

余姚市杭州湾沿岸基干林带生长现状及土壤改良效应

王利平¹, 岳春雷², 王 珺², 李贺鹏², 杨 乐², 房瑶瑶², 陈艳敏²,

陈荣锋¹, 沈 颖¹, 章旭日²

(1. 余姚市林业技术推广站, 浙江 宁波 315400, 2. 浙江省林业科学研究院, 浙江 杭州 310023)

摘要: 为了解余姚市杭州湾沿岸基干林带建设情况, 于 2018 年 10–11 月对各基干林带的生长状况和土壤改良情况进行调查和研究。结果表明, 基干林带整体造林保存率达 85%, 林分平均郁闭度 > 0.65, 造林总体质量良好。2010 年造林林带的平均蓄积量和平均生物量最高, 2010 年和 2013 年造林林带生长最快, 其中以 35 杨 *Populus* sp., 竹柳 *Salix fragilis*, 水杉 *Metasequoia glyptostroboides* 的生长最快。竹柳, 木麻黄 *Casuarina equisetifolia* 以及部分臭椿 *Ailanthus altissima* 和 35 杨长势较差, 其他树种长势良好。造林可提高土壤总氮和有机质含量, 并可有效降低含盐量。不同造林树种均可有效提高根际土壤总氮和有机质含量, 并可显著降低土壤含盐量; 乌桕 *Sapium sebiferum* 可有效提高根际土壤总磷水平。综合分析, 35 杨, 乌桕, 黄连木 *Pistacia chinensis*, 夹竹桃 *Nerium indicum* 等可作为余姚市杭州湾沿岸基干林带的适宜树种优先选用。

关键词: 余姚市; 沿岸基干林带; 根际土壤, 养分改良; 盐分

中图分类号: S728.6 文献标识码: A 文章编号: 1001-3776 (2020) 01-0049-07

Growth of Coastal Backbone Shelterbelt and Its Soil Improvement in Yuyao City

WANG Li-ping¹, YUE Chun-lei², WANG Jun², LI He-peng², YANG Le², FANG Yao-yao², CHEN Yan-min², CHEN Rong-feng¹,
SHEN Ying¹, ZHANG Xu-ri²

(1. Yuyao Forestry Extension Station of Zhejiang, Ningbo 315400, China; 2. Zhejiang Academy of Forestry, Hangzhou 310023, China)

Abstract: Investigations were carried out in October and November of 2018 on growth and soil improvement in coastal backbone shelterbelt constructed from 2007 to 2015 in Yuyao city, Zhejiang province. The results showed that conservation rate of surveyed forest was up to 85%, and the average canopy density was over 0.65. The mean stand volume and biomass of the shelterbelt built in 2010 were the highest, and that in 2010 and 2013 had the fastest growth. Among planted tree species, *Populus* sp., *Salix fragilis* and *Metasequoia glyptostroboides* had the fastest growth, but *Casuarina equisetifolia* and *Ailanthus altissima* slower. The investigation indicated that afforestation could increase the content of soil total nitrogen and organic matter, and could effectively reduce salt content. Each tree species could effectively increase the content of total nitrogen and organic matter in rhizosphere soil, and significantly reduce the content of soil salt. *Sapium sebiferum* could effectively increase the total phosphorus content in rhizosphere soil. Comprehensive analysis demonstrated that *P. sp.*, *S. sebiferum*, *Pistacia chinensi* and *Nerium indicum* could be selected for afforestation of coastal shelterbelt.

Key words: Yuyao city; coastal backbone shelterbelt; rhizosphere soil; nutrient improvement; salinity

收稿日期: 2019-04-30 ; 修回日期: 2019-10-16

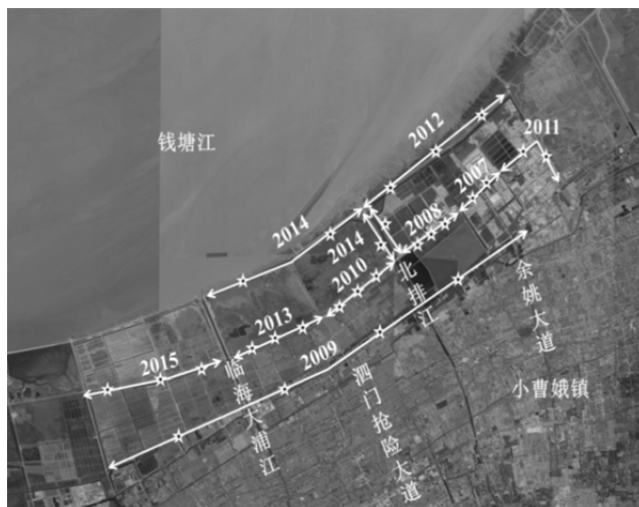
基金项目: 浙江省科技计划项目 (2016F30011, 2015F30001)

