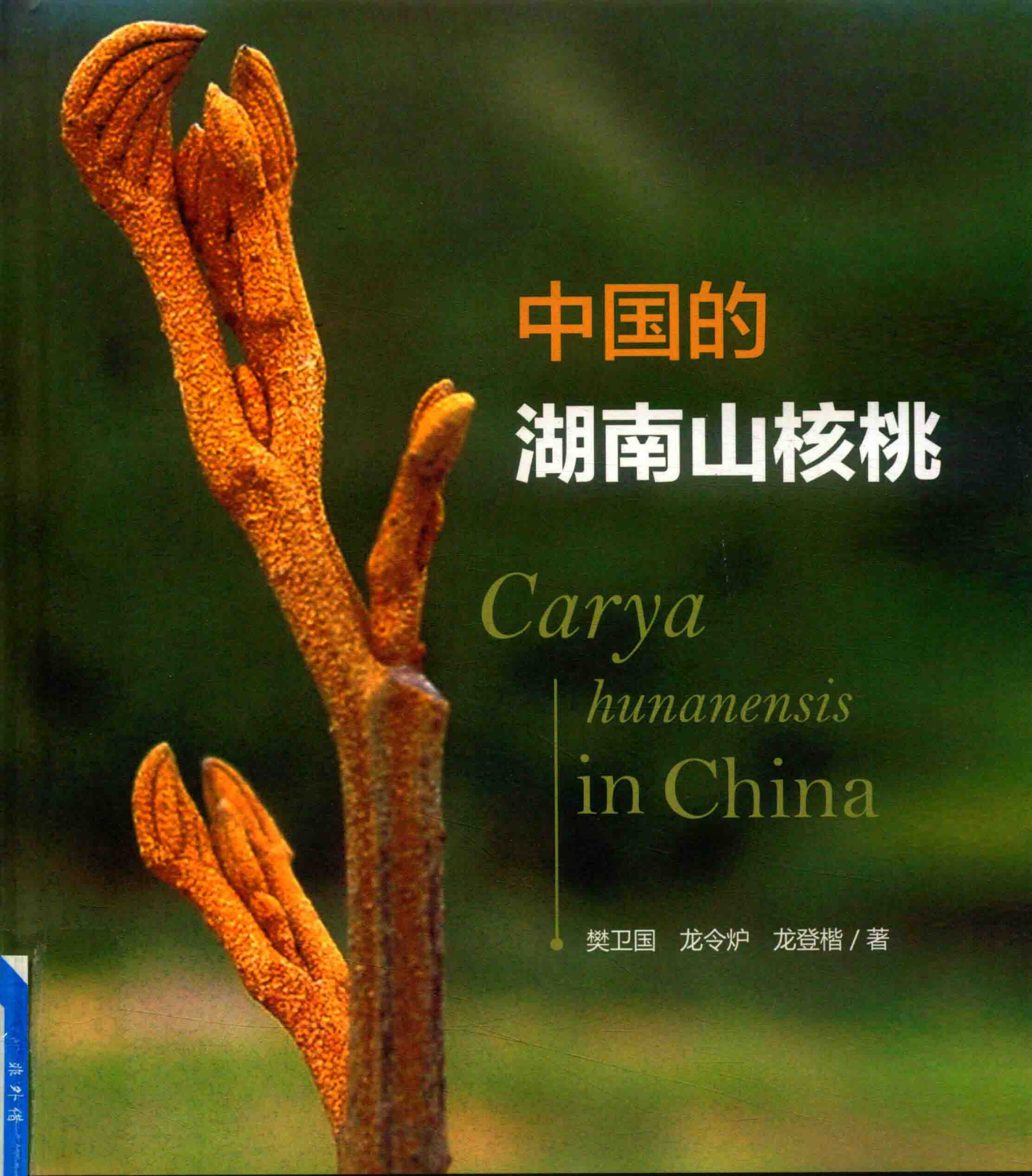




中国的 湖南山核桃

Carya
hunanensis
in China

樊卫国 龙令炉 龙登楷 / 著



科学出版社

中国的湖南山核桃

樊卫国 龙令炉 龙登楷 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书系统介绍了作者二十多年来对中国的湖南山核桃 (*Carya hunanensis* Cheng) 的研究成果, 论述了湖南山核桃野生资源利用及栽培历史, 坚果及花的营养成分和开发利用价值, 湖南山核桃的植物系统学地位与地理分布及生态适应性, 优良种源特征特性, 器官生长发育规律, 根系分布与生长动态, 花芽形态建成过程, 果实生长发育规律, 坚果中营养物质累积规律和开花结果习性; 种子的萌发生理特性, 光合生理特性, 树干液流周年变化规律, 干旱胁迫对树体养分含量及生理特性和产量品质的影响, 高产林地土壤与树体养分特征, 林地土壤及树体养分状况及其与果实产量及坚果品质的关系, 营养诊断原理与技术, 成花的营养基础, 促进花芽分化的有效方法及种苗繁育与林地经营管理技术。研究成果可为湖南山核桃的资源培养与利用提供理论与技术参考。

