

夏蜡梅

保护生物学

Conservation Biology of *Sinocalycanthus chinensis*

金则新 等 著



科学出版社
www.sciencep.com

夏蜡梅保护生物学

Conservation Biology of
Sinocalycanthus chinensis

金则新 等 著

国家自然科学基金项目 (No. 30870392) 资助
浙江省自然科学基金项目 (No. Y504220)

科学出版社

北京

内 容 简 介

保护生物学是近年来新兴的一门综合性学科。本书是作者根据多年来对珍稀濒危植物夏蜡梅 (*Sinocalycanthus chinensis*) 进行多学科综合研究的主要成果总结。全书共分 10 章, 从保护生物学角度系统地研究了夏蜡梅的生物学特性、群落特征、次生代谢产物、生理生态、繁殖生态、种子的生理特性、遗传多样性、空间遗传结构与分子系统地理学、逆境生理生态等, 阐述了导致夏蜡梅濒危的内在机制和外部因素, 提出了相应的解危措施和保护对策, 为科学、有效地保护夏蜡梅野生资源提供了理论基础和技术支撑。

本书可供生物学、生态学、林学、农学等学科专业的师生和科研工作者及其他相关专业人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

夏蜡梅保护生物学 = Conservation Biology of *Sinocalycanthus chinensis* / 金则新等著. —北京: 科学出版社, 2010

ISBN 978-7-03-027243-0

I. 夏… II. 金… III. 腊梅科-生物多样性-研究 IV. Q949.747.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 067931 号

责任编辑: 张会格 刘 晶/责任校对: 陈玉凤

责任印制: 钱玉芬/封面设计: 耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京信信达欣艺术印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010 年 5 月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2010 年 5 月第一次印刷 印张: 23 1/4 插页: 2

印数: 1—1 000 字数: 449 000

定价: 98.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

《夏蜡梅保护生物学》

著者名单

金则新 李钧敏 柯世省 边才苗 张文标

写作分工

第1章	夏蜡梅生物学特性	边才苗	
第2章	夏蜡梅群落特征	金则新	边才苗
第3章	夏蜡梅次生代谢产物	李钧敏	金则新
第4章	夏蜡梅生理生态	金则新	柯世省
第5章	夏蜡梅繁殖生态	张文标	金则新
第6章	夏蜡梅不同大小级种子的生理特性	金则新	张文标
第7章	夏蜡梅遗传多样性	李钧敏	金则新
第8章	夏蜡梅空间遗传结构与分子系统地理学	金则新	李钧敏
第9章	夏蜡梅逆境生理生态	柯世省	
第10章	夏蜡梅的濒危机制及保护对策	李钧敏	
统稿		金则新	

前 言

保护生物学是研究如何保护生物物种及其生存环境，从而保护生物多样性的科学。保护生物学创立于 20 世纪 70 年代末，是为应对生物多样性锐减这一全球性问题而创立的一门“危机学科”。经过 30 余年的发展，保护生物学已经成长为一门影响深远、提供生物多样性保护原理和工具的综合学科。其目的是解决由人类干扰或其他因素引起的物种、群落和生态系统中出现的各种问题。

植物是自然生态系统中的生产者，是人类和其他生物赖以生存的物质基础。但长期以来，由于自然和人为的原因，致使许多有重要科学价值或经济价值的植物遭到严重的破坏，数量急剧减少，许多植物处于濒临灭绝的境地，甚至已经灭绝。因此，加强对植物的保护，维持生态平衡，合理利用野生植物资源，保护植物的多样性，改良和提高农作物及其他经济植物的质量和产量，保护植物种质资源，特别是保护珍稀濒危植物，已成为当务之急。

夏蜡梅于 20 世纪 60 年代初在我国浙江省临安市境内的顺溪坞首次被发现，1963 年我国植物学家郑万钧和章绍尧两位先生根据采自顺溪坞的标本，将其作为新种发表，当时将其置于美国蜡梅属 (*Calycanthus*) 中，命名为 *Calycanthus chinensis*，并成立新组 Sect. *Sinocalycanthus*。后来基于夏蜡梅的花较大、无香气、花被片二型等不同于美国蜡梅属的特征，郑万钧先生等主张将其单立成属。1964 年，郑万钧和章绍尧以夏蜡梅为模式，成立夏蜡梅属 (*Sinocalycanthus*)，并将种名组合为 *Sinocalycanthus chinensis*，该属仅 1 种，产于中国浙江、安徽。