作者简介: 王利平, 高级工程师, 从事林业技术推广研究; E-mail: 42510476@qq.com。通信作者: 章旭日, 工程师, 从事湿地生态及生物多样性保护研究; E-mail: zhangxuri931@163.com。

余姚市位于杭州湾南岸,地处海陆交替、气候突变地带,受台风等自然灾害影响十分严重。基干林带是沿海及海湾防护林体系的重要组成部分,是沿海居民生产生活的生态屏障,对于防范台风、海浪、海岸侵蚀等自然灾害具有不可替代的作用^[1-2]。自 2006 年以来,余姚市大力营建杭州湾沿岸基干林带,累计建设长度 60 km,建设面积 280 hm²。为了解十余年来的基干林带建设情况,2018 年在资料收集、野外调查、实验分析的基础上,对余姚市杭州湾沿岸基干林带的生长状况及其土壤改良、防灾减灾等功能进行调查和研究,以期后续基干林带建设和管理提供参考。

1 研究区概况

余姚市(120~121°E, 29~30°N)的海岸属浙江省杭州湾岸段,为泥质海岸,东起小曹娥镇的泗门三号水库与慈溪市的西三农场交界,西至黄家埠镇的横塘指挥部八塘,与上虞谢塘镇交界,全长 23.1 km。属亚热带海洋性季风气候区,阳光充沛,四季分明。年平均气温 16.3℃,最热月(7 月)平均气温 28.3℃,最冷月(1 月)平均气温 4.2℃。年平均降水量 1 783 mm,雨水主要集中在 4~9 月。年无霜期约 230 d。一年中,由于季风交替,常有春秋季节的低温阴雨,梅汛期暴雨洪涝,夏季干旱、高温、台风、冰雹、大风和冬季的霜(冰)冻、寒潮、大雪等灾害性天气出现^[3]。余姚市基干林带位于余姚市近海的杭州湾沿岸平原海涂大堤内侧(图 1)。土壤多为滨海盐土,土壤孔隙度小,有机质含量低,土壤盐含量高。原生植被少,以盐蒿 *Artemisia halodendron*, 芦苇 *Phragmites australis*, 怪柳 *Tamarix chinensis* 等植物为主。



☆代表样地。

图 1 余姚市杭州湾沿岸基干林带造林地段及时间

Figure 1 Afforestation area and time of coastal backbone shelterbelt in Yuyao city

2 研究方法

2.1 调查方法

2018 年 10~11 月对 2007~2015 年营建的余姚市杭州湾沿岸基干林带(共 9 片),每片林带中分别选取 2~4 个具有代表性的样地进行常规群落学调查,共计 27 个样地(图 1),每个样地面积为 400 m²,记录样地中的造林保存率,林分郁闭度,林木种类、株数、高度、胸径、冠幅等,同时记录样地的环境因子,如坐标、海拔、坡度等。林木胸径用径围尺测量(单位:cm);林木高度用测高仪测量(单位:m);造林保存率(%)、林分郁闭度、林木冠幅(单位:m×m)用目测法。林木高度和胸径以平均值±标准差(Mean±SD)表示,冠幅以平均值表示。

造林当年的林分相关数据由余姚市林业局提供。2007~2015 年造林的具体地点、长度、面积、株数见表 1。造林树种主要有竹柳 *Salix fragilis*, 女贞 *Ligustrum lucidum*, 黄连木 *Pistacia chinensis*, 臭椿 *Ailanthus altissima*, 夹竹桃 *Nerium indicum*, 35 杨 *Populus sp.*, 红叶石楠 *Photinia × fraseri*, 木麻黄 *Casuarina equisetifolia*, 无患子 *Sapindus mukorossi*, 海滨木槿 *Hibiscus syriacus*, 乌桕 *Sapium sebiferum*, 水杉 *Metasequoia glyptostroboides*, 中山杉 *Taxodium 'Zhongshanshan'*, 落羽杉 *T. distichum*, 朴树 *Celtis sinensis*, 楝 *Melia azedarach*, 湿地松 *Pinus elliotii* 等,各树种相关参数见表 2。整个基干林带造林模式主要以多树种混交、常绿落叶相混交、乔灌木相结

