

民勤退化人工梭梭种群雨养恢复试验研究

张锦春<sup>1</sup>, 纪永福<sup>1</sup>, 王芳林<sup>1</sup>, 陈芳<sup>1</sup>, 王基金<sup>2</sup>, 王功时<sup>3</sup>, 曹虎<sup>4</sup>

(1. 甘肃省荒漠化防治重点实验室, 甘肃省治沙研究所, 甘肃 武威 733000; 2. 天祝县林业局, 甘肃 天祝 733200;  
3. 民勤县林业技术推广站, 甘肃 民勤 733300; 4. 武威市林业科学研究所, 甘肃 武威 733000)

**摘 要:**通过对民勤人工梭梭种群更新、平茬矮化和林地结皮改造试验, 探讨梭梭种群雨养恢复关键技术措施。结果表明:民勤人工梭梭种群以半固定沙丘、沙地上更新较好, 更新苗平均密度为 1 130~2 280 株·hm<sup>-2</sup>, 但当年生幼苗保存率低, 为 20.6%~53.3%, 这主要受降水和风蚀环境的限制;人工梭梭全平茬处理明显促进了梭梭枝条生长和萌发, 平茬后当年高生长量平均 58.9 cm, 新枝平均长度 27.0 cm, 二次枝萌发数平均 16.9 个, 分别为半平茬梭梭的 1.1 倍、1.6 倍和 1.3 倍;梭梭林地结皮的穴状破坏加速了降水水分入渗过程, 降水入渗深度可达 70 cm, 结皮带状和片状处理对降水产生一定的截留, 降水在 50~70 cm 之间入渗。

**关键词:**民勤; 梭梭种群; 雨养恢复; 矮化平茬; 结皮改造

**中图分类号:**S793.9      **文献标志码:**A      **文章编号:**1001-7461(2010)01-0077-05

Rain-fed Recovery of Degenerated Artificial  
*Haloxylon ammodendron* Population in Minqin

ZHANG Jin-chun<sup>1</sup>, JI Yong-fu<sup>1</sup>, WANG Fang-lin<sup>1</sup>, CHEN Fang<sup>1</sup>,  
WANG Ji-jin<sup>2</sup>, WANG Gong-shi<sup>3</sup>, CAO Hu<sup>4</sup>

(1. Key Laboratory for Desertification Combating of Gansu Province & Gansu Desert Control Research Institute, Wuwei, Gansu 733000, China; 2. Tianzhu County Forestry Bureau, Tianzhu, Gansu 732000, China; 3. Minqin Country Forestry Technology Extended Station, Minqin, Gansu 733300, China; 4. Wuwei City forestry Science Research Institute, Wuwei, Gansu 733000, China)

**Abstract:** Based on the experiment of population renewal, dwarf stumping and forest crust reform of artificial *Haloxylon ammodendron* population in Minqin, the key technical measures were investigated for rain-fed recovery of degenerated artificial *H. ammodendron* population. The results indicated that the population renewal of artificial *H. ammodendron* population at the semi-fixed sand dune and sandy progressed well, in which the average density of renewal seeding was 1 130~2 280 plants·hm<sup>-2</sup>, but the preserving rate of annual seeding was very low, ranging from 20.6% to 53.3%, effected mainly by the rainfall and wind-erosion. Full-stumping significantly promoted the growth of sprout and shooting, with the annual average height of 58.9 mm, average new-branch length 27.0 cm and average number of second branch 16.9, which were 1.1, 1.6 and 1.3 times of half-stumping. Hole-shape damage of *H. ammodendron* forest crust could accelerated rainfall water infiltration with the infiltration depth of 70 cm, on the other hand, zonal and flake damage of on the crust could produce interception to rainfall with the infiltration depths of 50~70 cm.

