

# 滨海泥质盐碱地种基盘播种造林的应用研究

孙雁君<sup>1</sup>, 景峰<sup>2</sup>, 朱金兆<sup>3</sup>

(1. 山西省水土保持科学研究所, 太原 030045; 2. 中国国际工程咨询公司, 北京 100048;

3. 教育部水土保持与荒漠化防治重点实验室, 北京林业大学 水保学院, 北京 100083)

**摘要:**为研究盐碱地种基盘播种造林的成效,对唐山试验地的台田整地、水盐动态变化、不同基盘配方和树种的种基盘生长情况等进行了系统的研究。结果表明:土壤水分和盐分关系密切,土壤表层,盐分和水份变化趋势相同;中深层,盐分与水分变化趋势相反。台田整地后,平均土壤盐分含量逐年下降;种基盘直播造林技术体系在滨海泥质盐碱地上取得初步成效,3 a 后刺槐、火炬、紫穗槐种基盘成活率达 30% 左右。客土、草炭、蛭石和珍珠岩的体积比为 50 : 30 : 10 : 10 的基盘配方的种基盘成活率比其它配方高,说明该配方局部改善植物生长环境的性能强,更适宜树种生长。

**关键词:**盐碱地; 台田整地; 电导率; 含水量; 种基盘; 成活率

中图分类号:S728.5

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2012)04-0172-04

## Study on Seed-base Afforestation by Seeding in Coastal Argillaceous Saline-alkali Land

SUN Yan-jun<sup>1</sup>, JING Feng<sup>2</sup>, ZHU Jin-zhao<sup>3</sup>

(1. Shanxi Institute for Soil and Water Conservation, Taiyuan 030045, China; 2. China International

Engineering Consulting Corporation, Beijing 100048, China; 3. Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Desertification Control, College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

**Abstract:** The purpose of this paper is to study the effect of seed-base afforestation in saline-alkali land. Preparation of platform field, water-salt dynamic, the survival rate of different seed-base and tree species were investigated in coastal argillaceous saline-alkali land of Tang Shan. Results showed that, there was a close relation between the water content and salt content, in soil surface layer, the trend of soil salt and water was similar while the trend was reverse in middle and deep layers. The average salt of soil decreased year by year by preparation of platform field. The afforestation of seed-base has achieved initial success in saline-alkali land which the three-year survival rate of seed-base reached 30% in *Rhus typhina*, *Locust*, *Amorpha fruticosa* L. The survival rate of seed-base which the volume ratio of new soil, peat, vermiculite and perlite was 50 : 30 : 10 : 10 was better than other seed-base. This seed-base which could improve the properties of plant growth environment was more suitable for tree species.

**Key words:** saline-alkali land; preparation of platform field; soil conductivity; soil moisture; seed-base; the survival rate

植物从土壤中吸收水分,主要是靠细胞的渗透压。盐碱地中易溶盐含量高,会使土壤溶液浓度和渗透压增加,细胞很难获得水分,继而引发营养失调、各种缺素症等症状。地表植物减少,将会增大蒸发量引发干旱,形成干热风。针对盐碱地对植物的危害机理,我们主要采取修筑台田、灌水压盐、垫隔离层、施有机肥、选抗盐碱树种等综合措施进行造林<sup>[1-2]</sup>。目前植被恢复普遍采用植苗造林和播种造林这两种造林技术。植苗造林虽然是一种最为传统和被普遍采

用的施工方法,但与播种造林相比,存在着许多缺点,如根系发育不健全,虽然根量多,但根细、根短,抵抗自然灾害的能力弱,易形成单一物种的群落等。而播种造林的树木,其根系粗、长,数量少,垂直根发达,根系生长范围广。因此,通过播种造林,能迅速实现抗逆性能强的植物群落结构,是较为理想的植被恢复方法。为提高种子发芽率,苗木成活率,初期生长量,我们提出一种改善植物局部生长环境的绿化技术,即种基盘造林技术<sup>[3-8]</sup>。

