

中/国/资/源/生/物/研/究/系/列

中国锁阳

陈贵林 刘广达 靳尚武/著



科学出版社

中国资源生物研究系列

中国锁阳

陈贵林 刘广达 靳尚武 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

《中国锁阳》是一部首次全面系统介绍药用寄生植物锁阳的学术著作,是作者研究团队历经 10 年持续研究的一次全面总结,曾得到国家自然科学基金等多个项目的支持。本书包括锁阳的起源与进化、锁阳的遗传多样性、锁阳与其寄主的协同进化、锁阳种子萌发机制、锁阳愈伤组织诱导及器官形成、锁阳肉质茎褐变机制、锁阳多酚类化合物分离鉴定及生物活性、锁阳多糖的制备及抗衰老机制、锁阳寄主白刺组培快繁及耐盐机制、白刺果实抗氧化及抗菌活性、锁阳的野生抚育及人工驯化栽培技术等。

本书原创性强,内容全面,结构完整,数据翔实。适合生物学、农业科学及中药学等专业的师生和相关领域的专业人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

中国锁阳/陈贵林,刘广达,靳尚武著. —北京:科学出版社,2016.5

(中国资源生物研究系列)

ISBN 978-7-03-047851-1

I.①中… II.①陈… ②刘… ③靳… III. ①锁阳科—研究—中国
IV.①Q949.762.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 056223 号

责任编辑:王海光 王 好 / 责任校对:蒋 萍

责任印制:徐晓晨 / 封面设计:刘新新

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>

北京京华虎彩印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016 年 5 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2017 年 1 月第二次印刷 印张:16 3/4

字数:380 000

定价:116.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

锁阳又称不老药，收录在《中华人民共和国药典》（2015 版）中，是中药和蒙药中的常用药物。锁阳为多年生全寄生植物，植物学分类上属于锁阳科锁阳属，《中国植物志》认为锁阳属仅有一个种——锁阳（*Cynomorium songaricum*），而世界公认的锁阳属有两个种，分别是锁阳和欧洲锁阳（*Cynomorium coccineum*）。锁阳分布广泛，从中国西北地区、蒙古国、西亚一带到北非均有分布。锁阳寄主多为蒺藜科白刺属植物，白刺是多年生灌木，分布广泛，是一种耐盐碱的强旱生沙生植物，防风固沙作用显著，白刺属植物在我国西北地区生态建设中有极其重要的作用。锁阳寄生在白刺根部，从寄生开始，直至出土完成整个生活史，需要 4~6 年的时间，这个过程中白刺包不断被沙埋，而锁阳在发育过程中逐渐长大，最终破土而出，完成它自身的生命周期。可以说，锁阳无论在植物学分类地位上，还是在生长方式和进化史上都有极其重要的意义。

锁阳以干燥肉质茎入药，具有补肾阳、益精血、润肠通便之功效，常用于治疗肾阳不足、精血亏虚、不孕、腰膝痿弱、肠燥便秘。锁阳富含多糖和多酚类成分，而这两种成分均具有抗衰老和氧化的作用。锁阳在我国主要分布于内蒙古西部、宁夏、新疆、甘肃、青海等西北地区。随着市场对锁阳需求量的日益增大，单纯依靠野生锁阳资源已经不能满足需求，而目前对锁阳野生资源掠夺式地采挖加速了锁阳资源的减少，也极大地破坏了当地的生态环境。因此，在保护锁阳野生资源的基础上，急需开展锁阳的野生抚育及人工栽培。

本书是作者及其研究团队对锁阳 10 年研究工作的总结。本书内容包括锁阳的生物学特征、锁阳属植物的分布与起源、锁阳种子萌发及调控、锁阳愈伤组织诱导及器官形成、锁阳肉质茎褐变机制及控制、锁阳遗传多样性及化学成分多样性研究、锁阳线粒体基因的水平基因转移现象研究、锁阳多酚类化合物分离鉴定及生物活性研究、锁阳多糖的制备及抗衰老机制研究、锁阳寄主白刺幼苗组培快繁研究、锁阳寄主白刺耐盐机制及调控、锁阳寄主白刺果抗氧化及抗菌活性研究、锁阳的野生抚育及人工驯化栽培技术等 13 章。全书收集了 246 幅图表，其中 220 幅图表来自作者研究团队多年来已经发表或未正式发表成果，直接引用他人的图表均进行了相应标注。

全书撰写由陈贵林教授研究团队集体完成，根据参与项目和学术专长安排编写任务，按章节次序分别为：绪论，贾鑫、刘广达、陈贵林；第 1 章，陈贵林、刘广达；第 2 章，刘广达、陈贵林；第 3 章，宋兆伟、陈贵林；第 4 章，岳鑫、石闻华、陈贵林；第 5 章，段园园、岳鑫、陈贵林；第 6 章，刘广达、陈贵林；第 7 章，刘广达、苏小娟、陈贵林；第 8 章，靳尚武、陈贵林；第 9 章，马丽杰、陈贵林；第 10 章，陈贵林、王晨霞、任良玉；第 11 章，陈贵林、王晨霞、陈建英、萨日娜；第 12 章，靳尚武、任旭、张桂霞、齐敬浩、王丽红、陈贵林；第 13 章，陈贵林、刘广达、任良玉。全书由陈贵林

