

京郊荒滩生态恢复模式试验示范研究

张国祯^{1,2}, 孙保平¹, 丁国栋¹, 赵方莹¹

(1. 北京林业大学水土保持学院, 北京 100083;

2. 北京市园林绿化局防沙治沙办公室, 北京 100029)

摘要:针对京郊荒滩实际, 设计出生态恢复模式, 并在龙庆峡荒滩进行了试验示范研究。结果表明: 刺槐、中间锦鸡儿、紫花苜蓿等 14 种乔灌木在试验示范区被成功引种; 乔灌木复合结构能更有效防风固沙和改善林下小气候; 生态垫覆盖树穴, 0~20 cm 土壤含水量比对照平均提高 26.5%~47.6%; 环保型容器苗造林, 苗木高径比比大田植苗造林提高 1.1%~9.5%; “根宝”浸根造林, 苗木当年高增长比对照平均增加 4.6%~79.8%, 成活率提高 0.7%~16.5%。

关键词:荒滩; 生态恢复; 模式; 试验示范

中图分类号: X171.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2007)02-0287-04

Experiment and Demonstration Study on the Model of Ecological Restoration of the Abandoned Beach in Beijing Outskirt

ZHANG Guo-zhen^{1,2}, SUN Bao-ping¹, DING Guo-dong¹, ZHAO Fang-ying¹

(1. College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 10083, China;

2. Combating Desertification Office, Beijing Municipal Bureau of Parks and Forestation, Beijing 100029, China)

Abstract: According to the status quo of the abandoned beach in Beijing outskirts, the model of ecological restoration is devised, tested and demonstrated in Longqingxia abandoned beach. The result indicates that *Robinia pseudoacacia*, *Caragana sinica*, *Medicago Satival*, etc. 14 vegetable species are successfully introduced; multiple arrangement of arbor, shrub and grass can effectively preventing wind, fixing sandy land and meliorating underlayer microclimate of woods; covering the floor with the eco-mat, the soil water content of 0~20 cm averagely increased 26.5%~47.6% than CK; using degradable container breed container-seedlings and afforestation, ratio of height to diameter averagely increased 1.1%~9.5% than CK; dipping seedling root in “genbao” diluents before afforestation, quantity of added seedling height increased 4.6%~79.8% and the survival rate increased 0.7%~16.5% than CK in the first year of afforestation.

Key words: abandoned beach; ecological restoration; model; experiment and demonstration

北京是中华人民共和国首都, 是全国政治、文化和国际交往中心。目前, 北京正面临率先基本实现现代化和举办 2008 年夏季奥运会的重要机遇, 但是, 北京的风沙危害和生态环境承载力制约着经济社会的可持续发展^[1]。防沙治沙是北京生态环境建设的重要组成部分。防沙治沙, 事关首都生态安全, 事关首都社会经济可持续发展, 事关构建社会主义和谐社会进程^[2]。北京市第三次荒漠化和沙化监测 (2004 年) 结果表明: 目前, 全市有沙化土地 54 621 hm², 未治理面积 4 765 hm², 其中, 京郊有 2 706.7 hm² (占未治理面积的 57%) 荒滩和大沙坑, 其自然条件恶劣, 植被生长困难, 遇风即扬尘起沙, 是北京就地起沙的主要沙尘源, 也是北京防沙治沙工作的重点和难点之一^[3]。本文旨在通过对京郊荒滩生态恢复模式的试验示范研究, 为北京乃至华北同类地区的生态恢复提供理论和技术参考。

