



无灌溉管件防护梭梭荒漠造林 新技术及其示范推广



麻浩^{①②③}, 张桦^{①②}, 马林^{①②}, 任财^{①②③}, 王泽^{①②}, 高新^{①②},
方辉^{①②}, 何小玲^{①②③}

① 南京农业大学-新疆农业大学荒漠生态产业研究院, 南京 210095;

② 新疆农业大学干旱区荒漠研究所, 乌鲁木齐 830052;

③ 南京农业大学农学院, 作物遗传与种质创新国家重点实验室, 南京 210095

E-mail: Lq-ncsi@njau.edu.cn

收稿日期: 2014-01-23; 接受日期: 2014-02-26

国家自然科学基金(批准号: 31260181)和农业科技成果转化资金(批准号: 2012GB2G400497)资助项目

doi: 10.1360/052013-207

摘要 梭梭是我国荒漠生态恢复和重建首选植物之一, 但在无灌溉条件下人工直播苗和移栽苗存在生长缓慢、保存(成活)率很低($\leq 10\%$)的瓶颈问题. 研究发现, 除干旱、风沙和小动物啃食等危害外, 苗期茎基部接触的地表层(0~2 cm)高温($\geq 50^\circ\text{C}$)灼伤胁迫也是导致这一瓶颈问题的重要因素, 但在荒漠造林实践过程中, 这一胁迫因素往往被忽视. 针对这一胁迫因素, 本实验室发明了“无灌溉管件防护梭梭荒漠造林技术”, 经几年、多个荒漠生境的检验, 该项新技术适宜在地下水位相对较高、或湿沙层相对较丰富的荒漠半荒漠地区使用, 适合流动半流动沙丘, 更适合固定沙丘、戈壁、壤漠等. 它具有可有效降低地表层高温、风沙以及小动物啃食等的胁迫伤害, 操作简单, 不需灌溉, 适宜秋植和春植, 既可直播也可移栽等优点, 从而可有效提高梭梭直播苗和移栽苗的保存率(平均在 70%以上)、提高年生长量(20%以上). 此外, 该技术也可应用于其他荒漠药用、食用、生态植物种植或造林过程中. 目前, 该技术正在新疆、内蒙古和甘肃等省荒漠地区大面积示范推广应用中.

关键词

梭梭幼苗
种植
管件防护技术
荒漠地表层高温胁迫
保存率
年生长量
示范推广

藜科梭梭属(*Haloxylon Bunge*)植物, 主要分布在地中海到中亚的广大荒漠地区, 生长在流动沙丘、半固定沙丘、盐渍土及砾质戈壁, 全球已鉴别出 11 个种^[1,2]. 我国被认为仅分布梭梭(*Haloxylon ammodendron*, 又称梭梭柴或黑梭梭)和白梭梭(*H.*

persicum)2 个种, 面积约为 $1.1393 \times 10^7 \text{ hm}^2$. 梭梭主要分布在内蒙古、新疆、青海、甘肃和宁夏等省区, 白梭梭仅分布于新疆北部^[3,4]. 其中新疆的分布面积就占全国总分布面积的 73.1%; 其次是内蒙古, 约占 14.1%; 青海和甘肃两省分布的面积相对较小, 分别

引用格式: 麻浩, 张桦, 马林, 等. 无灌溉管件防护梭梭荒漠造林新技术及其示范推广. 中国科学: 生命科学, 2014, 44: 248–256

Ma H, Zhang H, Ma L, et al. None-watering and tube-protecting planting technique for *Haloxylon ammodendron* under desert and its extension. SCIENTIA SINICA Vitae, 2014, 44: 248–256, doi: 10.1360/052013-207

