

泥质海岸盐碱地刺槐—杨树混交林改土效果研究

魏忠平, 范俊岗, 潘文利, 陈 罡, 刘红民

(辽宁省林业科学研究院, 辽宁 沈阳 110032)

摘要: 在北方泥质海岸盐碱地采用工程整地措施修筑台田, 于台田上布置刺槐纯林、杨树纯林、刺槐—杨树混交林 3 种树种配置模式, 对混交林及纯林的降盐改土效果进行研究。结果表明, 11 a 后 3 种林分类型基本郁闭, 保存率为 63%~72%, 郁闭度为 0.6~0.7。混交林的树高、胸径优于纯林。3 种模式脱盐作用范围在 0—70 cm 土层; 在 50—70 cm 这一土层形成了养分亏缺层。混交林可提高林地土壤有机质含量; 0—100 cm 全氮含量的土壤剖面分布规律与有机质相似, 3 种模式土壤全磷含量变幅不大, 总体表现为磷素总量不足, 有效性低。因子分析表明刺槐—杨树混交林降盐改土效果好于杨树纯林, 也好于刺槐纯林, 能够改善泥质海岸盐碱地土壤肥力状况, 可作为一项成功的造林模式进行推广应用。

关键词: 杨树; 刺槐; 混交林; 盐碱地; 改土效果

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2012)01-0106-05

中图分类号: S156.4

Soil Amelioration Effects of Mixed Plantations of *Robinia Pseudoacacia* and *Populus Liaoningensis* in Saline-alkali Soils Along Muddy Seacoast

WEI Zhong-ping, FAN Jun-gang, PAN Wen-li, CHEN Gang, LIU Hong-min

(Liaoning Academy of Forestry Sciences, Shenyang, Liaoning 110032, China)

Abstract: Soil amelioration effects resulted from salt reduction by the three plantations of pure *Robinia pseudoacacia*, pure *Populus liaoningensis*, and mixed *P. liaoningensis* and *R. pseudoacacia* were studied in raised fields established by soil preparation engineering measures in saline-alkali soils along muddy seacoast of Northern China. Results showed that the three plantations were almost closed after 11 years. The reservation rates were 63%~72% and shade densities were 0.6~0.7. The height and DBH of the mixed plantation were higher than those of the two pure plantations. The desalination effects of the three planting patterns were observed within 70 cm of soil surface and soil nutrient deficiency was formed between 50 and 70 cm below soil surface. The mixed plantation increased soil organic matter content on the forest land. Within 100 cm of soil surface, the distribution rhythms of total N in soil profiles were similar to those of organic matter. The variation of the contents of total P in the three plantations was not significant. On the whole, the total amount of phosphorus was deficient and its efficiency was low. Factor analysis indicated that soil amelioration effects for the mixed plantations of *P. liaoningensis* and *R. pseudoacacia* were better than those of pure plantations, which could enhance the fertility status of saline-alkali soils along the muddy seacoast and might be applied in practice as a promising afforestation model.

Keywords: *Populus liaoningensis*; *Robinia pseudoacacia*; mixed plantation; saline-alkali soil; soil amelioration effect

随着人口的增长和对自然资源利用强度的不断加大, 随之而来的水土流失、土地沙化、土壤盐渍化和土壤肥力下降, 已经越来越引起人们的关注^[1]。全球盐碱地面积已达 1.00×10^9 hm^2 , 占陆地面积的 25%^[2], 广泛分布于 100 多个国家和地区。中国为世

界盐碱地大国之一, 盐渍土面积约 9.91×10^7 hm^2 , 近 1/5 耕地发生盐碱化^[3-4], 土壤盐碱化已成为严重的生态环境问题之一。对盐碱地进行开发治理是世界相关国家和机构非常关注的热点。沿海防护林建设是中国林业生态工程的重要组成部分, 但由于泥质

收稿日期: 2011-09-09

修回日期: 2011-10-10

资助项目: 国家“十一五”科技支撑计划项目“北方泥质海岸防护林体系构建技术试验示范”(2006BAD03A1401); 国家林业局“948”项目“抗寒耐盐碱美国白蜡优良种源及盐碱地土壤改良技术引进”(2007-4-15); 辽宁省重大科技攻关计划项目“沿海经济带及西北风沙区防护林体系建设技术研究与示范”(2008207002)