**Key words:** Minqin; *Haloxylon ammodendron* population; rain-fed recovery; dwarf stumping; crust reform

梭梭 (*Haloxylon ammodendron*) 是藜科多年生灌木状小乔木, 具有抗旱、抗寒, 喜瘠薄、喜干燥,

对风蚀沙埋的生态适应性强,是一种典型的沙生植物和优良的防风固沙树种<sup>[1]</sup>。20 世纪 50 年代末,民勤进行人工梭梭沙丘造林试验获得成功,60~70 年代梭梭造林技术在中国西北沙区得到大面积推广应用,但自 20 世纪 70 年代后期开始,随着水资源减少和地下水位的下降,人工梭梭林出现衰亡,引起沙丘活化,土地荒漠化程度加快,严重威胁到绿洲的生存与发展。人工梭梭林的退化原因引起了广大学者的极大关注,研究结果普遍认为,水分是引起退化的关键原因<sup>[1-4]</sup>。近年来采用人工灌溉、模拟降雨、雨水集流等措施开展退化梭梭林恢复技术研究报道较多<sup>[5-8]</sup>,但由于区域水资源缺乏,立地条件复杂多变,梭梭灌溉恢复技术不可能大面积推广应用,覆膜集雨限制了膜下草本植物的生长,最终造成荒漠植被生态平衡的破坏<sup>[8]</sup>。因此,开展人工梭梭种群雨养恢复技术是当前研究的重点和难点。本文通过人工梭梭种群更新、矮化平茬及林地结皮改造试验,对人工退化梭梭种群雨养恢复技术进行探讨,旨在为石羊河综合治理提供理论依据,为民勤沙漠化防治与生态修复提供可行性技术支撑。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

民勤县位于甘肃河西走廊东北侧石羊河下游,属于腾格里沙漠的西部边缘。该县东、北、西三面环沙,沙漠、戈壁、盐碱滩地占全县总土地面积的 94.2 %,属于我国的典型荒漠地区。气候属典型大陆干旱型气候,1961—2004 年平均气温 7.7 ℃;年平均降水量 115.9 mm,年蒸发量 2 452.7 mm;主导风向为西北风,平均风速 2.4 m·s<sup>-1</sup>,最大风速为 23.0 m·s<sup>-1</sup>。近年来,民勤地下水位急剧下降,20 世纪 50 年代当地地下水位深 1~3 m,目前绿洲内部水位已下降至 20 m 左右。

自 20 世纪 50~80 年代,民勤境内营造了大面积人工梭梭林,目前保存面积有 90 000 hm<sup>2</sup>,其分布的立地类型有流动沙丘、半固定沙丘、固定沙丘、丘间平滩地、风蚀残积山坡、山前洪积扇、平缓假戈壁等,其中流动沙丘、固定沙丘、半固定沙丘上梭梭较多,占梭梭林面积的 97.56%,是民勤防风固沙的主体,保存密度为 320~350 株·hm<sup>-2</sup>之间,其他类型的梭梭只有零星分布,且生长差异较大。

1.2 试验设计与研究方法

1.2.1 梭梭幼苗更新调查 选择有梭梭幼苗更新的林地作为调查样地,样地内布设固定样方 20 m×20 m。采用相邻格子法将样方划分为 100 个 2 m×

2 m 的调查单元,并对调查单元内梭梭个体进行坐标定位,测定梭梭母株生长及幼苗更新和风蚀状况,同时记录样地的沙丘流动状况、坡度、坡向、结皮、沙障等环境特征。先后布设样地 3 处,调查样方 6 个,调查时间选在梭梭更新出苗期(6 月份)和停止生长期(9 月份)。

1.2.2 梭梭矮化平茬试验 分别选择活化沙丘和流动沙丘梭梭样地 2 处,样地内布设 5 龄、10 龄、20 龄的梭梭林样方 6 个,样方面积 10 m×10 m,样方内标定 6 株梭梭样株进行全平茬和半平茬处理,平茬处理中,全平茬是将梭梭树冠在一定高度上全部截除,半平茬则截除树冠的一半而保留另一半。春季 5 月份选择标定样株,调查其高度、冠幅,记录平茬高度后进行平茬,秋季 9 月份调查平茬样株的树高、冠幅、新稍长、新稍粗、新枝及次年生枝的萌发数量等生长因子。

