



SHAJI SHENGWU HUOXING WUZHI ZONGHE LIYONG

沙棘生物活性物质 综合利用

赵春建 李春英 董凤丽 著



黑龙江科学技术出版社

沙棘生物活性物质综合利用

赵春建 李春英 董凤丽 著

黑龙江科学技术出版社

图书在版编目 (C I P) 数据

沙棘生物活性物质综合利用 / 赵春建, 李春英, 董凤丽著. -- 哈尔滨 : 黑龙江科学技术出版社, 2013.7

ISBN 978-7-5388-7636-9

I. ①沙... II. ①赵... ②李... ③董... III. ①沙棘 - 生物活性 - 研究 IV. ①S793.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 176139 号

沙棘生物活性物质综合利用

SHAJI SHENGWU HUOXING WUZHI ZONGHE LIYONG

作 者 赵春建 李春英 董凤丽

责任编辑 焦 琰

封面设计 赵雪莹

出 版 黑龙江科学技术出版社

地址: 哈尔滨市南岗区建设街 41 号 邮编: 150001

电话: (0451) 53642106 传真: (0451) 53642143

网址: www.lkcbs.cn www.lkpub.cn

发 行 全国新华书店

印 刷 哈尔滨报达人印务有限公司

开 本 787 mm×1092 mm 1/16

印 张 16.75

字 数 250 000

版 次 2013 年 7 月第 1 版 2013 年 7 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5388-7636-9/ S·820

定 价 98.50 元

【版权所有, 请勿翻印、转载】

前 言

沙棘是一种神奇的植物，其枝干、叶、花、果实均含有多种生物活性物质，可以广泛地用于食品、保健品、药品和化妆品等行业。本书对沙棘不同部位的开发利用方法进行了比较详细的阐述，以期对沙棘生物活性物质的综合利用提供一些有价值的资料。

本书的第一至六章由赵春建和李春英撰写；第七章由董凤丽撰写；附录一至四由董凤丽撰写；附录五至十三由赵春建和李春英撰写。

在本书的编写过程中，得到许多同行的支持和热心帮助，在此一并感谢。

限于编者的水平和经验，书中错误和不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

2013 年 6 月

于东北林业大学

目 录

上篇 国内外的研究进展和发展趋势

1 沙棘特征及分布	3
1.1 形态学特征	3
1.2 生物学特征	3
1.3 沙棘属植物分类及分布	3
1.3.1 肋果沙棘	4
1.3.2 柳叶沙棘	5
1.3.3 西藏沙棘	5
1.3.4 沙棘	6
2 沙棘的经济价值	9
2.1 沙棘食用价值	12
2.1.1 沙棘叶饮料	12
2.1.2 沙棘果酱	14
2.1.3 沙棘果汁	14
2.1.4 沙棘发酵酒	19
2.2 沙棘的医疗保健价值	20
2.2.1 沙棘果的营养与保健作用	20
2.2.2 沙棘药品和保健食品	24
2.3 沙棘化妆品价值	29
2.3.1 沙棘用于化妆品的化学成分基础	29
2.3.2 沙棘系列化妆品	30
2.4 沙棘饲用价值	31
2.4.1 沙棘叶饲用价值	32

2.4.2 沙棘果渣饲用价值	34
2.4.3 沙棘叶和果渣饲料开发	34
2.5 沙棘燃料价值	35
3 沙棘研究历史和开发利用现状	40
3.1 沙棘研究历史	40
3.2 沙棘开发利用现状	41

下篇 沙棘目的活性物质研究

4 沙棘叶黄酮超声提取工艺	57
4.1 沙棘叶中黄酮分光光度法定量分析	57
4.1.1 仪器与试剂	57
4.1.2 实验方法	57
4.1.3 结果与讨论	58
4.2 正交试验法优选沙棘叶总黄酮的超声提取工艺	61
4.2.1 实验材料与仪器	61
4.2.2 结果与讨论	63
4.2.3 结论	65
5 沙棘叶多糖的提取纯化	67
5.1 沙棘叶多糖分析方法的确立	67
5.1.1 实验试剂和仪器	67
5.1.2 葡萄糖对照品贮备液的配制	67
5.1.3 供试品贮备液的配制	67
5.1.4 苯酚试剂的配制	68
5.1.5 实验条件的选择	68
5.1.6 标准曲线制作	69
5.1.7 重现性实验	70
5.1.8 加样回收率测定	70
5.1.9 小结	71
5.2 沙棘叶多糖提取方法的研究	71