教授和刘广达博士完成统稿。书中所用素材主要来自本研究团队在相关领域发表的论文、研究积累和野外调查,许多研究生为这些数据的获取付出了辛勤的劳动。特别要说明的是,第8章部分研究工作是在日本冈山大学药学部波多野力教授指导下完成的,第7章部分研究工作得到了美国弗吉尼亚理工大学 James Westwood 教授的帮助,在此一并表示感谢。

2004年我从河北农业大学调入内蒙古大学,研究方向也从蔬菜学转向植物学,重点围绕锁阳的寄生生物学及生物活性成分进行系统研究,得到内蒙古大学李天然教授(已故)和苏格尔教授对锁阳寄生生物学研究工作的启发。《中国锁阳》一书的出版曾得到以下项目的资助(项目主持均为陈贵林):①锁阳与寄主白刺线粒体基因水平转移及协同进化机制研究(31260117),国家自然科学基金项目,2013~2016;②诱导锁阳吸器发育的白刺根系化学识别物质的分离鉴定及诱导机制研究(30660015),国家自然科学基金项目,2007~2009;③华北区党参、锁阳、金银花等质量标准提高及其综合利用研究——锁阳质量标准提高及其综合利用研究(2011BAI07B07-02),国家科技支撑计划子课题,2011~2014;④生长素与HIFs调控锁阳初生吸器发育的细胞学机制(20091501110002),高等学校博士点基金项目,2010~2012;⑤锁阳规模化种植基地建设与示范推广,内蒙古科技厅科技引导奖励资金项目,2010~2013;⑥荒漠药用寄生植物锁阳种质遗传多样性及主要有效成分分析(Z2007-1-01027),教育部“春晖计划”项目,2008~2010;⑦锁阳肉质茎多酚氧化酶活性及其愈伤组织褐变关系研究,内蒙古自然科学基金项目,2009~2011;⑧“草原英才”启动基金,内蒙古自治区党委组织部,2014~2016。同时,本书的出版还得到内蒙古大学“211工程”“药用植物化学与资源利用”科研团队项目、内蒙古大学513人才基金项目、内蒙古大学高层次人才引进科研启动基金项目等经费的资助。

寄生植物相比非寄生植物研究难度要大得多,而锁阳又是研究基础相对薄弱的一种寄生植物。本书主要以作者研究团队10年的科研工作为重点编写而成,也阅读了相关文献,并进行了野外及产业调查,是一部首次全面系统介绍药用寄生植物锁阳的学术著作。由于作者水平有限,书中缺点和不足在所难免,恳请读者批评指正。

陈贵林

2016年1月6日

目 录

前言

绪论	1
参考文献	4
第 1 章 锁阳的生物学特征	6
1.1 植物学特征	6
1.1.1 根	6
1.1.2 茎	6
1.1.3 叶	7
1.1.4 花	8
1.1.5 果实和种子	9
1.2 锁阳的生活史及繁殖特性	11
1.3 锁阳生长发育对环境条件的要求	12
1.3.1 温度	12
1.3.2 光照	12
1.3.3 水分	12
1.3.4 土壤营养	13
参考文献	13
第 2 章 锁阳属植物的分布与起源	14
2.1 锁阳属植物的分类及系统地位	14
2.2 锁阳属植物的分布及各国利用历史	15
2.3 锁阳属植物的寄主分布	16
2.4 锁阳属植物的起源分析	17
2.5 小结	18
参考文献	18
第 3 章 锁阳种子萌发及调控	21
3.1 温度和 NaCl 对锁阳种子萌发的调控	22
3.1.1 NaCl 处理对种子萌发的影响	23
3.1.2 恢复对种子萌发的影响	23
3.1.3 种子萌发的最终耐盐性分析	23
3.1.4 不同因素对种子萌发的效应分析	24

3.1.5 温度和盐度与锁阳种子萌发的关系	25
3.1.6 种子萌发的适应策略	25
3.2 GA_3 、温度和 NaCl 对锁阳种子萌发的调控	26
3.2.1 GA_3 和温度对盐环境下锁阳种子萌发的影响	26
3.2.2 GA_3 和温度对盐环境下锁阳种子恢复萌发的影响	26
3.2.3 GA_3 和温度对盐环境下锁阳种子最终萌发的影响	28
3.2.4 不同因素对种子萌发效应的分析	28
3.3 外源 GR24 对盐环境下锁阳种子萌发的调控	30
3.3.1 GR24 对盐环境下锁阳种子萌发的影响	30
3.3.2 GR24 对种子恢复萌发的影响	30
3.3.3 GR24 对种子最终萌发的影响	31
3.3.4 不同因素对种子萌发效应的分析	31
3.4 萌发刺激物和盐环境对锁阳种子萌发过程中蛋白质表达的影响	33
3.4.1 GA_3 、GR24 和 NaCl 对锁阳种子萌发调控作用的蛋白质组分析	33
3.4.2 差异表达蛋白质的质谱鉴定	37
3.4.3 萌发刺激物和盐环境对锁阳种子萌发过程中蛋白质表达的影响分析	38
参考文献	40
第 4 章 锁阳愈伤组织诱导及器官形成	44
4.1 锁阳肉质茎愈伤组织诱导和不定根分化体系的建立	45
4.1.1 锁阳最适外植体的筛选	45
4.1.2 锁阳愈伤组织最适培养条件的筛选	47
4.1.3 愈伤组织继代培养最适培养条件筛选	48
4.1.4 愈伤组织的不定根分化	49
4.1.5 锁阳肉质茎愈伤诱导的外植体选择	50
4.1.6 锁阳愈伤组织诱导体系	51
4.1.7 外植体与愈伤组织共同继代培养的作用	51
4.1.8 不定根的作用	51
4.2 锁阳种子诱导形成愈伤组织及吸器研究	52
4.2.1 锁阳种子预处理对种子萌发率的影响	53
4.2.2 锁阳种胚在愈伤组织诱导培养过程中的形态学变化	54
4.2.3 锁阳种子愈伤组织的形成	55
4.2.4 不同激素对比对锁阳种子愈伤组织形成的影响	55
4.2.5 锁阳种子愈伤组织分化为初生吸器	56
4.2.6 预处理对锁阳种子萌发的促进作用	57
4.2.7 种胚在愈伤诱导培养过程中的发育	58
4.2.8 植物生长调节剂对锁阳种子愈伤形成的影响	58
4.2.9 锁阳种子愈伤组织分化为初生吸器的植物生长调节剂研究	58
参考文献	60