1.2.3 梭梭林地结皮改造集雨试验 选择沙面结皮保存完好的梭梭林地作为样地,样地内均匀布设样方 12 个,样方面积设为 5 m×5 m,样方内进行林地结皮的穴状、带状、片状破坏处理,每种处理重复 3 次,并设置结皮对照试验。进行结皮破坏时,穴状处理是将样方内结皮全部清除而围成穴状集流面,带状处理则清除样方内一半结皮而形成带状结皮区,片状处理是将样方内块结皮进行碎化破坏而成片状。每个样方内布设 2 m 深的水分测管,降水后利用中子仪连续观测记录各样方土壤水分的层次变化。水分观测以每次降水后第 2 天开始,后每隔 1 d 测定 1 次,根据降水量大小可连续观测 3~5 次,同时在每月月底加测 1 次土壤水分。结皮及风蚀状况调查在每年风季后(5 月底)进行。梭梭新枝生长于秋季(9 月底)进行调查。

2 结果与分析

2.1 梭梭幼苗更新特征与限制因子

在对民勤梭梭林现状调查的基础上,对比分析了不同立地条件下梭梭更新出苗状况,发现民勤梭梭更新苗大多出现于半固定沙丘、沙地上,调查样方内梭梭幼苗成片分布,其中天然梭梭幼苗平均密度为 1 425 株·hm<sup>-2</sup>,人工梭梭平均在 1 125~2 263 株·hm<sup>-2</sup>之间,而固定沙丘、沙地、丘间地及流动沙丘上梭梭更新苗密度最大只有 150 株·hm<sup>-2</sup>,有的样方内甚至无梭梭更新苗出现。可见,梭梭幼苗的产生受立地类型条件的限制,流动沙丘上梭梭种子易风蚀沙埋,固定沙丘、沙地有沙结皮阻隔使种子不易入土,梭梭很难更新成苗,而半固定沙丘、沙地介

于二者之间,梭梭种子散布覆沙,容易更新出苗。

当年生幼苗保存也是梭梭林发生天然更新的关键所在。调查结果显示(表 1),半固定沙地上人工梭梭更新苗生长优势最为明显,幼苗高生长量高为 14.14 cm,近乎为天然梭梭幼苗生长的 3 倍,但幼苗保存率较低,只有 20.37%,而天然梭梭幼苗保存高达 62.28%。人工梭梭幼苗保存率以半固定沙丘梭

梭较好,为 53.33%,但更新苗生长不良,高生长量只有半固定沙地梭梭的 84.3%。调查中同时发现,天然梭梭种群出现了较多的 1、2、3 a 生更新苗,更新苗比例为 114:39:24(6 月),但人工梭梭种群由于当年生幼苗的保存率较低,导致 2、3 a 生幼苗数量较少。说明梭梭当年生幼苗保存状况直接影响了梭梭种群的更新能力。

表 1 民勤梭梭幼苗(1 年生)更新及生长

Table 1 Renewal and growth of *Haloxylon ammodendron* seedling in Minqin

地点	立地类型	6 月		9 月		幼苗存活率/%
		株数/(株·hm <sup>-2</sup> )	高度/cm	株数/(株·hm <sup>-2</sup> )	高度/cm	
红砂岗天然梭梭	半固定沙地	1 425	3.54	900	8.67	62.28
大滩人工梭梭	半固定沙丘	1 125	6.16	600	18.08	53.33
西沙窝人工梭梭	半固定沙地	2 263	6.14	463	20.28	20.37

幼苗的产生及当年生幼苗的保存主要受立地条件、风沙、干旱等多种因素的影响。半固定沙丘、沙地保证了梭梭种子萌发的土壤条件,使梭梭幼苗的产生成为可能。同一立地类型条件下,风沙对梭梭更新苗存活的影响是有选择性的,通过半固定沙丘不同部位梭梭幼苗更新生长调查(表 2)表明:沙丘顶部种子不易散布,更新出苗数量少;沙丘坡面上种子受风沙作用散布几率增大,更新出苗数量高,但易受风蚀作用而不易存活,更新苗存活率只有 17.41%;平缓沙地上风沙流稳定,虽幼苗生长不良,但不易发出严重的风蚀,幼苗更新存活率高达 71.93%。此外,冬季降雪对梭梭更新出苗及保存起着至关重要的作用,据 2000~2009 年降水数据统计,2008 年冬季降雪最高,为 18.6 mm,达到 10 a 降雪平均值的 4 倍以上,2007 年冬季降雪最低,为 0.2 mm,不到年平均降雪的 1/20。2008 年调查样方内当年生梭梭更新苗数量较多,占不同龄级梭梭总量的 65.0%以上,而 2 a 生梭梭幼苗数量较少,为梭梭总数的 10.0%左右。