约占 7.9% 和 4.9%^[3,5,6]。梭梭是一种耐旱、耐高温、耐盐碱、耐风蚀植物,是我国荒漠区固沙造林面积最大的建群树种,素有“沙漠卫士”之称。而以梭梭为优势种形成的天然荒漠植被(享有“荒漠森林”之称),是荒漠平原地区生物多样性保护的重要场所,为近 200 种荒漠植物提供适宜的繁衍生境,为许多荒漠动物提供栖息环境,并在这些地区防沙固沙、减缓荒漠化、维护区域生态平衡和生态安全、促进国民经济发展中起着不可替代的重要作用^[4,7,8]。20 世纪中叶,由于持续垦荒、过度放牧和采伐薪柴以及大量采收肉苁蓉,导致新疆梭梭的分布面积大量萎缩,是造成新疆目前荒漠化面积较大的重要原因之一^[1,7,9,10]。1984 年,梭梭和白梭梭已被列为国家濒危类三级保护植物(国家环境保护局自然保护司保护区与物种管理处,1991),随后它们又同时被《中国植物红皮书》第 1 卷刊载。郭泉水等人^[3]研究发现,全国以梭梭为优势的现存荒漠植被面积仅占以梭梭为优势的潜在荒漠植被分布面积的 9.1%,说明营建梭梭林在我国地域空间上潜力巨大。近年来梭梭已被确定为我国荒漠生态恢复和治理首选植物之一,因而如何加快梭梭林的自然恢复与营建工作已成为新疆乃至我国整个西北地区风沙治理和生态建设工程的重要课题和重中之重的工作^[1]。

1 我国梭梭林的自然恢复和重建工作中存在的瓶颈问题

目前我国梭梭林的自然恢复和重建工作主要采用 2 种方式。(i) 依靠梭梭天然自我更新。但由于自然恢复地区大多属于极度干旱(降水量<150 mm,而蒸发量是降水量的 30~100 倍,干燥度>4,相对湿度<40%)、气温和地表层温度高且变化大(极端最高气温 47.6℃,极端最低气温-47.8℃,7 月份地表最高温度可达 70℃以上)、风沙作用强烈(平均风速 2.9~5 m/s,最大风速 34 m/s)、土壤盐化严重(常出现盐碱化严重的“盐湖”,pH>9)等生境,生态环境异常恶劣^[5,6,11,12],自然更新方式非常困难且需年限长;(ii) 依靠人工种植梭梭。人工种植梭梭主要采用灌溉(滴灌、喷灌等)和无灌溉 2 种方式^[13]。采用灌溉(滴灌、喷灌等)方式存在投入和维护成本高、耗水量大等瓶颈问题,不易大面积推广,特别是在水资源匮乏地区更不宜推广,限制了其应用;而采用无灌溉方式,梭梭人工直播苗

和移栽苗往往会受到干旱等多种逆境因子胁迫,存在生长缓慢、保存(成活)率很低($\leq 10\%$)的瓶颈问题,尤其是在无草方格、土工网方格等保护措施下。大量野外研究和调查表明,梭梭天然更新幼苗和人工播种幼苗的保存(成活)率仅为 1% 左右,而人工移栽的 1~2 年生梭梭幼苗其保存(成活)率也在 10% 及以下,某些年份甚至为零^[14]。进一步调查和研究发现,春季自然出苗、人工播种和移栽幼苗成活率往往很高,在 70% 以上;但在经历荒漠严酷的干旱、炎热的夏季后保存(成活)率才急剧下降。刘国军等人^[15]和黄培祐等人^[16]在新疆准噶尔盆地荒漠区调查研究发现,大风掩埋、动物咬食、地表层土壤(0~5 cm)或 60 cm 以内土层水分含量匮乏等因素制约了梭梭天然更新实生苗的生存,而其中的土壤干旱是主要生态制约因素。同时,前人的许多研究同样表明,土壤干旱也是制约梭梭直播苗和移栽苗成活的最直接、最关键的生态因子,其次是大风掩埋、动物咬食等因素^[13,14,17~23]。