合，以带状混交、梅花状配置为主。乔木树种种植密度为 2.5 m×2.0 m，灌木树种密度为 1 m×1 m。造林前均做好翻耕排盐等工作，造林后定期进行杀虫、修枝、施肥、排水、土壤翻新等抚育管理。

林木材积按照中华人民共和国国家标准 GB4814－84《原木材积表》的规定进行计算。胸径 4～14 cm 的林木材积由公式（1）计算获得，胸径>14 cm 的林木材积由公式（2）计算获得。

公式（1）： $V=0.785\ 4H(DBH+0.45\ H+0.2)^2/10\ 000$

公式（2）： $V=0.785\ 4\ H\ [DBH+0.5\ H+0.005\ H^2+0.000\ 125\ H(14-H)^2\times (DBH-10)]^2/10\ 000$

式中，V 为材积（m³），H 为树高（m），DBH 为胸径（cm）。

树种蓄积量（M）（单位：m³·hm⁻²）：该树种单株材积（V）乘以每公顷该树种的株数。年材积生长量（单位：m³·a⁻¹）：每年该树种的材积变化。年蓄积生长量（单位：m³·hm⁻²·a⁻¹）：每年该树种的蓄积量变化。生物量（B）（单位：t·hm⁻²）由蓄积量（M）乘以换算系数 0.95 获得^[4]。生物量年增长率（单位：t·hm⁻²·a⁻¹）：每年该树种的生物量变化。上述计算结果均以平均值表示。

表 1 余姚市杭州湾沿岸基干林带建设历年造林工程量
Table 1 Details of coastal backbone forest in Yuyao city from 2007 to 2015

造林时间	造林地点	长度/m	面积/hm ²	乔木数/株	灌木数/株	总株数/株
2007年	新围海涂二线塘小曹娥段	1 830	9.47	24 006	45 500	69 506
2008年	新围海涂二线塘小曹娥段	2 054	10.27	27 333	55 400	82 733
2009年	备塘复耕地块	18 470	46.27	84 377	24 260	108 672
2010年	新围海涂二线塘泗门段	7 190	34.29	67 762	6 390	74 152
2011年	新围海涂二线塘小曹娥镇东段横塘和东直塘	3 400	16.34	38 971	8 167	47 138
2012年	新围海涂一线塘小曹娥段	5 700	28.55	57 070	5 700	62 770
2013年	新围海涂二线塘泗门段	2 400	12.67	24 000	4 800	28 800
2014年	新围海涂一线塘泗门段和陶江路江两侧	10 200	68.13	85 128	12 400	97 528
2015年	新围海涂二线塘临山黄家埠	4 820	24.01	42 556	9 500	52 056
总计		56 064	250.00	451 203	172 117	623 355

2.2 土壤理化性质测定及分析

每个林带样地采用 5 点取样法，分 3 个土层（0～20 cm，>20～40 cm，>40～60 cm）采集土样，每层取鲜土 0.1 kg，将取回的土样混匀，带回实验室自然风干，进行土壤理化分析。土壤全氮（TN）、全磷（TP）、有机质含量、含盐量分别按照《森林土壤全氮的测定》（林业行业标准：LY/T1228－1999）、《森林土壤全磷的测定》（林业行业标准：LY/T1232－1999）、《森林土壤有机质的测定及碳氮化的计算》（林业行业标准：LY/T1237－1999）及《森林土壤水溶性盐分分析》（林业行业标准：LY/T1251－1999）进行测定。此外，选取造林株数多、生物量大的树种，分析其根际土壤的理化性质。根际土壤采样按照离树根部 1～2 m 的位置在四周取 4 个采样点，采样方法、样品处理及理化性质的测定按上述方法进行。无种植区为林带边缘没有种树的区域。以上测定结果以平均值±标准差（Mean±SD）表示，若数据符合正态分布，则使用单因素方差分析（one-way ANOVA）检验组间差异，若不符合则先将数据进行对数转换。当 P<0.05 时，表示组间差异显著；当 P<0.01 时，表示组间差异极显著。以上所有数据均在 SPSS 20.0 和 Excel 中进行统计分析。

3 结果与分析

3.1 基干林带质量

3.1.1 造林保存率及林带长势 整个杭州湾沿岸基干林造林保存率达 85%，林分平均郁闭度大于 0.65，造林林带总体质量良好，其中 2008－2010 年的造林保存率最高，均为 90%（图 2）。除竹柳、木麻黄以及部分臭椿和 35 杨长势较差、保存率偏低外，其他树种保存率较高。综合各林分指标（表 2），2011 年、2012 年和 2014 年营建的林带生长状况较差，2014 年的林带甚至出现了“小老头林”现象，由于该地段东面地势低受地下水影响