夏蜡梅为落叶灌木，初夏开花，花朵生于嫩枝顶端，花白色，边缘淡紫色，花朵大，内被片基部散生淡紫红色细斑纹，具有很高的观赏价值。夏蜡梅的叶片对流行性感冒等具有一定的疗效；用其带叶幼枝和杉木树皮的煮煎液清洗，可以快速缓解生漆过敏。夏蜡梅对阐明东亚-北美植物区系历史的发展和联系很有意义，具有重要的植物系统学研究价值。夏蜡梅是中国特有的古老孑遗植物，由于植被的破坏和野生苗木的挖掘，致使原本狭窄的夏蜡梅生境更加恶化，目前仅存于浙江省临安市西部、天台县大雷山和安徽省绩溪县龙须山等狭小的范围内，且个体数量日益减少，野生资源十分有限，处于濒临灭绝的境地。1987 年，夏蜡梅被国家环境保护局和中国科学院植物研究所列为国家二级重点保护植物。为了更好地保护和利用夏蜡梅资源，有必要对夏蜡梅的濒危现状、过程和机理进行研究，制订科学的保护策略，为夏蜡梅的就地和迁地保护提供理论依据。

本书结合分子生物学、遗传学、生殖生物学等多个学科的实验、方法和理

论,对我国特有的珍稀濒危植物夏蜡梅的遗传多样性、生殖生态学、空间遗传结构与分子系统地理学等重要的前沿问题进行了深入的研究,从群落、种群、分子水平分析了夏蜡梅的濒危现状,结合生理生态、遗传结构和繁育系统揭示了夏蜡梅的濒危机理,并分析了夏蜡梅对环境胁迫的适应性,提出了夏蜡梅的解危措施和保护对策,为科学有效地保护夏蜡梅野生资源提供了理论基础和技术支撑。同时,对次生代谢产物的分析有助于增强对夏蜡梅的正确评价和开发利用。

本书是国内外有关夏蜡梅保护生物学研究的第一部专著。作者对夏蜡梅的研究已持续多年,并且得到了国家自然科学基金项目“生境片段化对濒危植物夏蜡梅的基因流及空间遗传结构的影响”(No. 30870392)和浙江省自然科学基金项目“生境破碎化对濒危植物夏蜡梅遗传分化和生物分子特征的影响”(No. Y504220)的资助,研究成果丰富,质量高,许多成果发表在国外SCI刊物或国内一级刊物上。本书不仅丰富了我国保护生物学的理论和技术,也为其他濒危物种的保护提供了范例。

在项目进行过程中,得到了清凉峰自然保护区管理局张宏伟高级工程师和临安市天目山珍稀植物研究所陈一锋所长的大力帮助,在此深表感谢。非常感谢台州学院生命科学学院刘文莉副教授、陈模舜副教授、李建辉老师,研究生谈探、马金娥、蔡琰琳、刘丽丽、顾婧婧、熊能、王小伟、宋文静等同学,以及本科生朱小燕、陈波、蒋鑫森、王海东、张阿英等同学,为项目所做的工作。