荒漠地区春夏季的白天大多晴朗无云,阳光直射,气温高,空气干燥,加之地表干燥、裸露,沙土比热小,导热能力差等原因,使得地表层(0~2 cm)受阳光和气温的影响,极易出现 $\geq 50^\circ\text{C}$ 的高温,甚至出现高达 80℃ 以上的极端地表高温^[5,6,12,24]。曾有研究者在吐鲁番流沙地上测得 82.3℃ 的地表高温,可烫熟鸡蛋^[25]。本实验室近年来在新疆准噶尔盆地古尔班通古特沙漠腹地和南缘野外调查研究时,也发现春季(特别是 4 月上中旬)经常会出现 24~28℃ 的强光照天气,此时梭梭幼苗茎基部周围的地表层温度可达 50℃ 以上;6~8 月干旱少雨的夏季,白天气温时常超过 40℃,而梭梭幼苗茎基部周围的地表层温度常可达到 75℃ 及以上。由于梭梭叶片已退化为鳞片附着在同化枝上,再加上幼苗期同化枝又少,难以形成冠层对茎基部及其周围荒漠地表产生有效的遮盖作用,导致幼苗茎基部及其周围的荒漠地表往往裸露在阳光直射下,地表层温度往往较高,易对幼苗茎基部产生“灼伤”胁迫。进一步在温室条件下采用本实验室发明的模拟地表层高温胁迫植物方法(专利授权号:ZL201010283141.0)胁迫梭梭幼苗,发现地表层高温胁迫可以导致梭梭幼苗当年生同化枝发黄、生长停滞,甚至幼苗死亡^[26](表 1,图 1 和 2);而且苗龄愈小,致死所需的胁迫时间愈短、胁迫温度愈低^[26]。不仅在实验室,而且在荒漠野外也发现,在土壤水分不匮乏(3%~8%)的条件下,长时间的地表层高温胁迫轻则会

表 1 模拟地表层高温胁迫对不同苗龄梭梭幼苗致死率(%)^{a)}

苗龄 (天)	胁迫温度和调查时间															
	40℃				50℃				60℃				70℃			
	1 天	5 天	10 天	15 天	1 天	5 天	10 天	15 天	1 天	5 天	10 天	15 天	1 天	5 天	10 天	15 天
40	0	0	33.3	41.6	0	18.1	36.4	100	0	42.8	92.8	100	25.0	56.2	100	-
50	0	0	0	10.0	0	10.0	40.0	90.0	0	20.0	40.0	100	0	30.0	50.0	100
60	0	0	0	10.0	0	0	10.0	30.0	0	0	20.0	60.0	0	0	20.0	80.0
70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10.0	30.0	0	0	20.0	70.0

a) 每天胁迫幼苗 8 h, 共计胁迫 10 天. 70℃胁迫 2 h 就可导致 40 天苗龄的幼苗部分死亡

导致梭梭幼苗生长缓慢、同化枝发黄, 重则导致梭梭幼苗死亡; 而且在土壤水分匮乏(<1%)的条件下, 长时间的地表层高温胁迫会加速梭梭天然更新幼苗、直播苗和移栽苗停止生长和死亡. 荒漠地表层高温($\geq 50^{\circ}\text{C}$)对梭梭幼苗胁迫作用大致有如下几个方面: (i) 灼伤幼苗; (ii) 阻碍幼苗地上部和地下部间的营养和水分运输, 从而妨碍幼苗地上部和地下部生长; (iii) 导致幼苗产生大量活性氧分子(reactive oxygen species, ROS), 打破了原来正常的氧化还原平衡体系, 导致生理伤害^[26]; (iv) 妨碍梭梭幼苗根的生长, 导致扎根不深而早死; (v) 或几者兼而有之. 但在荒漠梭梭造林实践过程中, 荒漠地表层高温这一胁迫因子往往被忽视.

事实上, 地表层高温对植物或作物幼苗的胁迫影响国际上早有报道, 例如, Nobel 等人^[27-31]报道了幼苗组织表面高温或沙漠地表层(或石头表面)高温会影响沙漠植物幼苗的生根、根的分布和存活^[27-31]; Garvie 等人^[32]报道了钙质石漠表面温度会对苔藓生存产生影响; Peacock 等人^[33]报道了在半干旱热带地区, 高土壤温度($>45^{\circ}\text{C}$)胁迫会导致高粱(*Sorghum*

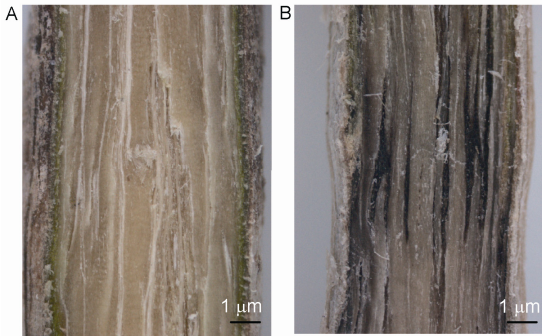


图 2 梭梭幼苗茎基部模拟地表层高温胁迫部位纵剖面图
体视显微镜观察. A: 对照; B: 胁迫, 可见内部组织呈黑色状

bicolor (L.) Moench)早期幼苗死亡等. 说明地表层高温对植物幼苗的胁迫具有普遍性.