收稿日期:2011-10-07

修回日期:2012-03-08

资助项目:“十一五”国家林业科技支撑计划(2009BADB2B0602);“948”国家林业局引进项目(2006-4-47)

作者简介:孙雁君(1981—),男,山西省朔州市人,主要研究方向为水土保持与荒漠化防治。E-mail:syj\_yx@126.com

本文通过对盐碱地台田水盐动态情况,不同基盘配方和树种的种基盘生长情况的研究,了解试验地水盐动态情况,确定适宜的基盘配方及适宜树种,为整个滨海泥质盐碱地的造林绿化、土地复垦提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验区自然概况

研究区地处唐山市南堡经济开发区南堡盐场,位于北纬 39°11′28″—39°39′28″,东经 117°51′43″—118°25′28″,属暖温带滨海半湿润大陆性季风气候,年均降雨量 573 mm,最高年降雨量 1 030 mm,最低降雨量 261 mm,降雨多集中在 7—9 月,占全年降雨量的 65%。年均水面蒸发量 1 378 mm,陆面蒸发量 530 mm。年平均气温 11.9℃,最高气温 35.4℃,最低气温 -16.3℃,最大冻土深度 0.7 m。年主导风向西南风,夏季多西南风,冬季多西北风。地下水位 0.5~2.5 m,地下水矿化度大于 15 g/L,土壤类型为盐化土,其盐分含量 0.4%~0.5%,主要盐分是 Cl<sup>-</sup>。地表零星分布芦苇、藜、苋等植物。

1.2 试验内容、方法与设计

1.2.1 台田整地 在试验地修建台田,抬高地面,以控制返盐碱、降低地下水位。试验地规格为 12 m×12 m,共 13 块。同时参照有关地区改造经验,针对试验地土壤质地黏、排水冲洗不良、盐碱易返等问题,采取垫隔离层的方法<sup>[1]</sup>。最后采用排灌结合、单排单灌的原则在台田间和台田外修建灌溉系统和排水沟<sup>[2]</sup>。

具体铺设方法为:在大潮基准线下挖 90 cm,下为 50 cm 原有土,然后铺 30 cm 的建筑垃圾或炉渣隔离层,10 cm 的干草,再向上垫 60 cm 盐分较低的客土。其整体层次剖面见图 1。

除采取工程措施外,还需采取植物措施以降低盐分。具体方法为:芦苇、碱蓬、藜、蓼、苋等盐碱土壤的适生杂草具有不同程度的吸盐作用,在种植前可以任其生长,播种前进行精细整地以除掉大部分杂草,将待播土壤于播种前喷灌 1~2 次,诱发杂草萌生,然后喷施农达等除草剂进行处理<sup>[1]</sup>。

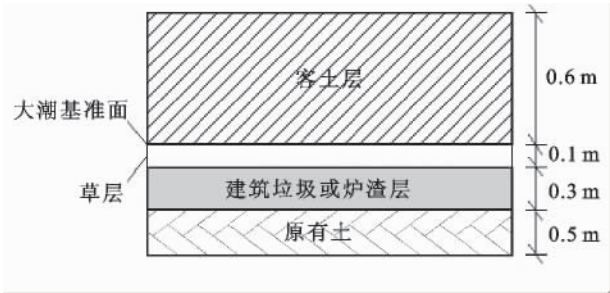


图 1 整体层次剖面图

1.2.2 水盐动态调查 在 2007—2009 年 4—10 月每个月的 3 日、13 日和 23 日,分别在台田及种植穴内 0—10 cm,10—30 cm,30—50 cm 处取土样,测得其月年均含水量和电导率值。土壤含水量采用烘干法(GB7172—87)测定;土壤含盐量采用电导率值法,即:将采集的土样风干,过 1 mm 筛,使用雷磁 DDS—307 型电导率仪测土水比为 1:5 的土壤溶液电导率值。电导率、盐分及作物生长的关系见表 1。