由于我们的研究工作还不够深入,因此,书中的内容难免有不足之处,欢迎读者批评指正。

金则新

2009年11月11日

目 录

前言

第 1 章 夏蜡梅生物学特性	1
1.1 引言	1
1.2 夏蜡梅的生物学特性	2
1.2.1 夏蜡梅的形态特征	2
1.2.2 夏蜡梅营养器官的解剖学特征	3
1.2.3 夏蜡梅的开花与传粉习性	4
1.2.4 夏蜡梅的细胞学特征	6
1.2.5 夏蜡梅的发育生物学	7
1.3 夏蜡梅生活史中的薄弱环节.....	10
1.3.1 减数分裂过程的异常现象.....	10
1.3.2 “集中开花模式”限制了花粉的扩散	10
1.3.3 适应昆虫传粉的机制不完善	10
1.4 小结与讨论.....	11
参考文献	12
第 2 章 夏蜡梅群落特征	17
2.1 引言.....	17
2.2 研究方法.....	19
2.2.1 夏蜡梅群落学调查	19
2.2.2 夏蜡梅群落物种多样性测定	21
2.2.3 夏蜡梅种群结构与分布格局	21
2.3 夏蜡梅群落的种类组成.....	23
2.3.1 群落的区系组成	23
2.3.2 群落的地理成分分布	24
2.4 夏蜡梅群落的外貌特征.....	26
2.4.1 生活型	27
2.4.2 叶级谱	28
2.4.3 叶型、叶质与叶缘	28
2.5 夏蜡梅群落结构特征.....	29
2.5.1 群落乔木层的优势种分析.....	29

2.5.2	成层现象和层片结构	30
2.5.3	层间植物	32
2.6	夏蜡梅群落物种多样性	32
2.6.1	木本植物物种多样性	32
2.6.2	乔木层物种多样性	34
2.6.3	灌木层物种多样性	34
2.6.4	草本层物种多样性	35
2.6.5	不同群落结构物种多样性比较	35
2.6.6	物种多样性与土壤因子的关系	35
2.7	夏蜡梅种群结构	37
2.7.1	种群大小结构	37
2.7.2	种群空间分布格局	39
2.8	小结与讨论	45
2.8.1	夏蜡梅群落种类组成	45
2.8.2	夏蜡梅群落外貌特征	46
2.8.3	夏蜡梅群落结构特征	46
2.8.4	夏蜡梅群落物种多样性	47
2.8.5	夏蜡梅种群结构	48
	参考文献	49
第3章	夏蜡梅次生代谢产物	55
3.1	引言	55
3.2	研究方法	56
3.2.1	材料采集	56
3.2.2	样品的处理	58
3.2.3	次生代谢产物含量分析	58
3.2.4	土壤理化性质的测定	60
3.2.5	黄酮类化合物的薄层层析及定性鉴定	60
3.2.6	数据处理	60
3.3	不同样地夏蜡梅叶片次生代谢产物含量分析	60
3.4	不同样地夏蜡梅叶片次生代谢产物含量与环境因子之间的通径分析	62
3.4.1	不同夏蜡梅样地的土壤生态因子	62
3.4.2	夏蜡梅黄酮含量与环境因子之间的通径分析	63
3.4.3	夏蜡梅总绿原酸含量与环境因子之间的通径分析	64
3.4.4	夏蜡梅总鞣质含量与环境因子之间的通径分析	64
3.4.5	夏蜡梅总酚含量与环境因子之间的通径分析	65

3.4.6	夏蜡梅游离蒽醌含量与环境因子之间的通径分析	66
3.4.7	夏蜡梅总皂苷含量与环境因子之间的通径分析	66
3.4.8	夏蜡梅总生物碱含量与环境因子之间的通径分析	67
3.5	不同海拔夏蜡梅不同营养器官次生代谢产物含量	68
3.5.1	不同海拔夏蜡梅各营养器官的总黄酮含量	68
3.5.2	不同海拔夏蜡梅各营养器官的总绿原酸含量	68
3.5.3	不同海拔夏蜡梅各营养器官的总鞣质含量	68
3.5.4	不同海拔夏蜡梅各营养器官的总酚含量	70
3.5.5	不同海拔夏蜡梅各营养器官的游离蒽醌含量	70
3.5.6	不同海拔夏蜡梅各营养器官的总皂苷含量	70
3.5.7	不同海拔夏蜡梅各营养器官的总生物碱含量	71
3.6	不同坡向夏蜡梅不同营养器官次生代谢产物含量	71
3.6.1	不同坡向夏蜡梅各营养器官的总黄酮含量	71
3.6.2	不同坡向夏蜡梅各营养器官的总绿原酸含量	71
3.6.3	不同坡向夏蜡梅各营养器官的总鞣质含量	71
3.6.4	不同坡向夏蜡梅各营养器官的总酚含量	73
3.6.5	不同坡向夏蜡梅各营养器官的游离蒽醌含量	73
3.6.6	不同坡向夏蜡梅各营养器官的总皂苷含量	73
3.6.7	不同坡向夏蜡梅各营养器官的总生物碱含量	73
3.7	夏蜡梅叶片次生代谢产物的动态变化	73
3.8	夏蜡梅黄酮类化合物的薄层色谱分析	76
3.8.1	同样地夏蜡梅叶片黄酮类化合物薄层色谱分析	76
3.8.2	夏蜡梅不同营养器官黄酮类化合物薄层色谱分析	76
3.8.3	同样地夏蜡梅叶片黄酮类化合物含量	78
3.8.4	夏蜡梅不同营养器官黄酮类化合物含量	78
3.8.5	同样地夏蜡梅叶黄酮类化合物各成分含量	79
3.8.6	夏蜡梅不同营养器官黄酮类化合物各成分含量	79
3.9	光强对总黄酮含量的影响	80
3.9.1	芦丁标准曲线的绘制	80
3.9.2	不同光照条件下夏蜡梅不同器官黄酮类化合物含量月变化	81
3.10	小结与讨论	82
3.10.1	夏蜡梅次生代谢产物的分布	82
3.10.2	环境因子对夏蜡梅叶片次生代谢产物含量的影响	83
3.10.3	夏蜡梅叶片次生代谢产物含量的动态变化	84
	参考文献	85