2 无灌溉管件防护梭梭荒漠造林新技术及其示范推广

针对荒漠地表层高温对梭梭幼苗的胁迫, 本实验室经多次研究和实践最终发明了“无灌溉管件防护梭梭荒漠造林新技术”(专利授权号: ZL20111013-9499.0, ZL201120233236.1, ZL201220084804.0)(图 3). 该技术可有效提高梭梭天然实生苗、直播苗和移栽苗的成(保)活率、提高年生长量, 适宜在地下水位相对较高、或湿沙层相对较丰富的荒漠半荒漠地区使用, 适合流动半流动沙丘, 也适合固定沙丘、戈壁、壤漠等. 经几年、多个生境的实践检验, 发现其具有如下特点: (i) 初春晚上可有效提高地表层温度, 夏季白天可有效降低管件内部地表层温度. 据多年、多个生境测定, 初春晚上管件内地表温度比管件外地表温度高 1°C 左右, 夏季正午和下午管件内地表温度比管件外地表温度低 20°C 以上; (ii) 可有效降低幼苗遭受沙埋、沙割、风蚀等的伤害, 特别是可有效降低贴



图 1 模拟地表层高温胁迫下处于不同伤害级别的梭梭同化枝

0: 对照; 1: 处于 1 级伤害的同化枝其颜色逐渐变成翠绿色; 2: 处于 2 级伤害的同化枝基部第一节完全变成亮绿色; 3: 处于 3 级伤害的同化枝的一半变成亮绿色; 4: 处于 4 级伤害时, 部分同化枝的全长会变成亮绿色; 5: 处于 5 级伤害时, 部分同化枝会出现萎蔫; 6: 处于 6 级伤害时, 部分同化枝开始干枯、脱落

地风沙对幼苗的伤害. 调查研究发现, 早春荒漠地区风沙较大, 无防护的梭梭幼苗常常被风沙掩埋掉, 或被连根拔起吹走, 而管件防护可有效降低幼苗被掩埋、被吹走的风险; (iii) 可有效防止小动物, 特别是沙老鼠等对梭梭幼苗的伤害; (iv) 操作简单; (v) 不需灌溉(春灌和秋灌), 既适宜秋植, 也适宜春植; 既可直播也可移栽. 据调查, 与无防护的对照相比, 管件防护的秋植幼苗可提前至少 1 周多时间发芽; 同时管件可以对管件内的土壤具有保湿保温作用, 为种子提供一个相对适宜的发芽和生长的微环境. 此外, 由于该项技术属于物理防护范畴, 因而也可应用于其他荒漠药用、食用、生态植物种植或造林过程中(图 4).

“无灌溉管件防护梭梭荒漠造林新技术”2010 年在新疆准噶尔盆地古尔班通古特沙漠小面积示范取得成功; 2011 和 2012 年在新疆准噶尔盆地南缘、中心以及西北缘 5 个点共计示范推广了约 16.67 hm^2 ; 2013 年春季在新疆吉木萨尔县古尔班通古特沙漠 216 国道边、甘肃省民勤县和内蒙古阿拉善左旗腾格里沙漠示范推广了约 133.33 hm^2 . 几年的示范推广调查结果表明, 梭梭幼苗移栽成活率平均在 85% 以上,

保存率平均在 70% 以上, 提高年生长量 20% 以上; 梭梭播种成苗(穴)率在 50% 以上(表 2). 迄今, 新技术已累计宣传培训技术人员、牧民和农民 500 余人次. 特别是 2012 年 3 月底在新疆吉木萨尔县 216 国道边采用新技术移栽的梭梭幼苗目前已基本成林(图 5).

