

第一章 概述

20 世纪以来,随着现代科学技术革命所带来的人对自然的巨大干涉能力,现代人类对自然平衡的干预已超过了自然界的再生能力和自我调节能力,使不同水平的自然平衡都已濒临自我修复的极限,而这种平衡的改变又明显地带来了不利于人类生存发展的后果,从而引出了所谓的“全球性问题”,具体表现在人口、粮食、资源、能源、环境 5 个方面。

当前,世界各国都在积极调整发展战略,把高技术及其产业化作为 21 世纪的发展重点。中国“863 计划”将生物技术列在 7 个优先发展领域的第一位,其他依次为航天技术、信息技术、自动化技术、激光技术、新能源技术、新材料技术。美国硅谷一些科学家在世纪之交向总统提交的建议中,也将生物技术列为 21 世纪的 3 大发展领域之一,其他为信息技术、纳米技术。人们普遍认为,21 世纪必将是高技术的世纪,生物技术、信息技术、新材料技术、新能源技术、航天技术、海洋技术为 6 大主攻方向,其中以生物技术为 21 世纪高技术的核心。

生物技术主要指基因工程和蛋白质技术。事实上只要稍加引导,围绕生物范畴的一些基础工作,也能起到“点石成金”的作用。对于沙棘的研究与开发,正是基于这一出发点。

第一节 沙棘的分类特性

一、沙棘属植物的分类简史

沙棘属(*Hippophae*)属于胡颓子科(*Elaeagnaceae*),同科还有胡颓子属(*Elaeagnus*)、水牛果属(*Shepherdia*)。以萼片 2 裂、雄蕊 4 枚且其中 2 枚与花萼裂片对生为共同特征,而区别于胡颓子属和仅位于北美的水牛果属。按分支分类学观点,沙棘属在发生上是一个单系属。

沙棘属是由瑞典学者 Linnaeus 以鼠李沙棘 *Hippophae rhamnoides* 为模式而建立的(*Sp. Pl.* 1023, 1753)。

1825 年,Don D. 在 *Prodr. Fl. Nepal* 中,描述了一种柳叶沙棘 *H. salicifolia*,模式采自喜马拉雅山地区的尼泊尔。

1863 年,von Schlechtendal, D. F. L. 在 *Linnaea* 32 中,记载了一种西藏沙棘 *H. tibetana*,模式采自西藏。

1952 年,von Soest, J. L. 在 *Mitt. Flor. Soz. Arb. N. F.* 3 中,首次把产于欧洲的 *H. rhamnoides* 分为两个亚种,即 *ssp. martima* 和 *ssp. fluviatilis*,前者分布于海滨,后者分布于阿尔卑斯山。依据国际植物命名法规中自动名规则,Rousi(1971)指出了 *ssp. martima* 在命名中的错误,并订正为 *ssp. rhamnoides*。

1971 年,Rousi 在 *Ann. Bot. Fennici* 8 发表了“ The Genus *Hippophae* L. A. Taxonomic Study”。文中将沙棘属划分为 3 个种,即鼠李沙棘、柳叶沙棘、西藏沙棘 又将鼠李沙棘划分为 9 个亚种,其中 *ssp. carpatica*, *ssp. caucasia*, *ssp. turkestanica*, *ssp. mongolica*, *ssp. sinensis*, *ssp. gyantsensis*, *ssp. yunnanensis* 等 7 个亚种为新描述的。他认为林奈定沙棘属的标本可能采自北欧海岸,指定模式产地为瑞典乌布萨拉的林奈植物园。 Rousi 为沙棘属植物的分类做出了卓越贡献。

1978 年,中国学者刘尚武和何廷农在《植物分类学报》16(2)上发表了“ 青藏高原的沙棘 ”一文,文中新描述了一种肋果沙棘 *H. Neurocarpa*。

1983 年出版的《中国植物志》52(2)和 1986 年出版的《西藏植物志》第三卷,分别记述了沙棘属 4 种 5 亚种和 4 种 4 亚种,基本上采用了 Rousi 的观点。

1986 年以来,中国学者廉永善等进行了大量的野外考察和深入细致的研究工作,内容涉及沙棘属的系统分类、生态地理分布、起源进化、雌雄差异、种下类型、性状演化和物种形成,发现沙棘属植物的果皮与种皮有贴合或分离现象,雌雄花芽在冬季的形态结构等对其分类系统和进化具有特殊重要的意义。据此,在种上建立了无皮组 (*Sect. 1* Hippophae)和有皮组(*Sect. 2* Gyantsensis) 将江孜沙棘升级为种而置于有皮组之中 发现了 1 个新种和 2 个新亚种(*H. goniocarpa*, *H. goniocarpa ssp. litangensis*, *H. goniocarpa ssp. stellatopilosa*),在此基础上,以形态为标志,以进化为背景,建立了全新的沙棘属分类系统——廉氏沙棘分类系统 (见表 1-1)。

表 1-1 廉氏沙棘分类系统一览

科	属	组	种	亚 种
胡颓子科	沙棘属	无皮组	鼠李沙棘 <i>H. rhamnoides</i> Linn.	中国沙棘 <i>ssp. sinensis</i> Rousi
				云南沙棘 <i>ssp. yunnanensis</i> Rousi
				中亚沙棘 <i>ssp. turkestanica</i> Rousi
				蒙古沙棘 <i>ssp. mongolica</i> Rousi
				高加索沙棘 <i>ssp. caucasia</i> Rousi
				喀尔巴千山沙棘 <i>ssp. carpatica</i> Rousi
				海滨沙棘 <i>ssp. rhamnoides</i>
				溪生沙棘 <i>ssp. fluviatilis</i> Rousi
		有皮组	柳叶沙棘 <i>H. salicifolia</i> D. Don	
			棱果沙棘 <i>H. goniocarpa</i> Lian, X. L. Chen et K. Sun	理塘沙棘 <i>ssp. litangensis</i> Lian et X. L. Chen 棱果沙棘 <i>ssp. goniocarpa</i>
			江孜沙棘 <i>H. gyantsensis</i> S. W. Liuet T. N. He	
			肋果沙棘 <i>H. neurocarpa</i> S. W. Liuet T. N. He	密毛肋果沙棘 <i>ssp. stellatopilosa</i> Lian et X. L. Chen 肋果沙棘 <i>ssp. neurocarpa</i>
			西藏沙棘 <i>H. tibetana</i> Schlecht.	