第4章 夏蜡梅生理生态	91
4.1 引言	91
4.2 研究方法	93
4.2.1 实验设计	93
4.2.2 光合作用气体交换参数测定	94
4.2.3 叶绿素和类胡萝卜素含量的测定	94
4.2.4 植物叶片热值和灰分含量的测定	94
4.2.5 夏蜡梅幼苗形态、生物量参数测定及其计算	95
4.2.6 保护酶 (SOD、POD) 活性的测定	96
4.2.7 丙二醛含量的测定	96
4.2.8 叶片质膜透性的测定	97
4.3 夏蜡梅的光合特性	97
4.3.1 环境因子日变化	97
4.3.2 夏蜡梅光合作用日进程	97
4.3.3 夏蜡梅净光合速率与环境因子的相关分析	99
4.3.4 夏蜡梅及其主要伴生植物的净光合速率和水分利用效率	100
4.3.5 夏蜡梅及其伴生植物净光合速率的季节动态	102
4.3.6 自然条件下夏蜡梅幼苗光合作用日变化	103
4.3.7 生长环境光强对夏蜡梅幼苗光合特性的影响	106
4.4 生长环境光强对夏蜡梅幼苗形态可塑性的影响	110
4.4.1 生长	110
4.4.2 形态	110
4.4.3 生物量分配	112
4.5 生长环境光强对夏蜡梅幼苗叶片膜脂过氧化及抗氧化酶活性的影响	113
4.5.1 膜脂过氧化	113
4.5.2 抗氧化酶活性	113
4.6 夏蜡梅及其主要伴生植物叶片灰分含量及热值的季节动态	114
4.6.1 不同生境下夏蜡梅叶片灰分含量的季节变化	114
4.6.2 不同生境下夏蜡梅叶片去灰分热值的季节变化	115
4.6.3 夏蜡梅灰分含量和去灰分热值在群落中的地位	115
4.7 小结与讨论	118
参考文献	123
第5章 夏蜡梅繁殖生态	131
5.1 引言	131

5.2 研究方法	133
5.2.1 野外样地的确定	133
5.2.2 花部形态结构变化	135
5.2.3 开花进程	135
5.2.4 柱头可授性与花粉萌发力的时间变化	135
5.2.5 杂交指数的估测	136
5.2.6 花粉-胚珠比的测定	136
5.2.7 授粉实验	136
5.2.8 开花物候实验设计	137
5.2.9 果实的采集	138
5.2.10 果实与种子形态特征测定	138
5.2.11 环境因子测定	138
5.2.12 数据统计	139
5.3 繁育系统	139
5.3.1 花部形态	139
5.3.2 开花进程	140
5.3.3 柱头可授性与花粉萌发力	142
5.3.4 杂交指数	143
5.3.5 花粉-胚珠比	144
5.3.6 授粉实验	144
5.4 开花物候	145
5.4.1 开花物候描述	145
5.4.2 开花物候对生殖成功的影响	149
5.4.3 种群间的开花物候参数与生殖成功的比较分析	151
5.5 种子和果实的形态变异	153
5.5.1 大雷山与大明山两地相同海拔果实和种子形态特征变异分析	153
5.5.2 大明山不同海拔两种群果实和种子形态特征变异分析	155
5.5.3 大雷山不同生境中种子和果实形态特征与变异分析	156
5.5.4 大雷山不同生境中种子和果实形态的 PCA 分析	159
5.5.5 大雷山不同生境中种子和果实形态与环境因子的相关性分析	161
5.6 小结与讨论	162
5.6.1 夏蜡梅花部综合特征与繁育系统	162
5.6.2 夏蜡梅的开花物候与传粉成功	163
5.6.3 夏蜡梅果实和种子形态变异及其与环境因子的相关性	165
参考文献	167

