

沙棘在中国西部生态环境建设中的作用

吕荣森

(中国科学院成都生物研究所, 四川 成都 610000)

摘 要:中国发生荒漠化的土地面积占国土总面积的27.3%,荒漠化的主要地理范围在西部地区,只有大面积恢复和重建植被,才是解决水土流失、防治沙尘暴,改善生态环境的根本途径。恢复和建造植被应遵循植被地带性分布规律,退耕还林还草,恢复和重建植被。植被建设应以种植灌木为主,乔木草类次之。实践证明,沙棘在西部植被建设中是一个关键树种,建议国家在正在实施的林业工程中,尽可能多地种植沙棘,增加沙棘在“乔灌草”中的比例,以充分发挥其生态、经济、社会效益。

关键词:沙棘;生态环境;恢复和重建植被;中国西部地区

中图分类号:S793.6.05

文献标识码:A

文章编号:1003-8809(2003)01-0003-05

1 中国西部生态环境的状况

1.1 我国西部荒漠化状况

中国可能发生荒漠化的地理范围,总面积为331.7万km²,占国土总面积34.6%,中国实际发生荒漠化的土地总面积为262.2万km²,占国土总面积27.3%。

中国荒漠化的类型:

①风蚀荒漠化的面积为160.7万km²,占荒漠化面积61.3%。

②水蚀荒漠化的面积为20.5万km²,占荒漠化面积7.8%。

③冻融荒漠化的面积为36.3万km²,占荒漠化面积13.8%。

④土壤盐渍化的面积为23.3万km²,占荒漠化面积8.9%。

⑤其它原因引起的荒漠化面积为21.4万km²,占荒漠化面积8.2%。

荒漠化土地的类型:

①退化耕地的面积为772.6万hm²(7.726万km²),占干旱半干旱和亚湿润干旱区耕地面积40.1%。

②退化草地(覆盖度>5%的草地)面积为

10 523.7万hm²(105.237万km²),占这一地区草地总面积56.6%。

③退化林地面积为10万hm²(0.1万km²)

④其余面积为覆盖度<5%的退化土地。

1.2 不断加剧的沙尘暴危害

据2001年中国气象公报的统计,2001年沙尘暴天气总日数达45天,约占春季总日数的一半,这一年3、4、5月三个月,我国北方不同范围出现了18次强度不等的沙尘天气,出现次数之多,影响范围之广,甚至风沙天气频发的2000年(2000年共发生12次)。

2002年3月19日到20日,沙尘暴影响了甘肃、内蒙古、宁夏、山西、陕西、河北、北京、天津等8省(市)区,120多个县,总面积140万km²,耕地28.5万hm²,草地236万hm²,总人口1.3亿。截止到4月19日,我国已发生了沙尘暴6次,除影响我国北方地区外,已影响了韩国、日本等国家。

这几年沙尘暴加剧的原因,一是在全球气候变暖的大趋势下,我国气候也在变暖,尤其是冬季变暖,气温偏高,带来的干旱,使土壤松化;二是植被破坏,面积缩小,这两种原因加剧了沙尘暴发生的强度和频率。

1.3 我国西部荒漠化治理中的问题

自然地理条件和气候变异是荒漠化原因之一,但过程缓慢,人类活动则激发和加速了荒漠化的进程。人为活动才是加剧荒漠化的主要原因:

人口过密。“三北”(西北、华北、东北)荒漠化地区人口密度从1950年的10人/km²增加到现在的24~26人/km²,超过土地理论承载极限(8~12人/km²)。

过牧超载。“三北”荒漠化地区1994年有各种牲畜8142万头,合16063万羊单位,比1950年增加了一倍。

作者简介:吕荣森,男,汉族,北京农业大学毕业,中国科学院成都生物研究所研究员(增任联合国国际山地研究中心研究员),对生态学和沙棘生态建设颇有研究,在国际沙棘科技界有较高声誉。

收稿日期:2002-06-20

生态效益研究与评价

每个羊单位只占草牧场 0.66 hm^2 , 超载严重(该地区理论承载极限应在 $1\sim 2 \text{ hm}^2$ 以上)。

陡坡垦耕。小于 5° 的坡耕地, 每年每公顷表土流失量为 15 t 左右, 25° 的坡耕地, 每年每公顷表土流失量可达 $120\sim 150 \text{ t}$ 。