第 5 章 锁阳肉质茎褐变机制及控制	63
5.1 锁阳褐变类型及组织培养抗褐变方法的研究	64
5.1.1 锁阳 PPO 与底物反应的进程曲线	64
5.1.2 锁阳 PPO 最适 pH 和温度	65
5.1.3 锁阳 PPO 热稳定性的研究	66
5.1.4 锁阳酶促褐变在总褐变中的变化趋势	66
5.1.5 锁阳乙酸乙酯萃取物的 HPLC 分析	67
5.1.6 PPO 对锁阳肉质茎褐变的影响及组培条件对褐变的控制	67
5.2 脱落酸对锁阳茎切口愈合及抗氧化酶活性的影响	68
5.2.1 脱落酸对锁阳茎切口愈合能力的影响	69
5.2.2 锁阳茎切口愈合过程中内源 ABA 含量的变化	70
5.2.3 ABA 对锁阳茎 PAL 活性的影响	70
5.2.4 ABA 对锁阳茎抗氧化酶的影响	70
5.2.5 讨论	72
5.3 茉莉酸甲酯对锁阳茎切口愈合及抗氧化酶活性的影响	73
5.3.1 MeJA 对锁阳茎切口愈合能力的影响	73
5.3.2 MeJA 对锁阳茎多酚含量的影响	74
5.3.3 MeJA 对锁阳茎褐变度的影响	74
5.3.4 MeJA 对锁阳茎 PAL 活性的影响	75
5.3.5 MeJA 对锁阳茎抗氧化酶的影响	75
5.3.6 讨论	77
参考文献	78
第 6 章 锁阳遗传多样性及化学成分多样性研究	81
6.1 中国西北部不同居群锁阳的 ISSR 分子标记研究	81
6.2 中国西北部不同居群锁阳的化学亲缘关系和多酚含量研究	84
6.2.1 不同居群锁阳的化学亲缘关系研究	85
6.2.2 不同居群锁阳的多酚含量研究	85
6.2.3 锁阳与肉苁蓉和白刺指纹图谱对比	87
6.3 锁阳的遗传多样性和化学亲缘关系多样性分析	88
6.4 小结	89
参考文献	89
第 7 章 锁阳线粒体基因的水平基因转移现象研究	92
7.1 基于核基因 18S rDNA 和 26S rDNA 分析锁阳的系统位置	92
7.2 锁阳与寄主白刺线粒体水平基因转移研究	97
7.2.1 锁阳属植物 <i>atp1</i> 、 <i>cox1</i> 和 <i>matR</i> 基因序列的水平基因转移分析	98
7.2.2 锁阳 <i>atp1</i> 基因水平转移片段与白刺相应片段的对比	101
7.2.3 锁阳属植物线粒体 <i>atp1</i> 基因序列与叶绿体 <i>atpA</i> 基因序列分析	103

7.2.4 锁阳属与无患子目植物之间的水平基因转移现象与寄主更替的过程	103
7.2.5 锁阳水平基因转移中的重组和嵌合现象	104
7.2.6 锁阳水平基因转移涉及 RNA 的转移	105
7.3 小结	105
参考文献	106
第 8 章 锁阳多酚类化合物分离鉴定及生物活性研究	109
8.1 锁阳自由基清除活性及其物质基础研究	110
8.1.1 锁阳多酚含量	110
8.1.2 锁阳乙酸乙酯萃取物的 HPLC-MS 分析	113
8.1.3 HSCCC 分离	115
8.1.4 自由基清除实验	117
8.2 锁阳低聚原花青素的分离鉴定及抗 MRSA 活性	119
8.2.1 锁阳原花青素的分离与鉴定	119
8.2.2 锁阳提取物及化合物的抗菌作用	127
8.3 锁阳多聚原花青素的结构鉴定	128
8.3.1 间苯三酚存在条件下锁阳原花青素的酸催化降解	128
8.3.2 CS-PP-A 组成单元比例的确定	130
8.3.3 CS-PP-A 分子质量分布	131
8.3.4 CS-PP-A 降解产物的分离鉴定	132
8.4 小结	138
参考文献	139
第 9 章 锁阳多糖的制备及抗衰老机制研究	142
9.1 锁阳提取物抗衰老作用研究	142
9.1.1 锁阳不同溶液提取物主要活性成分的含量	143
9.1.2 锁阳提取物抗衰老作用研究	144
9.1.3 锁阳提取物的制备与有效成分含量测定	146
9.1.4 D-半乳糖衰老模型的确立方法摸索	146
9.1.5 D-半乳糖所致的亚急性衰老模型的造模效果	147
9.1.6 衰老与自由基	147
9.1.7 锁阳不同提取物的生物活性	148
9.1.8 锁阳的活性、提取部位与化学成分关系	149
9.2 锁阳多糖的制备工艺及提取部位研究	149
9.2.1 超声提取法正交实验结果	150
9.2.2 锁阳粗多糖不同提取方法提取率及纯度	151
9.2.3 锁阳肉质茎不同部位多糖含量的差异	151
9.2.4 锁阳多糖的精制及鉴定	151
9.2.5 讨论	152