“无灌溉管件防护梭梭荒漠造林新技术”目前移栽成本为 2700~4200 元/ hm^2 (表 3), 主要成本构成为管件(聚氯乙烯(polyvinyl chloride, PVC)管)费及其运输费和用工成本, 分别占 26.86%, 29.63% 和 33.41%, 合计占 89.90%. 值得注意的是该项技术推广成本中一个主要构成是管件费及其运输费合计占 56.49%, 这可通过对管件原材料的改进来降低, 目前项目组已研制成可就地取材的荒漠沙子做成的管件(图 6). 相对目前使用的 PVC 管件, 它具有如下优点: (i) 沙管件 1~2 年内可分解, 可克服 PVC 管难以降解的问题, 防止环境污染; (ii) 比 PVC 管件重, 在风沙作用下表现更稳定(固), 防风沙的效果更好; (iii) 可在种植地附近的村庄加工, 有效减少运输费; (iv) 相比 PVC 管件, 制造成本可降低 1/2 以上. 采用沙管件取代 PVC 管件, 移栽种植成本可降低到 1500~2700 元/



图 3 采用管件防护的梭梭移栽苗

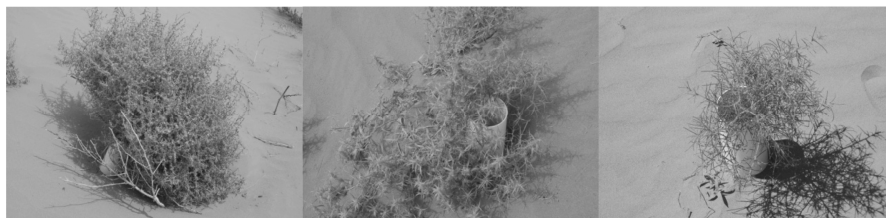


图 4 采用管件防护的其他荒漠植物幼苗

表 2 无灌溉管件防护梭梭荒漠造林新技术部分示范点成活率、保存率及生长量结果

地点	调查面积(hm ²)	成活率(%)	保存率(%)	生长量(%)
新疆阜康市试点 1	1.67	85%	78%	35%
新疆阜康市试点 2	1.67	90%	75%	31%
新疆吉木萨尔县试点 1	2.33	95%	80%	38%
新疆吉木萨尔县试点 2	2.00	78%	72%	20%
甘肃民勤示范点 1	2.00	91%	75%	26%
内蒙古阿拉善左盟示范点 1	1.67	90%	71%	32%



图 5 采用新技术刚种植(A)和生长了一年半的(B)连片梭梭林对比图(新疆吉木萨尔县)

表 3 无灌溉管件防护梭梭荒漠造林新技术成本分析(hm²)

示范推广点	移栽面积(hm ²)	植苗密度(m×m)	苗数(株/hm ²)	管件数(个)	雇佣人数(个)	工作天数(天)	劳务费(元)	食宿费(元)	运输费(元)	苗木费(元)	管件费(元)	费用合计(元)	成本(元/hm ²)
1	1.2	4×4	630	850	7	2	1680	300	1600	150	1020	4750	3958.3
2	0.47	3×3	1110	520	5	1	600	80	500	120	624	1924	4093.6
3	0.27	2.5×3	900	240	2	1	200	0	100	100	350	750	2777.8

hm², 播种种植成本相对更低。同时, 针对另一个成本主要构成——人工成本, 项目组正在研制荒漠种植机械以降低人工成本, 目前已取得初步进展。

以“无灌溉管件防护梭梭荒漠造林技术”为核心内容的科技成果“梭梭造林关键技术及生理机制的研究”2011 年 7 月通过了教育部科技成果鉴定[鉴字[教 SW 2011]第 010 号]。目前, 围绕该技术项目组已构建和发明了“采用遮阳网罩提高梭梭属植物幼苗成活

率的方法(专利授权号: ZL201010523477.X)”、“设施农业条件下培养梭梭容器苗的方法(专利授权号: ZL201010230543.4)”、“模拟地表层高温胁迫植物的方法(专利授权号: ZL201010283141.0)”、“防止梭梭属植物产生‘夏休眠’现象的生态和物理防护技术体系(专利授权号: ZL201010156767.5, ZL2010101567-58.6)”等系列配套方法和技术体系, 已获国家发明专利和实用新型授权 8 项, 正申请国际发明专利 2 项。



图 6 采用沙子做成的防护管件

3 无灌溉管件防护梭梭荒漠造林新技术应用范围和注意事项

(i) 新技术仅适用于春夏季(4~8月)浅层沙土(60 cm 以下)悬湿水含量($\geq 2\% \sim 3\%$)相对丰富以及地下水位较高的荒漠地区,能保障梭梭幼苗正常生长所需水分。