经过多年的努力, 已治理的面积约 1400 万 km^2 (14 万 km^2) 占荒漠化总土地面积的 5.3% 。荒漠化治理进展缓慢的原因, 除了重视不够以外, 投资力度不足也是重要原因。如“三北”地区和全国防沙治沙工程, 每年投资不过 7000 万元。1978~1998 年的 20 年间, 累计约 14 亿元。这期间, 国际组织及国外的援助林业项目的资金为 10 亿。

我国每年因荒漠化造成的直接经济损失达 540 亿元人民币。

2 黄河及黄土高原的治理

我国是世界水土流失最严重的国家之一。水土流失总面积为 367 万 km^2 , 占国土面积 38% 。每年损失 6.7 万 km^2 的耕地, 失去的土壤达 50 亿 t 。

2.1 黄河及黄土高原水土流失状况

黄土高原总面积为 64 万 km^2 , 水土流失面积为 45 万 km^2 。其中侵蚀模数大于 $5000 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 强度以上水蚀面积为 14.65 万 km^2 , 占全国同类面积的 38% ; 侵蚀模数大于 $8000 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 强度以上的水蚀面积为 8.54 万 km^2 , 占全国同类面积的 64.4% ; 侵蚀模数大于 $15000 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 剧烈水蚀面积为 3.67 万 km^2 , 占全国同类面积 89% , 堪称世界水土流失之最。

黄河泥沙主要产自黄土高原地区, 每年平均输沙量是 16 亿 t 。其中黄河中游 7.86 万 km^2 的多沙粗沙区是造成黄河下游淤积的主要泥沙来源区, 占黄河下游主槽中泥沙淤积量的 72% 。粗沙多沙区位于陕北、晋西、内蒙古南部和甘肃东部的 44 个县, 其中 54% 的多沙粗沙区在陕西省。

2.2 黄河及黄土高原水土流失治理的成就

新中国成立以后, 国家先后投资 60 多亿元对黄河大坝进行了 3 次大规模加高加宽。50 年来, 没有发生大的水灾和泛溢。从新中国成立以后, 黄土高原已治理的面积为 16 万 km^2 。

该地区治理的方法采取生物措施, 水土保持耕作措施与工程措施并举。生物措施主要是植树造林, 种草。水土保持耕作措施主要是修梯田。工程措施主要是打地坝, 修水库。在治理区域, 已取得了明显的效果, 但边治理边破坏的情况尚未根本得到改变。

2.3 黄河及黄土高原水土流失治理中的问题

治理的速度赶不上破坏的速度。1990 年遥感普查

结果, 黄土高原水土流失面积由 50 年代初期的 43.3 万 km^2 扩大到 45.5 万 km^2 , 其中侵蚀模数大于 $500 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 以上的侵蚀面积由 15.6 万 km^2 扩大到 19.2 万 km^2 , 增加了 22% 。无定河流域 32 年内 (1950~1982 年) 搞水土保持共减少侵蚀量 1.58 亿 t , 而同期人类破坏新增侵蚀量 4.05 亿 t 。

在工程措施与生物措施的关系的处理方面, 长期以来, 有关决策部门及主管部门比较重视工程措施, 忽视生物措施, 两者在力量的投入上差别很大。

另外, 存在着资金投入不足的问题, 新中国成立以来, 国家及地方用于黄土高原水土保持的综合治理费用仅为 10000 元/ km^2 。如按已治理 16 万 km^2 计算, 其总投资仅为 16 亿元人民币。

3 恢复和重建植被是生态环境建设的主要任务

3.1 恢复和重建植被

在我国西部地区, 多年来笼统提倡“种树种草”, 但造林成活率低, 保存率低的问题, 一直没有解决。据不完全统计, 建国 50 年来, 包括灌木林在内, 黄土高原共造林 1000 万 hm^2 左右, 保存率仅为 $25\%\sim 30\%$ 。有学者称: “黄土高原在近 50 年的生态环境建设最大教训是片面强调植树造林, 在大量不适宜林木生长的区域和地段营造乔木林, 致使 $30\sim 40$ 年树龄的树木胸径仅 $10\sim 20 \text{ cm}$, 而且顶部已枯萎。这种树木的水土保持效益很低, 经济效益更低, 生态效益也不明显”。