9.3 锁阳多糖抗小鼠衰老作用研究.....	153
9.3.1 CSP 对衰老小鼠体重及免疫器官脏器系数的影响.....	154
9.3.2 CSP 对衰老小鼠免疫功能的影响.....	154
9.3.3 CSP 对衰老小鼠睾丸组织端粒酶的影响.....	155
9.3.4 D-半乳糖致小鼠衰老模型与小鼠免疫功能.....	156
9.3.5 CSP 的调解免疫功能、抗衰老作用.....	156
9.3.6 CSP 对衰老小鼠端粒酶活性的影响.....	157
9.4 锁阳多糖对衰老小鼠血细胞和脑细胞端粒长度的影响.....	157
9.4.1 端粒基因和 36B4 基因标准曲线.....	157
9.4.2 荧光定量分析结果.....	159
9.4.3 讨论.....	160
9.5 锁阳多糖对衰老小鼠 TERT mRNA 表达的影响.....	161
9.5.1 TERT 和 GAPDH 基因标准曲线.....	162
9.5.2 基因测序结果.....	163
9.5.3 荧光定量分析结果.....	163
9.5.4 讨论.....	164
参考文献.....	166
第 10 章 锁阳寄主白刺幼苗组培快繁研究.....	169
10.1 西伯利亚白刺茎段离体培养.....	169
10.1.1 不同基本培养基对白刺茎段启动培养的影响.....	169
10.1.2 取材时间对培养效果的影响.....	171
10.1.3 继代增殖培养.....	171
10.1.4 生根培养.....	172
10.1.5 炼苗移栽.....	173
10.2 不同浓度 2,4-D 对西伯利亚白刺叶片愈伤组织诱导的影响.....	173
10.3 不同浓度 NaCl 对西伯利亚白刺试管苗的影响.....	174
10.3.1 不同浓度 NaCl 对西伯利亚白刺试管苗生根的影响.....	174
10.3.2 不同浓度 NaCl 对西伯利亚白刺试管苗生长的影响.....	174
10.3.3 不同浓度 NaCl 对西伯利亚白刺试管苗鲜重、干重和根冠比的影响.....	174
10.4 外植体的最佳取材部位和最佳取材时间.....	176
10.5 培养基与激素对西伯利亚白刺器官分化及发育的影响.....	177
10.6 光照条件及激素对愈伤组织诱导、分化培养的影响.....	178
10.7 小结.....	179
参考文献.....	179
第 11 章 锁阳寄主白刺耐盐机制及调控.....	181
11.1 NaCl 胁迫对白刺试管苗渗透调节物质及离子含量的影响.....	182
11.1.1 NaCl 胁迫对白刺试管苗生长的影响.....	182

11.1.2	NaCl 胁迫对白刺试管苗叶片生理指标的影响	183
11.1.3	NaCl 胁迫对白刺试管苗地上部、根系离子含量及比值的影响	184
11.1.4	白刺试管苗的耐盐性	185
11.1.5	有机渗透调节物质与白刺试管苗的耐盐性关系	186
11.1.6	白刺试管苗地上部和根系离子含量与耐盐性的关系	186
11.1.7	小结	187
11.2	NaCl 胁迫对白刺幼苗体内游离态亚精胺和精胺含量的影响	187
11.2.1	NaCl 胁迫对白刺试管苗生长的影响	188
11.2.2	NaCl 胁迫下白刺试管苗叶片多胺含量的动态变化	188
11.2.3	NaCl 胁迫下白刺试管苗不同器官中多胺含量变化	188
11.2.4	环己胺 (CHA) 对盐胁迫下白刺试管苗叶片多胺含量和生理指标的影响	190
11.2.5	腐胺在不同植物中含量的差别及与抗盐性的关系	191
11.2.6	白刺试管苗叶片多胺含量的动态变化与抗盐性的关系	191
11.2.7	白刺试管苗不同器官中多胺含量变化与抗盐性的关系	192
11.2.8	外源环己胺对盐胁迫下白刺试管苗叶片多胺含量的影响及其与抗盐性的关系	193
11.3	外源亚精胺对盐胁迫下白刺幼苗叶片抗氧化酶系统的影响	193
11.3.1	外源 Spd 对盐胁迫下白刺 O_2^- 产生速率和 MDA 含量的影响	194
11.3.2	外源 Spd 对盐胁迫下白刺幼苗叶片内 SOD、POD 和 CAT 活性的影响	194
11.3.3	外源 Spd 对盐胁迫下白刺幼苗根系活力的影响	195
11.3.4	锁阳寄主白刺耐盐机制及调控分析	195
	参考文献	196
第 12 章	锁阳寄主白刺果实抗氧化及抗菌活性研究	201
12.1	唐古特白刺果实提取物的抗菌和抗氧化活性研究	201
12.1.1	唐古特白刺果实化学成分的研究	203
12.1.2	唐古特白刺果实化学成分的抗菌活性研究	209
12.1.3	唐古特白刺果实抗氧化活性的检测	212
12.1.4	唐古特白刺果实的抗菌和抗氧化成分分析	216
12.1.5	不同萃取部分对菌种的抑菌活性影响	217
12.1.6	二次分离对唐古特白刺果实不同提取物抗氧化活性的影响	218
12.2	西伯利亚白刺果实提取物抗食源性致病菌活性研究	219
12.2.1	西伯利亚白刺果实提取物各萃取部分对细菌的抑菌效果	219
12.2.2	西伯利亚白刺果实提取物对真菌的抑菌效果	220
12.2.3	西伯利亚白刺果实萃取物对供试菌最低抑菌浓度 (MIC) 的确定	221
12.3	西伯利亚白刺果实抗 MRSA 与抗氧化活性研究	221
12.4	西伯利亚白刺果实活性成分分离、纯化及结构鉴定	226
12.4.1	西伯利亚白刺果实中 β -carboline 生物碱的鉴定	226

