
2.4.3 四川大头茶幼苗库数量动态	28
2.4.4 四川大头茶幼苗同生群动态生命表	28
2.5 四川大头茶种子种群的更新动态和生殖对策	30
2.5.1 不同群落类型中种子种群更新动态	30
2.5.2 四川大头茶种群的生殖对策	32

第三章 幼苗定居及其适应性研究	33
3.1 幼苗生长与同生群个体消亡过程	33
3.1.1 四川大头茶的幼苗库	33
3.1.2 四川大头茶幼苗发生动态	34
3.1.3 四川大头茶幼苗死亡动态	36
3.1.4 四川大头茶幼苗的存活	38
3.2 幼苗库与成体周转研究	38
3.2.1 四川大头茶的更新	38
3.2.2 四川大头茶幼苗与成体周转及其分布格局	40
3.2.3 演替系列中的四川大头茶	41
3.2.4 四川大头茶种群在群落中的动态	42
3.2.5 四川大头茶幼苗的更新对策	42
3.3 种群生态位与竞争研究	43
3.3.1 四川大头茶的生态位宽度	45
3.3.2 四川大头茶与 5 个物种的生态位重叠	48
第四章 生殖生态学研究	50
4.1 植物种群生命表与生殖力表	50
4.1.1 常规生命表的编制方法	50
4.1.2 四川大头茶不同演替阶段的静态生命表	51
4.1.3 四川大头茶种群的生殖力表	55
4.2 四川大头茶种群开花与结实生态研究	59
4.2.1 四川大头茶开花和结实生态	59
4.2.2 四川大头茶花构件的动态	60
4.2.3 四川大头茶开花顺序对着果的影响	64
4.2.4 四川大头茶开花位置对着果率的影响	65
4.2.5 四川大头茶开花顺序对种子重量的影响	66
4.2.6 四川大头茶果实净光合作用强度的日变化	67
4.2.7 四川大头茶果实净光合强度对光的依赖	70
4.2.8 四川大头茶果实同化物对果实生长的贡献	71
4.2.9 四川大头茶种群繁殖与生存的关系	72
4.2.10 四川大头茶种群年轮生长动态与繁殖大小年的关系	73
4.3 四川大头茶种群繁殖能量生态研究	75
4.3.1 四川大头茶种群的能量生殖分配	75
4.3.2 四川大头茶种群的生殖能量变化	78
4.4 植物种群的繁殖对策	80
4.4.1 种子繁殖与营养繁殖	81
4.4.2 种子植物的繁殖分配与繁殖投资	81
4.4.3 种子的大小和数量	86
4.4.4 生活史与繁殖时间	86
第五章 木本无性系种群生态学研究	88
5.1 无性系种群的数量统计	88

5.1.1 竹笋——幼竹动态生命表的编制	88
5.1.2 斑苦竹竹笋——幼竹动态生命表	88
5.1.3 斑苦竹静态生命表的编制	89
5.1.4 斑苦竹无性系种群的静态生命表与生存曲线	91
5.1.5 斑苦竹无性系种群的数量和年龄结构的 Leslie 矩阵	91
5.2 无性系种群的生长与繁殖	96
5.2.1 无性系种群克隆生长格局的动态	96
5.2.2 无性系生长与分株密度和叶龄的关系	99
5.2.3 克隆繁殖与无性系分株密度的关系	101
5.2.4 克隆繁殖与生态因子的关系	102
5.3 光 and 水分对无性系分化的影响	103
5.3.1 光强对无性系分化的影响	103
5.3.2 水分对无性系分化的影响	107
5.4 克隆种群的能量动态与整合作用	111
5.4.1 慈竹克隆构件能量动态	111
5.4.2 慈竹克隆分株能量动态	113
5.4.3 慈竹克隆种群能量动态	114
第六章 植物的构件生态学研究	115
6.1 植物构件的动态研究	115
6.1.1 分枝构件和顶芽构件的动态	115
6.1.2 叶构件的数量与动态	123
6.1.3 微生境与生殖构件动态	127
6.2 构件水平的邻体干扰	129
6.2.1 主枝分枝角度与高度的关系	129
6.2.2 成对株间构件的干扰效应	130
第七章 植物种群的生态分化	133
7.1 不同地理种群和群落的四川大头茶种子形态分化研究	133
7.2 不同地理种群羊草的生态型分化研究	136
7.2.1 不同地理种群羊草的个体水平比较	136
7.2.2 不同地理种群羊草的生理水平比较	139
7.2.3 不同地理种群的 RAPD 分析	140
7.3 羊草两个趋异类型的光合生态比较	143
7.3.1 两个趋异类型的光合与蒸腾生理特性比较	143
7.3.2 两个趋异类型的光合器官特性比较	144
7.3.3 两个趋异类型的性状变异	144