(ii) 用于移栽的梭梭幼苗无病虫害的壮苗,株高需 ≥ 60 cm。

(iii) 梭梭幼苗种植坑深 ≥ 40 cm,并保证移栽时幼苗的根系能直接接触湿沙层;管件套上之后,周围要培土、踩实。

(iv) 播种或移栽的梭梭幼苗需使用管件进行连续 1~3 年的维护,期间对死亡的幼苗在春季及时补苗

或补种,对由于风吹日晒而破损的管件进行适当的清理和更换;对因风沙作用而歪斜和掩埋的管件要重新扶正和清除沙土。别是大风天气后,应安排人员检查,将吹倒、吹歪的管件重新插好或扶正,并将管件周围的土踏实。同时切记维护时不要移动或弄伤幼苗。

4 今后工作展望

为了推动“无灌溉管件防护梭梭荒漠造林新技术”大面积推广,促进我国荒漠的生态恢复和重建工作,本实验室在加大新技术培训、宣传和示范推广等方面工作的同时,已开始投身于如下配套研发工作:

(i) 建立荒漠植物种质资源创新和新品种选育中心,以梭梭属植物为主,同时兼顾荒漠有食用、药材、生态等价值的植物。

(ii) 建立荒漠植物优良种子和标准化苗木生产基地,同时开展种子包衣和丸化、苗木快繁研发工作。

(iii) 继续开展环保型管件及其生产设备研发工作,其目的是研发更经济、更环保的管件及其生产设备。

(iv) 开展种植设备研发工作,目的是降低种植人工成本,拓展种植范围。

(v) 开展荒漠有益植物间作套种以及林下养殖研究工作,促进荒漠生态恢复和重建技术和手段的多元化。

(vi) 建立荒漠生态农庄,实现荒漠生态恢复和重建的生态、经济、社会效益统一。

参考文献

- 1 Liu J L, Wang Y G, Yang X H, et al. Genetic variation in seed and seedling traits of six *Haloxylon ammodendron* shrub provenances in desert areas of China. *Agroforest Sys*, 2011, 81: 135–146
- 2 张景波, 王葆芳, 郝玉光, 等. 我国梭梭林地理分布和适应环境及种源变异. *干旱区资源与环境*, 2010, 24: 166–171
- 3 郭泉水, 丛者福, 王春玲. 梭梭与肉苁蓉生态学研究. 北京: 科学出版社, 2009. 1–49
- 4 张立运. 新疆荒漠中的植物—梭梭和白梭梭(上). *植物杂志*, 2002, 5: 4–7
- 5 刘晋. 准噶尔盆地荒漠区梭梭灌木林的自我修复能力研究. *中国水土保持*, 2006, 3: 25–26
- 6 魏疆, 张希明, 单立山, 等. 梭梭幼苗生长动态及其对沙漠腹地生境条件的适应策略. *中国科学 D 辑: 地球科学*, 2006, 36(增刊 II): 95–102
- 7 Sheng Y, Zheng W H, Pei K Q, et al. Genetic variation within and among populations of a dominant desert tree *Haloxylon ammodendron* (Amaranthaceae) in China. *Ann Bot-London*, 2005, 96: 245–252
- 8 郭泉水, 郭志华, 阎洪, 等. 我国以梭梭属植物为优势的潜在荒漠植被分布. *生态学报*, 2005, 25: 848–853
- 9 Zhu Y J, Jia Z Q. Soil water utilization characteristics of *Haloxylon ammodendron* plantation with different age during summer. *Acta*