12.4.2 西伯利亚白刺果实中化合物 3~11 的鉴定	230
参考文献	236
第 13 章 锁阳的野生抚育及人工驯化栽培技术	241
13.1 寄主植物白刺的人工栽培	241
13.1.1 白刺的育苗技术	241
13.1.2 定植移栽	244
13.1.3 田间管理	244
13.2 锁阳的人工栽培技术	244
13.2.1 锁阳种子精选	244
13.2.2 锁阳人工抚育栽培技术	245
13.2.3 锁阳接种于人工种植的白刺的方法	245
13.3 锁阳和寄主白刺的病虫害防治	245
13.3.1 白刺病害的防治	245
13.3.2 白刺地上虫害的危害及防治	247
13.3.3 白刺地下害虫的危害及防治	249
13.3.4 预防鸟、兽、鼠害	250
13.4 锁阳的采收与加工	251
13.4.1 锁阳肉质茎的采收与加工	251
13.4.2 锁阳种子的采收与加工	252
参考文献	253
附录 本书相关论文、专利	254

绪 论

锁阳，又名铁棒槌、锈铁棒、地毛球、乌兰高腰（蒙语）。在临床中为常用中药，也是蒙古族、朝鲜族、维吾尔族等少数民族的常用药材。锁阳最早记载于《本草衍义补遗》，据《中华人民共和国药典》（2015 版）记载，锁阳为锁阳科植物 *Cynomorium songaricum* Rupr. 的干燥肉质茎，性温，味甘，具有补肾阳、益精血、润肠通便之功效。

锁阳是西部大漠戈壁上一种独特的资源，在《辍耕录》（明）中记载，“发起如笋，上丰下俭，鳞甲栉比，筋脉连络，其形绝类男阴，名曰锁阳。即肉苁蓉之类”，后在《本草备要》（清）、《中药志》、《内蒙古植物志》等中均有记载。《中国植物志》中详细记载：多年生肉质寄生草本，无叶绿素，高 15~100cm，大部埋于沙中。寄主根上着生大小不等的锁阳芽体，近球形，椭圆形，直径 6~15mm，具多数须根与鳞片状叶。茎圆柱状，直立，棕褐色，直径 3~6cm，埋于沙中的茎具有细小须根，基部较多，茎基部略增粗或膨大；茎着生鳞片状叶，中部或基部较密集，呈螺旋状排列，多向上渐稀疏，鳞片状叶卵状三角形。肉穗状花序生于茎顶，伸出地面，棒状、矩圆形或狭椭圆形，着生非常密集的小花，花序中散生鳞片状叶；雄花、雌花和两性花相伴杂生，有香气。小坚果，近球形或椭圆形，长 1~1.5mm，直径 1mm。花期 5~7 月，果期 6~7 月。

关于锁阳产地的描述，最早记载于《本草纲目》（明），“锁阳出肃州”，即今甘肃酒泉一带，今以内蒙古、甘肃、新疆、青海、宁夏分布最为集中。近代利用适宜性分析地理信息系统，结合锁阳生物学特性，确定了锁阳适宜生态产区主要有新疆（若羌、且末、哈密等）、内蒙古（阿拉善左旗、额济纳旗、乌拉特后旗等）、甘肃（肃北、敦煌、瓜州、民勤等）、青海（海西、格尔木、都兰等）、陕西（榆阳、神木、定边等）。综合锁阳主要产地野生资源状况、产销供应情况、历史沿革及锁阳有效成分分析结果，锁阳药材道地产地应该以内蒙古阿拉善盟及甘肃河西走廊出产的锁阳为主。

锁阳是全寄生植物，锁阳的分布与其寄主的分布有着密切的关系。据记载，锁阳在吉尔吉斯斯坦，寄生于西伯利亚白刺（*Nitraria sibirica* Pall.）和骆驼蓬（*Peganum harmala* L.）上。在中国，锁阳主要寄生于白刺属植物、霸王和骆驼蓬上。锁阳生长分布的主要限制生态因子是年均日照时数和相对湿度。锁阳的年均日照时数平均值为 3038 h，表明锁阳喜干旱的气候条件而不耐湿润，耐寒、耐旱、耐盐碱，在 -20℃ 可正常越冬。锁阳适宜产区在气候上具有独特性，高原独有的环境对其生长发育具有促进作用。