表 2 风沙对梭梭更新苗生长的影响

Table 2 Effects on growth of *Haloxylon ammodendron* renewal seedlings by the blown sand

分布部位	出苗数量/株	成活株数/株	更新苗存活率/%	高生长/cm
沙丘迎风坡	123.5	21.5	17.41	15.14
沙丘顶部	36.5	16.5	45.21	12.87
缓起伏沙地	57.0	41.0	71.93	4.87

2.2 矮化平茬对不同林龄梭梭种群的恢复生长效应

梭梭矮化平茬可促使植株枝条的生长和萌发,调查结果显示(表 3):梭梭全平茬效果较为显著,平茬后梭梭当年高生长量平均为 58.89 cm,新枝平均长度 27.50 cm,二次枝萌发数多达 16.9 个,分别为半平茬梭梭的 1.1 倍、1.6 倍和 1.3 倍。在

梭梭全平茬处理中,10 龄梭梭发枝状况最好,萌发新枝平均为 13.8 个,二次枝数平均 18.2 个,但梭梭平茬后易患较为严重的白粉病,影响了平茬梭梭的正常生长;5 龄梭梭病害较轻,对梭梭种群生长、发枝状况无影响,梭梭高生长量平均为 63.17 cm,新枝平均长度可达 40.73 cm,新枝、二次枝数分别为 10.4 个和 17.6 个;20 龄梭梭平茬后发枝状况较差,远不及 5 龄梭梭和 10 龄梭梭。可见,梭梭全平茬以 5~10 龄效果较好,但平茬后要进行病害的防治,20 龄梭梭不宜进行全平茬处理。

由于梭梭局部平茬处理导致了树体营养分配不均匀,使原有的顶端优势有所加强,平茬枝条生长及发育状况不及未平茬枝条。在梭梭半平茬试验中,5 龄和 10 龄梭梭营养条件相对较好,顶端优势更加明显,未平茬枝条生长快、数量多,新枝长度为平茬后枝条的 1.7~2.8 倍,新枝数量可达平茬枝条的 2 倍以上;20 龄梭梭属老龄林,平茬后新枝生长、萌发能力较弱,不及未平茬梭梭,因此老龄梭梭可适度进行半平茬处理,从而缓解水分的过度消耗,减缓退化过程。

2.3 结皮改造对梭梭林地水分及梭梭新枝生长的影响

结皮对降水具有截留作用,不同降水量林地结皮水分入渗差异较大(图 1)。1~2 mm 左右的弱降水条件下,降水入渗不明显,水分在 50 cm 层次范围内有较显著的变化;一次 30 mm 强降水后,测得降水入渗深度为 50~70 cm 之间,入渗范围内土壤层次水分变化差异较大。不同结皮处理土壤水分变化趋势相一致,层次含水率以穴状处理较高,片状处理与对照居中,带状处理最低。入渗范围内层次水分变化随降雨量增大而增加。

表 3 不同程度的平茬处理各林龄梭梭生长状况

Table 3 The growth status of *Haloxylon ammodendron* in different age classes and stumping treatment