1 试验示范区概况

试验示范区位于京郊延庆县城东北 15 km 处的龙庆峡

荒滩, 毗邻龙庆峡风景区, 属古城河的冲击扇, 海拔 508~541 m, 高差 33 m, 地势较平坦, 总面积约 1 000 hm²。地貌类型以卵石滩、沙场和其它冲击地貌为主, 其间大量分布着生活、建筑垃圾和挖沙、采石留下的沙坑。大陆性季风气候, 多年平均降雨量 467 mm, 降雨分布不均, 主要集中在 7、8、9 三个月。年平均风速 5.1 m/s, 年平均气温 8.8℃, 1 月份平均气温 -8.8℃, 7 月份平均气温 23℃, 无霜期 150~160 d。土壤母质以石灰岩为主, 土壤类型主要为石灰性褐土, 也有部分潮土和水稻土分布。原生植被稀疏, 主要分布有少量狗尾草 (*Setaria viridis*)、灰菜 (*Chenopodium album*)、酸枣 (*Vitex spinosa*) 和荆条 (*Vitex negund*)。

该区卵石遍地, 土层浅薄, 漏水漏肥、风蚀沙化现象严重。据调查, 该区水土流失率和土地沙化率高达 80%, 土壤侵蚀模数达到 1 335 t/(km²·a), 一般的植物很难成活, 常规的植被恢复技术难以奏效。因此, 有必要进行集抗逆性植物种优选、配置和先进的治沙造林技术组装、集成为一体的荒滩生态恢复模式的设计和试验示范研究。

* 收稿日期: 2006-04-03

基金项目: 北京市京津风沙源治理工程市级科技支撑项目 (京发改 2004-1089)

作者简介: 张国祯 (1973-), 男, 甘肃会宁人, 工程师, 北京林业大学水土保持学院在读博士, 研究方向为水土保持与荒漠化防治。

2 模式设计

2.1 技术思路

根据京郊荒滩自然条件恶劣的现状,在优选、配置抗风沙、耐干旱、瘠薄、低耗水的适生乔灌草种的基础上,通过大规模的人工或机械科学整地、客土回填造林,同时综合运用抗旱造林技术、节水灌溉技术、土壤改良技术和生物材料地面覆盖技术等手段,营造高覆盖度的乔灌草立体配置的生态景观型防风固沙体系。

2.2 技术要点

2.2.1 抗逆性植物种的引种与优选

按照引进乡土植物种为主、外来植物种为辅的原则,示范区共引进抗逆性乔灌草种 32 科 86 种,其中乔木 20 科 43 种,灌木 16 科 33 种,草本 4 科 10 种。主要包括:

(1) 乔木:油松(*Pinus tabulaeformis*)、侧柏(*Platycladus orientalis*)、刺槐(*Robinia pseudoacaci*)、黑杨(*Populus nigra*)、五角枫(*Acer mono*)、火炬(*Rhus typhina*)、黄栌(*Cotinus coggygia*)、白榆(*Ulmus pumila*)、蒙古栎(*Quercus mongoli*)等;

(2) 灌木:沙地柏(*Sabina procumbens*)、柠条锦鸡儿(*Caragana korshinskii* Kom.)、四倍体刺槐(*Robinia pseudoacaci*)、中间锦鸡儿(*Caragana sinica*)、杨柴(*Hedysarum mongolicum* Turcz.)、胡枝子(*Lespedeza bicolor*)等;

(3) 草种:沙打旺(*Astragalus adsurgens*)、紫花苜蓿(*Medicago Satival*)、草木樨(*Melilotus suaveolens*)、无芒雀麦(*Bromus inermis*)、披碱草(*Elymus dahuricus*)、中间冰草(*A. intermedium*(*Host*) Beauv.)等。

2.2.2 整地

机械或人工方式平整地形(沙坑)后,垫客土 60 cm,穴状整地。

(1) 乔木栽植穴一般为:0.6 m × 0.6 m × 0.4 m,最大不超过 0.8 m × 0.8 m × 0.6 m。

(2) 灌木栽植穴一般为:0.4 m × 0.4 m × 0.4 m;