锁阳味甘，性温，归肝、肾、大肠经，具有补肾阳、益精血、润肠通便的功效，主治肾阳不足、精血亏虚、腰膝酸软、阳痿滑精、肠燥便秘等。在传统用药中，锁阳一直被视为补肾壮阳的药材，主要用于男性。这一研究在动物实验和分子药理方面均有所证实。研究表明锁阳可以通过增强精子活力和神经胶质细胞源性神经营养因子（GDNF）表达来提高男性的生育能力，同时还可以调节垂体促性腺激素的活力来增加年轻大鼠卵巢的重量和卵泡的发育。

锁阳也以复方入药,《丹溪心法》中用“虎潜丸”(锁阳、虎骨、黄柏等)治痿证。“锁阳固精丸”(出自《济生方》,锁阳与肉苁蓉、巴戟天等配伍)用于治疗肾阳不足所致的腰膝酸软、头晕耳鸣、遗精早泄,疗效确切,现也常用于治疗性神经衰弱、慢性前列腺炎、精囊炎、男性不育等肾阳不足、精关不固者。锁阳还与菟丝子、淫羊藿、续断等配伍治疗肾阳虚所指的身体虚弱、精神疲乏、精冷、性欲减退、小便夜多、健忘失眠等。“龟龄集”(人参、鹿茸、海马、锁阳等)长期用于妇科临床中肾亏阳弱、冲任虚寒、精血衰少等症。

现代医学研究表明,锁阳还具有抗氧化,抗糖尿病,抑制 HIV-1 蛋白酶和提高免疫力,抗疲劳,身体神经保护,抗痴呆,抗老化,抗癫痫,抗抑郁,抗焦虑和抗应激的作用。锁阳中黄酮类化合物和酚类物质是强有力的抗氧化物质,同时发现锁阳中的多糖也具有很强的清除自由基的能力。锁阳多糖还具有抗衰老的作用,可以通过促进端粒酶逆转录酶(TERT)的转录过程,提高端粒酶活性,抑制染色体末端端粒长度的缩短,从而起到延缓组织细胞衰老进程的作用。锁阳还能抗耐甲氧苯青霉素金黄色葡萄球菌(MRSA),其中多聚原花青素是锁阳中主要的抗 MRSA 活性物质。同时有研究表明,锁阳还具有降血压的作用,而具有降血压的活性成分物质主要存在于植物的鲜果汁中,在干提取物中活性显著降低。另外,锁阳还具有抗阿尔茨海默病,提高身体耐受力等多重药理作用。

近年来,随着对锁阳的化学成分及生物活性研究的逐步深入,人们保健意识的增强,以及各级政府的大力支持,锁阳的开发利用不再局限于它的药用价值,而更多地着眼于锁阳广泛的生物活性,研制开发了多种保健产品,涉及医药、食品和发酵等各个领域。锁阳啤酒——采用乙醇、水提取法制备锁阳提取物,具有良好的保健功能,色泽鲜丽,绵甜适口,具有其他药酒无法替代的保健作用。此外,还有锁阳保健饮料、锁阳口服液、锁阳冲剂、锁阳胶囊、锁阳精、锁阳茶、锁阳饮片等。锁阳还可用作食品行业的原料,锁阳添加到咖啡中,可以起到提神醒脑的作用。由于锁阳可用于治疗肾阳不足所致的阳痿早泄,将锁阳提取物添加到酒精饮料中,可以起到一定的保健作用,同时也可以使酒精饮料具有更好的色泽。将锁阳提取物添加到糖果中,也可以起到一定的保健作用。锁阳含有独特的色素成分,色泽鲜艳而不易褪色,可以作为天然染料使用。

锁阳具有以上作用,主要是因为其含有多种生物活性物质。近年来研究表明,锁阳中主要含有多糖、鞣质、三萜皂苷、花色素苷等。鞣质为缩合型鞣质,三萜类物质有熊果酸、乙酰熊果酸及新的三萜成分乌苏烷-12-烯-28 酸、 3β -丙二酸单酯,糖苷类物质有 *n*-丁基- α -D-呋喃果糖苷与 *n*-丁基- β -D-呋喃果糖苷,与三萜类物质形成三萜皂苷。最近研究表明,锁阳中含有的低聚原花青素也较多,有原花青素 B3、catechin-(6'-8)-catechin、catechin-(6'-6)-catechin、epicatechin-(4 β -8)-epicatechin-(4 β -8)-catechin、epicatechin-(4 β -6)-epicatechin-(4 β -8)-catechin 和 arecatannin A1,还有锁阳多聚原花青素。另外,还有甾体类物质胡萝卜苷、 β -谷甾醇、 β -谷甾醇棕榈酸酯;黄酮类物质儿茶素、柑橘素及一种以柑橘素为苷元的配糖体,这些都是国内外研究者正在积极开发的生物活性成分。锁阳中含有以天冬氨酸、脯氨酸为主的 15 种氨基酸,其中包括赖氨酸、蛋氨酸、缬氨酸、苯丙氨酸、异亮氨酸 5 种人体必需氨基酸。在其挥发性成分中棕榈酸和油酸含量很高;还

含有 5 种阴离子和 24 种阳离子, 其中锌、锰、铜、镁、锶、氟等人体必需的微量元素含量较高。

目前, 我国锁阳商品主要来源于野生资源, 锁阳的主要产区在内蒙古阿拉善盟地区的三大沙漠边缘, 约占全国产量的 75%, 甘肃河西走廊次之, 占全国产量的 15%。新疆、青海等地产量不大。但是由于锁阳野生资源受各种自然气候条件影响较大, 其每年的产量波动较大, 加之一些地区过度采挖, 致使野生锁阳资源逐年减少, 个别地区已经出现资源萎缩甚至枯竭的现象。从长远来看, 应及早采取必要的保护措施, 做到开发利用与保护并重, 使资源得到永续利用。