表 1 土壤饱和浸出液的电导率(S25)与盐分和作物生长的关系

饱和浸出液的电导率/(mS·cm <sup>-1</sup> )	盐分/%	盐化程度	作物反应
0~2	<0.1	非盐化土壤	对作物不产生盐害
2~4	0.1~0.3	中度盐化土	对盐分很敏感的作物可能受到影响
4~8	0.3~0.5	盐化土	对盐分很敏感的作物可能受到影响,对耐盐作物仍可适应
8~16	0.5~1.0	重盐化土	只有耐盐作物获得收成,对种子发芽有害,出现缺苗
>16	>1.0	极重盐化土	只有极少数耐盐作物获得收成

1.3 灌溉技术

在种植基盘前,应对已挖好的穴进行灌大水压盐,降低含盐量,然后再播种基盘,最后使用滴灌技术对基盘进行充分灌溉。

使用滴灌技术对树苗根系附近的土壤进行频繁地供水,能使土壤中一部分盐分向下运动,达到充分淋洗的目的,另一部分盐分随水分运动到根区外围的土壤,使作物根系分布范围土壤中的盐分充分地稀释,在滴头附近范围形成淡化区,为作物生长提供良好的水盐环境<sup>[9]</sup>;同时滴灌可以维持较高的土壤基质势,弥补了因灌溉水中含盐量增加而降低的土壤渗透势,使得作物根系分布层的土壤总水势维持在较高水

平,有利于作物吸水;而且滴灌还可以避免灌溉水中的盐分对作物叶冠造成的灼烧<sup>[10]</sup>。

1.4 种基盘制作、施工及植物生长实验

种基盘技术来源于日本信州大学农学部教授山寺喜成先生和助教授宫崎敏孝先生的研究发明。种基盘,又称“营养砖”,是经过改良的固体块状土壤,在其中留下播种孔,在孔中进行覆土、播种、抚育。种基盘基质包括土壤、草炭、蛭石、珍珠岩、复合肥(N:P:K=10:6:9)、土壤防蚀剂。由于研究地土壤为盐化土,不利于植物生长,故基质土壤使用客土,土质为透水性好,不含盐碱的黄绵土。

草炭,是较好的土壤改良体,可疏松黏土也可凝

聚砂质土;具有独特的纤维特性,像海绵一样具有很好的保水、持水特性;可使土壤松软,并使其根部具有很好的透气性;这些特性使其成为肥料营养成分的载体,避免肥料直接流失。

蛭石呈褐、黄褐或古铜色,具有隔热、保水保肥的功能。珍珠岩为一种白色颗粒状物,重量轻,不易碎,具有长久疏松透气的作用。两者混在一起使用,既保水保肥,又疏松透气。

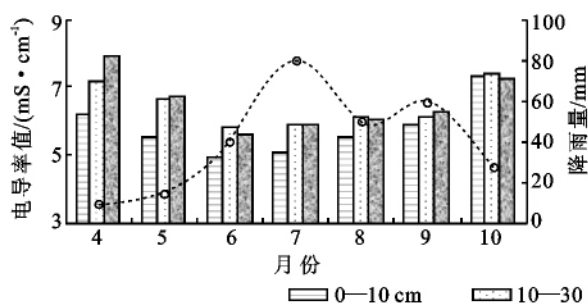
复合肥,本试验使用的复合肥  $N:P_2O_5:K_2O=10:6:9$ ,总养分 $\geq 25\%$ ,是一种天然生物制剂,可直接或通过植物使土壤增加有机质,增加土壤的生物效力,在种基盘里添加混合海藻肥,可以有效改善种基盘土壤结构。

土壤防蚀剂是一种水溶性有机土壤调理剂。属于人工合成的高分子长链聚合物,无色无毒,分解物为水、二氧化碳、氮气,对环境无害。具有较强的沉降和絮凝土壤粒子的作用,在土壤中形成良好的团粒结构,因此构成抗冲刷、防渗漏的载体。将客土、草炭、蛭石、珍珠岩按不同的体积比混合均匀,再加入一定量的复合肥和土壤防蚀剂水溶液。共得出 4 种不同配比的基质(表 2),再将基质装入特制工具成型,形成基盘,将做好的种基盘放置空旷处,自然风干。