大, 因此土壤立地条件较差, 进而影响林木生长。

3.1.2 不同造林时间各基干林带生长状况 由表 2 可知, 2010 年造林林带的平均蓄积量和平均生物量最高 (263.016 m³·hm⁻², 252.337 t·hm⁻²), 其次为 2013 年造林林带, 说明这两年营建的林带对抗自然灾害 (台风) 的能力最强。2007–2009 年林带的平均蓄积量和平均生物量较为接近, 并且要明显高于 2011 年、2012 年和 2015 年, 由于 2014 年所造林带出现了“小老头林”, 因而最低。林带的生长状况一般和造林时间、林木生长情况、造林技术以及抚育管理等有关, 造林时间越长、林木生长越好、管理抚育越到位, 其蓄积量和生物量也越大。若排除造林时间差异, 2010 年和 2013 年林带的年平均蓄积生长量和生物量年平均增长量最高, 说明这两个年份营建的林带生长速度最快。尽管 2015 年的林带生长较快, 但其造林时间短, 再加上部分树种受到虫害和冻害影响, 因而该林带的平均蓄积量和平均生物量并不是很高。

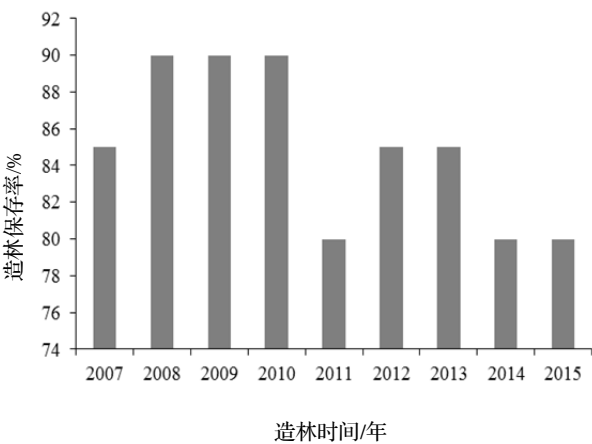


图 2 2018 年调查时不同造林时间林木保存率

Figure 2 Conservation rate in 2018 of shelterbelt planted from 2007 to 2015

表 2 余姚市杭州湾沿岸基干林带主要树种生长状况

Table 2 Growth of main planted tree species of coastal backbone shelterbelt in Yuyao

造林树种	造林当年林分指标		2018 年林分生长状况							
	平均胸径/cm	平均株高/m	胸径/cm	株高/m	平均冠幅/(m×m)	平均材积/m ³	平均蓄积量/(m ³ ·hm ⁻²)	平均生物量/(t·hm ⁻²)	年平均蓄积生长量/(m ³ ·hm ⁻² ·a ⁻¹)	生物量年平均增长量/(t·hm ⁻² ·a ⁻¹)
造林时间: 2007 年 (2018 年调查时郁闭度: 0.75)										
竹柳	4.00	3.00	15.86±4.50	7.75±0.71	3.12×3.21	0.243 1	81.448	77.376	7.183	6.824
女贞	4.00	3.00	7.60±1.40	4.73±0.65	2.00×1.88	0.036 6	12.268	11.654	0.894	0.849
黄连木	3.00	3.00	7.52±1.61	6.00±1.08	1.68×1.55	0.051 2	17.140	16.283	1.410	1.339
臭椿	4.00	3.00	7.19±1.73	7.56±0.73	2.50×2.70	0.069 2	23.167	22.008	1.885	1.791
夹竹桃		1.00		4.93±1.54	3.03×3.14			13.409		1.208
合计							134.023	140.730	11.372	12.011
造林时间: 2008 年 (2018 年调查时郁闭度: 0.70)										
竹柳	4.00	3.00	13.33±3.04	8.60±0.70	3.05×3.33	0.204 5	68.507	65.081	6.608	6.277
女贞	4.00	3.00	8.01±1.34	5.00±0.12	2.02×1.88	0.043 0	14.394	13.674	1.196	1.136
黄连木	3.00	3.00	6.77±2.20	6.29±0.95	1.71×1.57	0.047 5	15.896	15.101	1.426	1.355
臭椿	4.00	3.00	8.18±2.55	7.00±0.10	2.42×2.65	0.073 1	24.485	23.260	2.205	2.095
夹竹桃		1.00		4.88±0.85	3.50×3.13			15.741		1.562
合计							123.282	132.857	11.436	12.425
造林时间: 2009 年 (2018 年调查时郁闭度: 0.75)										
竹柳	4.00	3.00	14.92±2.35	8.61±0.20	3.70×3.80	0.263 8	70.416	66.895	7.609	7.228
无患子	4.00	3.00	7.51±1.47	6.05±0.48	2.90×2.87	0.051 7	27.575	26.196	2.634	2.502
水杉	4.00	3.00	9.53±3.65	9.53±1.96	3.25×3.05	0.147 0	39.262	37.299	4.147	3.940
夹竹桃		1.00		5.85±0.19	3.85×4.12			32.883		3.640
合计							137.253	163.273	14.390	17.310
造林时间: 2010 年 (2018 年调查时郁闭度: 0.85)										
竹柳	3.00	2.00	12.66±2.18	10.21±1.29	3.10×3.05	0.244 3	35.913	34.117	4.441	4.219
女贞	3.00	3.00	8.38±0.74	7.00±0.94	3.12×3.03	0.075 6	15.129	14.373	1.769	1.681
35 杨	4.00	3.00	14.92±4.27	12.89±2.47	3.56×3.22	0.443 1	177.234	168.373	21.910	20.815
夹竹桃	3.00	3.00		3.83±0.29	2.50×2.17			2.471		0.301
合计		1.00					263.016	252.337	32.281	30.969