作者简介: 魏忠平(1981—), 男(满族), 硕士, 工程师, 主要从事土壤改良与林业生态工程建设研究。E-mail: weizp1981@126.com。

海岸盐碱地立地条件差,土壤含盐量高,养分含量低,所以泥质海岸土壤肥力状况的好坏一直是海防林基干林带营造和树木生长的关键因素。杨树—刺槐混交林是中国北方造林实践中形成的一种成功的固氮和非固氮树种的混交林,其促进杨树生长,改善林地小气候,提高树木抗病虫害能力,改善林地土壤物理性质以及林地景观特征等方面的作用已广为人知^[5-7],以往对盐碱地混交林的研究主要集中在土壤水分和盐分季节动态变化、土壤酶与养分的相关性、混交林的生长状况、生物量、根系分布、小气候变化及生物化学作用方式等方面^[8-10],而对泥质海岸盐碱地立地条件下刺槐杨树混交林改土效果的研究尚未见报道。

本文对泥质海岸盐碱地 3 种不同林分类型的土壤盐分、养分等指标的空间分布规律进行了研究,探讨刺槐杨树混交林的改土效果,以期为泥质海岸盐碱地海防林的营造及树木更好的生长提供有关养分方面的理论依据。

1 研究区概况

试验地设在辽宁省凌海市娘娘宫镇南凌村,地理坐标为 40°48′—41°26′N, 120°42′—121°45′E,南临辽东湾,离海岸约 3 km,西与葫芦岛市相连,北靠义县,为典型的泥质海岸地段,海岸线长 40 km。土壤主要是以氯化物为主的盐渍土,含盐量高,质地黏重,地下水埋藏浅(一般为 0.5~2 m),矿化度高 5~15 g/L。该地区年平均温度 9~9.6 °C,年降雨量 400~500 mm,年蒸发量 1 600~1 800 mm,无霜期 170~180 d。春风大,雨量小,夏季高温多雨,冬季寒冷干燥,属半湿润一半干旱的暖温带大陆性季风气候。主要植被有翅碱蓬(*Suaeda heteroptera*)、碱蓬(*Suaeda glauca*)、獐茅(*Aeluropus Trin Gramineae*)、二色补血草(*Limonium bicolor*)、西伯利亚蓼(*Polygonum sibiricum*)、狗尾草(*Setaria viridis*)等。

2 材料与方法

2.1 试验设计

1998 年 5 月于试验地内用原地土壤修筑长 700 m,宽 10 m,高 1 m 的台田,台田 0—100 cm 层土壤本底值:全盐量 4.46 g/kg,pH 值 8.74,有机质 5.83 g/kg,全氮 0.46 g/kg,全磷 0.41 g/kg,碱解氮 22.65 mg/kg,速效磷 2.12 mg/kg,速效钾 98.61 mg/kg。在台田上布置刺槐纯林、杨树纯林、刺槐×杨树混交

林;纯林、混交林株行距为 1.0 m×2.0 m,混交采用株混方式。刺槐选用 1 年生根苗,苗高 1.2~1.3 m,根径 0.8~1.2 cm;杨树选用 1 年生辽宁杨(*Populus liaoningensis*)截干苗作为造林试验材料,根径为 1.0~1.3 cm。在造林地内先开挖 0.5 m×0.5 m×0.3 m 定植穴,将树苗放入穴内进行培土并分层踏实,定植树苗后浇灌一次定根水。

2.2 样品采集、分析和数据处理

在试验地内建立刺槐纯林、杨树纯林、刺槐×杨树混交林的标准地,标准地面积 10 m×20 m,每林分类型 3 次重复。2008 年 9 月 3 日在每块标准地内对树木逐株进行胸径、树高测定(表 1),同时选能代表平均生长状况的树木 3 株,在离该树木根系 0.5 m 处挖 1 m 深土壤剖面,按 0—10,10—30,30—50,50—70,70—100 cm 这 5 个层次自下而上采集土壤样品,装入布袋带回室内风干用于土壤养分指标的测定,测定结果见表 2。

表 1 刺槐—杨树混交林及其纯林生长调查

林分类型	树种组成/%	保存率/%	郁闭度	平均胸径/cm	平均树高/m
刺槐	100	67	0.7	8.80	8.26
杨树	100	63	0.6	12.03	12.57
混交林	50/50	72/69	0.8	9.81/13.45	9.01/13.40