下篇 各论

第八章 植物种群的种子与幼苗生态	152
植物花粉、种子湍流扩散的梯度-输送模型	孙 凡 钟章成 152
不同邻体大头茶幼苗的适应特征	肖春旺 刘玉成 159
四川大头茶幼苗种群构件结构及与生态因子间数量关系	刘玉成 杜道林等 169
磷资源有效性对四川大头茶幼苗构件生长的影响	肖春旺 刘玉成 176
四川大头茶种群循环更新动态研究	李旭光 陈爱侠 何维明 184
四川大头茶种群动态模型及稳定性分析	李旭光 于法稳 190
不同群落中四川大头茶花粉游离脯氨酸含量与种子产量	曾 波 张小萍 钟章成 196
第九章 植物种群的生殖生态	202
植物生殖生态学研究进展	苏智先 张素兰 钟章成 202
四川大头茶种群生殖生态学研究——种群生物量生殖配置格局研究	苏智先 钟章成 213
缙云山常绿阔叶林四川大头茶果实中矿质营养元素含量及季节动态	孙 凡 钟章成 222
不同群落类型对羊草种群生殖分配的影响	陈 玲 乌江雨 杨 持 228
草原植物种群营养元素生殖分配规律研究	陈 玲 阿里穆斯 杨 持 233
第十章 植物种群的无性系生态	237
斑苦竹无性系种群克隆繁殖的动态与调节研究	刘 庆 钟章成 237
不同生境斑苦竹无性系繁殖对策及克隆生长的比较研究	刘 庆 钟章成 243
Density Regulation of the Clonal Growth of New Shoots in the Giant Bamboo <i>Phyllostachys pubescens</i> in Subtropical China	李 睿 钟章成 M J A 维尔格 248
Biennial Variation in Production of New Shoots in Groves of the Giant Bamboo <i>Phyllostachys pubescens</i> in Sichuan, China	李 睿 M J A 维尔格 H J 杜林 钟章成 257
Carbon and Nutrient Dynamics in Relation to Growth Rhythm in the Giant Bamboo <i>Phyllostachys pubescens</i>	李 睿 M J A 维尔格 H J 杜林 钟章成 271
Positioning of New Shoots Relative to Adult Shoots in Groves of Giant Bamboo, <i>Phyllostachys pubescens</i>	李 睿 M J A 维尔格 H J 杜林 钟章成 287
Biomass Distribution in a Grove of the Giant Pamboo <i>Phyllostachys pubescens</i> in Chongqing, China	李 睿 M J A 维尔格 H J 杜林 钟章成 298
羊草种群密度与生长动态研究	朴顺姬 杨 持等 312
不同生态环境下佛子茅无性系种群的营养繁殖特征	杨允菲 祝廷成 318
葡萄茎草本活血丹在不同养分条件下的克隆形态	陶建平 钟章成 325