- Ecol Sin, 2011, 31: 341–346
- 10 Suo Z L, Jia Z Q, Lu Q, et al. Distinguishing *Haloxylon persicum* and *H. ammodendron* (*Haloxylon* Bunge, Amaranthaceae) using DNA Marker. AASRI Procedia, 2012, 1: 305–310
 - 11 魏文寿, 王敏仲, 何清, 等. 塔克拉玛干沙漠腹地近地边界层温湿廓线与热量平衡分析. 科学通报, 2008, 53(增刊 II): 18–24
 - 12 马海波, 马徽东, 张金宝, 等. 我国梭梭草地资源分布与利用现状. 内蒙古草业, 2001, 2: 29–31
 - 13 单立山, 张希明, 花永辉, 等. 塔克拉玛干沙漠腹地梭梭幼苗根系分布特征对不同灌溉量的响应. 植物生态学报, 2007, 31: 769–776
 - 14 班卫强, 严成, 尹林克, 等. 立地条件和积雪厚度对古尔班通古特沙漠梭梭造林的影响. 中国沙漠, 2012, 32: 395–398
 - 15 刘国军, 张希明, 李建贵, 等. 准噶尔盆地东南缘天然更新梭梭苗期动态生命表及生存分析. 干旱区研究, 2010, 27: 83–87
 - 16 黄培祐, 向斌, 李启剑, 等. 入夏前梭梭实生苗生长动态与生境的关系. 中国沙漠, 2009, 29: 87–94
 - 17 格日乐, 孙保平, 刘军, 等. 库布其沙漠梭梭造林试验研究. 内蒙古农业大学学报, 2004, 25: 14–17
 - 18 郭生虎, 张浩, 宋玉霞, 等. 宁夏中部干旱带梭梭人工造林试验研究. 宁夏农林科技, 2006, 4: 1–2, 56
 - 19 马全林, 王继和, 朱淑娟. 降水、土壤水分和结皮对人工梭梭(*Haloxylon ammodendron*)林的影响. 生态学报, 2007, 27: 5057–5067
 - 20 王葆芳, 张景波, 杨晓晖, 等. 梭梭不同种源间种子性状和幼苗生长性状与地理和气候因子的关系. 植物资源与环境学报, 2009, 18: 28–35
 - 21 雍瑞星. 沙区梭梭、沙拐枣三种无灌溉植苗造林方式效果分析. 新疆林业, 2010, 3: 24
 - 22 朱雅娟, 贾志清, 刘丽颖, 等. 民勤绿洲外围不同林龄人工梭梭林的土壤水分特征. 中国沙漠, 2011, 31: 442–446
 - 23 班卫强, 尹林克, 严成. 不同技术措施对梭梭免灌造林成活率的影响. 干旱区资源与环境, 2012, 26: 141–144
 - 24 李琴, 陈曦, 包安明, 等. 干旱/半干旱区 MODIS 地表温度反演与验证研究. 遥感技术与应用, 2008, 23: 643–649
 - 25 唐麓君, 杨忠岐. 治沙造林工程学. 北京: 中国林业出版社, 2005. 27–30
 - 26 Yu T, Ren C, Zhang J P, et al. Effect of high desert surface layer temperature stress on *Haloxylon ammodendron* (C.A. Mey.) Bunge. Flora, 2012, 207: 572–580
 - 27 Nobel P S. Extreme temperatures and thermal tolerances for seedlings of desert succulents. Oecologia, 1984, 62: 310–317
 - 28 Nobel P S. Shoot temperature and thermal tolerances for succulent species of *Haworthia* and *Lithops*. Plant Cell Environ, 1989, 12: 643–651
 - 29 Nobel P S, Geller G N, Kee S C, et al. Temperature and thermal tolerances for cacti exposed to high temperatures near the soil surface. Plant Cell Environ, 1986, 9: 279–287
 - 30 Nobel P S, Linton M J. Frequencies, microclimate and root properties for three codominant perennials in the northwestern Sonoran Desert on north-vs. south-facing slopes. Ann Bot-London, 1997, 80: 731–739
 - 31 Nobel P S, Zutta B R. Rock associations, root depth, and temperature tolerances for the ‘rock live-forever,’ *Dudleya saxosa*, at three elevations in the north-western Sonoran Desert. J Arid Environ, 2007, 69: 15–28
 - 32 Garvie L A J, Knauth L P, Bungartz F, et al. Life in extreme environments: survival strategy of the endolithic desert lichen *Verrucaria rubrocincta*. Naturwissenschaften, 2008, 95: 705–712
 - 33 Peacock J M, Miller W, Matsuda K, et al. Role of heat girdling in early seedling death of sorghum. Crop Sci, 1990, 30: 138–143

None-Watering and Tube-Protecting Planting Technique for *Haloxylon ammodendron* under Desert and Its Extension