正确的提法, 应该是大力“恢复植被”。在我国西部荒漠化地区, 只有大面积恢复和重建植被, 才是解决水土流失, 防治沙尘暴, 改善生态环境的根本途径。

以我国目前最大的生态工程“三北”防护林体系工程”为例, 其植被建设状况:

1977 年, “三北”地区的森林覆盖率(包括灌木, 以盖度 0.3 以上计)为 5.05% ;

2001 年, “三北”地区的森林覆盖率(包括灌木, 以盖度 0.3 以上计)为 9.0% ;

2050 年, “三北”地区的森林覆盖率(包括灌木, 以盖度 0.3 以上计)为 15.0% 。

计划用 73 年时间, 造林不到 4000 万 hm^2 , 使森林覆盖率达 15% , 这对解决“三北”地区的荒漠化, 沙化及水土流失显然是不够。根据综合资料能达到防治水土流失的植被最低标准在黄土高原区应达到 40% , 荒漠区—— 15% , 风沙区—— 35% , 京津北部地区—— 6% , 上述几个地区平均为 35% 。

为加速生态环境建设的速度, 国家林业局现已修改了原有的计划。通过实施 6 大生态工程, 在今后 50

年,全国的森林覆盖率要提高到26%以上,规划造林7 600万 hm^2 。这一宏伟目标的实施,必将加速我国西部生态环境建设的速度。

3.2 恢复和重建植被的原则

恢复和建造植被应遵循植被地带性分布规律。以黄河流域及黄土高原为例,按其植被的分布规律,可概括如表1。

从表1中所列主要植物种类可以看出其中乔木树

种有9种,灌木种类有18种,草类有3种。沙棘是其中的跨地带性的优势种。恢复和重建植被或建设适宜的人工林草植被应遵循上述的植被地带性规律。

提高黄土高原植被的有效覆盖率。“七五”期间,黄土高原地区60.4%的县,其森林覆盖率只有1%~10%,森林覆盖率大于30%的县不足10%,大于40%的县只有3个。大于50%的县只有2个。这种情况主要是盲目大量种植乔木。

表1 黄河流域及黄土高原植被地带性分布

植被地带	年降雨量 (mm)	主要树木,灌木,草类种类	伴生种类	结构模式
温带 落叶阔叶林带	550~700	油松,水杉,白桦,辽东栎,华北落叶松,日本落叶松,刺槐,侧柏,沙棘,连翘,二色胡枝子,虎榛子,平榛子	小叶杨,白榆,杜梨,茶条槭,元宝枫,黑桤,白腊,臭椿	针阔混交 乔灌混交
暖温带 森林草原带	400~500	油松,辽东栎,侧柏,刺槐,山桃,山杏,獐子松,沙棘,沙柳,沙枣,沙拐枣,二色胡枝子,兴安胡枝子,火炬树,连翘,柠条,小叶锦鸡儿,白刺花,紫穗槐,沙打旺,白羊草	小叶杨,河北杨,白榆,杜梨,臭椿,元宝枫,白腊,虎榛子,平榛子,扁核木	乔灌混交 稀树灌草丛
温带 半干旱草原和 荒漠草原带	200~400	沙棘,柠条,小叶锦鸡儿,山桃,山杏,沙打旺,草木樨,兴安胡枝子,花棒,踏郎	小叶杨,河北杨,白榆,杜梨,臭椿,扁核木	稀树灌草丛 灌草混交

实践表明,在450 mm降水的山坡,种植乔木可以成活,但不能成林;在550 mm降水的山坡造林可以成林,但不能成材。因此,在500~600 mm降水的地区大规模推进造林工程时,应贯彻“林跟水走”的原则,把乔木配置在阴坡和集水的沟道里,阳坡种草或灌木。这一地区又是重要农业区,实际上,已没有多少土地可供造林了。在500 mm以下的地区,最适宜的是种草和灌木,灌木在半干旱地区有很强的生命力和适应性。

西北部降水量低于400 mm,已属于干草原地带了。气候和环境条件较差,虽然目前有较多的耕地,但属于超地带性开垦,退耕以后所能够恢复的只能是草原,而不是森林,因此,应是将来退耕还草的主要区域,植被恢复只能以草为主。