所有树苗于 2007 年春季栽种,本次试验选用刺槐、紫穗槐、四翅滨藜和火炬,使用基盘 416 个(每块台田上分别按 4 行 8 列布置基盘,每列布置相同配方的种基盘,4 种基盘按顺序放置。每行布置相同的树种,四树种按顺序放置)。在基盘的中央孔内回填客土到距顶部 1~2 cm 处,每个穴内播种 3~5 粒种子,盖土浇透水,以后每隔一周浇一次水。于 2009 年的 10 月中旬对 13 块台田上的种基盘的成活量和生长量进行记录。

表 2 基盘配方基质比例

基盘配方编号	体积比/%				添加量(g/盘)	
	客土	草炭	蛭石	珍珠岩	复合肥	土壤防蚀剂
1	50	50	0	0	5	0.005
2	50	30	10	10	5	0.005
3	50	10	20	20	5	0.005
4	50	0	25	25	5	0.005



### 1.5 种基盘树种选择

由于试验地为盐碱地,且水分较少,故选用刺槐、火炬、紫穗槐和四翅滨藜 4 种树抗旱耐盐碱的树种。刺槐适应性强、生长快、易繁殖,抗干旱,耐盐碱,耐贫瘠,是立地条件差、环境污染重的地区不可缺少的绿化树种。火炬适应性极强,喜温耐旱,抗寒,耐瘠薄盐碱土壤,根系发达,萌蘖力强。紫穗槐耐寒、耐旱、耐湿、耐盐碱、抗风沙、抗逆性极强。四翅滨藜耐旱,耐寒,耐盐碱,在干旱半干旱地区、生态环境恶劣的荒漠、高原、盐碱荒滩上生长得很好,而且早期生长快,能够提早郁闭,是治理土地沙化的首选树种<sup>[11]</sup>。

### 1.6 统计分析

使用 SPSS 13.0 进行数据的分析处理<sup>[12]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤盐分动态

土壤的盐分和水分变化与降雨量有着密切的关系。土壤的电导率值与降雨量呈负相关,4—7 月,随着降雨量的增加,各土层电导率值随之降低,0—10 cm 土层由 6.24 mS/cm 降至 5.07 mS/cm,10—30 cm 土层由 7.19 mS/cm 降至 5.89 mS/cm,30—50 cm 土层由 7.92 mS/cm 降至 5.93 mS/cm。7—10 月,随着降雨量的减少,土壤电导率值又随之回升,0—10 cm 土层由 5.07 mS/cm 升至 7.37 mS/cm,10—30 cm 土层由 5.89 mS/cm 升至 7.40 mS/cm,30—50 cm 土层由 5.93 mS/cm 升至 7.24 mS/cm。土壤的含水量与降雨量呈正相关,尤其是中深层,10—30 cm 土层含水量由 4 月的 11.0% 升至 7 月的 25.2%,随后又降至 10 月的 11.3%,30—50 cm 土层含水量由 4 月的 13.2% 升至 7 月的 29.6%,随后又降至 10 月的 19.7%;表层 0—10 cm 土层的含水量变化不大,且其趋势与另两个土层相反,从 13.8% 降至 12.1%,再升至 14.6% 之间,主要是因为 7—8 月降雨期温度较高,水分蒸发量大,故土壤含水量较 10—30 cm 和 30—50 cm 两个土层低(图 2)。