MA Hao^{1,2,3}, ZHANG Hua^{1,2}, MA Lin^{1,2}, REN Cai^{1,2,3}, WANG Ze^{1,2}, GAO Xin^{1,2}, FANG Hui^{1,2}
& HE XiaoLing^{1,2,3}

1 Academy of Desert Ecological Industry, Nanjing Agricultural University and Xinjiang Agricultural University, Nanjing 210095, China;

2 Institute of Desert Research in the Arid Areas, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China;

3 State Key Laboratory of Crop Genetics and Germplasm Enhancement, College of Agriculture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China

Haloxylon ammodendron has been one of the preferred plants that are used for the ecological recovery and restoration of the desert in China, but its seedlings have a very low percentage of seedling survival ($\leq 10\%$) and grow slowly under none-watering condition in the desert areas, which is a pivotal limiting factor for its utilization. Besides soil drought, sandwind, and small animal gnawing, our recent research results unveiled that the high desert surface layer (0–2 cm) temperature ($\geq 50^\circ\text{C}$) around the basal part of stem of *Haloxylon ammodendron* seedlings also is one of the important limiting factors, but this limiting factor is often neglected in the process of practice. Based on this discovery, we invented a new none-watering and tube-protecting planting technique for *Haloxylon ammodendron*. After several years' proof-test in many desert environments, this new planting technique has been found to be suitable for utilization in the desert habitats with higher ground water level or abundant wet sand layer, including drifting or semi-drifting sand dunes, especially for fixed dune, gobi, and soil desertification. It has the following characteristics and advantages: protecting *Haloxylon ammodendron* seedlings from the damage of high desert surface layer temperature, sandwind, small animal gnawing, etc.; easy to operate; needing no watering; suitable for fall and spring planting, as well as direct seeding and transplantation. As a result, it can efficiently increase the percentage of seedling survival (averagely more than 70%) and annual growth (more than 20%) of *Haloxylon ammodendron*. Additionally, it is also found to be suitable for the planting or cultivation of other desert plants. Now the new planting technique is in widespread demonstration and extension in the desert areas of Xinjiang, Inner Mongolia, and Gansu.

***Haloxylon ammodendron* seedling, planting, tube-protecting technique, high desert surface layer temperature stress, survival percentage, annual growth, demonstration and extension**

doi: 10.1360/052013-207



麻浩 教授, 博士生导师. 近年来主要从事荒漠生态恢复和重建以及荒漠植物耐逆基因发掘利用等方面的研发工作. 在 *Journal of Proteomics*、*Food Chemistry*、*Biochemical and Biophysical Research Communications*、*Journal of Plant Physiology*、*Food Research International*、《作物学报》、《中国农业科学》等国内外期刊上发表科研论文 100 多篇, 主编和参编教材 5 本, 参编专著 1 本; 创制特异种质 200 多份, 主持或参与育成作物品种 8 个, 获新品种权 1 个, 已累计示范推广近 1000 万亩; 获国家级、省部级先进个人奖励 4 次; 获荒漠生态治理方面国家发明专利授权 11 项; 获省级科研奖励 4 项, 其中“耐盐经济植物规模化栽培技术研究与应用”2011 年获江苏省科技进步二等奖; 作为第一完成人完成的教育部科技成果“梭梭造林关键技术及

生理机制的研究”, 被专家一致认为具有重要研究意义和推广价值, 成果总体上居于国际先进水平, 可为我国梭梭林的恢复和重建提供理论和技术支撑, 将有效推进我国荒漠区风沙治理和生态建设进程; 作为第一完成人发明的国家授权专利“无灌溉管件防护荒漠造林新技术”2012~2013 年已在新疆、甘肃和内蒙古荒漠地区示范推广了近 2 万亩, 培训技术人员、农牧民 3000 人次. 现任新疆农业大学草业与环境科学学院挂职副院长、南京农业大学-新疆农业大学荒漠生态产业研究院院长、新疆农业大学干旱区荒漠研究所副所长、中国作物学作物种子专业委员会副主任、全国农业推广硕士种业领域协作组副组长、中国植物学会种子科学与技术专业委员会理事、国际种子科学学会(International Society for Seed Science)会员等. 以荒漠生态治理入选 2013 年度南京领军型科技创业(321)重点人才.