二、沙棘属类群间的进化关系

沙棘属内存在着种级的分化及进化关系。廉永善等(1997)选取了 20 个同源性状,作为分析确定沙棘属各类群演化程度的基础(见表 1-2)。

表 1-2 沙棘属植物同源性状的对比

性 状	祖征态	中间态	衍征态
1 生活型	乔木,树干单一,高 4m 以上	乔木型和灌木型并存	灌木
2. 枝条特征	柔软,无明显枝刺		坚挺,枝刺多
3. 叶着生方式	以对生为主	以互生为主	以轮生为主
4. 叶片形状	披针形,宽大于 5mm		条形或近条形,宽小于 5mm
5. 叶柄长度	1.5~3.0mm		不大于 1mm
6. 叶面被覆物	密被星状绒毛		密被鳞片
7. 花芽形状	十字形棱状塔形	螺旋状塔形	卵形
8. 花的性别	两性花,或雌雄花同株,雄花具退化雌蕊		雌雄异株
9. 心皮数量	有 2 个心皮组成的子房存在		仅有 1 个心皮组成的子房
10. 果实类型	横径大于纵径(扁)		横径小于纵径(吊)
11. 果实色泽	黄色	黄、橘黄、橘红、红	棕褐色
12. 果实纹饰	无特殊纹饰		具 5~7 条棱,或顶部有黑色星芒状纹饰
13. 果皮与种皮的关系	两者易于分离,种子表面具光泽	有时部分分离,表面具光泽	两者贴合而表面无光泽
14. 果实内的种子数	杂有含 2 粒种子的果实		含 1 粒种子
15. 种皮厚度	种皮较厚,通常为 143~500 μ m		种皮较薄,通常为 50~143 μ m
16. 种子内胚乳量	胚乳量较多,种子干燥后在子叶与种皮间有明显间隙		胚乳量较少,种子干燥后子叶紧贴种皮
17. 花粉类型	3 沟孔型		有 4 或 5 沟孔型
18. 花粉表面纹饰	近平滑或微波状	具颗粒状突起	具瘤状突起
19. 种子蛋白质谱带数	谱带较少,主带 7~10 条		谱带较多,主带达 15 条
20. 分布海拔高度	通常在 3 000m 以下		主要分布于 3 000m 以上

用演化指数反映沙棘属植物的演化程度，其计算公式为：

$$I_d = d/c$$

式中： I_d 为演化指数，%； d 为衍征态、中间态性状之和（即在表 1-2 中的 20 个性状中，如为衍征态，则计 1，为中间态，则计 0.5）； c 为性状总数（即 20）。

沙棘属内各种、亚种同源性状的演化指数（即 I_d ）如下：

中国沙棘 :17.5%	喀尔巴千山沙棘 :42.1%	棱果沙棘 :70.6%
柳叶沙棘 :26.3%	溪生沙棘 :42.1%	江孜沙棘 :75.0%
云南沙棘 :30.0%	鼠李沙棘 :42.1%	密毛肋果沙棘 :77.5%
蒙古沙棘 :42.1%	中亚沙棘 :45.0%	肋果沙棘 :85.0%
高加索沙棘 :42.1%	理塘沙棘 :64.7%	西藏沙棘 :97.5%

演化指数越大，说明该种、亚种进化程度越高，反之则低。中国沙棘的生活型、果实类型、果实色泽为中间态，枝条特征、叶面被覆物为衍征态，其余均为祖征态，属于最原始的种（亚种），而西藏沙棘为沙棘属中最为进化的种。

第二节 沙棘的分布特性

沙棘属植物广泛分布于欧亚大陆温带地区，南起喜马拉雅山脉南坡的尼泊尔、锡金，北至大西洋沿岸的挪威，东抵中国东北地区，西到南欧的西班牙。跨东经 $2^{\circ} \sim 123^{\circ}$ 、北纬 $27^{\circ} \sim 69^{\circ}$ 之间。其垂直分布从欧洲海滨到海拔 3 000m 以上的高加索山脉，直到海拔 5 200 m 的青藏高原及喜马拉雅山地区。

一、地域分布

欧洲仅分布有鼠李沙棘种下的高加索沙棘、喀尔巴千山沙棘、溪生沙棘、海滨沙棘等 4 个亚种，均属无皮组。其中，高加索沙棘主要分布于高加索地区；喀尔巴千山沙棘、溪生沙棘分布于阿尔卑斯山地区；海滨沙棘分布于波罗的海、北海海滨及大西洋挪威海岸。

亚洲分布的沙棘属植物最多，在所有 6 种 12 亚种中，亚洲分布有 6 种 8 亚种，横断山脉至青藏高原地区是沙棘属分布最为集中的地区。蒙古沙棘分布于阿尔泰、西伯利亚、蒙古等地区；中亚沙棘分布于中亚地区；柳叶沙棘分布于喜马拉雅地区；云南沙棘、密毛肋果沙棘、理塘沙棘分布于横断山脉地区；中国沙棘分布于中国横断山脉及“三北”地区；肋果沙棘、棱果沙棘分布于横断山脉及青藏高原地区；江孜沙棘分布于横断山脉及喜马拉雅地区；西藏沙棘分布于青藏高原和喜马拉雅地区。