由于黄土高原大部分地区是干旱半干旱或半湿润的荒漠草原,典型草原和森林草原地带,乔木林的发展受到限制,森林覆盖率不可能大幅度提高。恢复和重建植被的重任落在灌木和草本植物上,因此,应大力提倡发展灌木和草本,以提高植被的有效覆盖率。

4 沙棘在西部生态环境建设中的作用

4.1 沙棘最显著的生物学特性

沙棘的种类多,分布广。沙棘属植物共有15个种和亚种,广泛分布于欧亚大陆。我国原产的有11个种和亚种,占73.3%。它们能生长在非常严酷的生态环

境中,如高山草地,海滨沙滩,盐碱低地等。沙棘属植物的多样性为在不同的生态环境下选择沙棘种类提供了可能性。

植株生长快,根系发达。沙棘苗第一年生长较缓慢,第二年生长迅速,每公顷有成苗1 050株时,4~5年可郁闭成林。沙棘根系发达,水平根幅可达2~10 m,垂直根系可达3~5 m。主侧根系主要分布在20~80 cm土层内,形成密集根系网,有利于在雨季充分吸收水分。

适应性强、耐寒、耐旱、耐瘠薄。沙棘广泛分布于欧亚大陆温带地区,它能忍耐-40℃以下的低温。在降水250~300 mm范围内(有一定的地下水补充时)仍然能生长并形成灌丛。对土壤的适应性很强,在侵蚀严重,肥力很低的荒山陡坡,砒沙岩及河滩地,都能生长良好并形成灌丛林地。

自我繁殖能力强,能固氮。沙棘栽种3年以后,就能产生根蘖苗。一株3年生以上的沙棘,每年可向外扩展1~3 m,可产生根蘖苗20余株。沙棘在6~7年后可平茬,在茬桩处长出大量萌条,形成新的树冠,同时从其侧根处萌生出大量的幼苗。

沙棘是少有的固氮木本植物。2~13年生人工沙棘林,年平均氮素积累量为1 747.5 kg/ km^2 ,即每年积累氮素116.5 kg。

4.2 沙棘的生态功能

水土保持能力强:① 5~7年生沙棘林(其覆盖度

为70%),其林冠层可截留降水8.5%~49.0%,并降低雨滴动能;林下枯枝落叶层重量可达 5.46 t/km^2 。其最大持水量可达 15.31 t/km^2 ,为其自身重量的3倍。在坡度25°的沙棘林下有2cm厚的枯枝落叶层,即可基本控制水土流失。②沙棘根系可以提高土壤的抗冲性和抗蚀性,与无根系土壤相比,8~12年生沙棘林可减少土壤冲刷量55%~88%。③沙棘在栽后第5年就充分发挥水保作用,与农地相比,可减少地表径流量87.1%,减少土壤流失量99%。

防风固沙能力强。在内蒙古、陕西两省毛乌素沙漠南沿,在降雨量350~400mm的沙漠边缘,沙棘不但能够生长,而且能够自我繁殖形成群落,当覆盖度达到40%以上时,就能有效地固定沙丘,防止沙丘移动。

治理砒砂岩有奇效。在黄河中游晋陕蒙交界的地区,有一个砒砂岩地区,面积达3万 km^2 ,土壤侵蚀模数达 $10\,000\sim30\,000\text{ t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$,被称为世界土壤侵蚀之最。该地区也是黄河主要的粗沙多沙区,年输沙量3.5亿t,是黄河造床沙的主要源区。经过多年试验,在该地区已种沙棘6.67万 hm^2 ,有力地制止了砒砂岩的侵蚀。在侵蚀最严重的地段,土壤侵蚀模数已由原来的 $40\,000\text{ t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 下降到达 $5\,000\text{ t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$,减沙率达到87.5%。

4.3 沙棘对生物多样性的影响

沙棘林能够形成新的生态系统。沙棘在种植7~8年后,即可形成林茂草丰,覆盖度达80%以上的灌木-草本群落。据调查,沙棘种植13年后,林内天然灌木和草类比种植前增加了80多种,由于它们是天然形成的,因此,它的结构比较稳定,关系比较和谐。