表 2（续）

造林树种	造林当年林分指标		2018 年林分生长状况							
	平均胸径/cm	平均株高/m	胸径/cm	株高/m	平均冠幅/(m×m)	平均材积/m ³	平均蓄积量/(m ³ ·hm ⁻²)	平均生物量/(t·hm ⁻²)	年平均蓄积生长量/(m ³ ·hm ⁻² ·a ⁻¹)	生物量年平均增长量/(t·hm ⁻² ·a ⁻¹)
夹竹桃	3.00	3.00		3.83±0.29	2.50×2.17			2.471		0.301
合计		1.00					263.016	252.337	32.281	30.969
造林时间：2011 年（2018 年调查时郁闭度：0.60）										
竹柳	3.00	3.00	13.31±3.34	5.90±0.38	2.20×2.15	0.121 1	12.109	11.503	1.660	1.577
女贞	3.00	3.00	7.39±1.21	4.77±0.73	2.19×2.23	0.035 5	7.103	6.748	0.875	0.832
35 杨	3.00	3.00	13.03±3.52	10.3±0.48	1.17×1.51	0.258 2	51.637	49.056	7.237	6.876
夹竹桃		1.00		4.06±0.32	2.75×2.63			3.776		0.531
海滨木槿		1.00		2.38±0.63	2.50×2.25			1.441		0.197
合计							70.849	72.524	9.773	10.013
造林时间：2012 年（2018 年调查时郁闭度：0.65）										
竹柳	2.50	1.80	7.99±1.70	4.81±0.37	1.50×1.69	0.040 5	13.447	12.775	2.145	2.038
女贞	3.00	2.50	5.75±1.56	2.63±0.25	1.13×1.25	0.010 5	8.808	8.368	0.955	0.907
35 杨	3.00	3.00	13.36±3.47	8.40±1.35	1.15×1.52	0.198 4	65.858	62.565	10.707	10.171
木麻黄	3.00	2.00	3.08±0.49	3.75±0.29	1.12×1.10	0.007 3	2.907	2.762	0.309	0.293
乌桕	3.00	2.50	4.07±0.54	3.33±0.52	1.58×1.58	0.008 7	3.481	3.307	0.335	0.319
臭椿	3.00	3.00	4.06±1.01	3.36±0.80	1.52×1.54	0.008 8	1.459	1.386	0.108	0.103
夹竹桃		1.3		3.33±0.29	2.17×2.17			3.062		0.457
湿地松		1.00		1.06±0.30	0.32×0.35			0.004		0.001
合计							95.960	94.229	14.558	14.289
造林时间：2013 年（2018 年调查时郁闭度：0.80）										
竹柳	2.55	2.00	15.28±1.17	5.02±0.39	1.65×1.70	0.130 4	26.332	25.016	5.182	4.923
臭椿	3.00	2.60	7.45±1.94	7.83±1.60	1.28×1.34	0.076 8	15.509	14.734	2.944	2.797
黄连木	3.00	3.00	10.40±1.33	8.20±0.45	4.75×4.52	0.131 5	26.566	25.237	5.116	4.860
35 杨	2.55	3.00	15.44±1.95	12.20±0.84	1.17×1.55	0.427 8	86.417	82.097	17.123	16.267
夹竹桃		1.30		3.30±0.28	2.15×2.18			1.721		0.328
合计							154.824	148.805	30.366	29.175
造林时间：2014 年（2018 年调查时郁闭度：0.35）										
竹柳	2.50	1.80	4.50±0.65	2.73±0.23	1.46×1.39	0.007 5	1.522	1.446	0.293	0.278
女贞	3.00	2.50	3.12±0.30	3.00±0.12	0.26×0.35	0.005 1	1.038	0.986	0.074	0.070
35 杨	2.50	2.50	4.83±1.47	3.08±0.20	2.20×1.67	0.010 0	1.324	1.258	0.236	0.224
中山杉	2.50	2.50	3.66±0.82	2.60±0.20	1.14×1.04	0.005 2	1.044	0.991	0.116	0.110
红叶石楠	2.50	1.50	2.60±0.39	2.00±0.22	0.63×0.63	0.002 2	0.434	0.413	0.041	0.039
臭椿	3.00	2.50	3.26±0.26	2.56±0.43	1.38×1.45	0.004 3	0.864	0.821	0.031	0.029
夹竹桃		1.00		1.60±0.18	1.23×1.06			0.148		0.022
合计							6.226	6.063	0.789	0.772
造林时间：2015 年（2018 年调查时郁闭度：0.50）										
竹柳	2.55	2.00	6.96±0.32	4.72±0.22	2.60×2.63	0.031 9	6.422	6.101	2.000	1.900
35 杨	2.55	2.50	8.15±0.83	7.48±0.22	3.25×3.35	0.080 6	21.589	20.509	6.933	6.586
红叶石楠	2.55	1.50	2.56±0.25	2.08±0.20	1.32×1.32	0.002 2	0.222	0.211	0.028	0.027
木麻黄	2.55	1.80	5.62±0.45	5.05±0.45	2.03×2.05	0.026 0	10.435	9.914	3.238	3.077
乌桕	2.55	2.50	7.76±0.43	5.50±0. 77	3.10×3.10	0.047 0	9.456	8.983	2.954	2.807
落羽杉	3.55	1.50	4.95±0.37	3.02±0.25	1.35×1.45	0.010 0	2.015	1.915	0.517	0.492
朴树	2.55	2.50	4.60±0.22	3.85±0.72	2.17×1.92	0.012 9	2.594	2.464	0.667	0.634
楝	2.55	1.50	6.68±0.32	5.70±0.56	2.30×2.30	0.039 9	8.027	7.626	2.583	2.454
夹竹桃		1.30		2.43±0.44	2.38×2.27			2.814		0.883
合计							60.760	60.537	18.921	18.860