土壤全盐量测定用电导率法,pH 值用 pH S-3C 型酸度计测定,有机质测定用重铬酸钾外加热法,全氮采用丹麦 FOSS 公司生产的全氮仪 Kjeltec 8400 测定,全磷采用银坩埚 NaOH 熔融—钼锑抗比色法测定,碱解氮采用碱解扩散法测定,速效磷采用 pH 8.5 的 NaHCO₃ 浸提—钼锑抗比色法测定,速效钾采用 pH 7.0 乙酸铵浸提法测定^[11]。

采用 Excel 和 SPSS 17.0 数据处理软件进行数据处理。

3 结果与分析

3.1 刺槐—杨树混交林及纯林树木生长分析

由表 1 可知,3 种林分类型基本郁闭,保存率为 63%~72%,海防林基干林带基本形成,能够对海风、海煞起到一定的防护作用。混交林中无论是刺槐还是辽宁杨平均胸径都优于纯林,分别是纯林的 111.5% 和 111.8%;同时,混交林的树高也高于纯林,是纯林的 109.1% 和 106.6%。由此可知,在泥质海岸盐碱地这种特殊的立地条件下,刺槐与辽宁杨混交,对 2 个树种的生长均表现出一定的促进作用。

表 2 刺槐—杨树混交林及纯林中土壤养分分析

林型	土层深/ cm	有机质/ (g · kg ⁻¹)	全氮/ (g · kg ⁻¹)	全磷/ (g · kg ⁻¹)	碱解氮/ (mg · kg ⁻¹)	速效磷/ (mg · kg ⁻¹)	速效钾/ (mg · kg ⁻¹)	全盐量/ (g · kg ⁻¹)	pH 值
刺槐 纯林	0—10	9.00±0.01b	0.67±0.01a	0.47±0.01a	64.43±0.02a	6.96±0.56a	137.88±1.15b	2.71±0.01e	7.92±0.05c
	10—30	10.42±0.02a	0.72±0.02a	0.48±0.01a	59.38±0.01b	4.66±0.01b	106.79±0.02c	2.52±0.01d	7.85±0.02c
	30—50	4.84±0.02c	0.43±0.01c	0.45±0.01ab	34.83±0.01c	4.66±0.55b	79.03±1.14d	3.09±0.01c	7.71±0.01d
	50—70	2.98±0.01e	0.25±0.02d	0.37±0.01c	15.67±0.88e	5.04±0.02b	59.19±5.78e	3.37±0.02b	8.23±0.01b
	70—100	4.63±0.01d	0.55±0.02b	0.41±0.01b	27.86±0.73d	6.96±0.01a	260.97±2.89a	4.41±0.01a	8.63±0.01a
杨树 纯林	0—10	12.62±0.58a	0.60±0.05b	0.53±0.05a	69.65±1.15a	5.04±0.27c	198.04±5.76b	2.53±0.17c	7.81±0.06c
	10—30	9.83±0.58b	0.72±0.65a	0.48±0.03ab	52.24±0.57b	4.08±0.17d	110.87±1.16c	2.62±0.01c	7.87±0.04c
	30—50	3.10±0.23d	0.23±0.06c	0.41±0.02b	24.38±0.01d	4.27±0.12d	68.38±0.57e	3.04±0.02b	7.76±0.03c
	50—70	4.36±0.02c	0.23±0.14c	0.45±0.03ab	20.90±0.58e	6.00±0.28b	91.99±0.59d	3.29±0.01b	8.19±0.04b
	70—100	8.67±0.04b	0.56±0.49b	0.48±0.01ab	45.27±0.19c	10.8±0.18a	277.38±0.01a	4.42±0.10a	8.62±0.04a
混 交 林	0—10	13.26±0.12a	0.88±0.05a	0.47±0.03ab	52.24±0.02b	6.96±0.02b	179.80±0.57b	2.29±0.02e	7.65±0.06c
	10—30	10.42±0.58b	0.70±0.04b	0.47±0.06ab	69.65±0.58a	6.19±0.22c	118.70±1.13c	2.48±0.01d	7.72±0.04c
	30—50	5.81±0.06c	0.47±0.03c	0.41±0.03b	41.79±0.56c	4.85±0.02d	87.06±0.56d	2.76±0.02c	7.67±0.01c
	50—70	5.27±0.12c	0.36±0.02c	0.45±0.05ab	33.08±0.33d	5.14±0.03d	78.82±1.15e	3.08±0.02b	8.06±0.02b
	70—100	10.13±0.06b	0.69±0.03b	0.50±0.02a	52.06±0.58b	9.75±0.13a	281.34±0.59a	4.38±0.02a	8.61±0.01a