第 6 章 夏蜡梅不同大小级种子的生理特性	175
6.1 引言	175
6.2 研究方法	177
6.2.1 样品采集	177
6.2.2 种子的大小分级	177
6.2.3 种子化学成分及蛋白质组分的测定	178
6.2.4 矿质元素的测定	181
6.2.5 萌发试验	182
6.2.6 生理指标测定	183
6.2.7 出苗试验	187
6.2.8 幼苗形态指标测定	187
6.2.9 幼苗营养成分测定	188
6.2.10 幼苗生物量测定	188
6.2.11 数据统计	188
6.3 种子化学成分分析	189
6.3.1 不同大小级种子的化学成分	189
6.3.2 不同大小级种子的蛋白质组分分析	190
6.3.3 不同大小级种子的矿质元素分析	190
6.4 种子大小对萌发生理特性的影响	191
6.4.1 种子大小与萌发结果	191
6.4.2 种子大小与播种前期营养物质含量的动态变化	193
6.4.3 种子大小与播种前期营养物质代谢酶活性的动态变化	194
6.4.4 种子大小与播种前期脱氢酶及抗氧化酶活性的动态变化	196
6.5 种子大小对其幼苗生长与植株建成的影响	197
6.5.1 种子大小与出苗率	197
6.5.2 种子大小与幼苗根系形态的动态变化	197
6.5.3 种子大小与幼苗叶片形态的动态变化	199
6.5.4 种子大小与幼苗叶片营养物质的动态变化	199
6.5.5 种子大小与幼苗生物量的动态变化	202
6.6 小结与讨论	205
6.6.1 夏蜡梅种子化学成分分析	205
6.6.2 夏蜡梅种子大小对其萌发生理特性的影响	206
6.6.3 夏蜡梅种子大小对其幼苗生长与植株建成的影响	207
参考文献	209

第7章 夏蜡梅遗传多样性	215
7.1 引言	215
7.2 研究材料与方法	217
7.2.1 夏蜡梅基因组 DNA 的提取及分析	217
7.2.2 夏蜡梅 ISSR 扩增条件的优化	217
7.2.3 夏蜡梅遗传多样性的分析	219
7.2.4 数据分析	222
7.3 夏蜡梅 ISSR 扩增条件的优化	222
7.3.1 退火温度的确定	222
7.3.2 Mg^{2+} 浓度对 ISSR 扩增的影响	223
7.3.3 dNTP 浓度对 ISSR 扩增的影响	224
7.3.4 <i>Taq</i> 酶单位对 ISSR 扩增的影响	224
7.3.5 模板 DNA 量对 ISSR 扩增的影响	225
7.3.6 BSA 用量对 ISSR 扩增的影响	225
7.3.7 引物浓度对 ISSR 带的影响	225
7.3.8 甘油浓度对 ISSR 带的影响	225
7.4 不同生境夏蜡梅种群的遗传多样性及遗传分化	225
7.4.1 种群遗传多样性	225
7.4.2 种群间的遗传分化	227
7.4.3 种群间遗传相似性与遗传距离	228
7.4.4 聚类分析	229
7.5 大明山夏蜡梅 5 个种群遗传分化的 ISSR 分析	229
7.5.1 ISSR 扩增条带的多态性	229
7.5.2 种群的遗传多样性	230
7.5.3 种群的遗传分化	231
7.5.4 种群间遗传相似度、遗传距离及聚类分析	232
7.6 夏蜡梅天然种群遗传多样性及遗传分化	233
7.6.1 夏蜡梅天然种群遗传多样性及遗传分化的 RAPD 分析	233
7.6.2 夏蜡梅天然种群遗传多样性及遗传分化的 ISSR 分析	237
7.7 小结与讨论	242
7.7.1 夏蜡梅天然种群的遗传多样性	242
7.7.2 夏蜡梅天然种群的遗传分化	243
7.7.3 夏蜡梅小距离范围的遗传分化	244
7.7.4 夏蜡梅遗传多样性与濒危之间的关系	246
参考文献	246