本书可作为高等农林院校果树学和经济林学专业师生、农业和植物学等相关科研院所研究人员和工作人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

中国的湖南山核桃 / 樊卫国, 龙令炉, 龙登楷著. — 北京: 科学出版社, 2018.7

ISBN 978-7-03-058090-0

I. ①中… II. ①樊… ②龙… ③龙… III. ①山核桃—介绍—湖南 IV. ①S664.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 134209 号

责任编辑: 韩卫军 / 责任校对: 唐静仪

责任印制: 罗 科 / 封面设计: 墨创文化

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>

四川煤田地质制图印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018年7月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2018年7月第一次印刷 印张: 9 3/4

字数: 230千字

定价: 128.00元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

湖南山核桃 (*Carya hunanensis* Cheng) 是胡桃科 (Juglandaceae) 山核桃属 (*Carya*) 植物, 原产中国西南的黔、湘、桂毗邻地区, 是中国的特有经济树种, 其坚果和木材有重要的经济利用价值, 目前已在中国西南的黔、湘、桂等省、区进行大规模的栽培利用。近 20 年来, 有关湖南山核桃的研究报道虽然已有一些, 但缺乏深入系统的研究。本书对湖南山核桃进行系统和深入的研究, 对促进这一中国特有树种的利用与产业开发具有重要的理论和指导意义。

本书是作者近 20 年来对湖南山核桃系统研究的总结。在研究工作中, 先后得到贵州省林业科技攻关计划——贵州(黔东南)野生山核桃优良株系选择及繁殖、栽培技术研究(2002-2)和湖南山核桃丰产栽培技术研究(2007-06)、贵州省科技攻关计划——贵州野生山核桃优良种质的研究与开发利用(黔科合 2003NGY010)、贵州省农业工程技术研究中心科技专项——贵州喀斯特山区特异果树种质资源发掘与利用(黔科合农 G 字[2009]4003)等项目的资助。

本书共分 9 章, 第 1 章介绍湖南山核桃野生资源利用、栽培历史、坚果及花的营养成分和开发利用价值; 第 2 章论述湖南山核桃的植物系统学地位与地理分布, 介绍研究鉴定的优良湖南山核桃种源的特征特性; 第 3 章是植物学特性与器官生长发育规律的研究, 介绍湖南山核桃根系分布与生长动态、花芽形态分化过程、果实生长发育规律、坚果中脂肪和蛋白质等营养物质累积规律和开花结果习性; 第 4 章论述湖南山核桃重要生理生态学特性的研究结果, 包括种子萌发生理特性、光合生理与需光特性、周年的树干液流速率变化、干旱胁迫对树体养分含量及生理特性和产量品质的影响等; 第 5 章是湖南山核桃高产林地土壤与树体养分特征的研究结果, 介绍林地土壤、树体养分状况与果实产量、坚果品质的关系; 第 6 章为湖南山核桃成花营养基础的研究论述, 介绍对湖南山核桃进行环割处理以促进花芽分化的试验结果; 第 7 章为湖南山核桃营养诊断, 介绍研究构建的营养诊断技术体系; 第 8 章和第 9 章分别为种苗繁育技术和湖南山核桃林地经营模式与管理技术。

本书第 1 章至第 7 章由樊卫国撰写, 第 8 章和第 9 章由龙令炉、龙登楷和樊卫国共同撰写。

贵州大学樊卫国教授指导的研究生马文月和迟焕星在学位论文研究中取得的相关成

果为本专著撰写做出了重要贡献，贵州大学刘国琴副教授和宋勤飞讲师参与了研究前期的部分调查取样工作，锦屏县林业局的龙章庆、杨武其、王启勇同志参加了部分研究工作，贵州省林业厅原厅长张锦林、原总工程师官国培和总工程师聂朝俊、常青、胡勇同志为研究工作给予了支持和帮助，对此一并致谢！