2.2.3 植物配置方式

(1) 乔灌草团状混交:以示范区为中心,由远及近,由高到低,依次设置高大乔木、小乔木、灌木和草本,形成乔灌草团状混交、针阔比适当、色彩协调的生态景观型防护林。

(2) 乔灌草带状间作:乔木株行距 3 m × 5 m,灌木株行距 0.5 m × 1 m,每两行乔木间栽植 3 行灌木。在乔、灌木行间打畦整地,畦内撒播或垄播草种。畦的长边与乔木行平行。

(3) 乔灌带状间作:乔木株行距 3 m × 5 m,行间栽种灌木,包括下列两种方式:

在乔木行间开沟整地,沟宽、深各 0.3 m,栽植柠条、沙棘等小灌木,株行距 0.5 m × 1 m。

在乔木行间穴状整地,栽植四倍体刺槐、饲料桑等大灌木,株行距 2 m × 2 m。

(4) 乔草间作:乔木株行距 3 m × 5 m,行间打畦整地,撒播或垄播草种,播草行距 0.3 m。

(5) 特殊地段草本种植带。试验示范区内有一条长 3 100 m,宽 70 m 的河道,为了不影响行洪,河道内全部种草。单播或混播紫花苜蓿、无芒雀麦、披碱草、中间冰草和草木樨等优良草种 10 余种。

2.2.4 配套技术

(1) 裸露沙地快速覆盖技术。用马来西亚生产的可降解椰棕生态垫覆盖树穴和裸地,以蓄水保墒和防止扬沙起

尘^[4~6]。

(2) 环保型容器苗造林技术。用德国研制生产的可降解椰棕容器培育的容器苗造林,以缩短缓苗期,提高造林成效。

(3) 抗旱节水造林技术。用山西农业大学研制生产的营养型植物生长促进剂“根宝”稀释液浸根造林,以提高造林成活率和保存率。

2.2.5 苗木栽植要求

(1) 种苗规格:乔木苗高 1.2 m 以上;灌木苗高 50 cm 以上;牧草种子优质无病虫害。

(2) 造林种草:春季人工植苗,客土造林。乔木栽植深度大于 40 cm,针叶树采用土坨苗,土球 30 cm × 30 cm 以上,阔叶树采用裸根苗,造林时用“根宝”处理根部。

2.2.6 配套措施

(1) 辅助设施建设:为保证造林的成活率、保存率和林木的良好生长,配合工程建设打水井 2 眼,并完成地下输水管道的铺设。

(2) 抚育管护:加强林木浇水灌溉、割草覆盖、补植补造、病虫害防治和专人看护等抚育、管护工作。

3 试验示范设计

3.1 示范区建设

示范区总面积 33 hm²。其中,乔灌草团状混交 2 hm²,共栽植乔灌草约 30 种;乔灌草带状间作 7 hm²,共栽植乔灌草种 20 多种;乔灌带状间作 16 hm²,共栽植乔灌木 20 多种;乔草间作 3 hm²,共栽植乔草种 10 多种;特殊地段草本种植 5 hm²,共播种优良草种 10 余种。

3.2 试验设计

在全面调查的基础上,根据植物配置方式、技术措施不同,在示范区建立当年(2002 年),建立 4 个林下气象观测点和 8 个规格为 10 m × 10 m 的固定样地(并作为造林 3 年时的对照样地),分别于 2002 年秋季落叶前,2004 年雨季(7 月),对样地内的相关气象因子和植被生长情况进行调查。

植被调查方法为:对以乔木为主的样地,量测其每一株的胸径、树高、株数、冠幅等,同时按路线法记载林下植被(灌木、草本)的盖度、高度、多度等特征;对以灌木和小乔木为主的样地,用样线法分别调查其盖度、密度等特征,对林下植被用 1 m × 1 m 的样方调查其植物种类组成、株(丛)数、盖度、高度、生物量等特征^[7]。样地基本情况如表 1。

土壤温度的测定使用曲管地温计,分 3 个层次(0、5、10 cm)埋设,早上 07:00 到傍晚 19:00 连续观测其日变化。土壤含水量的测定使用美国生产的水分速测仪(TDR)对 0~20 cm 的土壤含水量进行测定。