20 世纪 80 年代, 内蒙古大学生物系植物学科一批教授围绕锁阳种子休眠机制、萌发机制和打破休眠方法, 锁阳寄生生物学及人工栽培开展了野生锁阳人工驯化工作。2004 年以来, 又在锁阳种质遗传多样性、基因水平转移、肉质茎和种子愈伤组织诱导、锁阳多酚和多糖分离鉴定及生物活性、锁阳规模化种植方面开展系统研究, 取得了一些成果。但是目前锁阳人工栽培规模依旧较小、产量不高、规范化种植技术程度偏低。如何提高现有栽培锁阳规模化种植技术水平, 从而进一步提高锁阳的产品质量和产量是当前生产中亟待解决的问题。

锁阳寄主多为白刺, 而白刺是一种盐生耐旱植物, 分布广泛, 适应性强, 白刺可在土壤含盐量 1%、 $\text{pH} > 10$ 的重度盐碱地上生长。在锁阳规模化野生抚育或人工种植情况下, 应因地制宜, 选择低山山坡、山前平原、土壤盐碱状况适中的沙地及河岸, 上层覆盖细沙、下层为壤质的土地更好, 以便于实行机械化生产和集约化经营, 提高生产效率。锁阳主要以种子繁殖为主, 单株产籽量大, 据测定单株成熟种子可产籽 1.0 万~1.5 万粒, 但在自然条件下繁殖率并不高, 且需要 4~6 年才能完成从寄生到出土的过程, 因为锁阳种子脱落后需要一个持续不断的沙埋过程, 并需要在合适的生长条件下, 才能完成锁阳种子萌发、吸器发育及锁阳产品器官形成等几个生长发育阶段。但锁阳种子发芽较快, 人工接种成功率较高。一般选择树龄 2 年以上的白刺作为寄主。锁阳种子一般多在春季和秋季接种。在技术成熟的条件下, 春季接种锁阳可实现当年寄生; 秋季接种的锁阳种子经冬季低温春化, 翌年春季即可完成寄生。

关于锁阳的采收和加工, 在《辍耕录》中记载: “……人掘取洗涤, 去皮薄切晒干, 以充药货, 功力百倍于苁蓉也。”《中药志》中记述: “春秋采收, 以春季采者为佳。挖出后除去花序, 置沙滩中半埋半露, 晒干或除去花序后, 折断, 晒干即成; 也有少数地区, 趁鲜时切片晒干。”因为肉质茎为其药用部位, 所以要在出土之前或在出土期采挖。每年可在春、秋两季采挖, 以春季 4~5 月锁阳出土最多, 产品质量最佳。有研究表明, 锁阳出土期主要有效成分多糖、儿茶素和鞣质含量较高, 药材质量较好。秋季 9 月下旬到 11 月中旬锁阳肉质茎顶端不形成花序而不出土。锁阳挖出以后要进行晾晒保存, 将挖出的锁阳清除泥土, 洗干净后用不锈钢刀或者切片机切成 4~8mm 厚的切片, 70℃温水浸泡 6min, 使切片中的酶失去活性。然后自然晒干、阴干或烘干后 (含水量在 10% 以下), 筛出土和杂物, 即可收集存放。

锁阳的传统药用部位为肉质茎。由于肉苁蓉茎部与锁阳肉质茎形态特征相似, 极易混淆, 常把锁阳用作肉苁蓉的替代品。肉苁蓉 (*Cistanche deserticola* Ma.), 为列当科多

年生草本寄生植物,以茎部入药。二者虽在形态上较为相似,但化学成分存在一定差异。根据化学指纹图谱的分析,可发现锁阳与肉苁蓉在相同色谱条件下的指纹图谱具有较大差异,利用这一方法可以在化学成分上较为简单地区分这两种寄生植物。另外,市场上也出现了利用列当混淆使用,目前已采用性状鉴别、显微鉴别、薄层色谱等技术对锁阳及其混淆品进行鉴别。例如,锁阳药材也可根据性状来判断,锁阳呈扁圆柱形,微弯曲,长15~60cm,直径1.5~5cm;表面棕色或棕褐色,粗糙,具明显纵沟和不规则凹陷,有的残存三角形的黑棕色鳞片;体重,质硬,难折断,断面浅棕色或棕褐色,有黄色三角状维管束;气微,味甘而混。《中华人民共和国药典》(2015年版)中收载锁阳的质量评价标准主要包括性状、鉴别、检查、浸出物等几个方面。检查项中规定总灰分不得超过14.0%,杂质不得超过2.0%。然而,传统的鉴定方法需要较高的专业水平和丰富的经验,对于破碎后的药材就更加难以准确鉴别,为保障药材质量,应采用快速有效的方法对锁阳及其混淆种进行鉴别。

锁阳作为西部大漠戈壁上一种独特的天然宝贵资源,不仅药用价值丰富,而且锁阳的生长起到了很好的固沙、保护生态的作用。过度采挖利用会造成生态环境和资源破坏,若能有效地利用地上部分,保护地下部分,则可以保护锁阳寄主白刺的沙包,从而保护锁阳再生的环境,提高锁阳的产量,同时也可以保护生态环境。这就需要我们全面地了解锁阳,研究锁阳的生物学特性,实现锁阳资源的合理保护和可持续开发利用。