5.2.1 试剂和实验仪器	72
5.2.2 沙棘叶多糖提取工艺流程的确定	72
5.2.3 沙棘叶多糖提取工艺参数的确定	72
5.2.4 小结	78
5.3 沙棘叶多糖纯化方法的研究	78
5.3.1 试剂和仪器	78
5.3.2 沙棘叶多糖纯化工艺路线的确定	79
5.3.3 粗多糖中蛋白的去除	80
5.3.4 粗多糖中色素的去除	81
5.3.5 粗多糖中小分子杂质的去除	83
5.3.6 纤维素纯化沙棘叶多糖	83
5.3.7 Sephadex 凝胶纯化沙棘叶多糖	85
5.3.8 小结	88
6 沙棘油的提取成分分析	89
6.1 沙棘油分类	89
6.2 沙棘油提取方法	89
6.2.1 离心法分离沙棘果油	89
6.2.2 压榨法提取沙棘种子油和全果油	90
6.2.3 浸出法提取沙棘油	90
6.2.4 超临界萃取法提取沙棘油	90
6.3 超临界二氧化碳萃取沙棘籽油工艺优化	91
6.3.1 试验材料与方法	91
6.3.2 结果与分析	93
6.3.3 小结	96
6.4 超临界二氧化碳萃取沙棘籽油成分分析	96
6.4.1 仪器、试剂与材料	97
6.4.2 实验方法	97
6.4.3 实验结果及分析	98
7 匀浆提取技术提取沙棘果渣黄酮	103
7.1 高效液相色谱梯度洗脱同时测定沙棘果中 5 种黄酮	103

7.1.1 实验部分	104
7.1.2 结果与讨论	105
7.1.3 小结	110
7.2 沙棘果渣黄酮匀浆提取工艺优化	110
7.2.1 实验材料	111
7.2.2 仪器及试剂	111
7.2.3 研究方法	111
7.2.4 结果与讨论	111
7.2.5 小结	113
致谢	117

附录

附录一	121
附录二	124
附录三	143
附录四	158
附录五	166
附录六	173
附录七	180
附录八	201
附录九	219
附录十	230
附录十一	236
附录十二	246
附录十三	251

上篇

国内外的研究进展和发展趋势

1 沙棘特征及分布

1.1 形态学特征

沙棘 (*Hippophae*) 为胡颓子科 (*Elaeagnaceae*) 落叶灌木或乔木, 高 5-10m, 具粗壮棘刺。枝幼时密被褐锈色鳞片。叶互生, 线性或线状披针形, 两端钝尖, 下面密被淡白色鳞片; 叶柄极短。花先叶开放, 雌雄异株; 短总状花序腋生于头年枝上; 花小, 淡黄色, 雄花花被 2 裂, 雄蕊 4; 雌花花被筒囊状, 顶端 2 裂。果为肉质花被筒包围, 近球形, 橙黄色。花期 3-4 月, 果期 9-10 月。生于河边、高山、草原。种子斜卵形, 长约 4mm, 宽约 2mm, 表面褐色, 有光泽, 中间有 1 纵沟, 种皮较硬, 种仁乳白色, 有油性。气微, 味酸、涩。