4 结果分析

4.1 抗逆性植物种的引种调查分析

对引进的乔木、灌木栽植 1 年和 3 年,牧草栽植当年的生长情况进行调查分析:刺槐、火炬、榆树和黑杨等乔木,四倍体刺槐、中间锦鸡儿、柠条锦鸡儿、杨柴和沙地柏等灌木,紫花苜蓿、无芒雀麦、草地雀麦、中间冰草和草木樨等牧草长势良好。乔木中刺槐长势最好,栽植当年生枝 160 cm,栽植 3 年郁闭度达到 62.48%,其次为火炬、榆树^[8,9];灌木中中间锦鸡儿生长速度快,当年生枝 65 cm,3 年时盖度达到 31.9%^[8,9],其次为四倍体刺槐;草本中紫花苜蓿和草地雀麦长势良好,当年盖度均达到 44.2%。调查结果分别见表 2,表 3,表 4。

表 1 样地基本情况一览表

配置(造林)方式	样地类型	规格/m ²	植物类型	备注
乔灌草团状混交	对照/试验样地	10 × 10	刺槐、火炬、黑杨、沙地柏、中间锦鸡儿、紫花苜蓿等	样地位于示范区内。采用可降解生态垫裸地快速覆盖技术、环保型容器苗造林技术、国产“根宝”造林技术、节水灌溉、抚育管护等技术措施。同时进行定点气象观测
乔灌草带状间作	对照/试验样地	10 × 10	刺槐、火炬、黑杨、沙地柏、中间锦鸡儿、紫花苜蓿等	
乔灌带状间作	对照/试验样地	10 × 10	刺槐、火炬、白榆、沙地柏、中间锦鸡儿、四倍体刺槐等	
乔草间作	对照/试验样地	10 × 10	刺槐、油松、紫花苜蓿、草地雀麦、无芒雀麦、中间冰草等	
草本种植带	对照/试验样地	10 × 10	沙打旺、草木樨、草地雀麦、中间冰草、披碱草等	
大田植苗造林	对照样地	10 × 10	刺槐、油松、五角枫、蒙古栎	样地邻近示范区。采用节水灌溉、抚育管护等措施
塑料袋容器造林	对照样地	10 × 10	刺槐、油松、五角枫、蒙古栎	
空旷地	对照样地	10 × 10	狗尾草、灰菜、酸枣和荆条等	样地邻近示范区。无措施

表 2 样地内乔木生长情况对比调查统计

树种	栽植 1 年				栽植 3 年	
	胸径/cm	树高/cm	当年生枝/cm	郁闭度/%	树高/m	胸径/cm
新疆杨	5.40	880	40	10.25	8.25	7.5
刺槐	3.41	390	160	6.75	8.5	62.48
榆树	4.28	230	90	4.5	8	31.28
黑杨	3.25	250	85	4	5.5	18.48
五角枫	3.50	180	55	3	6	5.3
火炬	3.25	170	101	3	5	37.32

表 3 样地内灌木生长情况对比调查统计

灌木	栽植 1 年			栽植 3 年		
	地径/cm	株高/cm	当年生枝/cm	株高/m	盖度/%	生物量/(g · m ⁻²)
中间锦鸡儿	1.0	50	50	99	31.90	181.70
柠条锦鸡儿	1.07	60	50	114	1.72	17.42
杨柴	2.55	190	40	89.5	2.85	8.36
四倍体刺槐	2.5	120	80	280	28.89	160.75

表 4 样地内牧草当年生长情况调查统计

牧草种类	株高/cm	盖度/%	干草产量/(kg · hm ⁻²)
紫花苜蓿	30.0	44.2	2109.0
中间冰草	22.0	27.8	1534.5
无芒雀麦	43.3	39.2	1845.0
草地雀麦	48.1	44.2	1767.0
细茎冰草	18.3	25.6	1366.5