沙棘不同种类在世界范围内的大致分布，见图 1-1。

二、垂直分布

无皮组的所有种、亚种，主要分布在海拔 3 000m 以下的地区（个别情况下也可达 4 200m），而且随纬度的升高其分布海拔降低。

有皮组的所有种、亚种，集中分布在海拔 3 000 ~ 5 200m 的横断山脉、青藏高原及喜马拉雅山地区（个别情况下也有 2 800m）。

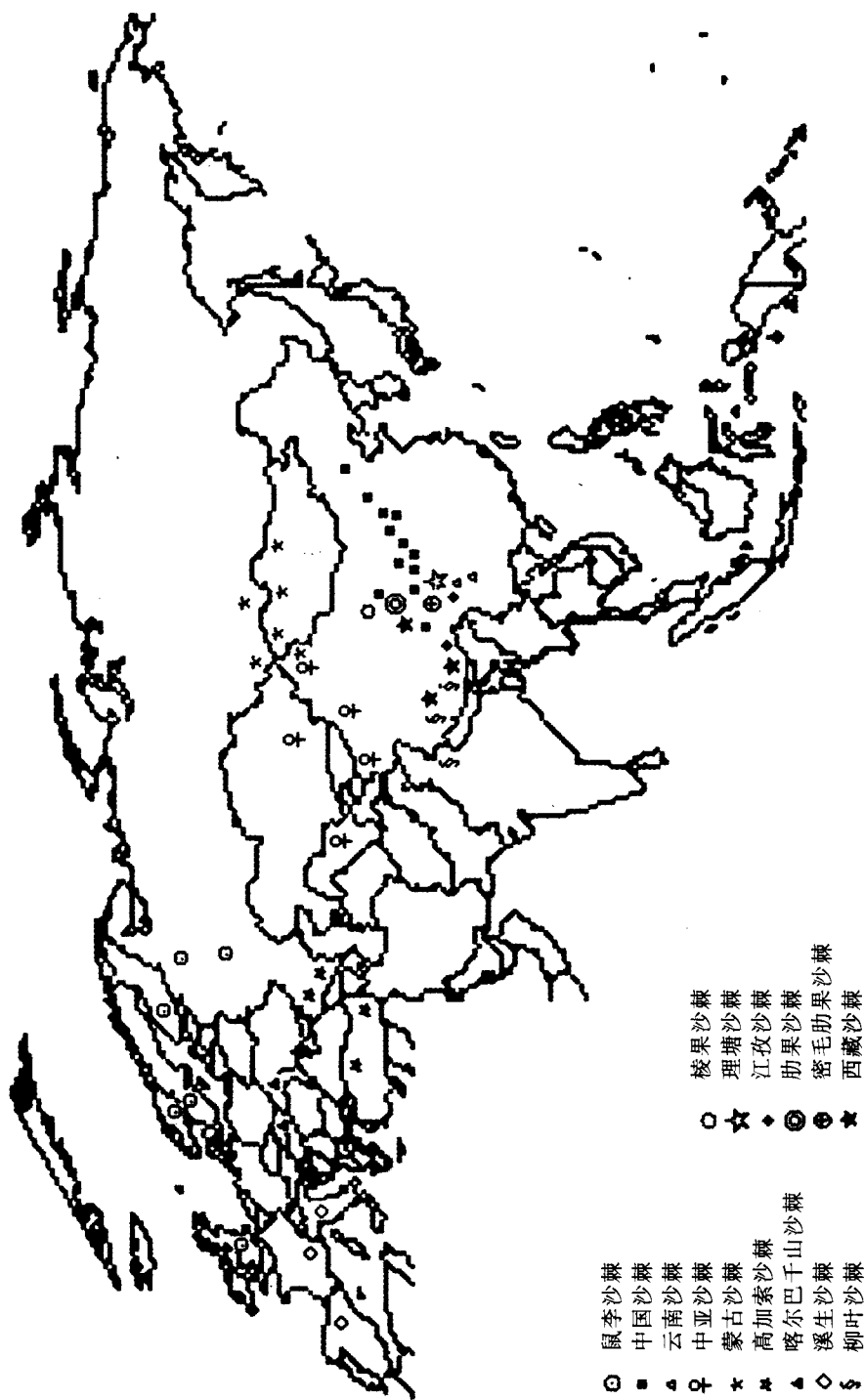


图 1-1 沙棘属植物在世界范围内的地理分布

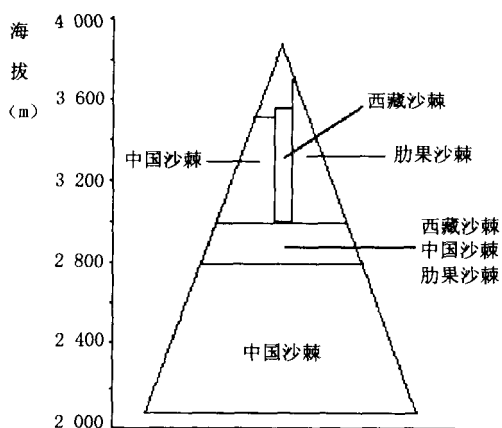


图 1-2 祁连山区沙棘属植物垂直分布示意图

徐永昶等(1989)对青海省境内祁连山区祁连、门源、大通、互助4县沙棘资源的调查表明,该区沙棘分布广,垂直分布在海拔2 100~3 690m 其中中国沙棘分布在2 100~3 500m,西藏沙棘分布在2 800~3 560m。有些地区自海拔2 800m起出现中国沙棘和肋果沙棘,或中国沙棘和西藏沙棘,或中国沙棘和肋果沙棘、西藏沙棘混生的地带(如图 1-2)。