注:表中数值为平均值±标准误;同列相同字母表示差异不显著($p < 0.05$),多重比较为 Duncan 新复极差法。

3.2 混交林及纯林土壤盐分、pH 值的剖面分布特征

混交林及纯林在种植 11 a 后对土壤均具有脱盐作用,混交林脱盐效果好于杨树纯林好于刺槐纯林(图 1)。在整个 0—100 cm 剖面中,3 种模式的全盐量均呈现出一致的规律,即表层含量低于底层,其中脱盐作用在 0—70 cm 土层中效果显著,在 100 cm 层次全盐量与造林初相比无显著差异。

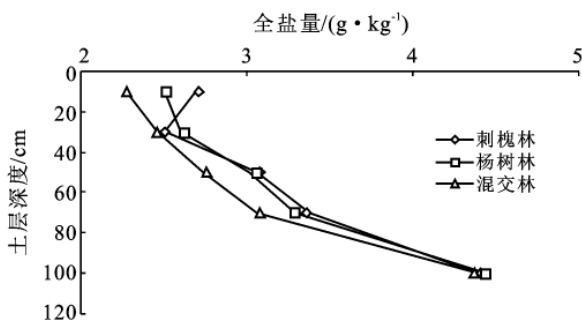


图 1 混交林及纯林土壤全盐量

3 种模式均能降低土壤 pH 值,使土壤向良性方向发展,其中混交林的 pH 值低于纯林,杨树纯林低于刺槐纯林(图 2)。从土层深度上看,3 种模式具有相似分布规律,即随着土层深度增加 pH 值降低,在 0—50 cm 土层的 pH 值远低于 50—100 cm 土层。0—50 cm 土层范围内,3 种模式的 pH 值变化不大,含量都远低于造林初的土壤本底值,在 70 cm 层次 pH 值显著增加,到 100 cm 这一层次 pH 值达到最大值,已经接近于造林初土壤的本底值,这表明经过 11

a 树木对土壤的改良,土壤 pH 值已经显著降低,但改良深度只达到了 70 cm 土层范围内。

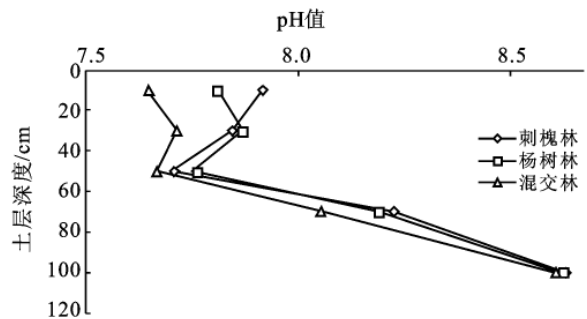


图 2 混交林及纯林土壤 pH 值

3.3 混交林及纯林土壤养分剖面分布规律

3.3.1 混交林及纯林土壤有机质及全量养分的剖面分布 在整个 0—100 cm 土层中 3 种模式的有机质呈现出相似的变化规律,即在 0—30 cm 表层土壤有机质含量最高,之后随着土层深度的增加有机质含量逐渐降低,在 50—70 cm 达到最低值后又逐渐升高,直至 100 cm 土层(图 3)。混交林有机质含量高于杨树纯林和刺槐纯林;除 50 cm 这一层次杨树纯林的有机质含量低于刺槐纯林外,其余各层次均高于刺槐纯林。刺槐、杨树纯林以及混交林表层土壤有机质的含量比较高,可能是由于有机质含量的大小受凋落物归还量的影响,枯枝落叶凋落于土壤表层后,在微生物的分解下,将有机质归还土壤,使表层土壤有机质含量较高。

混交林全氮含量高于刺槐纯林高于杨树纯林(图

4)。从土层深度上看, 2 种纯林具有相似的变化规律, 即随着土层深度的加深, 全氮含量先升高, 在 30 cm 达到最大值后开始迅速降低, 在 70 cm 达到最小值后又有所增加, 直至 100 cm 土深。混交林全氮含量的最大值出现在表层 0—10 cm 处, 其余层次的分布规律与纯林一致。