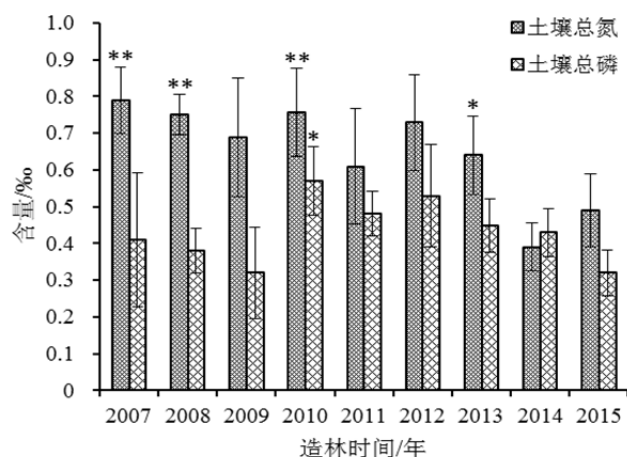
3.1.3 基干林带主要树种的生长状况 年平均材积生长量是某一树种平均每株一年内材积的生长量。通过比较不同树种的年平均材积生长量可以反应出各树种的生长状况，为造林树种的选择提供参考依据。从图 3 中可以

看出, 35 杨生长最快, 达 $0.039\ 3\ \text{m}^3\cdot\text{a}^{-1}$, 其次为竹柳、水杉、黄连木和榉, 中山杉 ($0.000\ 6\ \text{m}^3\cdot\text{a}^{-1}$) 和红叶石楠 ($0.000\ 3\ \text{m}^3\cdot\text{a}^{-1}$) 最低。不同树种的生长速率与其本身的遗传性状、生理特征、适应能力、抗害能力以及立地条件等有关, 因此在选择树种时应综合考虑这些因素。