第十一章 植物种群的构件生态	331
四川大头茶构件种群生物量及叶面积动态.....	殷淑燕 刘玉成 331
缙云山四川大头茶幼苗种群构件结构及其与环境因子关系的多元分析	刘玉成 黎云祥等 338
木本植物邻体干扰研究进展.....	张跃西 钟章成 347
不同生境条件下羊草构件及羊草种群无性系分化	杨 持 叶 波 张慧荣 353
第十二章 植物种群的适应性	358
四川大头茶氮磷含量的季节变化研究.....	孙 凡 钟章成 358
四川大头茶常绿阔叶林重金属元素的累积与生物循环.....	孙 凡 钟章成 361
缙云山森林土壤酶活性的分布特征、季节动态及其与四川大头茶的关系	杨万勤 钟章成 韩玉萍 368
不同光环境下四川大头茶幼苗蒸腾强度和生物量的变化.....	赵友华 375
四川大头茶低温半致死温度与对低温的适应性.....	梁 莉 谈 锋 381
缙云山四川大头茶年轮生长的功率谱分析.....	孙 凡 钟章成 384
杜仲对不同光强度的适应性研究.....	李淑容 谈 锋 388
不同光照条件对少花桂幼苗生长的影响.....	吴能表 谈 锋 392
杜仲叶片蒸腾速率的因子分析.....	谈 锋 梁 莉 周彦兵 397
杜仲叶片对土壤水分胁迫的适应性研究.....	谈 锋 周彦兵 梁 莉 403
自然降温过程中梣子叶片膜保护系统的变化与低温半致死温度的关系	严寒静 谈 锋 408
随气温下降大头茶膜脂脂肪酸组分及膜保护系统的适应性变化	梁 莉 谈 锋 414
不同种源羊草在不同水分条件下的性状比较.....	任文伟 钱 吉 郑师章 419
羊草无性系构件在不同环境下的可塑性变化.....	杨 持 杨 理 424
水分梯度对羊草生长及无性系分化的影响.....	杨 理 杨 持 429
温度对羊草生长及无性系分化的影响.....	杨 理 杨 持 438
光强梯度对羊草无性系分化与生长的影响.....	杨 持 杨 理 443
遮光与去叶处理对羊草无性系分株间碳物质转移的影响	郎林杰 杨 持 格日尔图雅 449
胶股蓝种群次生代谢产物的动态及其生态学意义.....	何维明 钟章成 455
不同光照条件对少花桂幼苗香桂油含量的影响.....	吴能表 谈 锋 460
克隆植物蝴蝶花在光梯度环境上的形态适应性研究.....	马万里 钟章成 464
蝴蝶花无性系在不同光强度下表现结构的研究.....	马万里 469
土壤肥力对绞股蓝种群行为的影响.....	何维明 钟章成 476
不同地区绞股蓝中几种生化成分动态特征.....	何维明 钟章成 480
诸葛菜对水分胁迫的生理生化反应和调节适应能力	李 莉 钟章成 龙 云等 484
辣椒拟种群对模拟昆虫捕食行为的反应.....	刘川华 钟章成 吕俊强 490
不同遮荫条件下少花桂苗内源激素含量的季节性变化.....	吴能表 谈 锋 497

On Water Physiology of <i>Grodonia acuminata</i> in Relation to Successional Status	钟章成 曾 波 张小萍	501
第十三章 植物种群的生态分化		508
不同地理种源羊草苗期电导、电阻的比较研究	钱 吉 任文伟 郑师章	508
不同种源羊草的 SOD、POD 的活性及丙二醛含量的比较	任文伟 罗岫泉 郑师章	514
羊草不同地理种群的同工酶研究	汪 敏 钱 吉 郑师章	520
不同地理种群羊草分子水平上生态型分化的研究	钱 吉 马玉虹 任文伟等	525
内蒙古高原不同生境下羊草性状的比较研究	任文伟 郑师章	530
不同地理种源诸葛菜的 POD 同工酶分析	李 军	536
四川大头茶地理分布与环境水热状况的关系	孙 凡 钟章成 李旭光	539
绞股蓝雌雄种群觅源行为和繁殖对策比较	何维明 钟章成	547
缙云山四川大头茶树木年轮生长动态与气候因子关系的研究	孙 凡 钟章成	553
四川大头茶气候生态型的多元分析及 SDA 判别分析	柯文山 钟章成	560
第十四章 植物种群的竞争与生态位		567
斑苦竹无性系种群在自然林和人工林中的生态对策	刘 庆 钟章成 何 海	567
四川大头茶种内与种间竞争的初步研究	金则新	573
四川大头茶种群空间分布格局研究	金则新	581
重庆缙云山四川大头茶群落物种多样性研究	柯文山 王惠平 钟章成	587
缙云山亚热带栲树林优势种群间联结性研究	杜道林 刘玉成 李 睿	593
栲树种群生态位动态研究	杜道林 苏 杰 刘玉成	602
重庆缙云山四川大头茶群落组成结构及其数量特征研究	柯文山 王万贤等	609
不同种群密度羊草生态场梯度及其变化特征	王德利 祝廷成	616
附录：“植物种群生态适应机理研究”项目发表论文目录		622