限于作者的水平，本书尚有许多不足之处，敬请同仁批评指正。

作者
2017 年 10 月于贵阳

目 录

第1章 中国的湖南山核桃及其利用价值	1
第1节 资源利用与栽培历史	1
一、野生资源利用	1
二、人工栽培历史	2
第2节 湖南山核桃的开发利用价值	2
一、果仁的营养成分与利用价值	2
二、花的营养成分与开发利用价值	4
三、坚果壳的开发利用价值	7
四、优质木材的开发与利用	7
五、发展湖南山核桃产业对扶贫及生态建设的意义	7
参考文献	8
第2章 湖南山核桃的植物系统学地位与地理分布及优良种源	9
第1节 植物系统学地位与地理分布	9
一、植物系统学地位	9
二、中国野生湖南山核桃的地理分布	10
三、野生资源核心分布区的主要自然生态环境	10
四、湖南山核桃的栽培分布	13
第2节 湖南山核桃的优良种源	13
一、湖南山核桃优良种源的鉴选	13
二、主要优良种源及特性	14
参考文献	17
第3章 植物学特性与器官生长发育规律	18
第1节 湖南山核桃植物学特性	18
一、根系	18
二、芽	22
三、枝干	23
四、叶	25
五、花	26
六、果实	28
第2节 重要器官的生长发育规律	29
一、根系生长	29

二、花芽的形成	31
三、叶与新梢生长	38
四、果实生长发育与养分物质积累	39
五、物候期	40
第3节 开花结果习性	41
一、开花与授粉特性	41
二、结果习性	41
参考文献	42
第4章 湖南山核桃重要生理与生态学特性	43
第1节 光合生理与需光特性	43
一、基本光合生理特性	43
二、湖南山核桃的需光特性	45
第2节 种子的萌发与相关生理特性	46
一、种子的顽拗性	46
二、湖南山核桃种子脱水及保湿冷藏对萌发的影响	47
三、不冷藏和冷藏的种子播种后种子的养分和内源激素变化	50
第3节 湖南山核桃的需水特性及抗旱性	57
一、湖南山核桃的需水特性	58
二、土壤干旱对湖南山核桃生长及生理和坚果产量及品质的影响	59
三、湖南山核桃的抗旱性	74
参考文献	75
第5章 湖南山核桃高产林地土壤与树体养分特征	77
第1节 研究背景、内容及方法	77
一、研究背景	77
二、研究样地的确定及基本情况	78
三、试验设计与取样分析测定	78
第2节 林地土壤 pH 及养分含量与果实产量的关系	79
一、林地土壤的 pH 和有机质含量与果实产量的关系	79
二、林地土壤中速效养分元素含量与果实产量的关系	81
第3节 林地土壤养分含量与湖南山核桃坚果品质的关系	85
一、湖南山核桃坚果品质特征的重要评价指标	85
二、营养元素对坚果蛋白质和脂肪含量及瘪籽率的影响	86
三、林地土壤速效氮、磷、钾含量与坚果中蛋白质和脂肪含量的关系	87
四、林地土壤养分元素含量与坚果瘪籽率的关系	89
第4节 不同产量类型林地的树体养分状况	91
一、不同产量类型植株叶片中大量及中量元素的含量	91
二、不同产量类型植株叶片中微量元素的含量	92
三、不同产量类型林地土壤有效养分与叶片营养元素含量的相关性	94

四、湖南山核桃单株果实产量与叶片营养元素含量的相关性	96
第5节 湖南山核桃高产林地的土壤及树体养分特征	96
一、湖南山核桃高产林地的土壤养分特征	97
二、高产林地的树体养分特征	99
参考文献	101
第6章 湖南山核桃成花的营养基础与环割促花技术	102
第1节 湖南山核桃成花的营养基础	102
一、大量成花树的林地土壤营养条件	102
二、大量成花树的树体营养条件	103
第2节 湖南山核桃的主干环剥促花技术	109
一、不同环剥时期对促进湖南山核桃旺长树成花的影响	109
二、不同环剥宽度对促花和树体生长的影响	110
参考文献	112
第7章 湖南山核桃的营养诊断	113
第1节 建立营养诊断技术的意义与科学原理	113
一、建立湖南山核桃营养诊断技术的重要意义	113
二、营养诊断的科学原理	114
三、营养诊断技术创建需要解决的关键问题	115
第2节 树体及土壤营养诊断的分级标准	115
一、叶分析营养诊断的养分含量分级标准	115
二、土壤营养诊断的养分含量分级标准	117
第3节 营养诊断的方法、步骤与技术和应注意的问题	118
一、营养诊断的方法、步骤与技术	118
二、营养诊断中应注意的问题	121
参考文献	123
第8章 湖南山核桃的种苗繁育	124
第1节 湖南山核桃种子的萌发特性、嫁接亲和力及砧木的选择	124
一、湖南山核桃种子的萌发特性	124
二、湖南山核桃砧穗的嫁接亲和力与砧木选择	125
第2节 湖南山核桃实生苗的繁育	126
一、种子采集与处理	126
二、苗圃地的要求及整理	127
三、实生苗的培育	127
四、苗木出圃质量标准	129
第3节 嫁接苗的繁育	130
一、嫁接时期、接穗采集和嫁接方法	130
二、嫁接苗的田间管理与出圃	131
参考文献	132