3.2 土壤改良情况

3.2.1 不同造林时间各基干林带土壤改良情况

从图 4 和图 5 中可以看出, 不同造林时间的基干林带土壤化学性质存在一定差异。通过选定造林地段相似的林带 (2007 年、2008 年、2010 年、2013 年、2015 年) (图 4), 以 2015 年的基干林带作为条件对照组, 对比结果显示各林带的土壤总氮及有机质含量显著增加 ($P<0.01$), 土壤含盐量显著下降 ($P<0.01$), 并且这种变化程度随着造林时间的延长而越显著。2010 年基干林带的土壤总磷含量较 2015 年显著增加 ($P<0.05$), 其余年份未见显著差异, 这可能与造林时间、植物配置及植物生长状况有关。从图 5 中可以看出, 所有基干林带土壤含盐量都远低于 0.3% , 对植物生长已经没有限制作用。



注: 当年土壤总氮和总磷含量与 2015 年的相比差异显著, *表示差异显著 $P<0.05$, **表示差异极显著 $P<0.01$; 下同。

图 4 不同造林时间基干林带土壤总氮和总磷含量

Figure 4 Total nitrogen and total phosphorus content in soil of backbone shelter belt with different planted year

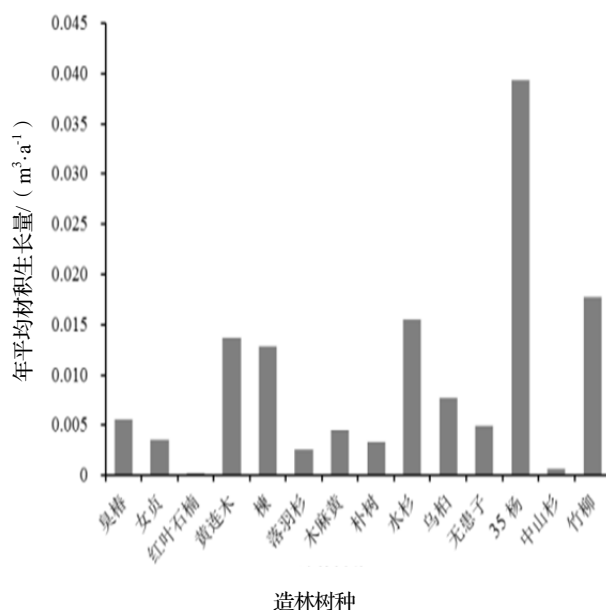


图 3 整个基干林带主要造林树种的年平均材积生长量

Figure 3 Annual average volume growth of the main tree species among the whole backbone forest

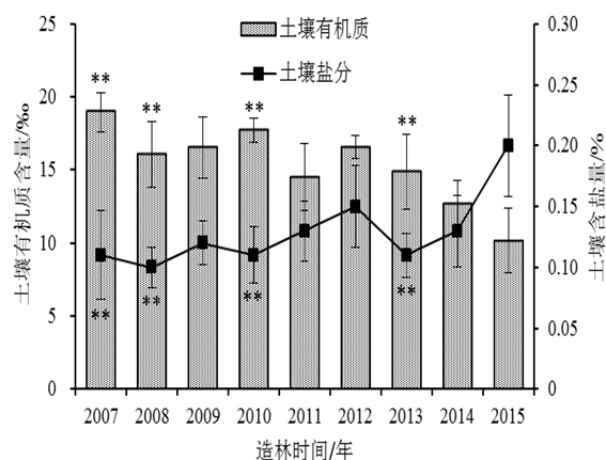


图 5 不同造林时间基干林带土壤有机质含量和含盐量
Figure 5 Organic matter content and salinity in soil of backbone shelter belt with different planted year

3.2.2 不同树种根际土壤改良效果 由表 3 可以看出, 与对照 (无种植区) 相比, 不同树种根际土壤的总氮及有机质含量明显增加 ($P<0.01$), 乌桕根际土壤的总磷含量明显增加 ($P<0.01$)、其余树种未见明显变化。其中 35 杨和乌桕根际土壤总氮含量最高 (分别为 $1.50\%\pm 0.28\%$ 和 $1.49\%\pm 0.20\%$), 其次为竹柳 ($1.17\%\pm 0.12\%$); 乌桕根际土壤总磷含量最高 ($0.80\%\pm 0.10\%$); 竹柳、乌桕、夹竹桃根际土壤有机质含量较高 (分别为 $23.17\%\pm 0.99\%$, $22.35\%\pm 1.15\%$ 和 $22.29\%\pm 1.89\%$)。各造林树种对土壤含盐量的改良均有极显著效果 ($P<0.01$),