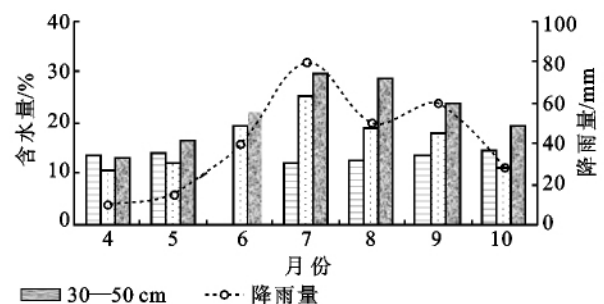


图 2 2009 年土壤电导率值和含水量变化动态

土壤电导率值和含水量的变化与土层的深度也有密切的关系。随土层深度的增加,土壤电导率值和含水量也随之增加。

2007—2009 年各土层的平均电导率值逐年降低,且差异性显著( $p<0.05$ )。各土层的平均含水量变化不显著(表 3)。

表 3 2007—2009 年各年年均电导率值和含水量

土层/ cm	2007 年		2008 年		2009 年	
	电导率值/(mS·cm <sup>-1</sup> )	含水量/%	电导率值/(mS·cm <sup>-1</sup> )	含水量/%	电导率值/(mS·cm <sup>-1</sup> )	含水量/%
0—10	7.5	11.1	6.6	12.9	5.9	13.6
10—30	8.4	17.8	7.3	17.2	6.7	16.6
30—50	8.4	20.6	7.6	22.4	6.7	21.9

2.2 种基盘成活率

2007—2009 年,种基盘造林的树种成活率分别为 41.8%,32.2%,23.8%,呈逐年下降的趋势,但较传统方法造林的零成活率,种基盘造林的优势明显,且差异极显著。火炬树成活率逐年依次递减,为 50.0%,40.4%,31.7%,逐年差异极显著( $p<0.01$ );刺槐成活率逐年依次递减,为 58.7%,47.1%,34.6%,逐年差异极显著( $p<0.01$ );紫穗槐成活率逐年依次递减,为 51.0%,38.5%,28.8%,逐年差异极显著( $p<0.01$ );四翅滨藜成活率为 7.7%,2.9%和 0.96%,2008 年与 2007 年差异显著( $p<0.05$ ),与 2009 年差异不显著(表 4—6)。

2007 年,种基盘造林法的树种成活率排序为刺槐 58.7%、紫穗槐 51.0%、火炬树 50.0%和四翅滨藜 7.7%;2008 年,4 个树种成活率排序为刺槐 47.1%、火炬树 40.4%、紫穗槐 38.5%和四翅滨藜 2.9%;2009 年,4 个树种成活率排序为刺槐 34.6%、火炬树 31.7%、紫穗槐 28.8%和四翅滨藜 0。2007—2009 年前 3 个树种间差异均不显著,但均与四翅滨藜差异极显著( $p<0.01$ )。

2007 年,4 种配方成活率的排序为 2 号 59.2%、3 号 38.5%、4 号 35.6%和 1 号 33.7%;2008 年,4 种配方成活率的排序为 2 号 46.2%、3 号 29.8%、4 号 27.9%和 1 号 25.0%;2009 年,4 种配方成活率的排序为 2 号 36.5%、3 号 25.0%、4 号 19.2%和 1 号 14.4%。2007—2008 年,2 号配方种基盘成活率均明显高于 4 号和 1 号种种基盘成活率,差异极显著( $p<0.01$ ),其余 3 个配方差异不显著。

表 4 2007 年不同树种不同配方的成活量及成活率

树种	不同配方				成活量	成活率/%
	1 号	2 号	3 号	4 号		
火炬	11	19	10	12	52	50.0
刺槐	13	21	14	13	61	58.7
紫穗槐	9	20	13	11	53	51.0
四翅滨藜	2	2	3	1	8	7.7
成活量	35	62	40	37	174	
成活率	33.7	59.6	38.5	35.6		41.8

表 5 2008 年不同树种不同配方的成活量及成活率

树种	不同配方				成活量	成活率/%
	1 号	2 号	3 号	4 号		
火炬	9	16	8	9	42	40.4
刺槐	10	17	11	11	49	47.1
紫穗槐	7	13	11	9	40	38.5
四翅滨藜	0	2	1	0	3	2.9
成活量	26	48	31	29	134	
成活率	25.0	46.2	29.8	27.9		32.2