第 9 章 湖南山核桃林地经营模式与管理技术..... 133

第 1 节 林地经营模式..... 133

一、果用林经营模式..... 133

二、果材兼用林经营模式..... 135

三、用材林经营模式..... 136

四、生态水保林经营模式..... 136

第 2 节 林地经营管理技术..... 138

一、果材兼用混交林的经营管理技术..... 138

二、果用林的经营管理技术..... 142

参考文献..... 146

第 1 章

中国的湖南山核桃及其利用价值

湖南山核桃(*Carya hunanensis* Cheng)是胡桃科(Juglandaceae)山核桃属(*Carya*)植物,是原产中国西南黔、湘、桂毗邻地区的特有果材兼用经济树种,资源利用的历史悠久。20 世纪 90 年代以来,湖南山核桃在湖南、贵州等省开始进行大规模人工栽培与产业化开发。本章介绍对湖南山核桃开发利用价值的研究成果。湖南山核桃有重要的开发利用价值,其果仁中的油脂和蛋白质十分丰富,营养价值高,果仁中的脂肪主要由软脂酸、油酸,亚油酸、亚麻酸、花生四烯酸等多种不饱和脂肪酸组成,其中油酸的含量最高,占总脂肪酸的 71.80%。果仁中的蛋白质由 16 种氨基酸组成,其中含有 9 种人体必需氨基酸。在每 100g 果仁中,蛋白质氨基酸的总含量为 8.39g,必需氨基酸的含量为 2.68g,其中赖氨酸、蛋氨酸和色氨酸 3 种限制性氨基酸的含量较高,必需氨基酸占总氨基酸的比例为 31.94%,蛋白质的营养价值很高。湖南山核桃果仁中的维生素 E 和钙的含量也极为丰富。湖南山核桃树每年开放大量的雄花,在雄花中蛋白质、脂肪、铁、锌、多酚和黄酮的含量很高,雄花的天然多酚类活性物质对 DPPH 自由基的清除和抗氧化能力强。湖南山核桃适应性强,树体生长迅速,生产力高,木材坚硬,木纹细腻,干燥后不变形不翘裂;果实种仁油脂含量高,营养成分丰富,在生态建设、特色食品及工业用材林开发等方面利用价值较大。因此,大力推广湖南山核桃的种植,具有重要的生态意义和经济意义。

第 1 节 资源利用与栽培历史

一、野生资源利用

在中国的湘西、黔东南及桂北地区,自古以来,人们就将野生湖南山核桃作为食用坚果利用。至明末清初,在湖南靖州和贵州锦屏等地区,民间开始利用湖南山核桃坚果加工食用油,湖南山核桃油是食用油中的珍品。20 世纪 90 年代以后,湖南、贵州、广西等湖南山核桃产区开始利用湖南山核桃加工休闲食品和食用油制品,随着产品加工对湖南山核桃坚果需求量的日益增大,湖南山核桃的人工种植面积迅速扩大。

湖南山核桃木材工业化加工利用起于 20 世纪 90 年代初。湖南山核桃的木材材质坚韧,木纹细腻通直,产区曾大量砍伐用于加工各种高级木制品,因此导致产地野生湖南山核桃资源一度遭受严重的破坏。

二、人工栽培历史

中国的湖南山核桃规模化人工种植时间较晚，20 世纪 90 年代中期在湖南、贵州才开始大规模地人工栽培。截至 2016 年，中国西南地区的湖南山核桃人工栽培面积已经超过 32 万 hm²。随着湖南山核桃人工栽培的面积不断扩大，逐渐形成了果用林、果材兼用林、果用生态林和果材兼用混交林等经营模式。进入 21 世纪以来，随着对优良种质、育苗及栽培技术研究的不断深入，湖南山核桃栽培的良种化程度和技术水平已经迅速提高。