CONTENTS

Preface	i
Introduction	iii
PART I GENERAL INTRODUCTION	Zhong Zhongcheng
Chapter 1 History of Studies on Plant Population Ecology and Its Advance	1
1.1 History of Plant Population Ecology	1
1.2 Research Trends in Plant Population Ecology	2
1.2.1 Demography of Plant Population and Its Development	2
1.2.2 Physiological Ecology of Plant Population and Its Development	3
1.2.3 Reproductive Ecology of Plant Population and Its Development	4
1.2.4 Ecology of Clonal Plant Population and Its Development	5
1.2.5 Ecology of Plant Modules and Its Development	7
1.2.6 Genetic Ecology and Its Development	9
1.2.7 Behavioral Ecology of Plant and Its Development	12
Chapter 2 Studies on Seed Population and Its Adaptative Mechanism	15
2.1 Ecological Relations Between Seeds and Mother Plants of <i>Gordonia acuminata</i>	15
2.1.1 Seed Characteristics of <i>Gordonia Acuminata</i>	15
2.1.2 Ecological Relations Between Seeds and Mother Plants of <i>Gordonia acuminata</i> in Different Geographical Provenances	15
2.1.3 Size Variation of Seeds in Varied Communities	17
2.2 Dynamics of Seed Rain of <i>Gordonia acuminata</i>	19
2.2.1 Ecological Relations Between Seed Dispersal and Seed Biological Characteristics	19
2.2.2 Quantitative Dynamics of Seed Rain	20
2.2.3 Distribution Patterns and Dynamics of Seed Rain	20
2.2.4 One-thousand-grain Weight and Vitality of Seed Rain	22
2.3 Seed Dispersal and Screening Effect of Micro-habitats	23
2.3.1 Mechanism and Models of Seed Dispersal	23
2.3.2 Screening Effects of Micro-habitats on Seed Germination and Seedling Growth	25
2.4 Dynamics of Seed Bank and Seedling Bank of <i>Gordonia acuminata</i>	26
2.4.1 Quantitative Dynamics of <i>Gordonia acuminata</i> Seed Bank	26
2.4.2 Distribution Pattern of Seed Bank of <i>Gordonia acuminata</i>	26
2.4.3 Quantitative Dynamics of <i>Gordonia acuminata</i> Seedling Bank	28
2.4.4 Cohort Life Table of <i>Gordonia acuminata</i> Seedlings	28
2.5 Regenerative Dynamics and Reproductive Strategies of <i>Gordonia acuminata</i> Seed Population	30
2.5.1 Regenerative Dynamics of Seed Population in Different Communities	30
2.5.2 Reproductive Strategies of <i>Gordonia acuminata</i> Population	32
Chapter 3 Studies on the Establishment and Adaptability of Seedlings	33
3.1 Seedling Growth and Death of Consortive Group	33
3.1.1 Seedling Bank of <i>Gordonia acuminata</i>	33
3.1.2 Seedling Emergence Dynamics of <i>Gordonia acuminata</i>	34

3.1.3 Seedling Mortality Dynamics of <i>Gordonia acuminata</i>	36
3.1.4 Seedling Survival of <i>Gordonia acuminata</i>	38
3.2 Studies on Seedling Bank and Adult Turn-over	38
3.2.1 Regeneration of <i>Gordonia acuminata</i>	38
3.2.2 Seedlings, Adult Turn-over, and Relevant Distribution Patterns of <i>Gordonia acuminata</i> ...	40
3.2.3 <i>Gordonia acuminata</i> in Successional Series	41
3.2.4 Dynamics of <i>Gordonia acuminata</i> in Communities	42
3.2.5 Regenerative Strategies of <i>Gordonia acuminata</i> Seedling	42
3.3 Studies on Niche and Competition of <i>Gordonia acuminata</i> Population	43
3.3.1 Niche Breadth of <i>Gordonia acuminata</i>	45
3.3.2 Niche Overlap Between <i>Gordonia acuminata</i> and Five Species	48
Chapter 4 Studies on Reproductive Ecology	50
4.1 Life Table and Reproductive Capacity Table	50
4.1.1 Compilation of Conventional Life Table	50
4.1.2 Static Life Table of <i>Gordonia acuminata</i> in Different Successional Phases	51
4.1.3 Reproductive Capacity Table of <i>Gordonia acuminata</i>	55
4.2 Ecology of Flowering and Fruiting of <i>Gordonia acuminata</i>	59
4.2.1 Flowering and Fruiting of <i>Gordonia acuminata</i>	59
4.2.2 Dynamics of Flower Modules of <i>Gordonia acuminata</i>	60
4.2.3 Effect of Flowering Order on Fruit Setting Rate of <i>Gordonia acuminata</i>	64
4.2.4 Effect of Flowering Position on Fruit Setting Rate of <i>Gordonia acuminata</i>	65
4.2.5 Effect of Flowering Order on Seed Weight of <i>Gordonia acuminata</i>	66
4.2.6 Diurnal Variation of Net Photosynthesis of <i>Gordonia acuminata</i>	67
4.2.7 Dependence of <i>Gordonia acuminata</i> Net Photosynthesis on Light	70
4.2.8 Contribution of Photosynthates in Fruits to Fruit Growth of <i>Gordonia acuminata</i>	71
4.2.9 Relations Between Reproduction and Survival of <i>Gordonia acuminata</i> Population	72
4.2.10 Relations Between Tree Ring Dynamics and Yearly Variation in Reproduction of <i>Gordonia acuminata</i>	73
4.3 Energy Ecology of <i>Gordonia acuminata</i> in Reproduction	75
4.3.1 Reproductive Allocation of <i>Gordonia acuminata</i> in Terms of Energy	75
4.3.2 Energy Variation in Reproduction of <i>Gordonia acuminata</i>	78
4.4 Reproductive Strategies of Plant Population	80
4.4.1 Sexual Reproduction and Vegetative Reproduction	81
4.4.2 Reproductive Allocation and Reproductive Effort of Seed Plants	81
4.4.3 Size and Quantity of Seed	86
4.4.4 Life Cycle and Reproductive Time	86
Chapter 5 Studies on Ecology of Woody Clonal Population	88
5.1 Demography of Clonal Population	88
5.1.1 Compilation of Dynamic Life Table for Bamboo Shoots	88
5.1.2 Dynamic Life Table of <i>Pleioblastus maculata</i> Shoots	88
5.1.3 Compilation of Static Life Table for <i>Pleioblastus maculata</i>	89
5.1.4 Static Life Table and Survivorship Curve of Clonal <i>Pleioblastus maculata</i> Population	91
5.1.5 Leslie Matrix of Clonal <i>Pleioblastus maculata</i> Population	91
5.2 Growth and Reproduction of Clonal Population	96
5.2.1 Dynamics of Growth Pattern of Clonal Population	96