三、中国沙棘亚种的分布规律

中国境内目前大规模种植及开发利用的沙棘属植物为中国沙棘亚种。中国沙棘沿青藏高原的东部和东北部边缘,经黄土高原,直达大兴安岭的西南角,呈西南—东北走向,海拔在550~3 000m。其分布带正好在中国三大地理气候带植被区,即东南部湿润森林区、西北部草原荒漠区和青藏高原高寒植被区的过渡地带,为森林—草原、森林—草甸过渡带的成员。中国沙棘在中国境内的分布,见图 1-3。

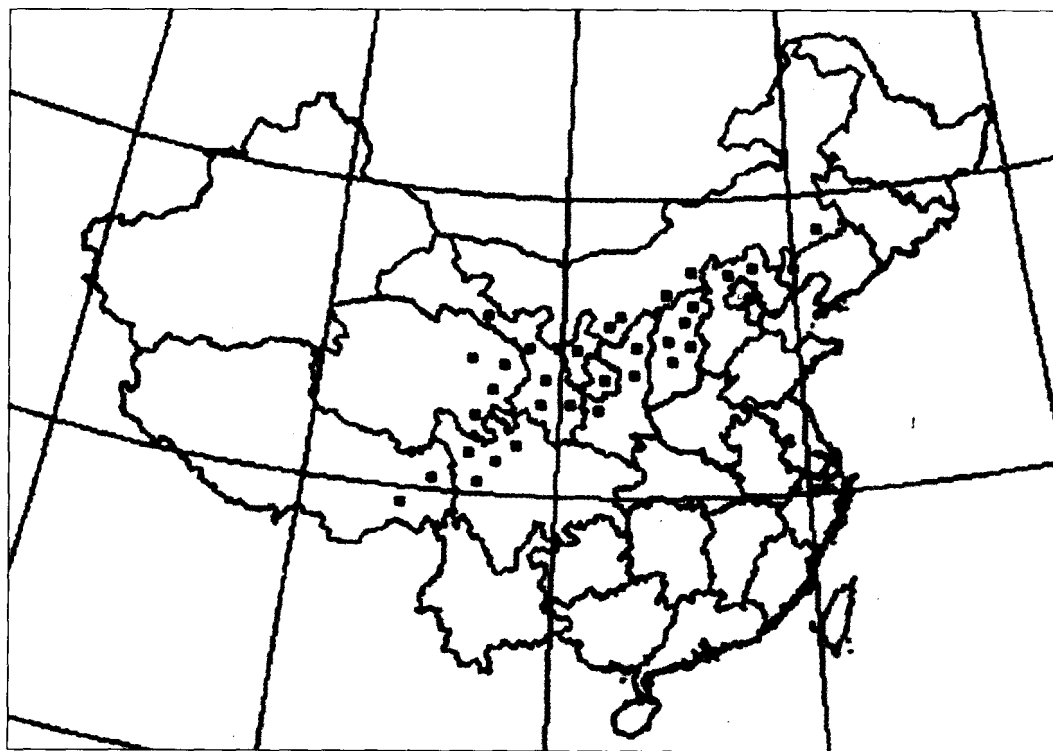


图 1-3 中国沙棘亚种地理分布示意图

在中国,人工种植的中国沙棘基本与其天然分布相重合。陕西、甘肃、宁夏、青海、山西、内蒙古、河北、辽宁等为重点种植省(区)。其中,陕西吴旗、靖边等,甘肃镇原、秦安等,宁夏彭阳等,青海大通等,山西右玉、岢岚等,内蒙古准格尔、敖汉、东胜等,河北丰宁等,辽宁建平等为中国沙棘种植重点地区。

在中国沙棘诸产地中,山西太岳山、关帝山,河北丰宁,辽宁建平,甘肃关山梁、秦安等为抗逆性强、产果量大、多种性状表现较好的产地,也是“三北”地区应重点引种的中国沙棘种源产地。中国沙棘在中国“三北”地区造林中,充当着重要的角色。

第三节 沙棘的生物学与生态学特性

一、生物学特性

沙棘属植物从对光照的要求来看,为喜光的强阳性树种 从对水分的要求来看,一般为中生树种。常为灌木状,高 2~4m,在条件优越处也可长成亚乔木状(5~8m)。如位于青海省祁连县扎麻什乡地盘子村沟谷海拔2 600多 m 的 1 株中国沙棘雌株,1985 年调查时,树高达 11.5m,胸径 57cm,冠幅 9.2m,树龄约 80a,树势健壮,能正常结实(徐永昶,1988) 柳叶沙棘树高可达 10m 以上 云南沙棘树高可达 20m 以上(廉永善等,1996)。

速生期为 3~7a,一般需 5 年左右就要进行平茬,以便获得薪柴,同时,起到更新复壮的作用。

枝条坚挺,枝刺多。枝条横切面由周皮、韧皮部、形成层、木质部和髓心组成。木射线 1~2 列,分布均匀。木材为散孔材。

叶对生,叶片披针形,叶柄长 1~3mm,叶片密被鳞片,叶面深灰绿色,叶被为银灰色。叶片由角质层、表皮、栅栏状组织、海绵状组织等构成。单层、圆形、不含叶绿素的表皮细胞从两面保护叶肉。