第 2 节 湖南山核桃的开发利用价值

一、果仁的营养成分与利用价值

(一) 果仁的营养成分

根据 2003~2005 年对贵州黔东地区的野生湖南山核桃坚果营养成分的分析测定，湖南山核桃果仁营养成分丰富。表 1-1 显示，在每 100g 湖南山核桃果仁中，脂肪、总糖、蛋白质、维生素 E、维生素 B₁ 的含量分别为 56.57g、3.51g、8.18g、3.06mg 和 1.19mg，钙、铁、锌、铜、钼元素的含量分别为 114.6mg、3.26mg、5.14mg、1.69mg 和 0.12mg。

表 1-1 野生湖南山核桃果仁中的主要营养成分

营养成分	含量	营养成分	含量
脂肪/(g·100g ⁻¹)	56.76	Ca (mg·100g ⁻¹)	114.60
总糖/(g·100g ⁻¹)	3.51	Fe (mg·100g ⁻¹)	3.26
蛋白质/(g·100g ⁻¹)	8.18	Zn (mg·100g ⁻¹)	5.14
维生素 E/(mg·100g ⁻¹)	3.06	Cu (mg·100g ⁻¹)	1.69
维生素 B ₁ /(mg·100g ⁻¹)	1.19	Mo (mg·100g ⁻¹)	0.12

进一步的分析研究表明，野生湖南山核桃果仁的脂肪主要由软脂酸、油酸、亚油酸、亚麻酸、花生四烯酸 5 种脂肪酸组成(表 1-2)。油酸、亚油酸、亚麻酸和花生四烯酸属于不饱和脂肪酸，其中油酸相对含量最高，达到 71.80%，其次是亚油酸，相对含量为 19.28%。

表 1-2 湖南山核桃果仁中脂肪酸的组分及含量

脂肪酸组分	含量/%
软脂酸	6.41
油酸	71.80

续表

脂肪酸组分	含量/%
亚油酸	19.28
亚麻酸	1.82
花生四烯酸	0.69

表 1-3 显示，果仁中的蛋白质由 16 种氨基酸组成，在每 100g 果仁中，蛋白质氨基酸的总含量为 8.39g。其中，亮氨酸、异亮氨酸、缬氨酸、赖氨酸、苏氨酸、蛋氨酸、苯丙氨酸、色氨酸和组氨酸等 9 种人体必需氨基酸均含有。在每 100g 果仁中，必需氨基酸为 2.68g，其中，赖氨酸、蛋氨酸和色氨酸 3 种限制性氨基酸的相对含量较高，分别为 0.47g、0.14g 和 0.15g，必需氨基酸占总氨基酸的比例为 31.94%。

表 1-3 湖南山核桃果仁中蛋白质氨基酸组分及含量

组分	含量 /(g·100g ⁻¹ DW)	组分	含量 /(g·100g ⁻¹ DW)
天冬氨酸	0.98	异亮氨酸*	0.31
苏氨酸*	0.32	亮氨酸*	0.28
丝氨酸	0.48	酪氨酸	0.24
谷氨酸	2.12	苯丙氨酸*	0.42
甘氨酸	0.53	组氨酸*	0.21
丙氨酸	0.30	赖氨酸*	0.47
缬氨酸*	0.38	色氨酸*	0.15
蛋氨酸*	0.14	精氨酸	1.06
必需氨基酸(EAA)含量(g·100g ⁻¹ DW)		2.68	
总氨基酸(TAA)含量(g·100g ⁻¹ DW)		8.39	
EAA/TAA/%		31.94	

注：标注*的为人体必需氨基酸

食物的蛋白质营养价值高低主要取决于所含必需氨基酸的种类、数量和组成比例。将湖南山核桃果仁中的氨基酸组分与联合国粮食及农业组织 (FAO) 和世界卫生组织 (WHO) 推荐的评价蛋白质质量的必需氨基酸指标模式 (范文洵等, 1984) 进行比较, 计算出氨基酸的评分 (AAS) 值 (表 1-4)。结果显示, 湖南山核桃果仁的必需氨基酸中, 异亮氨酸、苏氨酸、苯丙氨酸、赖氨酸和缬氨酸的含量与 FAO/WHO 的标准较为接近, 氨基酸营养价值评分都在 70 分以上, 色氨酸的含量超过了 FAO/WHO 的标准, 评分达到 150 分, 说明湖南山核桃果仁的蛋白质营养价值高。