表 6 2009 年不同树种不同配方的成活量及成活率

树种	不同配方				成活量	成活率/%
	1	2	3	4		
火炬	6	14	7	6	33	31.7
刺槐	5	13	10	8	36	34.6
紫穗槐	4	11	9	6	30	28.8
四翅滨藜	0	0	0	0	0	0
成活量	15	38	26	20	99	
成活率	14.4	36.5	25.0	19.2		23.8

3 结 论

(1) 盐碱地种基盘直播造林技术体系的主要内容:修筑台田、灌水压盐、垫隔离层、选育抗盐碱树种和种基盘造林等综合措施。

(2) 由土壤含水量和电导率值的动态变化可得出,土壤水分与盐分有着密切的关系,在中深层,随着降雨量的增加,土壤水分含量增加,其盐分含量下降;在土壤表层,土壤盐分随降雨的增加呈下降趋势,土壤水分含量则由于降雨时期集中于 7—9 月份,伴随高温高蒸发量同样也呈下降趋势。经过 3 a 的调查,试验地台田的土壤盐分含量逐年降低,这说明在滨海泥质盐碱地修筑台田,垫隔离层进行排盐阻盐已经初具效果,但其盐分含量还未降至令植物存活的程度,未来几年仍需进行观测。

(3) 种基盘直播造林技术中刺槐、火炬和紫穗槐 3 个树种在经过 3 a 的生长后,其成活率仍保持在 30%左右,相较于其它盐碱地直播造林技术,成果明显。

(下转第 181 页)

- [7] Tanaka-Oda A, Kenzo T, Koretsune S, et al. Ontogenetic changes in water-use efficiency ( $\delta^{13}\text{C}$ ) and leaf traits differ among tree species growing in a semiarid region of the Loess Plateau, China[J]. Forest Ecology and Management, 2010, 259(5): 953-957.
- [8] McDowell N G, Bond B J, Dickman L T, et al. Relationships between tree height and carbon isotope discrimination[C]// Meinzer F C, Lachenbruch B, Dawson T E. Size-and age-related changes in tree structure and function. Springer-verlag, 2011: 235-253.
- [9] 何春霞, 李吉跃, 郭明, 等. 4种乔木叶片光合特性和水分利用效率随树高的变化[J]. 生态学报, 2008, 28(7): 3008-3016.
- [10] 张红娟. 黄土高原丘陵沟壑区生态与经济互动发展模式研究: 以陕北米脂高西沟为例[D]. 西安: 陕西师范大学, 2007.
- [11] Lamont B B, Groom P K, Cowling R M. High leaf mass per area of related species assemblages may reflect low rainfall and carbon isotope discrimination rather than low phosphorus and nitrogen concentrations[J]. Functional Ecology, 2002, 16(3): 403-412.
- [12] Wright I J, Reich P B, Westoby M. Strategy shifts in leaf physiology, structure and nutrient content between species of high- and low-rainfall and high- and low-nutrient habits[J]. Functional Ecology, 2001, 15(4): 423-434.
- [13] Wright I J, Reich P B, Cornelissen J H C, et al. Modulation of leaf economic traits and trait relationships by climate[J]. Global Ecology and Biogeography, 2005, 14(5): 411-421.
- [14] Abdul-Hamid H, Mencuccini M. Age- and size-related changes in physiological characteristics and chemical composition of *Acer pseudoplatanus* and *Fraxinus excelsior* trees[J]. Tree Physiology, 2009, 29(1): 27-38.
- [15] Fredericksen T S, Steiner K C, Skelly J M, et al. Diel and seasonal patterns of leaf gas exchange and xylem water potentials of different-sized *Prunus serotina* Ehrh. trees[J]. Forest Science, 1996, 42(3): 359-365.
- [16] Niinemets U. Distribution patterns of foliar carbon and nitrogen as affected by tree dimensions and relative light conditions in the canopy of *Picea abies* [J]. Trees, 1997, 11(3): 144-154.
- [17] Woodruff D R, Meinzer F C, Lachenbruch B, et al. Coordination of leaf structure and gas exchange along a height gradient in a tall conifer[J]. Tree Physiology, 2009, 29(2): 261-272.
- [18] Yoder B J, Ryan M G, Waring R H, et al. Evidence of reduced photosynthetic rates in old trees[J]. Forest Science, 1994, 40(3): 513-527.
- [19] Niinemets Ü. Stomatal conductance alone does not explain the decline in foliar photosynthetic rates with increasing tree age and size in *Picea abies* and *Pinus sylvestris*[J]. Tree Physiology, 2002, 22(8): 515-535.
- [20] Nabeshima E, Hiura T. Size dependency of photosynthetic water- and nitrogen-use efficiency and hydraulic limitation in *Acer mono* [J]. Tree Physiology, 2004, 24(7): 745-752.
- [21] Merilo E, Tulva I, Räm O, et al. Changes in needle nitrogen partitioning and photosynthesis during 80 years of tree ontogeny in *Picea abies*[J]. Trees, 2009, 23(5): 951-958.