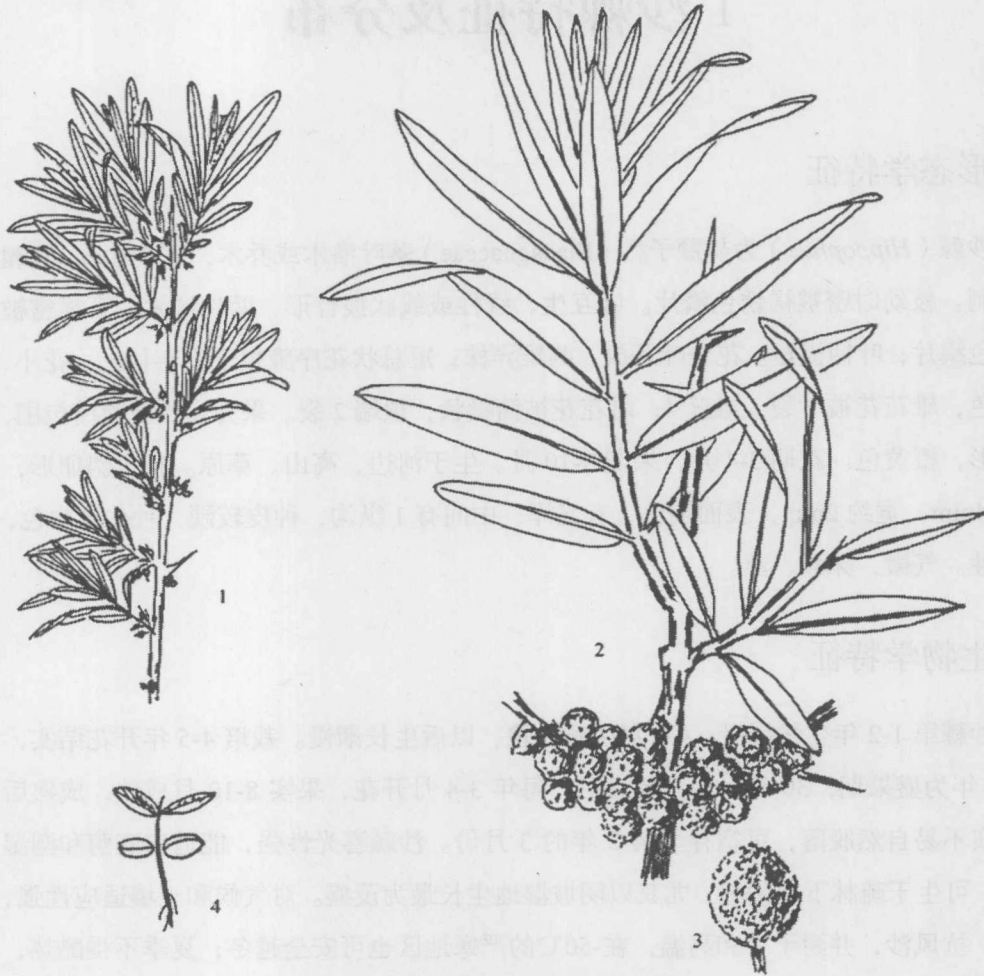
1.2 生物学特征

沙棘第 1-2 年生长缓慢, 4-6 年生长较快, 以后生长渐慢。栽培 4-5 年开花结实, 10-15 年为盛果期, 30 年以后开始衰退。每年 3-4 月开花, 果实 8-10 月成熟, 成熟后的果实不易自然脱落, 可宿存至第 2 年的 3 月份。沙棘喜光性强, 能适应庇荫和潮湿土地, 可生于疏林下或阴坡, 尤其以阴坡湿地生长最为茂盛。对气候和土壤适应性强, 抗寒、抗风沙, 并耐干旱和高温, 在 -50℃ 的严寒地区也可安全越冬; 夏季不畏酷热, 在地面 60℃ 的高温下也不致枯死。沙棘对土壤要求不严, 耐盐碱, 耐水湿, 更耐干旱瘠薄。可在石质山地、丘陵, 以及黄土高原的塬、阳坡、阴坡、阶地、沙地和平原、河岸、沟谷、低湿地、河漫地、洪积扇和低盐渍土地生长。沙棘根生有根瘤, 生长过程中, 在最干旱、最瘠薄的地力条件下, 也能产生大量的根瘤菌。