根系一般为水平根型,但也常发现“复合根型”,即垂直根与水平根均较为发达的类型,垂直根直扎深度可达 3m 以上。0~40cm 土层为根系密集层,根量占 72%,根长占 54%,直径小于 1mm 的吸收根主要分布在该层(胡建忠,1992)。据李勇(1990)对陕西省宜川县铁龙湾林区 8~12a 沙棘林地进行调查,发现直径小于 1mm 的吸收根沿土层深度的分布规律为幂函数分布,其数量在 0~30cm 范围内从上到下急剧减少;30~90cm 逐渐减少 90cm 以下维持在极低水平。根蘖能力很强,当根系在表土内 0~20cm 水平延伸时,在 0.5~1.0cm 粗的根系上可萌发新株;以后会以新株为起点,继续向四周蔓延。根系周皮比例大,截面积、干物质重均在 70% 以上(高志义等,1988),含水量和持水能力均较高。根系具根瘤,固氮能力很强。花很小,单性,雌雄异株,风媒授粉。花芽为混合芽,生于当年生枝条叶腋,一般一个叶腋只生一个花芽。花芽仅在短丛生枝或枝龄较大的长枝上形成。通常雄花芽较雌花芽大 2~3 倍。3~4a 即开始挂果结实,一般 5~10a 为结实盛期。果实呈黄、橘黄、橘红、红等多种颜色,横、纵径无明显规律,或呈扁形,或呈吊型。中国沙棘的结实规律是:1~2a 为营养生长阶段,3~4a 为初果期,5~16a 为盛果期,17a 之后进入衰果期(王国礼等,1992)。沙棘百果重相差悬殊,从中国天然野生的几克至前苏

联选育的优良品种的近百克不等。种子千粒重一般为 5~8g。廉永善等(1997)依据有关资料,对沙棘属植物果实中 V_C 含量进行了整理总结,见表 1-3。

表 1-3 沙棘属植物果实的 V_C 含量对比

项 目	中国沙棘	柳叶沙棘	鼠李沙棘	江孜沙棘	肋果沙棘	西藏沙棘
演化指数 I_d (%)	17.5	26.3	42.1	75.0	85.0	97.5
V_C 含量(mg/100g)	297~1 907	1 729	16~1 300	23	3~9	141~242

表 1-3 中显示出沙棘属植物中较原始的种(亚种)一般较更进化的种(亚种)的 V_C 含量高。一些研究也表明, V_C 含量随纬度的增加而减少,但随海拔的增高而增加,这一看似矛盾的现象实际上是由于简单的相关现象所造成的一种假像,其实质原因仍为这些地段分布的沙棘属植物种(亚种)的类别差异所致(廉永善等,1997)。同时,有关研究还指出, V_C 含量一般随着沙棘树龄的增长而增加,但与果实大小成反比。

前苏联等国家的一些学者认为沙棘属植物只有一种,即鼠李沙棘(*Hippophae rhamnoides* Linn.),实际上从自然界沙棘属植物的形态特征上,特别是从果实形态这一主要分类特征来看,沙棘属植物之间是有着明显区别的。一些主要沙棘属植物的器官形态,见图 1-4~图 1-8(仿白建鲁)。

二、生态学特性

中国沙棘是广生态幅植物,喜光,耐大气干旱,耐寒,适应多种贫瘠土壤,是一种少有的适应能力很强的灌木或亚乔木。

(一)光照因子

中国沙棘分布区太阳总辐射为 $460 \sim 628 \text{ kJ/cm}^2$, 其最适值约 565 kJ/cm^2 ; 小于 460 kJ/cm^2 时,生长可能受阻。生长年日照时数为 $2\,000 \sim 3\,000 \text{ h}$ 。

(二)热量因子

最冷月温度为 $-5 \sim -15^\circ\text{C}$, 最热月温度为 $15 \sim 25^\circ\text{C}$ 年日均温度 $\geq 0^\circ\text{C}$ 的天数约 240 天(3月上中旬到 11月上中旬) $\geq 0^\circ\text{C}$ 的积温为 $3\,500 \sim 4\,000^\circ\text{C}$; $\geq 5^\circ\text{C}$ 的天数 $200 \sim 225$ 天, $\geq 5^\circ\text{C}$ 的积温为 $3\,400 \sim 3\,900^\circ\text{C}$ 。

(三)水分因子

$400 \sim 700 \text{ mm}$ 的年降水量为适宜范围,有时在小于 400 mm 或大于 700 mm 的范围内也能正常生长,最适降水量为 $500 \sim 600 \text{ mm}$ 。

(四)土壤因子

结构疏松、氧气含量较高的沙壤土、壤土、沙土适合于中国沙棘生长,但也能在盐碱化及荒漠化土地上生长。



图 1-4 中亚沙棘、中国沙棘器官形态示意图

1~4 中亚沙棘 1. 雄性枝条 2. 雄性花芽 3. 雌性枝条 4. 雌性花芽
5~9 中国沙棘 5. 雄性枝条 6. 雄性花芽 7. 雄性花序花后残遗物 8. 雌性枝条 9. 雌性花芽



图 1-5 棱果沙棘、理塘沙棘器官形态示意图

1~6 棱果沙棘: 1. 果枝; 2. 雌性花芽; 3. 叶被; 4. 叶面; 5. 核果; 6. 包有果皮的种子
7~14 理塘沙棘: 7. 雄株; 8. 雄性花芽; 9. 叶面; 10. 叶被; 11. 星状毛; 12. 果枝; 13. 核果; 14. 包有果皮的种子