3 种模式下土壤全磷含量较低, 与造林初相比增幅不大(图 5)。0—10 cm 表层杨树纯林全磷含量高

于混交林高于刺槐纯林, 50 cm 刺槐纯林高于混交林高于杨树纯林, 其余层次全磷含量则是混交林高于杨树纯林高于刺槐纯林。从土层深度上看, 3 种模式具有相似的分布规律, 即随着土层深度增加, 全磷含量先降低后升高, 其中混交林和杨树纯林的最小值出现在 50 cm, 刺槐纯林最小值则是在 70 cm; 杨树纯林和刺槐纯林的最大值是在表层 0—10 cm 和 30 cm 土深, 而混交林的最大值则是在 100 cm 底层。

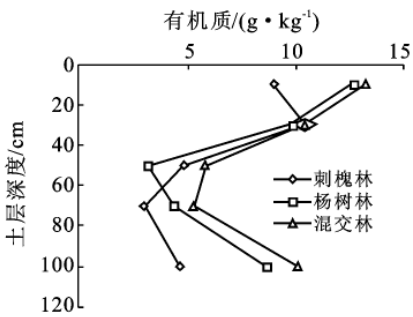


图 3 混交林及纯林土壤有机质

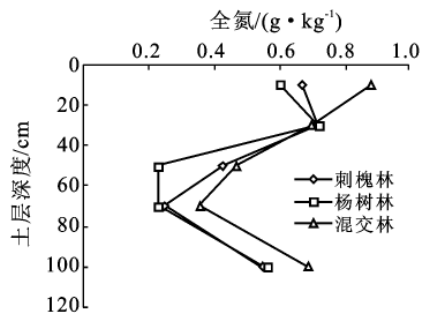


图 4 混交林及纯林土壤全氮

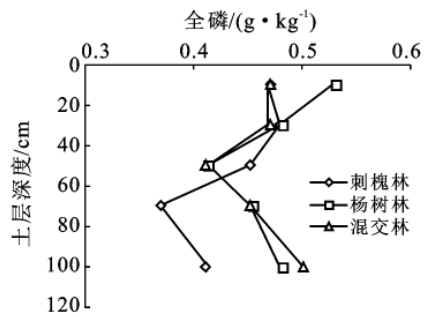


图 5 混交林及纯林土壤全磷

3.3.2 混交林及纯林土壤速效养分的剖面分布

0—10 cm 层次混交林碱解氮含量低于纯林, 10—100 cm 层次含量高于纯林。杨树纯林在 0—10 cm 表层和 70—100 cm 底层含量高于刺槐纯林, 其余层次低于刺槐纯林。2 种纯林模式碱解氮含量的最高值出现在 0—10 cm 表层, 混交林最高值则出现在 30 cm。从土层深度来看, 3 种模式表现出相似的分布规律, 即随着土层深度加深, 含量降低, 在 70 cm 达到最低值后又开始升高。

3 种模式速效磷含量都较低, 在 0—50 cm 层次混交林速效磷含量略高于纯林, 刺槐纯林高于杨树纯林。50—100 cm 层次则是杨树纯林高于混交林高于刺槐纯林。从土层深度来看, 3 种模式速效磷含量表现出相似的分布规律, 即随着土层深度增加速效磷含量先降低, 后升高, 在 50 cm 达到最小值, 在 100 cm 达到最大值。

3 种模式速效钾含量底层 100 cm 高于表层, 杨树纯林好于混交林好于刺槐纯林。在 0—100 cm 剖面上, 混交林及纯林均表现出相似的分布规律, 即先降低后增加。杨树纯林最小值出现在 50 cm, 刺槐纯林和混交林的最小值则出现在 70 cm, 3 种模式的最大值均出现在 100 cm 底层, 这是由于该区地下水位低, 成土过程受海水顶托作用影响, 海水中含有大量的钾离子, 致使底层土壤钾含量高于表层。

3.4 混交林及纯林改土效果对比分析

客观定量评价不同模式林的降盐改土功能对该地区盐碱地科学改良和合理开发利用具有重要意义。

为此, 根据不同林分类型下不同土壤层次的土壤盐分、养分指标的分析结果, 取有机质、全氮、全磷、碱解氮、速效磷、速效钾、全盐量、pH 值 8 个指标对混交林和纯林的降盐改土功能进行评价。为使评价结果客观准确, 运用因子分析法, 使用 SPSS 17.0 软件对 3 种造林模式进行因子分析, 结果见表 3。