4.2 植物配置方式分析

基础气象资料与 4 个林下气象观测点观测数据对比分析和以降低风速为主成分进行分析:乔灌草复合(团状混交、带状间作)配置能更有效防风固沙和改善林下小气候。乔灌草带状间作降低风速的功效比乔灌带状间作、乔草间作平均高 6.4%和 3.5%(表 5)。

表 5 不同植物配置方式改善林下小气候情况

配置方式	夏季降低气温/%	降低风速/%	提高相对湿度/%
乔灌草团状混交	0.28	28.1	3.9
乔灌草带状间作	0.25	31.0	4.3
乔灌带状间作	0.24	24.6	3.6
乔草间作	0.27	27.5	4.2

4.3 可降解生态垫蓄水保墒效果分析

通过对刺槐、火炬、油松、侧柏和沙地柏 5 个树种在有生态垫覆盖和无生态垫覆盖情况下,土壤含水量变化情况(表 6,图 1)进行对比分析:有生态垫覆盖的树穴,0~20 cm 土壤含水量比对照平均提高 26.5%~47.6%^[4];刺槐、火炬等阔叶树种,因生长和蒸腾耗水量较大,有生态垫覆盖时土壤含水量平均比对照提高约 40%;油松、侧柏和沙地柏等针叶树种,生长和蒸腾耗水量相对较小,有生态垫覆盖时土壤含水量平均比对照提高约 30%。

表 6 生态垫覆盖对土壤含水量的影响分析

处理方式	油松	刺槐	沙地柏	侧柏	火炬	备注
有生态垫覆盖	16.7%	18.1%	19.1%	15.9%	18.3%	0~20 cm 深的土壤含水量
无生态垫覆盖(对照)	12.2%	13.3%	15.1%	12.0%	12.4%	0~20 cm 深的土壤含水量
比对照提高/%	36.9%	36.1%	26.5%	32.5%	47.6%	0~20 cm 深的土壤含水量

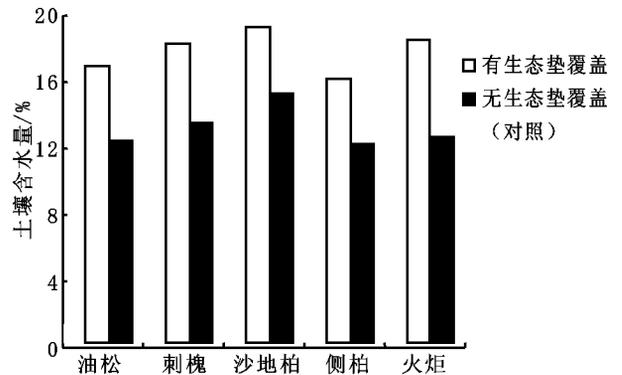


图 1 生态垫覆盖树穴对土壤含水量的影响

4.4 环保型容器苗造林成效对比分析

通过对油松、刺槐、五角枫和蒙古栎 4 个树种用大田植苗造林、塑料袋容器苗造林和环保型容器苗造林成效的对比分析:环保型容器苗造林与大田植苗造林相比(表 7),苗木高径比平均提高 1.1%~9.5%;与塑料袋容器苗造林相比(表 8),苗木根系生长无窝根现象,栽植后不存在缓苗过程,侧根数量比对照平均增加 37.5%~68.8%,侧根长平均增加 28%~37.1%,根幅平均增加 18.4%~37%。

表 7 不同造林方式对苗木生长情况的影响

树种	造林方式	样本数/个	苗高/cm	地径/cm	高径比/%
刺槐	大田植苗造林(对照)	50	125	1.28	97.7
	环保容器苗造林	50	182	1.84	98.8
	提高/%	-	45.6	43.8	1.2
油松	大田植苗造林(对照)	50	29	0.82	35.4
	环保容器苗造林	50	36.2	1.01	35.8
	提高/%	-	24.8	23.2	1.1
五角枫	大田植苗造林(对照)	50	65.5	0.63	104
	环保容器苗造林	50	90	0.79	113.9
	提高/%	-	37.4	25.4	9.5
蒙古栎	大田植苗造林(对照)	50	29.9	0.5	59.8
	环保容器苗造林	50	40	0.64	62.5
	提高/%	-	33.8	28	4.5