图 1-6 肋果沙棘、江孜沙棘器官形态示意图

1~7 肋果沙棘: 1. 雌性枝条 2. 雌性花芽 3. 雄花 4. 雄性枝条 5. 雄性花芽 6. 果实; 7. 雌花
8~9 江孜沙棘 8. 雌性枝条 9. 雌性花芽



图 1-7 密毛肋果沙棘器官形态示意图

1. 雄株 2. 叶片 3. 叶面 4. 叶背 5. 星状毛 6. 雄性花芽 7. 果枝 8. 核果 9. 鳞状体 10. 星状毛

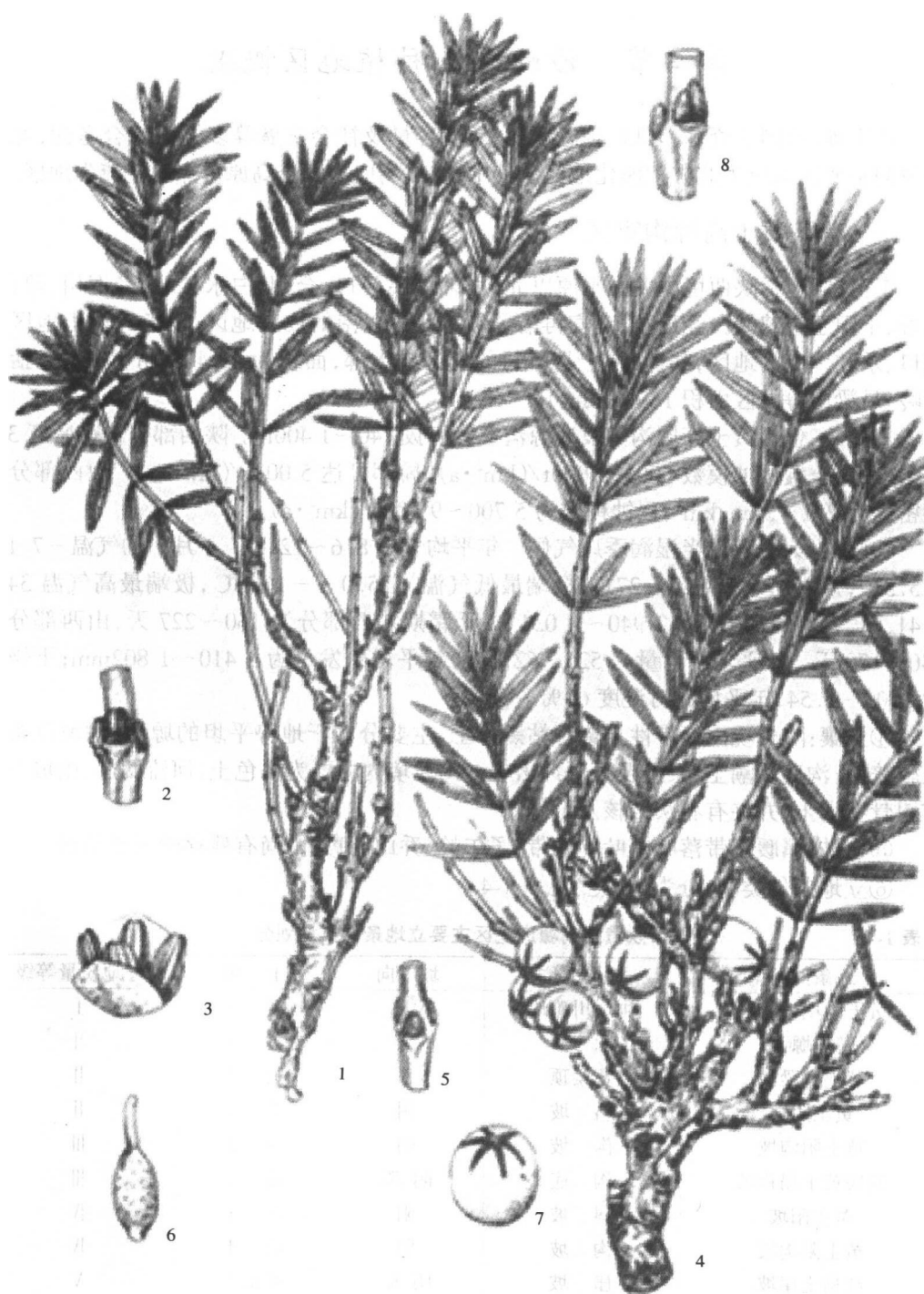


图 1-8 西藏沙棘器官形态示意图

1. 雄株 2. 雄性花芽; 3. 雄花 4. 雌株 5. 雌性花芽; 6. 雌花 7. 果实 8. 叶芽

第四节 沙棘重点种植地区概况

在中国,从国土资源、人口、生态环境、环境容量及社会发展等多方面综合考虑,发展沙棘的主要区域应为北方荒漠化地区。其中,主战场应为黄土高原重点水土流失地区。

一、晋陕黄土高原沟壑区

①范围 包括陕西境内关中平原以北(由韩城禹门口、合阳、白水县北,经铜川、淳化、永寿、千阳至宝鸡峡),经延长、延安再沿子午岭北线以南的广大地区,及山西西山地区自交口、永和以南的地区,共计 29 个县(市)的全部或大部,面积为 $49\,465\text{km}^2$ (其中包括子午岭、吕梁山等林区面积 $16\,440\text{km}^2$)。

②地貌:包括黄土高原沟壑及残塬沟壑。海拔 $740\sim 1\,400\text{m}$ 。陕西部分沟壑密度 $3\sim 5\text{km}/\text{km}^2$,土壤侵蚀模数 $500\sim 3\,000\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$,局部可达 $5\,000\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 。山西部分沟壑密度为 $2.7\sim 3\text{km}/\text{km}^2$,侵蚀模数为 $5\,700\sim 9\,400\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 。