表 3 因子得分矩阵

选取指标	组成部分	
	1	2
有机质	0.235	0.008
全氮	0.211	0.043
全磷	0.199	0.055
碱解氮	0.233	-0.057
速效磷	0.017	0.385
速效钾	0.059	0.370
全盐量	-0.197	0.246
pH 值	0.089	-0.295

由表 3 可以得到因子得分函数:

$$F_1 = 0.235x_1 + 0.211x_2 + 0.199x_3 + 0.233x_4 + 0.017x_5 + 0.059x_6 - 0.197x_7 + 0.089x_8 \quad (1)$$

$$F_2 = 0.008x_1 + 0.043x_2 + 0.055x_3 + 0.057x_4 + 0.385x_5 + 0.370x_6 + 0.246x_7 - 0.295x_8 \quad (2)$$

式中: x_1 ——有机质; x_2 ——全氮; x_3 ——全磷; x_4 ——碱解氮; x_5 ——速效磷; x_6 ——速效钾; x_7 ——全盐量; x_8 ——pH 值。从因子得分函数模型中可以看出, 第 1 公因子 F_1 主要支配 x_1, x_2, x_3, x_4, x_7 (绝对值较大的系数), 而第 2 公因子 F_2 主要支配

x_5, x_6, x_8 (绝对值较大的系数)。由以上因子得分公式可以得出综合分数, 结果见表 4。由表 4 可知因子得分结果为: $C_1 > B_5 > B_1 > C_2 > A_1 > A_2 > B_2 > A_5 > C_4 > C_3 > A_3 > B_4 > B_3 > C_5 > A_4$ 。

表 4 综合评分

林型	选取指标	F_1	F_2	F
刺槐纯林	A_1 (0—10 cm)	0.774	-0.447	0.274
	A_2 (10—30 cm)	0.957	-1.028	0.202
	A_3 (30—50 cm)	-0.730	-0.366	-0.484
	A_4 (50—70 cm)	-1.633	-0.541	-1.003
	A_5 (70—100 cm)	-0.862	1.180	-0.109
杨树纯林	B_1 (0—10 cm)	1.408	-0.421	0.611
	B_2 (10—30 cm)	0.602	-0.521	0.163
	B_3 (30—50 cm)	-1.446	-0.262	-0.827
	B_4 (50—70 cm)	-0.993	-0.216	-0.578
	B_5 (70—100 cm)	0.103	1.994	0.626
混交林	C_1 (0—10 cm)	1.262	0.071	0.676
	C_2 (10—30 cm)	0.962	-0.444	0.372
	C_3 (30—50 cm)	-0.434	-0.709	-0.429
	C_4 (50—70 cm)	-0.435	-0.596	-0.397
	C_5 (70—100 cm)	0.466	2.308	-0.905

上述是对不同林分类型下不同土壤层次进行的综合打分, 为了将不同林分类型不同土壤层次的土壤质量综合指数综合成一个新的综合指标, 根据层次对土壤的贡献率不同, 采用专家咨询法^[12]确定 0—10, 10—30, 30—50, 50—70, 70—100 cm 土层的权重分别为 0.30, 0.25, 0.20, 0.15, 0.10。对不同模式土壤质量进行综合判断^[13], 结果见表 5。由表 5 可以看出, 不同林分类型土壤质量的综合评分是 $C > B > A$, 即混交林的土壤质量好于杨树纯林好于刺槐纯林。

表 5 不同林分类型土壤质量综合评分

林分类型	刺槐纯林 A	杨树纯林 B	混交林 C
综合得分	-0.126	0.035	0.060

4 结论

沿海防护林建设是一项能提供巨大生态效益、经济效益和社会效益的生物系统工程。北方泥质海岸现有防护林带树种结构单一, 网破、带断现象严重, 森林覆盖率仅为 2%~3%^[14]。该地区盐碱化程度高, pH 值高, 肥力低, 一直是该地区防护林带构建的瓶颈。通过工程措施修筑台田降低地下水位, 结合土壤改良措施使土壤含盐量降到树木可以成活的临界值以下, 依据适地适树原则选择合适的耐盐碱树种进行

造林是泥质海岸防护林带构建技术的关键。本研究采取这一措施取得了显著效果, 防护林营建 11 a 后林分基本郁闭, 保存率为 63%~72%。因子分析结果表明杨树刺槐混交模式好于杨树纯林好于刺槐纯林; 与纯林相比, 混交林提高了林地土壤有机质含量, 改善了土壤养分状况, 这与邹桂梅等^[15], 郝金标等^[16], 万福绪等^[17]的研究结果一致。