沙棘林增加了当地的生物多样性。据调查,在黄土高原地区,沙棘林吸引了10~40种野生动物,其中包括獾子、野兔、蛇类、鼠类,以及鸟类。沙棘林内大量繁衍的兔子、野鸡及蘑菇是当地群众的重要副业收入来源。

4.4 沙棘的经济价值

沙棘对农民的直接利益

①采收果实:沙棘林从第4年开始大量结果,平均单产 $375\sim750\text{ kg/hm}^2$,一个农户一年可采果500~1000kg,价值300~600元。

②获得薪柴:5年生沙棘林可产薪柴10~30 t/hm^2 (合每亩0.6~2.0t)。沙棘热值高,平均为 $20\,315\text{ kJ/kg}$ 。1.3t沙棘薪柴相当于1t原煤,换句话说,一个农民种667 m^2 (1亩)沙棘林即可解决全年的生活用柴。

③用于放牧:沙棘枝叶含有丰富的蛋白质、脂肪及

许多生物活性物质,是各种牲畜喜食的本本饲料,其营养价值高于普通牧草。沙棘林鲜枝叶的产量为3000~5000 kg/hm^2 ,按可利用率一半计算,每公顷沙棘可产鲜饲料1500~2500kg,加上林地下面的草类,其饲料总量在每公顷4000kg以上。一般1个羊单位每年需要3600kg鲜草,也就是说1 hm^2 沙棘可养活1个羊单位。

④用作肥料:沙棘根上有大量的根瘤(738 kg/hm^2 以上),其固氮能力为27~179 kg/hm^2 。沙棘本身的枯枝落叶分解还能增加土壤的氮素养分。此外,通过根系自身的穿透,挤压,胶结,死根的腐烂等作用,改良了土壤的结构,增加了有机质,从而增加了土壤的肥力。农民的实践表明,种过沙棘的土地再种土豆,平均产量可达22500 kg/hm^2 ,比没有种过沙棘的农田增产一倍。而且连种3年地力不衰。

沙棘对企业的经济效益

①沙棘的果实和种子含有丰富的营养物质和生物活性物质,在食品,饮料,保健品,药品及化妆品领域有广泛的用途。经过10多年的发展,沙棘开发种用已形成一门综合性产业。

②每1000kg沙棘果实初加工的经济效益:

1000kg沙棘果实可生产:

550kg原汁——价值1100元(2000元/t),作饮料

3kg果油——价值960元(320元/kg),作药品、化妆品

100kg种子——价值1000元(10元/kg),作育苗

100kg果皮——价值80元(0.8元/kg),作饲料添加剂

20kg果泥——价值400元(20元/kg),作提取黄酮的原料

换句话说,收购1000kg果实,成本是900~1000元,经过初加工后的产值是3540元。

③我国沙棘企业发展概况

我国目前有各类沙棘企业200家左右,其中沙棘饮料厂150家左右,年生产能力约2万t,产值约1亿元。生产沙棘油的企业有10余家,年产沙棘油20t,产值约1000万元。如果加上其他沙棘产品,其总产值约3亿元人民币。

4.5 沙棘在我国西部的分布与发展

沙棘是我国的原产植物,分布遍及华北、西北和西南。中国是世界沙棘资源最丰富的国家,沙棘面积及产量均占世界总量90%以上。有天然沙棘林分布的共有12个省、市:北京,河北,内蒙古,山西,陕西,甘肃,宁夏,青海,新疆,四川,云南,西藏;部分地区已经引种栽

培成功的有:吉林,黑龙江,辽宁,山东,湖北。

沙棘是典型的温带植物,但它具有广泛的生态幅度:从海拔420 m的辽宁山地丘陵到5 200 m的珠峰脚下,都有沙棘的分布。沙棘喜温凉、怕湿热,我国南方或亚热带地区没有分布。但在北方限制沙棘分布的主要因素还是水分。在我国西部地区,沙棘主要分布在200~500 mm等雨线范围之内。但在青藏高原及东部边缘地区,由于海拔高(2 500 m以上),有一些特殊种类沙棘分布区,已超过500 mm等雨线,达到700 mm。