③气候:为暖温带半湿润季风气候。年平均气温 $8.6\sim 12.3^\circ\text{C}$,1 月平均气温 $-7.1\sim -5.3^\circ\text{C}$,7 月平均气温 $22\sim 27^\circ\text{C}$ 极端最低气温 $-25.0\sim -16.0^\circ\text{C}$,极端最高气温 $34.0\sim 41.0^\circ\text{C}$; $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温为 $2\,940\sim 4\,031^\circ\text{C}$;无霜期陕西部分为 $160\sim 227$ 天,山西部分为 $140\sim 170$ 天。年平均降雨量为 $525\sim 627\text{mm}$,年平均蒸发量为 $1\,410\sim 1\,802\text{mm}$,干燥度为 $1.03\sim 1.54$,年平均相对湿度 $60\%\sim 65\%$ 。

④土壤:陕西境内地带性土壤为粘黑垆土,主要分布于地势平坦的塬面;沟坡以黄善土较普遍;沟底多潮土、淤土及石砾冲击土。山西境内主要为褐色土,河流两岸、山坡下部有粗骨型褐土,并夹有石灰结核及石砾。

⑤植被:属暖温带落叶阔叶林地带,子午岭、乔山、黄龙山尚有残存的天然植被。

⑥立地条件类型 分为 10 类^①见表 1-4。

表 1-4 晋陕黄土高原沟壑区主要立地条件类型划分

立地条件类型	地形部位	坡 向	土 壤	立地质量等级
黄土沟坝川滩地	沟坝川滩地		黄 土	I
黄土塬面	塬 面		黄 土	II
黄土宽梁顶	宽梁顶		黄 土	II
黄土阴坡	斜 坡	阴	黄 土	II
黄土阴沟坡	沟 坡	阴	黄 土	III
沟底黄土塌积坡	沟 底	阴、阳	黄 土	III
黄土阳坡	斜 坡	阳	黄 土	IV
黄土阳沟坡	沟 坡	阳	黄 土	IV
红粘土崖坡	崖 坡	阴、阳	红粘土	V
黄土梁顶冲风口	梁 顶		黄 土	V

① 北京林业大学黄土高原立地条件类型划分和适地适树研究报告 1984年

二、晋陕黄土丘陵沟壑区

①范围 晋陕黄土高原沟壑区以北,陕西神木,山西河曲、朔县以南,共计 25 个县(市)的全部或大部,面积 $53\,202.3\text{km}^2$ (其中包括吕梁山林区面积 $5\,442\text{km}^2$)。

②地貌:以黄土丘陵沟壑为主。沟壑密度 $6\sim 8\text{km}/\text{km}^2$,土壤侵蚀模数为 $5\,000\sim 10\,000\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$,最大达 $20\,000\sim 30\,000\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$,为黄河中游侵蚀最严重的地区。

③气候:为暖温带半干旱季风气候。年平均气温 $8.5\sim 11.0^\circ\text{C}$,1 月平均气温 $-9.9\sim -5.6^\circ\text{C}$,7 月平均气温 $21.5\sim 25.0^\circ\text{C}$ 极端最低气温 $-29.3\sim -19^\circ\text{C}$,极端最高气温 $35.0\sim 41.5^\circ\text{C}$; $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温陕北为 $3\,190.8\sim 3\,934.8^\circ\text{C}$,晋西为 $2\,800\sim 3\,200^\circ\text{C}$ 无霜期陕北为 $160\sim 207$ 天,晋西为 $123\sim 150$ 天。年平均降雨量为 $450\sim 570\text{mm}$,年平均蒸发量为 $1\,704.4\sim 2\,387.9\text{mm}$ 干燥度陕北为 1.73 ,晋西为 $1.0\sim 1.4$;年平均相对湿度 $53\%\sim 59\%$ 年平均日照时数为 $2\,415.5\text{h}$ 。

④土壤 陕北为黑垆土,仅存于梁峁上部、分水鞍、堰等部位 大部分梁峁坡为黄绵土;沟坡为红粘土;河道、川谷和山麓分布有石砾土和沙板土。晋西主要为黄绵土。

⑤植被:属森林草原植被地带。

⑥立地条件类型 共 8 类(见表 1-5)。

表 1-5 晋陕黄土丘陵沟壑区主要立地条件类型划分

立地条件类型	地形部位	坡 向	土 壤	立地质量等级
沟坝地川地	沟地、川滩		耕作浅黑垆土 淤积黄土	I
黄土梁峁阴坡	梁峁坡	阴	黄 土	II
黄土梁峁阳坡	梁峁坡	阳	黄 土	III
黄土梁峁顶	梁峁顶		黄 土	III
黄土沟坡	沟 坡	阴	黄 土	IV
盐碱土河滩	沟底、川滩		盐碱土	V
红粘土沟坡	沟 坡	阳、阴	红粘土	V
冲风口地	冲风口		沙黄土	V

三、陇东南部黄土高原沟壑区

①范围 本区自甘肃华池的西嘴子,经环县王家湾至洪德一线以南甘肃境内陇东 11 个县(市)的全部,及环县、华池的少部分地区,面积为 $23\,541\text{km}^2$ 。

②地貌:以高原沟壑区为主。海拔 $1\,000\sim 1\,400\text{m}$,沟壑密度 $3\sim 5\text{km}/\text{km}^2$,土壤侵蚀模数为 $5\,300\sim 7\,000\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 。