表 1-4 湖南山核桃果仁中必需氨基酸与 FAO/WHO 推荐的理想必需氨基酸模式指标的比较

氨基酸 种类	FAO/WHO 标准/ (mg·g ⁻¹)	果仁中必需 氨基酸含量 /(mg·g ⁻¹)	氨基酸 评分 (AAS)
异亮氨酸	40	31	77.50
苏氨酸	40	32	80.00
亮氨酸	70	28	40.00
苯丙氨酸	60	42	70.00
蛋氨酸	35	14	40.00
赖氨酸	55	47	85.45
缬氨酸	50	38	76.00
色氨酸	10	15	150.00

注：AAS=(待评蛋白质某种必需氨基酸含量 / 参考蛋白质模式中同种必需氨基酸含量)×100%（范文洵等，1984）

(二) 果仁的利用价值

湖南山核桃果仁的出油率高，油脂含量丰富，其中油酸的含量最多，人体不能合成的亚油酸、亚麻酸和花生四烯酸在果仁中的含量也较高。前人的研究表明，油酸和亚油酸能够抑制小肠对胆固醇的吸收，促进胆固醇在肝脏内的降解；亚麻酸及其衍生物对大脑和视网膜有重要保健作用；亚油酸、亚麻酸和花生四烯酸在降血压、降血脂、抗血栓、防止动脉粥样硬化等方面具有重要作用(阮征等，2003)。湖南山核桃果仁的蛋白质丰富，其中赖氨酸、蛋氨酸和色氨酸等人体不能合成的限制性氨基酸含量较高，果仁中维生素 E 含量丰富，因此不仅适宜加工高级食用油和休闲食品，而且适宜加工多种功能食品及保健品，具有重要的开发利用价值。

二、花的营养成分与开发利用价值

(一) 雄花的营养成分

湖南山核桃成年树每年都要形成大量雄花序。据对贵州锦屏地区湖南山核桃树雄花序产量的调查测定，在 20 年生成年树上，每年雄花序的鲜重生物量达到 2.83kg。在云南、贵州等少数民族地区，自古以来民间就有食用核桃和山核桃雄花的传统习惯，核桃雄花和山核桃雄花一直是云南、贵州等少数民族地区的美味食材。陈朝银等(1998)、Wang (2014)和张文娥(2016)等先后报道了云南和贵州的核桃雄花营养成分，认为核桃雄花中的营养较为丰富而全面，特别是蛋白质高达 18.87%~22.31%，同时含有丰富的矿质元素和天然抗氧化活性物质，是一种较好的天然营养保健食品资源。

为了给湖南山核桃雄花的利用提供科学依据，对湖南山核桃雄花的营养成分进行了分析测定。表 1-5 和表 1-6 显示，在湖南山核桃雄花中，蛋白质、脂肪、碳水化合物、糖、

膳食纤维含量都较高，各种营养成分含量的比例也较为合理，Fe、Mn、Zn、Cu、B等微量元素含量丰富，其中的蛋白质含量与核桃雄花的相当，每100g干雄花中的可利用能量仅有397.37kcal(1cal=4.19J)，比核桃雄花的低87.42kcal，因此湖南山核桃雄花的碳水化合物及蛋白质含量丰富和脂肪、膳食纤维含量及可利用能量相对较低。

表 1-5 湖南山核桃雄花的营养成分及可利用能量

蛋白质	灰分	脂肪	碳水化合物	可溶性糖	可滴定酸	淀粉	膳食纤维	可利用能量
/(g·100g ⁻¹ DW)								/(kcal·100g ⁻¹ DW)
18.40	8.19	15.09	42.89	10.61	0.78	1.40	15.42	397.57

表 1-6 湖南山核桃雄花中的矿质元素含量

P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B
/(g·kg ⁻¹ DW)				/(mg·kg ⁻¹ DW)				
3.36	23.27	3.10	2.97	543.74	184.20	23.29	74.06	27.54

在湖南山核桃雄花中,Fe的含量达到543.74mg·kg⁻¹DW,比核桃雄花高192.12mg·kg⁻¹DW,其他微量元素含量两者相当。说明湖南山核桃雄花中Fe的含量极其丰富。

表 1-7 显示，在湖南山核桃雄花中，共有17种蛋白质氨基酸，其中含有9种人体必需氨基酸以及赖氨酸、蛋氨酸和色氨酸3种限制性氨基酸。在100g干花中，氨基酸总量达到9.60g，其中必需氨基酸为4.60g，必需氨基酸占总氨基酸的比例为47.92%，说明湖南山核桃雄花中蛋白质的营养价值很高。