1.3 沙棘属植物分类及分布

沙棘的地理分布很广, 在东经 2°-123°, 北纬 27°-69°, 跨欧亚两洲温带地区, 分为 4 个种。我国是沙棘属植物分布区面积最大, 种类最多的国家。目前在山西、陕西、内蒙古、河北、甘肃、宁夏、辽宁、青海、四川、重庆、云南、贵州、新疆、西藏等

20个省、自治区和直辖市都有分布，计有4个种和5个亚种，总面积达1800万亩（1亩≈667平方米）^[2]。



1 枝条；2, 3 果实；4 幼苗
图 1-1 沙棘模式图（引自文献^[1]）

1.3.1 肋果沙棘

肋果沙棘 (*Hippophae neurocarpa*) 为落叶灌木或小乔木，高 0.6-5m；幼枝黄褐色，密被银白色或淡褐色鳞片和星状柔毛，老枝变光滑，灰棕色，先端刺状，呈灰白色；冬芽紫褐色，小，卵圆形，被深褐色鳞片。叶互生，线形至线状披针形，长 2-6 (8) cm，宽 1.5-5mm，顶端急尖，基部楔形或近圆形，上面幼时密被银白色鳞片或灰绿色星状柔毛，后星状毛多脱落，蓝绿色，下面密被银白色鳞片和星状毛，呈灰白色，或混生褐色鳞片，而呈黄褐色。花序生于幼枝基部，簇生成短总状，花小，黄绿色，雌雄异

株，先叶开放；雄花黄绿色，花萼 2 深裂，雄蕊 4，2 枚与花萼裂片对生，2 枚与花萼裂片互生，雌花花萼上部 2 浅裂，裂片近圆形，长约 1mm，具银白色与褐色鳞片，花柱圆柱形，褐色，稍弯，伸出花萼裂片外。果实为宿存的萼管所包围，圆柱形，弯曲，具 5-7 纵肋（通常 6 纵肋），长 6-8(9)mm，直径 3-4mm，成熟时褐色，肉质，密被银白色鳞片，果皮质薄，与种子易分离；种子圆柱形，长 4-6mm，黄褐色。

产于西藏、青海、四川、甘肃；生于海拔 3400-4300m 的河谷、阶地、河漫滩，常形成灌木林，高海拔地区常作燃料。

1.3.2 柳叶沙棘

柳叶沙棘 (*Hippophae salicifolia*) 为落叶直立灌木或小乔木，高 5m，枝顶端具短刺；幼枝纤细，伸长，密被褐色鳞片和散生淡白色星状柔毛，老枝灰棕色。叶纸质，线状披针形或宽线状披针形，长 45-80mm，宽 6-10mm，顶端渐尖或钝形，基部钝形，边缘甚反卷或不反卷，上面深绿色，散生白色星状短柔毛，下面灰绿色，密被毡状灰绿色短柔毛，无鳞片，中脉在上面凹下，呈槽状，下面褐色，明显凸起，微被星状柔毛；叶柄褐色，长 2mm。果实圆形或近圆形，多汁，成熟时橙黄色，长 8mm，直径 6mm；果核阔椭圆形，长 5.5mm，直径 3.2mm；果梗长约 1mm。花期 6 月，果期 10 月。

产于我国西藏南部（吉隆、错那），生于海拔 2800-3500m 的高山峡谷山坡疏林中或林缘，为喜马拉雅山地区的特有植物。

1.3.3 西藏沙棘

西藏沙棘 (*Hippophae thibetana* Schlechtend) 为矮小灌木，高 4-60cm，稀达 1m；叶腋通常无棘刺。单叶，三叶轮生或对生，稀互生，线形或矩圆状线形，长 10-25mm，宽 2-3.5mm，两端钝形，边缘全缘不反卷，上面幼时疏生白色鳞片，成熟后脱落，暗绿色，下面灰白色，密被银白色和散生少数褐色细小鳞片。雌雄异株；雄花黄绿色，花萼 2 裂，雄蕊 4，2 枚与花萼裂片对生，2 枚与花萼裂片互生；雌花淡绿色，花萼囊状，顶端 2 齿裂。果实成熟时黄褐色，多汁，阔椭圆形或近圆形，长 8-12mm，直径 6-10mm，顶端具 6 条放射状黑色条纹；果梗纤细，褐色，长 1-2mm。花期 5-6 月，果期 9 月。