第 8 章 夏蜡梅空间遗传结构与分子系统地理学	252
8.1 引言	252
8.2 材料与方法	255
8.2.1 材料	255
8.2.2 夏蜡梅基因组 DNA 的提取及分析	259
8.2.3 ISSR 分析	259
8.2.4 cpSSR 分析	259
8.2.5 数据统计分析	260
8.3 夏蜡梅空间遗传结构分析	262
8.3.1 ISSR 引物筛选及 PCR 扩增	262
8.3.2 大明山夏蜡梅种群空间遗传结构	263
8.3.3 大雷山夏蜡梅种群空间遗传结构	268
8.3.4 大明山与大雷山夏蜡梅种群空间遗传结构比较	272
8.4 夏蜡梅自然种群 cpSSR 遗传变异分析	273
8.4.1 cpSSR 扩增的多态性	273
8.4.2 单倍型分析	275
8.4.3 夏蜡梅种群遗传多样性	277
8.4.4 夏蜡梅种群遗传分化	278
8.4.5 夏蜡梅种群间的遗传聚类与溯祖关系分析	279
8.4.6 夏蜡梅优先保护单元的确定	281
8.5 小结与讨论	283
8.5.1 夏蜡梅种群空间遗传结构	283
8.5.2 夏蜡梅自然种群 cpSSR 遗传变异	284
8.5.3 夏蜡梅分子系统地理格局	286
8.5.4 夏蜡梅冰期“避难所”及种群扩张路线的推测	288
8.5.5 夏蜡梅优先保护单元的确定	288
参考文献	290
第 9 章 夏蜡梅逆境生理生态	296
9.1 引言	296
9.2 研究方法	298
9.2.1 夏蜡梅幼苗干旱胁迫及复水处理	298
9.2.2 夏蜡梅幼苗温度胁迫处理	298
9.2.3 夏蜡梅幼苗光胁迫处理	299
9.2.4 夏蜡梅种子萌发的铜胁迫处理	299
9.2.5 叶片相对含水量的测定	299

9.2.6	超氧阴离子产生速率和过氧化氢含量的测定	299
9.2.7	叶片电解质渗漏率的测定	300
9.2.8	丙二醛含量的测定	300
9.2.9	抗氧化酶活性的测定	301
9.2.10	抗氧化剂含量的测定	302
9.2.11	叶绿素和类胡萝卜素含量的测定	303
9.2.12	光合参数日变化的测定	303
9.2.13	光合作用光响应的测定	304
9.2.14	光合作用 CO ₂ 响应的测定	304
9.2.15	叶绿素荧光参数的测定	304
9.2.16	光合作用温度响应的测定	304
9.2.17	子叶形态结构的显微观察	305
9.2.18	种子呼吸强度的测定	305
9.2.19	种子水解酶活性的测定	305
9.3	干旱胁迫对夏蜡梅生理特性的影响	306
9.3.1	叶片相对含水量	306
9.3.2	膜脂过氧化	306
9.3.3	抗氧化体系	307
9.3.4	光合参数日变化及与环境因子的关系	308
9.3.5	叶片气体交换特征	314
9.3.6	复水对夏蜡梅幼苗光合特性的影响	318
9.3.7	温度对光合参数的影响	320
9.4	光强对夏蜡梅子叶显微结构和光合作用的影响	324
9.4.1	显微结构	324
9.4.2	光合作用	326
9.5	铜离子对夏蜡梅种子萌发生理的影响	328
9.5.1	种子萌发和根伸长抑制率	328
9.5.2	呼吸强度	328
9.5.3	丙二醛含量	329
9.5.4	SOD 活性	330
9.5.5	CAT 活性	330
9.5.6	POD 活性	331
9.5.7	α -淀粉酶活性	332
9.5.8	脂肪酶活力	332
9.5.9	蛋白酶活力	333