参 考 文 献

- 陈士林,索凤梅,韩建萍,等.2007.中国药材生态适宜性分析及生产区划.中草药,38:481-487
- 陈叶,高海宁,高宏,等.2013.甘肃河西走廊道地药材锁阳的分布和利用.中兽医医药杂志,1:77-79
- 国家药典委员会.2015.中华人民共和国药典(一部).北京:化学工业出版社
- 黄林芳,谢彩香,陈士林,等.2010.沙生药用植物锁阳产地适宜性的定量评价.植物学报,45(2):205-211
- 贾丹兵,巩沅鑫,李乃民.2010.参姜锁阳益气片对高寒地区运动性疲劳人群血液流变学的影响.中国新药杂志,19(21):1108-1109
- 李时珍(明).2006.本草纲目.太原:山西科学技术出版社:330
- 李天然,苏格尔,刘基焕,等.1994.寄生药用植物锁阳在寄主体内的繁殖.内蒙古大学学报(自然科学版),25(6):673-676
- 李雅丽,蔡禄,郝艳阳.2007.寄生药用植物肉苁蓉与锁阳的比较研究.中国现代药物应用,1(6):33
- 刘晓,张勇,李彩霞.2012.不同生长期锁阳肉质茎营养成分测定及分析.甘肃农业大学学报,47(4):64-67
- 刘增根,党军,江磊,等.2012.锁阳药材质量标准研究.时珍国医国药,23(3):609-611
- 马丽杰,陈贵林,聂丽莎,等.2009.锁阳多糖对D-半乳糖衰老小鼠血细胞和脑细胞染色体端粒长度的影响.中国中药杂志,34(9):15-18
- 内蒙古植物志编写组.1989.内蒙古植物志(第3卷).第2版.呼和浩特:内蒙古人民出版社:583-585
- 齐艳华,苏格尔.2000.锁阳的研究进展.中草药,31(2):146-148
- 苏格尔,李天然,于彦珠,等.1995.寄生植物锁阳种子萌发抑制物质的研究.内蒙古大学学报(自然科学版),26(5):600-603
- 汪昂(清).2012.本草备要.北京:中国医药科技出版社:19

- 王进, 罗光宏, 张文辉, 等. 2013. 锁阳种子质量评价与分级标准研究. 中草药, 44(20): 2923-2928
- 王文彪, 尹成国, 张吉树. 2011. 白刺资源保护及锁阳集约化经济技术. 中国林业, 11(6): 50
- 张思巨, 王怡薇, 刘丽, 等. 2007. 锁阳化学成分研究 II. 中国药学杂志, 42(13): 975-977
- 张勇. 2001. 肉苁蓉与混淆品锁阳比较鉴别. 时珍国医国药, 12(3): 227
- 张志伟, 秦雪梅, 朴晋华. 2009. 龟龄集的研究现状. 山西医药杂志, 38(2): 143-145
- 中国科学院中国植物志编辑委员会. 1998. 中国植物志(第 53 卷第 2 分册). 北京: 科学出版社: 152-154
- 中药志编写组. 2000. 中药志(第四册). 北京: 人民卫生出版社: 674-677
- Abdel-Magied EM, Abdel-Rahman HA. 2001. The effect of aqueous extracts of *Cynomorium coccineum* and *Withania somnifera* on testicular development in immature Wistar rats. Journal of Ethnopharmacology, 75(1): 1-4
- Al-Qarawi AA, Abdel-Rahman HA, El-Badry AA. 2000. The effect of extracts of *Cynomorium coccineum* and *Withania somnifera* on gonadotrophins and ovarian follicles of immature Wistar rats. Phytotherapy Research, 14(4): 288-290
- Ikram M, Dar MS, Fakouhi T. 1978. Hypotensive agent from *Cynomorium coccineum*. Pahlavi Medical Journal, 9(2): 167-181
- Jiao Y, Li C, Ni L. 2007. Research of antioxidant action of the *Cynomorium songaricum* Rupr. polysaccharide. Food Science and Technology, 32(11): 113-115
- Jin SW, Eerdun B, Airi D, et al. 2012. Polyphenolic constituents of *Cynomorium songaricum* Rupr. and antibacterial effect of polymeric proanthocyanidin on methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 60(29): 7297-7305
- Ma CM, Nakamura N, Miyashiro H. 1999. Inhibitory effects of constituents from *Cynomorium songaricum* and related triterpene derivatives on HIV-1 protease. Chemical & Pharmaceutical Bulletin, 47(2): 141-145
- Nakamura N. 2004. Inhibitory effects of some traditional medicines on proliferation of HIV-1 and its protease. Yakugaku Zasshi, 124(8): 519-529
- Shahidi F. 1997. Natural antioxidants—an overview. In: Shahidi F. Natural Antioxidants: Chemistry, Health Effects, and Application. Champaign, IL: The American Oil Chemists' Society: 1-10
- Yokozawa T, Dong E, Liu ZW, et al. 1997. Antioxidative activity of flavones and flavonols *in vitro*. Phytotherapy Research, 11(6): 446-449
- Zhao G, Wang J, Qin GW. 2010. *Cynomorium songaricum* extracts functionally modulate transporters of γ -aminobutyric acid and monoamine. Neurochemical Research, 35(4): 666-676