5.2.2 Relationships Between Clonal Growth, Ramet Density, and Leaf Age	99
5.2.3 Relationships Between Clonal Reproduction and Density of Clonal Ramets	101
5.2.4 Relationships Between Clonal Reproduction and Ecological Factors	102
5.3 Influence of Light and Water on Clone's Differentiation	103
5.3.1 Influence of Light Intensity on Clone's Differentiation	103
5.3.2 Influence of Water on Clone's Differentiation	107
5.4 Energy Dynamics and Integration of Clonal Population	111
5.4.1 Energy Dynamics of Clonal Module of <i>Neosinocalamus affinis</i>	111
5.4.2 Energy Dynamics of Clone's Ramets of <i>Neosinocalamus affinis</i>	113
5.4.3 Energy Dynamics of Clonal <i>Neosinocalamus affinis</i> Population	114
Chapter 6 Studies on Modular Ecology of Plant	115
6.1 Study on Dynamics of Plant Modules	115
6.1.1 Dynamics of Bifurcation Modules and Leader-bud Modules	115
6.1.2 Quantity and Dynamics of Leaf Modules	123
6.1.3 Micro-habitats and Dynamics of Reproductive Modules	127
6.2 Neighbourhood Interference of Modules	129
6.2.1 Relationships Between Height and the Main-branching Angle	129
6.2.2 Interference Effects of Modules in Paired Plants	130
Chapter 7 Ecological Differentiation of Plant Population	133
7.1 Study on Morphological Differentiation of <i>Gordonia acuminata</i> Seed in Different Geographical Provenances and Communities	133
7.2 Study on Ecotypic Differentiation of <i>Leymus chinensis</i> in Different Geographic Populations	136
7.2.1 Comparative Study on Individual of <i>Leymus chinensis</i> in Different Geographic Populations	136
7.2.2 Comparative Study on Physiology of <i>Leymus chinensis</i> in Different Geographic Populations	139
7.2.3 RAPD Analysis of <i>Leymus chinensis</i> in Different Geographic Populations	140
7.3 Comparisons of Photosynthetic Ecology Between Two Divergent <i>Aneurolepidium chinense</i> Types	143
7.3.1 Comparisons Between Two Divergent <i>Aneurolepidium chinense</i> in Photosynthesis and Transpiration	143
7.3.2 Comparisons Between Two Divergent <i>Aneurolepidium chinense</i> in Photosynthetic Organ Features	144
7.3.3 Character Variation of Two Divergent <i>Aneurolepidium chinense</i>	144