4.5 “根宝”浸根造林成效分析

通过对黄栌、山杏、刺槐、侧柏和油松 5 个树种用“根宝”浸根造林和常规造林进行对比分析(表 9):用“根宝”浸根造林,苗木生长状况明显优于常规造林,树高平均增加 4.6%~79.8%,侧根数增加 16%~89.3%,侧根长增加 32%~131.3%,成活率提高 0.7%~16.5%。

表 8 不同容器苗造林当年根系生长情况对比

树种	容器苗类型	平均侧根 数量/根	平均侧根 长/cm	平均根幅 /cm	有无窝根
刺槐	塑料袋(对照)	32.0	26.8	62.1	有
	环保容器	45.0	34.3	73.5	无
	提高/%	40.1	28.0	18.4	-
油松	塑料袋(对照)	19.0	14.5	32.3	有
	环保容器	28.0	19.6	43.7	无
	提高/%	47.7	35.2	35.3	-
五角枫	塑料袋(对照)	24.0	23.7	49.4	有
	环保容器	33.0	32.5	67.7	无
	提高/%	37.5	37.1	37.0	-
蒙古栎	塑料袋(对照)	16.0	17.9	38.2	有
	环保容器	27.0	23.3	48.9	无
	提高/%	68.8	30.2	28.0	-

5 结论及讨论

通过试验示范研究,得出如下结论:

(1)刺槐、火炬、榆树和黑杨 4 个乔木种,中间锦鸡儿、四倍体刺槐、柠条锦鸡儿、杨柴和沙地柏 5 个灌木种,紫花苜蓿、无芒雀麦、草地雀麦、中间冰草和草木樨 5 个草种,共 14 个植物种被成功引种。

(2)对比试验表明,乔灌木复合配置能更有效防风固沙和改善林下小气候,乔灌木带状间作降低风速的功效比乔灌木带状间作、乔草间作平均高 6.4%和 3.5%。

(3)用可降解生态垫覆盖树穴,0~20 cm 土壤含水量比对照平均提高 26.5%~47.6%。其中阔叶树种平均约提高 40%,针叶树种约提高 30%。

(4)用环保型容器苗造林,苗木高径比平均比大田植苗造林提高 1.1%~9.5%;且栽植后无缓苗过程,侧根数比塑料袋容器苗平均增加 37.5%~68.8%,侧根长增加 28%~

参考文献:

[1] 中华人民共和国国务院.北京城市总体规划(2004年-2020年)[Z].2005.

[2] 中华人民共和国国务院.国务院关于进一步加强防沙治沙工作的决定[Z].北京:中国林业出版社,2006.

[3] 王继兴.北京市森林资源现状及其分析研究[J].林业资源管理,2005,12(增刊):1-6.

[4] 刘平,马履一,郝亦荣.生态垫对河滩造林地土壤温湿度和杂草的影响[J].中国水土保持科学,2005,3(1):77-81.

[5] 郝亦荣,马履一,刘平.生态垫对油松生长及光合特性的影响[J].中国水土保持科学,2005,3(3):73-77.

[6] 高甲荣,等.可降解生态垫在河滩地造林中抑制杂草的效果[J].中国水土保持科学,2004,2(1):38-41.

[7] 任继周.草业科学研究方法[M].北京:中国农业出版社,1996.15.

[8] 肖辉杰,等.京郊荒滩生态恢复初期植被与土壤环境的变化——以延庆县为例[J].干旱区农业研究,2005,23(9):202-206.

[9] 贾瑞燕,等.京郊荒滩生态恢复及其植被变化研究——以延庆县为例[J].水土保持研究,2005,12(6):166-168.