产于甘肃、青海、四川、西藏；生于海拔 3300-5200m 的高原草地河漫滩及岸边。由于适宜于干燥寒冷、风大的高原气候特点，一般植株矮小，分布在海拔 5000m 以上的高寒地区的植株高仅 7-8cm。

1.3.4 沙棘

沙棘 (*Hippophae rhamnoides* Linn.) 自林奈定名后，直到现在各国都未发现保存有他定名的模式标本，对确定正确的种带来一定的困难。所以过去分类学者简单地把各地区的标本，均定名为一个种，并认为沙棘属只有这个种，或工作稍细些的作者分成 3-4 个种。但对沙棘则认为是广布欧亚的种，很少对种下等级进行研究。1971 年芬兰土尔库大学植物系的 Arne Rousi 对本属作了详细研究，特别对沙棘 *H. rhamnoides* 作了考证，认为林奈的沙棘应为欧洲北部海滨植物，因此后选模式标本产地为瑞典的乌布萨拉植物园。他将本种分为 9 个亚种，其中我国有中国沙棘、江孜沙棘、蒙古沙棘、中亚沙棘和云南沙棘 5 个亚种，产于华北、西北和西南地区。

1.3.4.1 中国沙棘 (亚种)

中国沙棘 (*Hippophae rhamnoides* Linn. subsp. *sinensis* Rousi)，又名醋柳 (山西)，黄酸刺、酸刺柳 (陕西)，黑刺 (青海)，酸刺 (内蒙古)。落叶灌木或乔木，高 1-5m，高山沟谷可达 18m，棘刺较多，粗壮，顶生或侧生；嫩枝褐绿色，密被银白色而带褐色鳞片或有时具白色星状柔毛，老枝灰黑色，粗糙；芽大，金黄色或锈色。单叶通常近对生，与枝条着生相似，纸质，狭披针形或矩圆状披针形，长 30-80mm，宽 4-10 (13) mm，两端钝形或基部近圆形，基部最宽，上面绿色，初被白色盾形毛或星状柔毛，下面银白色或淡白色，被鳞片，无星状毛；叶柄极短，几无或长 1-1.5mm。果实圆球形，直径 4-6mm，橙黄色或橘红色；果梗长 1-2.5mm；种子小，阔椭圆形至卵形，有时稍扁，长 3-4.2mm，黑色或紫黑色，具光泽。花期 4-5 月，果期 9-10 月。

产河北、内蒙古、山西、陕西、甘肃、青海、四川西部。常生于海拔 800-3600m 温带地区向阳的山峰、谷地、干涸河床地或山坡，多砾石或沙质土壤或黄土上。我国黄土高原极为普遍。

本亚种过去定为沙棘 *H. rhamnoides* Linn.，所有记载中国植物的书籍及对中国沙棘的研究都用这个名字。1971 年芬兰 A. Rousi 比较研究后才作为一个亚种存在，而且仅产于中国北部及西部。A. Rehder 根据幼嫩枝条和叶片上面具白色星状柔毛定为高沙棘

变种 var. *procera* Rehd. (高可达 18m, 分布山地坡谷和河谷)。A. Rousi 认为星状柔毛不是区分亚种或变种的主要依据, 因此合并在本亚种内作异名。

1.3.4.2 江孜沙棘 (亚种)

江孜沙棘 (*Hippophae rhamnoides* Linn. subsp. *gyantsensis* Rousi) 为落叶灌木或乔木, 高 5-8m, 小枝纤细, 灰色或褐色; 节间较短。叶互生, 纸质, 狭披针形, 长 30-55mm, 宽 3-5mm, 基部最宽, 顶端钝形, 边缘全缘, 微反卷, 上面绿色或稍带白色, 具散生星状白色短柔毛或绒毛, 尤以中脉为多, 下面灰白色, 密被银白色和散生少数褐色鳞片, 有时散生白色绒毛, 中脉在上面下陷, 下面显著凸起; 叶柄极短或几无。果实椭圆形, 长 5-7mm, 直径 3-4mm, 黄色; 果梗长约 1mm; 种子椭圆形, 甚扁, 具六纵棱, 长 4.5-5mm, 直径约 3mm, 带黑色, 无光泽, 种皮微皱, 羊皮纸质。