表 1-7 湖南山核桃雄花的蛋白质氨基酸组分及含量

组分	含量 /(g·100g ⁻¹ DW)	组分	含量 /(g·100g ⁻¹ DW)
天冬氨酸	1.01	蛋氨酸*	0.05
苏氨酸*	0.48	异亮氨酸*	0.45
丝氨酸	0.67	亮氨酸*	0.83
谷氨酸	1.29	酪氨酸	0.34
甘氨酸	0.89	苯丙氨酸*	0.30
丙氨酸	0.73	组氨酸*	0.26
半胱氨酸	0.07	赖氨酸*	0.48
缬氨酸*	0.80	精氨酸	0.70
色氨酸*	0.25		
必需氨基酸(EAA)含量/(g·100g ⁻¹ DW)		4.60	
总氨基酸(TAA)含量/(g·100g ⁻¹ DW)		9.60	
EAA/TAA/%		47.92	

注：有*标注的为人体必需氨基酸

在表 1-8 中将湖南山核桃雄花蛋白质中必需氨基酸含量与 FAO/WHO 推荐的评价蛋白质质量的必需氨基酸模式指标(范文洵等, 1984)进行比较, 从中可以看出, 在 8 个必需氨基酸模式指标中, 湖南山核桃雄花的蛋白质必需氨基酸含量有 5 个高于模式指标, 它们的氨基酸质量评价分值(AAS)都超过 100 分, 在 112.50~250 分, 尤其是限制性氨基酸中的色氨酸含量高于模式指标 1.5 倍。与果仁的蛋白质比较, 雄花的蛋白质含量高于果仁 1 倍以上, 蛋白质营养价值比果仁更好。

表 1-8 湖南山核桃雄花中必需氨基酸与 FAO/WHO 推荐的理想必需氨基酸模式指标的比较

氨基酸种类	FAO/WHO 推荐的指标 /(mg·g ⁻¹)	雄花中必需 氨基酸含量 /(mg·g ⁻¹)	氨基酸评分 (AAS)
异亮氨酸	40	45	112.50
苏氨酸	40	48	120.00
亮氨酸	70	83	118.57
苯丙氨酸	60	30	50.00
蛋氨酸	35	5	14.29
赖氨酸	55	48	87.27
缬氨酸	50	80	160.00
色氨酸	10	25	250.00

注: AAS=(待评蛋白质某种必需氨基酸含量 / 参考蛋白质模式指标中同种必需氨基酸含量)×100%(范文洵等, 1984)

湖南山核桃雄花中还含有多种生物活性物质。为了探究生物活性物质在雄花中的含量及抗氧化能力强弱, 我们收集贵州锦屏地区的湖南山核桃雄花, 分别采用福林-肖卡比色法(Conde-Hernández et al., 2014)和硝酸铝比色法(Feng et al., 2014)对总酚和总黄酮含量进行测定, 并参照 Motamed 等(2010)和 Benzie 等(1999)的方法, 测定雄花中抗氧化物质对 DPPH 自由基的清除活力和对氧化型铁离子的还原能力。结果显示(表 1-9), 湖南山核桃雄花中总酚和总黄酮含量分别为 3.35g·100g⁻¹ DW 和 2.04g·100g⁻¹ DW, DPPH 自由基清除活力为 84.29%, 对氧化型铁离子的还原力为 3.10mmol·100g⁻¹ DW, 表明湖南山核桃雄花中的天然多酚类活性物质对 DPPH 自由基的清除活力强, 具有较强的抗氧化作用。

表 1-9 湖南山核桃雄花生物活性物质含量及抗氧化活性

总酚/(g·100g ⁻¹ DW)	总黄酮/(g·100g ⁻¹ DW)	DPPH 自由基清除活力/%	氧化型三价铁离子还原能力/(mmol·100g ⁻¹ DW)
3.35	2.04	84.29	3.10

(二)雄花的开发利用价值

湖南山核桃的雄花有重要的食品开发利用价值。湖南山核桃的雄花产量大, 容易采收, 资源丰富, 新鲜的雄花可以直接作为美味烹饪食材, 干制的雄花容易保存, 不仅可将其作为蛋白质营养源进行特色食品开发利用, 也可以提取其中的多酚活性物质进行功