在200 mm和500 mm两条等雨线范围内的地区面积大约有150万 km^2 ,涵盖了从东北到西南的一条生态脆弱带,它包括了科尔沁沙地,浑善达克沙地,长城沿线风沙区,黄土高原大部分,毛乌素沙地及陇东高原。这一地带又是人口稠密的农牧交错带,人类活动频繁,水土流失严重。这一地带也是生态环境急需治理的重要地区。我国天然沙棘林恰好也分布在这一地带。因此,如能在这一地带内建设40万 km^2 以沙棘为主的灌、草、乔相结合的植被带,就能够基本上控制住主要水土流失区的水土流失,大大减轻风沙危害,从而极大地改善这一地带的生态环境。

我国是世界上最早利用沙棘的国家。早在1200年前,我国就有了利用沙棘治病的文献记载。俄罗斯和西方国家就是受到中国古代文献的启发才开始了沙棘的现代研究。从40年代起,我国一批植物学家,水土保持专家开始了治理荒漠化土地及控制水土流失的研究。经多年的试验,从数百种植物中选出了20多种适合我国西部地区自然条件的植物,应用在生产实践中,其中多数是灌木,而最有价值的就是沙棘。经过最近10多年的研究和推广,沙棘已经成功地大面积种植于不同

类型的退化土地上。这样的土地既不适合农业,也不适合一般意义的造林。到目前为止,我国已有沙棘面积137万 hm^2 ,其中一半是人工林。这一面积超过世界其它地区天然与人工沙棘林面积的总和还要多,这是我国人民在防治土地荒漠化方面做出的伟大贡献。

最先利用现代技术研究开发沙棘的国家是前苏联,但我国是世界上开发利用沙棘规模最大,发展最快的国家。目前世界上已经有20多个国家在推广利用沙棘。当前,沙棘在全世界的开发热潮方兴未艾。

5 基本结论

5.1 我国西部的生态环境建设,应以恢复和重建植被为主要方针。在我国西部的300多万 km^2 的荒漠化地区,水土流失地区,沙荒地区,由于生态环境极其脆弱,加上气候干旱,土地贫瘠,基本上已经没有建设大规模乔木森林的可能性。生态建设的主要任务应该是控制人口增长,抑制畜牧业的发展,遵循自然规律,退耕还林还草,恢复和重建植被。

5.2 植被建设应以种植灌木为主。乔木和草类次之,大力提倡混交林。经过多年和多地区试验,事实证明,种植沙棘以控制水土流失,制止土地荒漠化,治理沙荒土地是我国人民的一大创造。沙棘在植被建设中是一个关键树种,种植沙棘是一项突破性的技术,应该大力发展。

5.3 国家正在实施的6大林业重点工程,是我国生态环境建设的主体工程,具有举足轻重的作用。其中大部分工程涉及西部地区。建议在这些重点工程中尽可能多地种植沙棘,增加沙棘在“乔灌草”种植结构中的比例。以便充分发挥沙棘的生态、经济、社会效益。

参考文献:

- [1] 国家防治荒漠化协调小组办公室. 中国荒漠化报告[R]. 1996.
- [2] 刘江等. 全国生态环境建设规划[M]. 北京:中华工商联合出版社,1999.
- [3] 吕文. 再论“三北”地区沙漠化成因及防治对策[C]. 2000年西北地区生态环境建设讨论会论文集.
- [4] 国家林业局“三北”防护林建设局. 世界生态工程之最——中国“三北”防护林体系工程[C]. 南京:江苏科学技术出版社,1999.
- [5] 水利部黄河水利委员会. 黄河流域水土保持[M]. 上海:上海教育出版社,1988.
- [6] 梁一鸣. 从植物群落原理谈黄土高原植被建设的几个问题[J]. 西北植物学报,1999,19(5).
- [7] 郭忠升. 黄土高原林草植被建设中的三个重大问题[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报,1999,5(5).
- [8] 吴钦孝等. 沙棘的水土保持功能及其治理和开发黄土高原中的作用(英文)[J]. 中国林业研究,2000,2(2).
- [9] 景可. 加快黄土高原生态环境建设的战略思考[J]. 水土保持通报,2001,21(1).
- [10] 梁一鸣等. 黄土丘陵区林草植被快速建设的理论与技术[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报,1999,5(3).
- [11] 阮成江等. 沙棘改居黄土高原生态环境的功能与效益[J]. 生态与自然保护,2000,(5).
- [12] 吕荣森等. 沙棘属植物叶的营养成分及其应用前景[J]. 沙棘,1991,4(4).