9.5.10 铜污染下夏蜡梅种子生理生化特性的变化与生长形态的关系	334
9.6 小结与讨论	334
参考文献	340
第 10 章 夏蜡梅的濒危机制及保护对策	349
10.1 引言	349
10.2 夏蜡梅稀有和濒危的历史因素	349
10.3 夏蜡梅稀有和濒危的人为因素	349
10.4 夏蜡梅稀有和濒危的内在因素	350
10.4.1 夏蜡梅的生殖特性	350
10.4.2 夏蜡梅生理生态特性	351
10.4.3 夏蜡梅种群的遗传多样性	351
10.5 夏蜡梅的保护策略	352
参考文献	354

图版

第 1 章 夏蜡梅生物学特性

1.1 引言

夏蜡梅于 20 世纪 60 年代初在我国浙江省临安市境内顺溪坞首次被发现, 1963 年, 我国植物学家郑万钧和章绍尧根据采自顺溪坞的标本, 作为新种发表, 当时将其置于美国蜡梅属 (*Calycanthus*) 中, 命名为 *Calycanthus chinensis*, 并成立新组 Sect. *Sinocalycanthus* (郑万钧等, 1963)。后来基于夏蜡梅的花较大、无香气、花被片二型等不同于美国蜡梅属的特性, 郑万钧等主张将其单立成属。1964 年, 郑万钧和章绍尧以夏蜡梅为模式, 成立夏蜡梅属 (*Sinocalycanthus*), 并将种名组合为 *Sinocalycanthus chinensis* (郑万钧和章绍尧, 1964)。该属仅 1 种, 产于中国浙江和安徽。

夏蜡梅的芽无鳞片, 花单生于枝顶, 能育雄蕊超过 10 枚, 多个单雌蕊, 每个果托 (fruit receptacle) 内含多个瘦果, 这些特征与分布于北美洲的美国蜡梅属极为相像, 因而其分类地位一直存在争议。《中国植物志》(蒋英和李秉滔, 1979) 将其归属于美国蜡梅属; 在 Nicely (1965) 的蜡梅科专著中, 甚至不承认该种的建立。李林初 (1989, 1990) 也将夏蜡梅归属于美国蜡梅属, 但他似乎更倾向于将其独立, 他指出, 根据夏蜡梅核型、地理分布以及花粉形态的特殊性, 将夏蜡梅独立为属可能是正确的, 应重新予以确认。另外, 夏蜡梅的叶表皮特征 (李焯和李秉滔, 1999)、花粉形态 (李林初, 1990; 张若蕙等, 1989) 和传粉昆虫 (刘洪涛等, 1999) 也不同于美国蜡梅, 国内学者普遍赞同夏蜡梅独立为新属。目前, 蜡梅科 (Calycanthaceae) 包含 3 个属, 分别是美国蜡梅属、蜡梅属 (*Chimonanthus*) 和夏蜡梅属。蜡梅科在分类系统中属于一个较为原始的类群, 具有花部多数、分离、螺旋状排列, 花被片没有花萼和花冠的分化; 花丝宽扁, 药隔伸延, 昆虫传粉, 花粉粒双槽; 具油细胞, 节部为单叶隙双叶迹维管束; 种子体积大、无翅等诸多比较原始的性状 (李焯和李秉滔, 2000b; 张若蕙和刘洪涛, 1998)。蜡梅科植物起源、演化的研究, 对阐明东亚-北美植物区系历史的发展和联系具有极为重要的意义。

一般认为, 夏蜡梅属比美国蜡梅属更为原始 (李焯和李秉滔, 2000a; 李林初, 1988, 1990), 尤其是夏蜡梅具有原始的“1A”类型的核型, 原始的大枝二歧状分枝方式, 花白色、无香味, 以及没有食体 (food body) 等吸引昆虫传粉的特化结构。李林初 (1988) 认为蜡梅科植物极有可能起源于东亚 (中国); 但