能性保健品的开发利用。

三、坚果壳的开发利用价值

湖南山核桃的坚果壳占整个坚果的比例约为 50%，坚果壳坚硬、致密、厚重，是加工高级活性炭的宝贵原材料，用湖南山核桃的坚果壳加工的活性炭具有耐磨强度好、空隙发达、吸附性强、易再生、经济耐用等特点，吸附各种微量或超微量的目标成分物质的效果极好，因此利用湖南山核桃坚果壳加工的活性炭在化工、食品、医药、黄金冶炼、印染纺织、军事等领域有广泛的价值，在人民生活中的空气和水质净化中的利用前景广阔，在液相吸附和气相吸附等方面也有特殊的用途。

四、优质木材的开发与利用

湖南山核桃树干干性强，速生丰产。据贵州黔东南州锦屏县林业局测定，在 1 亩林地上(1 亩≈666.7m²)，10 年、20 年和 30 年生的湖南山核桃林木材蓄积量可分别达到 2.80m³、8.11m³ 和 17.92m³，每亩林地的出材量分别达到 1.54m³、4.46m³ 和 9.86m³(表 1-10)。

表 1-10 不同树龄湖南山核桃林木材蓄积量

树龄 /年	栽植密度 /(株/亩)	平均胸径 /cm	平均树高 /m	木材蓄积量 /m ³	出材率 /%	亩出材量 /m ³
10	33	14.80	8.12	2.80	55	1.54
20	33	20.51	15.06	8.11	55	4.46
30	33	33.13	12.50	17.92	55	9.86

注：因冬季雪凝压梢易折，30 年生树树高降低

湖南山核桃树干通直，木质坚硬，木纹细腻，干燥后不变形不翘裂，其较大的圆木是制造高档胡桃木家具的优质木材，较小的茎材也是制作多种生活用品、用具及木饰工艺品的极好材料。长期以来，我国 60%以上的胡桃木材从国外进口，湖南山核桃木材一直是紧缺商品用材，市场的需求量极大，每立方米价格是杉木的 20 倍以上。因此，营造湖南山核桃林能够产生很高的经济效益。

五、发展湖南山核桃产业对扶贫及生态建设的意义

目前产区的湖南山核桃坚果多用于加工休闲食品 and 高级食用油，坚果的产地售价多年来一直维持在 10 元/kg 左右。湖南山核桃的果实产量高，嫁接苗种植 4 年后可投产，实生苗种植 6~8 年后可以投产，20 年生以上盛果期成年树的单株坚果产量一般可达 100kg 以上，单株产值可达 1000 元左右。因此，发展果用湖南山核桃产业能够显著增加贫困地区农民的经济收入，对帮助边远贫困地区的农民脱贫有重要的作用。

湖南山核桃适应性和耐瘠性强,根系发达,固土性强,树冠高大,树姿优美,是水土保持及绿化荒山和城市园林的优良树种。将湖南山核桃作为生态建设的树种利用,能够产生很好的生态效益和经济效益。

参 考 文 献

- 陈朝银,赵声兰,曹建新,1998.核桃花食用价值的研究与分析[J].食品科学,19(12):35—37.
- 樊卫国,安华明,龙令炉,等,2007.野生湖南山核桃的营养成分研究[J].中国野生植物资源,26(5):64—65.
- 范文洵,李泽英,赵熙和,1984.蛋白质食物的营养评价[M].北京:人民出版社.
- 阮征,吴谋成,胡筱波,2003.多不饱和脂肪酸的研究进展[J].中国油脂,28:55—59.
- Benzie I F, Chung W Y, Strain J J, 1999. "Antioxidant" (reducing) efficiency of ascorbate in plasma is not affected by concentration[J]. The Journal of Nutritional Biochemistry, 10(3): 146—150.
- Conde-Hernández L A, Guerrero-Beltrán J Á, 2014. Total phenolics and antioxidant activity of *Piper auritum* and *Porophyllum ruderale* [J]. Food Chemistry, 142: 455—460.
- Feng S, Luo Z S, Zhang Y B, 2014. Phytochemical contents and antioxidant capacities of different parts of two sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) cultivars [J]. Food Chemistry, 151: 452—458.
- Motamed S M, Naghibi F, 2010. Antioxidant activity of some edible plants of the Turkmen Sahra region in northern Iran[J]. Food Chemistry, 119: 1637—1642.
- Wang C L, Zhang W E, Pan X J, 2014. Nutritional quality of the walnut male inflorescences at four flowering stages[J]. Journal of Food and Nutrition Research, 2(8): 457—464.