3 种模式都具有较好的降盐改土功能, 树木成林后通过根系作用改良土壤, 根系作用范围在 0—70 cm 土层, 70—100 cm 层次全盐量和 pH 值与造林初土壤本底值相比差异不显著。3 种模式在 50—70 cm 这一层次形成养分亏缺层, 这可能是由于这一层次主要是树木的根系分布层, 树木生长所需养分靠根系从土壤中吸收获得, 造成了这一现象。3 种模式土壤全氮含量在 0—100 cm 土层的空间分布规律与有机质相似, 这是由于全氮来源于有机质, 含量高低受有机质影响, 两者具有较好的相关性。3 种模式中, 混交林养分高于纯林, 刺槐纯林全氮含量高于杨树纯林, 其余养分含量都是杨树纯林高于刺槐纯林。3 种模式全磷含量变幅不大, 总体表现为磷素总量不足, 磷素有效性低, 这是由于全磷来源于土壤母质, 含量高低受母质影响, 土壤母质转化成土壤是一个漫长的成土过程, 在加上磷素本身移动性差, 因此, 在泥质海岸防护林带形成后应注重土壤磷肥的施用, 磷肥合理施用的标准还有待于进一步研究。

为了实现沿海防护林的多种效益, 选择适宜的混交方式营造混交林是非常必要的。北方泥质海岸防护林营建后, 由于瘠薄的立地土壤条件, 难以为树木生长提供充足的养分和好的生存环境, 多数树木形成小老树, 这时应着重考虑如何提高土壤肥力, 改善土壤养分条件。混交林能够有效地提高造林保存率, 促进树木生长; 改善林地环境, 增加土壤养分含量和调节林地植被结构。本研究刺槐杨树混交林的树高、胸径、保存率及降盐改土效果均好于纯林, 可以作为泥质海岸盐碱地区一项成功的造林模式进行推广应用, 能够改变该区现有海防林带树种结构单一, 抗性弱, 病虫害严重的现实问题, 还能提高该地区林地生产力, 增加经济效益, 为生态环境可持续发展做出贡献。

[参 考 文 献]

- [1] 金岚. 环境生态学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1992: 12-14.
- [2] 刘建红. 盐碱地开发治理研究进展[J]. 西北农业科学, 2008, 36(12): 51-53.
- [3] 李彬, 王志春, 孙志高, 等. 中国盐碱地资源与可持续利用研究[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(2): 154-158.

(下转第 170 页)

此次评价所选河段为汤河主干道,未对其支流进行调查、评价。河流生态系统自然性评价受到诸多因素影响,由于条件有限,此次评价采集的数据还不全面,有待以后进一步扩大调查范围和增加调查内容。通过自然性评价可知,汤河今后的工作重点应放在加大重点区域、河段的治理力度上。可通过生态恢复和营造水源涵养林的途径,解决因乱挖沙石造成的河床生态破坏问题。要重点监管河流周边的农田开垦及化肥使用量,减少水体污染。对于民俗旅游要加强规范化管理,使经营项目过程中产生的污染物达标排放。对于处于自然、近自然状态的区段,要做好保护工作。

[参 考 文 献]