产于我国西藏拉萨、江孜、亚东一带, 拉萨有栽培; 生于海拔 3500-3800m 的河床石砾地或河漫滩。

1.3.4.3 蒙古沙棘 (亚种)

蒙古沙棘 (*Hippophae rhamnoides* Linn. subsp. *mongolica* Rousi) 为落叶灌木, 高 2-6m; 幼枝灰色或褐色, 老枝粗壮, 侧生棘刺较长而纤细, 常不分枝。叶互生, 长 40-60mm, 宽 5-8mm, 中部以上最宽, 顶端钝形, 上面绿色或稍带银白色。果实圆形或近圆形, 长 6-9mm, 直径 5-8mm, 果梗长 1-3.5mm, 种子椭圆形, 长 3.8-5mm。

产于新疆 (伊犁、策勒、尼勒克等地)。生于海拔 1800-2100m 的河漫滩。

1.3.4.4 中亚沙棘 (亚种)

中亚沙棘 (*Hippophae rhamnoides* Linn. subsp. *turkestanica* Rousi) 为落叶灌木或小乔木, 高可达 6m, 稀至 15m, 嫩枝密被银白色鳞片, 一年以上生枝鳞片脱落, 表皮呈白色, 光亮, 老枝树皮部分剥裂; 刺较多而较短, 有时分枝; 节间稍长; 芽小。单叶互生, 线形, 长 15-45mm, 宽 2-4mm, 顶端钝形或近圆形, 基部楔形, 两面银白色, 密被鳞片 (稀上面绿色), 无锈色鳞片; 叶柄短, 长约 1mm。果实阔椭圆形或倒卵形至近圆形, 长 5-7(9)mm, 直径 3-4mm (栽培的长可达 6-9mm, 直径 6-8mm), 干时果肉较脆; 果梗长 3-4mm; 种子形状不一, 常稍扁, 长 2.8-4.2mm。花期 5 月, 果期 8-9 月。

产于我国新疆。生于海拔 800~3000m 的河谷台阶地、开阔山坡, 常见于河漫滩。

1.3.4.5 云南沙棘（亚种）

云南沙棘（*Hippophae rhamnoides* Linn. subsp. *yunnanensis* Rousi）本亚种与中国沙棘亚种极为相近，但叶互生，基部最宽，常为圆形或有时楔形，上面绿色，下面灰褐色，具较多而较大的锈色鳞片。果实圆球形，直径 5-7mm；果梗长 1-2mm；种子阔椭圆形至卵形，稍扁，通常长 3-4mm。花期 4 月，果期 8-9 月。

产于四川宝兴、康定以南和云南西北部、西藏拉萨以东地区。常见于海拔 2200-3700 米的干涸河谷沙地、石砾地或山坡密林中至高山草地。模式标本采于云南中甸。

参考文献

- [1] 石福臣. 黑龙江省植物志·第 7 卷[M]. 哈尔滨:东北林业大学出版社, 2003:157.
- [2] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志(第五十二卷第二分册) [M]. 北京:科学出版社, 1983:60.

2 沙棘的经济价值

沙棘的根、茎、叶、花、果，特别是沙棘叶中含有丰富的营养物质和生物活性物质，可以广泛应用于食品、医药、轻工、航天、农牧渔业、外贸等国民经济的许多部门。由于沙棘适应性强，栽培管理技术易掌握，已成为我国黄河中游黄土高原及西部贫困地区脱贫致富的一种重要经济植物资源。尤其是近年来随着对沙棘全方位、多用途研究和开发利用，已显示出沙棘广阔的开发利用前景，取得了相当可观的经济效益。



图 2-1 沙棘叶粉



图 2-2 沙棘果酱