(上接第175页)

四翅滨藜在3a的生长后成活率为零,除可能不适宜试验地立地条件外,还与其发芽率、后期管护等有一定关系,仍需进一步试验;客土、草炭、蛭石和珍珠岩基质体积比为50:30:10:10的2号种基盘配方的成活率远高于其余3个配方,说明这个比例的配方可以充分发挥其基质保水保肥性,疏松透气的性能,其改善植物局部生长环境的性能更强,应当推广使用。

#### 参考文献:

- [1] 刘金荣, 谢晓蓉. 重盐碱地的改造及建植草坪的研究[J]. 水土保持通报, 2004, 24(1): 19-21.
- [2] 李光山, 朱金钢, 林瑛. 工程措施与灌溉措施相结合改造盐碱地调研分析[J]. 黑龙江水利科技, 2003(3): 47-48.
- [3] 杨喜田, 董惠英, 山寺喜成, 等. 播种造林种基盘基质的改良研究[J]. 中国水土保持科学, 2003, 1(4): 87-91.
- [4] 景峰, 朱金兆, 张学培, 等. 滨海泥质盐碱地台田水盐动态对比研究[J]. 水土保持研究, 2009, 16(5): 104-109.
- [5] 武应霞, 汪泽军, 林春阳. 不同树种采用种基盘造林时出苗情况初报[J]. 河南林业科技, 2003, 23(3): 3-4.
- [6] Sun D, Dickinson G R, Bragg A L. Direct seeding of *Atphitonia patriei* (Rhamnaceae) for gully revegetation in tropical northern Australia[J]. Forest Ecology and Management, 1995, 73(1/3): 249-257.
- [7] 景峰, 张学培, 郭汉清, 等. 山西省葛铺煤矿弃土弃渣径流泥沙研究[J]. 水土保持研究, 2007, 14(4): 61-64.
- [8] 景峰, 朱金兆, 郑柏青, 等. 穴状衬膜基盘造林模式应用效果研究[J]. 应用基础与工程科学学报, 2011, 19(3): 398-407.
- [9] 王丹, 康跃虎, 万书勤. 微咸水滴灌条件下不同盐分离子在土壤中的分布特征[J]. 农业工程学报, 2007, 23(2): 83-87.
- [10] 万书勤, 康跃虎, 王丹, 等. 微咸水滴灌对黄瓜产量及灌溉水利用效率的影响[J]. 农业工程学报, 2007, 23(3): 30-35.
- [11] 安素艳, 王海山. 美国四翅滨藜在唐山市翔云岛林场盐碱地改造中的应用[J]. 河北林业科技, 2006(4): 52-53.
- [12] 邵崇斌. 概率论与数理统计[M]. 北京: 中国林业出版社, 2004.