平茬程度	林龄/a	生长状况			发枝状况		发病情况
		高生长量/cm	新枝长/cm	新枝粗/cm	新枝数/个	二次枝数/个	
全平茬处理	5	63.17	40.73	0.21	10.40	17.6	较轻
	10	52.00	19.74	0.18	13.80	18.2	较重
	20	61.50	22.02	0.16	5.00	15.0	无
	平均	58.89	27.50	0.18	9.74	16.93	
半平茬处理	5	66.52	19.69	0.20	7.90	15.1	无
	10	26.52	10.09	0.13	10.40	11.5	严重
	20	73.15	22.28	0.16	8.90	13.4	无
	平均	55.39	17.35	0.16	9.07	13.35	
未平茬对照	5	—	32.69	0.34	14.50	18.3	无
	10	—	27.86	0.17	22.60	12.8	无
	20	—	21.00	0.11	24.00	20.7	无
	平均	—	27.18	0.21	20.37	17.27	

不同程度的结皮破坏对降水入渗过程均显示出较大的差异(图 1)。30 mm 降水后第 1 天,不同结皮处理在 10~30 cm 层次上均出现下渗,测得土壤水分均低于结皮对照;50~70 cm 层次中穴状和片状处理高于对照,是降水的集中入渗区;90 cm 以下土壤各层次水分接近于对照,降水入渗不明显。降水后第 3 天,表层 10 cm 土壤水分有明显的减少;30~70 cm 层次上穴状高于对照,片状与对照相近似,

带状低于对照;90~110 cm 层次上带状略高于其它处理,降水入渗还在继续。可见,穴状处理土壤入渗速度较快,带状处理土壤水分入渗较慢,这可从土壤水分层次变化进行解释,穴状处理在入渗范围内土壤水分已基本趋于饱和,土壤水分变化趋于平缓,而带状基本呈显缓慢的下降趋势,并随着入渗时间的增加,土壤水分层次变化有一定的增加趋势。

图 1 不同降水条件下林地结皮水分变化

Fig.1 The moisture changes of woodland crust in different rainfalls

不同结皮处理对梭梭的新枝生长状况差异较大,穴状处理新枝数量最多,2 a 生枝条上着生新枝数平均为 13.11 个,而新枝生长长度最小,为 8.8 cm,片状处理新枝数量及长度与对照相差不大,分别在 10~12 cm 和 7~10 cm 之间,带状结皮处理新

枝生长较差,不及对照,这与测得的林地土壤水分状况相一致。从试验区新结皮形成来看,穴状处理和片状处理相对不易形成新的结皮,新结皮厚度分别为 0.34 cm 和 0.38 cm,降水入渗较多,林地水分状况较好,有利于梭梭新枝生长,带状处理区形成的新

结皮厚度可达 0.43 cm,已接近原有结皮的厚度,降水截留量较大,林地水分状况相对较差,对梭梭新枝的生长产生了一定的影响。

表 4 不同结皮改造对梭梭新枝生长的影响

Table 4 The effects of different crust reforms on new shoot growth of <i>Haloxylon ammodendron</i>					
处理水平	结皮对照	穴状处理	带状处理	片状处理	
新枝生长	枝数/个	10.33	13.11	7.91	11.78
	枝长/cm	11.90	8.80	9.50	10.70
新结皮厚度/cm		0.45	0.34	0.43	0.38

### 3 结论与讨论

梭梭的自然更新是决定梭梭种群演替和发展的关键因素,天然更新的关键在于幼苗的产生和当年生幼苗的保存,幼苗的产生主要受种子数量和出苗时降水量的控制,种子成苗后抗性较弱,易受干旱、风沙等环境因子的危害,为当年生幼苗的保存增加了阻力<sup>[9-10]</sup>。民勤人工梭梭林有较多的结实母株,半固定沙丘沙地上具备梭梭种子萌发的土壤条件,增大了梭梭天然更新的机率,但种子成苗密度及幼苗更新存活率较低,更新苗密度在 1 125~2 263 株·hm<sup>-2</sup>之间,幼苗存活率只有 20.37%,这主要与出苗时降水及出苗后风蚀危害有关。此外,通过在活化沙丘的梭梭林地上设置塑料方格沙障后,1 年内出现了梭梭更新苗,无疑沙障措施对提高梭梭幼苗更新保存具有至关重要的作用。