- [1] 陈明曦. 应用景观生态学原理构建城市河道生态护岸[J]. 长江流域资源与环境, 2007, 16(1): 97-101.
- [2] 高甲荣. 近自然治理: 以景观生态学为基础的治理工程[J]. 北京林业大学学报, 1999, 21(1): 78-82.
- [3] 高阳, 高甲荣, 陈子珊, 等. 河溪近自然治理评价指标体系探讨以及应用[J]. 水土保持研究, 2007, 14(6): 404-407.
- [4] 温存, 高阳, 高甲荣, 等. 河溪近自然治理技术及其评价方法[J]. 中国水土保持科学, 2006, 4(S): 39-44.
- [5] 高阳, 高甲荣, 李付杰, 等. 基于河道—湿地—缓冲带复合指标的京郊河溪生态评价体系[J]. 生态学报, 2008(10): 5148-5160.
- [6] 高甲荣, 肖斌, 牛建植. 河溪近自然治理的基本模式与应用界限[J]. 水土保持学报, 2002, 16(6): 84-91.
- [7] Daily G C. Natures services: societal dependence on natural ecosystems [M]. Washington D C: Island Press, 1997: 35-38.
- [8] 刘瑛. 4 种国外河溪健康评价方法评述[J]. 水土保持通报, 2009, 29(6): 40-44.
- [9] 夏继红, 胡玲. 生态河岸带功能区划的定性定量研究[J]. 水利学报, 2007(S): 542-546.
- [10] 娄会品. 北京郊区河岸带自然性评价指标体系[J]. 水土保持通报, 2010, 30(1): 161-165.
- [11] 冯泽深, 高甲荣. 北京郊区雁栖河自然性定量评价[J]. 中国农村水利水电, 2008(10): 14-17.
- [12] 高甲荣, 冯泽深, 高阳, 等. 河溪近自然评价方法与应用[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2010: 70-74.
- [13] 耿雷华. 健康河流的评价指标和评价标准[J]. 水利学报, 2006, 37(3): 253-258.
- [14] Christian K F, Daniel H. Community structure or function: effects of environmental stress on benthic macro invertebrates at different spatial scales [J]. Freshwater Biology, 2007, 52(7): 1380-1399.
- [15] Moddock J. The importance of physical habitat assessment for evaluating river health [J]. Freshwater Biology, 1992, 41(2): 373-391.
- [16] 夏继红, 严忠民, 蒋传丰. 河岸带生态系统综合评价指标体系研究[J]. 水科学进展, 2005, 16(8): 345-348.
- [17] Daniel H, Otto M, Leonard S, et al. Overview and application of the AQEM assessment system [J]. Hydrobiologia, 2004, 516(1): 1-20.
- [18] 高甲荣, 王芳. 河溪生态系统自然性评价指标体系[J]. 中国水土保持科学, 2006, 4(5): 66-70.
- [19] 欧阳志云, 王如松. 生态系统服务功能、生态价值与可持续发展[J]. 世界科技研究与发展, 2000, 14(5): 45-55.
- [20] 董哲仁. 保护和恢复河流形态多样性[J]. 水利学报, 2003, 37(11): 53-56.
- [4] Malcolm E, Sumner R N. Sodic soils-distribution, properties, management, and environmental consequences [M]. New York: Oxford University Press, 1998.
- [5] 翟明普, 贾黎明, 沈国舫. 杨树刺槐混交林及树种间作用机制的研究[M]. 北京: 中国林业出版社, 1997: 3-10.
- [6] 张鼎华, 孙志蓉, 翟明普, 等. 杨树刺槐混交林沙地土壤的水分-物理性质[J]. 应用与环境生物学报, 2001, 7(2): 122-125.
- [7] 魏忠平, 于雷, 潘文利, 等. 泥质海岸混交林对土壤物理性质的影响[J]. 辽宁林业科技, 2010(1): 21-23.
- [8] 曹邦华, 吴丽云, 宋爱云, 等. 滨海盐碱地刺槐混交林土壤水盐动态[J]. 生态学报, 2008, 28(3): 939-945.
- [9] 曹邦华, 吴丽云. 滨海盐碱地刺槐白蜡混交林土壤酶与养分相关性研究[J]. 水土保持学报, 2008, 22(1): 128-133.
- [10] 胡海波, 梁珍海. 淤泥质海岸防护林的降盐改土功能[J]. 东北林业大学学报, 2001, 29(5): 34-37.
- [11] 张万儒, 许本彤. 森林土壤定位研究法[M]. 北京: 中国林业出版社, 1986: 3-5.
- [12] 镇常青. 多目标决策中的权重调查确定方法[J]. 系统工程理论与实践, 1987, 7(2): 16-24.
- [13] 薛薇. SPSS 统计分析方法及应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2004: 326-348.
- [14] 孟康敏, 杨秀清, 潘文利, 等. 辽宁滨海盐碱地土壤改良及造林技术研究[J]. 林业科学, 1997, 33(1): 25-33.
- [15] 邹桂梅, 黄明勇, 苏德荣, 等. 滨海盐碱地城市绿地土壤肥力的时空变化特征[J]. 中国农学通报, 2010, 26(5): 110-115.
- [16] 郝金标, 邢尚军, 宋玉民, 等. 黄河三角洲不同造林模式下土壤盐分和养分的变化特征[J]. 林业科学, 2007, 43(S1): 33-38.
- [17] 万福绪, 杨东. 苏北海堤杉木杨树混交林林木生长及土壤肥力研究[J]. 南京林业大学学报, 2006, 30(2): 43-46.

(上接第 110 页)