PART II SYMPOSIUM

Chapter 8 Seed and Seedling Ecology of Plant Population	152
The Gradient Transport Model of Turbulence Dispersal of Pollen and Seeds	Sun Fan, Zhong Zhangcheng 152
Characteristics of Adaptation of <i>Gordonia acuminata</i> Seedlings to Different Neighbors	Xiao Chunwang, Liu Yucheng 159
The Quantity Relation Among the Ecological Factors and the Module Structure of <i>Gordonia</i> <i>acuminata</i> Young Tree Population in Mountain Jinyun	Liu Yuncheng, Du Daolin et al. 169

Influence of Resource Availability of Phosphorus on the Growth of Module of <i>Gordonia</i> <i>acuminata</i> Seedlings	Xiao Chunwang, Liu Yucheng	176
Dynamics of Cycling Regeneration of <i>Gordonia acuminata</i> Population	Li Xuguang, Chen Aixia et al.	184
Model of <i>Gordonia acuminata</i> Population Dynamics and Analysis of Its Stability	Li Xuguang, Yu Fawen	190
Studies on Pollen Free Proline Content and Seed Yield of <i>Gordonia acuminata</i> in Different Communities	Zeng Bo, Zhang Xiaoping, Zhong Zhangcheng	196
Chapter 9 Reproductive Ecology of Plant Population		202
Advances in Plant Reproductive Ecology	Su Zhixian, Zhang Sulan, Zhong Zhangcheng	202
Studies on the Reproductive Ecology of <i>Gordonia acuminata</i> Population—The Patterns of Reproductive Allocation on the Biomass in the Population	Su Zhixian, Zhong Zhangcheng	213
Contents and Seasonal Dynamics of Mineral Elements in Fruit of <i>Gordonia acuminata</i> Evergreen Broad-leaved Forest of Jinyun Mountain	Sun Fan, Zhong Zhangcheng	222
The Influence of Different Habitats on the Reproductive Allocation of <i>Leymus chinensis</i> Population	Chen Ling, Wu Jiangyu, Yang Chi	228
A Study on the Reproductive Allocation of Nutrient Elements in Steppe Plant Population	Chen Ling, Alimusi, Yang Chi	233
Chapter 10 Clonal Ecology of Plant Population		237
Studies on Dynamics and Regulation of Propagative Module of <i>Pleioblastus maculata</i> Clone Population	Liu Qing, Zhong Zhangcheng	237
Comparative Studies of Propagative Strategy and Clonal Growth of <i>Pleioblastus maculata</i> in Different Habitats	Liu Qing, Zhong Zhangcheng	243
Density Regulation of the Clonal Growth of New Shoots in the Giant Bamboo <i>Phyllostachys</i> <i>pubescens</i> in Subtropical China	Li Rui, Zhong Zhangcheng, M J A Werger	248
Biennial Variation in Production of New Shoots in Groves of the Giant Bamboo <i>Phyllostachys</i> <i>pubescens</i> in Sichuan, China	Li Rui, M J A Werger, H J During, Zhong Zhangcheng	257
Carbon and Nutrient Dynamics in Relation to Growth Rhythm in the Giant Bamboo <i>Phyllostachys pubescens</i>	Li Rui, M J A Werger, H J During, Zhong Zhangcheng	271
Positioning of New Shoots Relative to Adult Shoots in Groves of Giant Bamboo, <i>Phyllostachys</i> <i>pubescens</i>	Li Rui, H J During, M J A Werger, Zhong Zhangcheng	287
Biomass Distribution in a Grove of the Giant Bamboo <i>Phyllostachys pubescens</i> in Chongqing, China	Li Rui, M J A Werger, H J During, Zhong Zhangcheng	298
Density and Growth Dynamics of <i>Leymus chinensis</i> Population	Piao Shunji, Yang Chi et al.	312
Vegetative Propagation Characters of a Clonal Plant in Populations of <i>Calamagrostis epigeios</i> in Different Interfered Conditions	Yang Yunfei, Zhu Tingcheng	318
Morphological Responses to Different Nutrient Supply in the Stoloniferous Herb <i>Glechoma</i> <i>longituba</i>	Tao Jianping, Zhong Zhangcheng	325
Chapter 11 Modular Ecology of Plant Population		331
Biomass and Leaf Area Dynamics of Modular Populations in <i>Gordonia acuminata</i>	Yin Shuyan, Liu Yucheng	331
Multivariate Analysis of the Ecological Factors and Modular Structure of <i>Gordonia acuminata</i>		