梭梭矮化平茬,一方面可以减小梭梭蒸腾耗水,缓解林地水分过度消耗,另一方面可以促使梭梭恢复生长,增强梭梭林固沙能力。平茬结果初步表明,梭梭矮化以全平茬效果较好,平茬后当年高生长量平均为 58.89 cm,新枝平均长度 27.50 cm,二次枝萌发数平均 16.9 个,分别为半平处理的 1.1 倍、1.6 倍和 1.3 倍。5 龄和 10 龄梭梭适宜进行全平茬,平茬后枝条萌枝能力较强,有利于梭梭林的更新改造,20 龄梭梭则可适度进行半平茬处理,这将缓解梭梭林地水分过度消耗,减缓梭梭林退化过程。但梭梭平茬后,患病(白粉病)几率增大,抑制了梭梭的正常生长。如何解决这一矛盾,还需做进一步的调查研究。

集雨造林是半干旱地区普遍采用的一项造林技术,但应用于沙漠地区的植被恢复还存在争议<sup>[6]</sup>。

因为林地结皮对降水入渗和土壤水分蒸发具有很大的影响,一方面由于强蒸发作用,林地结皮水分被强烈蒸发而变干,割断与下层沙层水分的毛管联系,使下层水分的蒸发速度减慢,对水分的保持具有一定的作用。另一方面,林地结皮阻止了降水入渗,林地下层深处得不到水分补给,使土壤水分状况恶化,随着植被的生长,这种恶化趋势加强<sup>[11-14]</sup>。本结皮改造试验只对降水入渗过程进行探讨,认为结皮的穴状完全破坏加速了降水水分的入渗,降水入渗深度可达 70 cm;结皮片状处理和带状处理对降水仍有截留,降水入渗范围在 50~70 cm 之间。但整个试验未涉及土壤水分的蒸发过程,还需做进一步的补充试验研究。

### 参考文献:

[1] 甘肃省民勤治沙综合试验站. 甘肃沙漠与治理[M]. 兰州: 甘肃人民出版社,1975:163-166.

[2] 刘家琼. 对甘肃民勤人工梭梭林死亡原因的几点意见[J]. 中国沙漠,1982,2(2):44-46.

[3] 丁声怀,王继和. 民勤地区梭梭固沙林衰亡原因的初步研究[J]. 甘肃林业科技,1985(3):56-59.

[4] 李爱德,赵明,王耀琳,等. 民勤地区不同梭梭林地水分平衡研究[A]. 见:王继和. 甘肃治沙理论与实践[C]. 兰州: 兰州大学出版社,1999:77-83.

[5] 王继和,马全林. 民勤绿洲人工梭梭林退化现状、特征与恢复对策[J]. 西北植物学报,2003,23(2):2107-2112.

[6] 马全林,王继和,赵明,等. 退化人工梭梭林的恢复技术研究[J]. 林业科学研究,2006,19(2):151-157.

[7] 张锦春,赵明,廖空太,等. 民勤绿洲边缘荒漠植被滴灌恢复试验研究[J]. 中国沙漠,2007,27(1):94-98.

[8] 安富博,孙坤,王继和,等. 绿洲边缘退化梭梭林地集流试验研究[J]. 内蒙古农业大学学报,2006,27(1):115-120.

[9] 杨美霞,邹受益,赵学勇. 吉兰泰地区梭梭林天然更新研究[J]. 内蒙古林学院学报,1995,17(2):74-86.

[10] 李钢铁,杨美霞. 吉兰泰地区梭梭林天然更新规律研究[J]. 内蒙古林学院学报,1995,17(2):88-95.

[11] 李守中,肖洪浪,宋耀选,等. 腾格里沙漠人工固沙植被区生物土壤结皮对降水的拦截作用[J]. 中国沙漠,2002,22(6):612-616.

[12] 吕贻忠,杨佩国. 荒漠结皮对土壤水分状况的影响[J]. 干旱区资源与环境,2004,18(2):76-79.

[13] 吴发启,范文波. 土壤结皮对降水入渗和产流产沙的影响[J]. 中国水土保持科学,2005,3(2):97-101.

[14] 赵西宁,吴发启. 土壤水分入渗的研究进展和评述[J]. 西北林学院学报,2004,19(1):42-45.