③气候:为中温带半湿润区季风气候。年平均气温 $8\sim 10^\circ\text{C}$,1 月平均气温 $-7.1\sim$

-4.0℃,7月平均气温 19.1~22.9℃ 极端最低气温 -25.4~-19.7℃,极端最高气温 35.1~39.3℃; $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温为 2 700~3 330℃无霜期 160~190 天。年平均降雨量为 500~700mm,年平均蒸发量为 1 386~1 592mm 干燥度 0.95~1.25,年平均相对湿度 62%~70%。年平均日照时数为 2 200~2 500h。

④土壤：以黑垆土为主，分布于塬面和川台阶地；次为黄绵土，分布于梁、峁、沟壑坡地此外,部分川道、河滩为黄淤土,地势较低的河滩有草甸土分布。

⑤植被：属森林草原植被地带，东部子午岭为以落叶阔叶林为主的次生林植被，西部关山为土石山区(属六盘山余脉),有次生林植被。

⑥立地条件类型 共 9 类(见表 1-6)。

表 1-6 陇东南部黄土高塬沟壑区主要立地条件类型划分

立地条件类型	地形部位	坡 向	土 壤	立地质量等级
川 水 地	川 滩		淤积黄土	I
沟 坝 地	沟 道		淤积黄土	I
石砾土河滩	川 滩		石砾土河滩	II
黑垆土塬面	塬 面		黑垆土	II
黄土阴塬坡	塬 坡	阴	黄 土	III
黄土阴沟坡	沟 坡	阴	黄 土	III
黄土阳塬坡	塬 坡	阳	黄 土	IV
黄土阳沟坡	沟 坡	阳	黄 土	IV
红粘土沟坡	沟 坡	阳、阴	红粘土	V

四、陇中南部黄土梁状丘陵沟壑区

①范围 包括小陇山、西秦岭一线以北,甘肃静宁、华家岭、临洮连心湾一线以南,东界关山,西至渭河、洮河分水岭,共计 12 个县(市),面积 22 150km²。

②地貌：以梁状丘陵沟壑地形为主。黄土丘陵海拔 1 800~2 000m,沟壑密度 3~5km/km²,土壤侵蚀模数为 5 000~10 000t/(km²·a)。

③气候：为中温带半湿润区季风气候。年平均气温 6.6~10.9℃,1月平均气温 -7.0~-2.4℃,7月平均气温 18.6~22.7℃ 极端最低气温 -26.9~-17.5℃,极端最高气温 27.8~38.3℃; $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温为 2 225.2~3 526.9℃无霜期 143~204 天。年平均降雨量为 440~584mm,年平均蒸发量为 1 271~1 658mm 干燥度 0.84~1.38,年平均相对湿度 66%~70%。年平均日照时数为 2 032~2 292h。

④土壤：地带性土壤为灰褐土、黑垆土，强度侵蚀的地区为黄绵土。

⑤植被 属森林草原植被地带,南部小陇山、西秦岭,东部关山均有森林植被。

⑥立地条件类型 共 8 类 (见表 1-7)。

表 1-7 陇中南部梁状黄土丘陵沟壑区主要立地条件类型划分

立地条件类型	地形部位	坡 向	土 壤	立地质量等级
冲积土沟坝川水地	沟底、川滩	阴	冲积性灰褐土	I
石砾土河滩	河 滩		石砾土河滩	I
黄土台阶阶间旱地	台阶地、阶间地		黑垆土、灰褐土、黑麻土	II
黄土梁阶阴坡	梁坡、谷坡		灰褐土、黄绵土	III
黄土梁阶顶	梁 顶		灰褐土、黄绵土	IV
黄土梁阶阳坡	梁坡、谷坡	阳	灰褐土、黄绵土	IV
盐碱土河滩	河 滩	阳、阴	轻盐碱土	V
红粘土沟坡	沟 坡		红粘土	V

五、陇中西部黄土丘陵区

①范围 本区自临洮连心湾、东乡县城、临夏以南,太子山、白石山一线以北地区,包括 6 县(市),总面积为 4 439km²。

②地貌：以黄土梁状丘陵为主，典型地貌与陇中南部黄土梁状丘陵沟壑区基本相同，但相对海拔较高，大多在 1 900m 以上,土壤侵蚀模数为 3 500~7 000t/(km²·a)。

③气候：属中温带半湿润区季风气候。年平均气温 5~8℃,1 月平均气温 -8.5~-6.3℃,7 月平均气温 16.3~24.5℃ 极端最低气温 -29.6~-23.0℃,极端最高气温 28.8~34.6℃;≥10℃积温为 1 810.9~2 415.8℃ 无霜期 132~156 天。年平均降雨量为 499~628mm,年平均蒸发量为 1 259~1 431mm;干燥度 0.71~0.95,年平均相对湿度 63%~71%。年平均日照时数为 2 438~2 569h。

④土壤：主要为黑麻土，还有部分碳酸盐褐土和草甸土。

⑤植被：属森林草原植被地带，南部太子山有次生森林植被存在。

⑥立地条件类型 共 8 类(见表 1-8)。

表 1-8 陇中西部黄土丘陵区主要立地条件类型划分

立地条件类型	地形部位	坡 向	土 壤	立地质量等级
冲积土沟坝川地	沟底、川滩	阴	褐 土	I
石砾土河滩	河 滩		石砾土	I
黄土台阶塬地	塬 台		黄 土	II
黄土梁阴坡	梁坡、谷坡		黄土性褐土	III
黄土梁阳坡	梁坡、谷坡		黄土性褐土	IV
黄土梁顶	梁 顶	阳	黄土性褐土	IV
盐碱土河滩	河 滩	阳、阴	盐碱土	V
红粘土沟坡	沟 坡		红粘土	V