(上接第 286 页)

3 结论

要实现遥感图像进行分类处理,或利用遥感图像对植被参数进行反演,遥感图像预处理是一个不可缺少的过程,而且预处理结果的好坏直接关系到遥感图像的分析精度。尤其对高光谱图像,图像预处理是必须和有意义的。原始图

参考文献:

[1] 张静波.中、低空机载成像光谱仪图像的几何校正研究[J].铀矿地质,2001,17(5):307-313.

[2] 张定祥,刘顺喜,尤淑撑,等.机载成像光谱数据预处理方法研究——以江苏宜兴市为例[J].地理与地理信息科学,2004,20(1):35-38.

[3] 刘建贵.高光谱城市地物及人工目标识别与提取[D].北京:中国科学院遥感应用研究所,1999.

[4] 黄木易.冬小麦条锈病的高光谱遥感监测[D].安徽:安徽农业大学,2004.

[5] 谭炳香,李增元,陈尔学,等.EO-1 Hyperion 高光谱数据的预处理[J].遥感信息,2005,(6):36-41.

[6] 曹鸿涛.高光谱成像实验及其数据处理[D].西安:西北工业大学,2005.

37.1%,根幅增加 18.4%~37%。

(5)“根宝”浸根造林,苗木当年高增长比对照平均提高 4.6%~79.8%,侧根数增加 16%~89.3%,侧根长增加 32%~131.3%,成活率提高 0.7%~16.5%。

表 9 “根宝”浸根造林当年苗木生长情况对比

树种	处理方式	平均树高	新稍长	侧根数	侧根长	一年生根	一年生枝	成活率
		/cm	/cm	/个	/cm	干重/g	干重/g	/%
黄庐	根宝浸根	75.3	26.0	53.0	14.5	3.5	60.5	92.5
	对照区	68.7	25.9	28.0	8.4	2.0	42.5	91.9
	提高量/%	9.6	0.4	89.3	72.6	75.0	42.4	0.7
山杏	根宝浸根	104.1	30.0	36.0	16.5	8.0	45.5	91.3
	对照区	99.5	28.4	26.0	12.5	4.0	34.0	82.0
	提高量/%	4.6	5.6	38.5	32.0	100.0	33.8	11.3
刺槐	根宝浸根	392.0	165.0	29.0	37.0	26.5	913.6	99.0
	对照区	218.0	97.0	25.0	16.0	20.0	350.0	85.0
	提高量/%	79.8	70.1	16.0	131.3	32.5	161.0	16.5
侧柏	根宝浸根	236.3	53.0	163.0	32.0	27.8	1444.0	100.0
	对照区	182.0	31.5	130.0	24.0	15.5	680.0	97.5
	提高量/%	29.8	68.3	25.4	33.3	79.4	112.4	2.6
油松	根宝浸根	120.0	12.0	21.0	3.1	5.6	80.6	86.0
	对照区	90.0	8.0	15.0	2.3	2.1	44.2	79.0
	提高量/%	33.3	50.0	40.0	34.8	166.7	82.4	8.9

试验示范结果证明,本模式设计合理,配套技术、措施可行且效果明显,为北京及其周边同类地区的荒滩生态恢复提供了理论、技术上的有益探索和示范建设样板。目前,本模式已在京郊延庆、昌平荒滩治理工程中推广应用 300 多 hm²,生态、经济和社会效益显著。但是,运用本模式进行荒滩生态恢复的平均成本为 15 万元/hm²,因此,在北京以外的同类地区应用时,需要根据当地的经济条件进行可行性论证或对相关技术措施进行调整。

像中存在的坏线、噪音、严重的几何畸变等通过预处理都得到了较好的改善。

本处理是针对 PHI-3 原始数据到产品的一个处理,为了保留图像更多的信息,在处理过程中未对图像进行均衡化方面的处理。针对不同的应用,在此处理的基础上还需做相关的处理。