其中竹柳和木麻黄的效果最好, 均降低了 0.19%。土壤改良的程度可能与造林树种本身的生理状况、根际土壤微生物、造林时间和立地条件等有关。

表 3 不同树种根际土壤化学指标差异
Table 3 Chemical index in rhizosphere soil under different tree species

土壤化学指标	无种植区	女贞	竹柳	夹竹桃	木麻黄	35 杨	乌桕
总氮含量/%	0.52±0.08	0.77±0.08*	1.17±0.12**	0.91±0.22**	1.13±0.17**	1.50±0.28**	1.49±0.20**
总磷含量/%	0.49±0.09	0.55±0.06	0.49±0.12	0.54±0.06	0.56±0.06	0.60±0.08	0.80±0.10**
有机质含量/%	7.29±0.52	17.68±2.04**	23.17±0.99**	22.29±1.89**	10.48±0.60**	18.31±2.30**	22.35±1.15**
含盐量/%	0.24±0.04	0.08±0.02**	0.05±0.01**	0.08±0.02**	0.05±0.01**	0.12±0.04**	0.13±0.01**

注: 同一行标注**表示与无种植区的指标相比存在极显著差异 ($P<0.01$), *表示显著差异 ($P<0.05$)。

4 结论与建议

4.1 结论

余姚市杭州湾沿岸基干林带总体质量良好, 对自然灾害具有较好的抵御能力。其中, 2010 年造林林带质量最佳, 2010 年和 2013 年造林林带生长速度最快, 2004 年造林林带出现了“小老头林”。在不同造林树种中, 35 杨、竹柳和水杉生长最快。除竹柳、木麻黄以及部分臭椿和 35 杨长势较差, 其他树种长势良好。造林可提高土壤总氮及有机质水平, 并可有效降低土壤含盐量。不同造林树种均可有效提高根际土壤总氮和有机质含量, 并可显著降低土壤含盐量; 乌桕可有效提高根际土壤总磷水平。总体来看, 35 杨、乌桕、黄连木、夹竹桃等可作为余姚市杭州湾沿岸基干林带的适宜树种优先选用。

4.2 建议

- 4.2.1 加强适生树种选择, 丰富物种多样性 造林树种宜选择本土树种, 适当搭配其他优质树种^[5]。坚持乔灌木相结合, 增加基干林带生物多样性, 提高其结构稳定性, 同时注重速生与慢生树种的合理搭配, 从而保障其抗干扰和生态防护功能^[6]。
- 4.2.2 开展低效林带改造 对于低效林带应通过树种优化、人工促进天然更新等手段, 淘汰防护功能低下、生长不良的树种, 逐渐替换为生态效益高的树种; 对于死亡植株, 应及时清理和补植。
- 4.2.3 加强病虫害监测与防治 加强病虫害监测力度, 综合应用农业、生物、化学及物理方法对病虫害进行治理^[7]。
- 4.2.4 拓宽资金渠道, 加强科研投入 建立多元投资机制, 形成地方政府和社会成员共同参与沿海基干林带建设的良好氛围^[8]。在生态功能优先的前提下, 用经济的理念管理、经营基干林带, 适当兼顾经济价值^[2]。同时, 加强林业科研与实际需要的紧密结合, 加大科技投入, 设立专项沿海基干林带科技攻关课题^[9]。

参考文献:

[1] 沈娜娉, 胡娟娟, 陈高, 等. 余姚市沿海防护林体系建设总体规划的探讨[J]. 华东森林经理, 2010, 24 (1): 62-65.

[2] 吴敏霞, 张晓勉, 高智慧, 等. 浙江省沿海防护林基干林带建设综述[J]. 浙江林业科技, 2015, 35 (3): 92-96.

[3] 姚凤鸣, 陈吉敖, 王利平, 等. 余姚市沿杭州湾防护林基干林带的建设[J]. 林业实用技术, 2010 (9): 20-21.

[4] 续珊珊, 姚顺波. 基于生物量转换因子法的我国森林碳储量区域差异分析[J]. 北京林业大学学报: 社会科学版, 2009, 8 (3): 109-114.

[5] 康波, 王勇. 农田防护林生态工程建设综述[J]. 内蒙古林业调查设计, 2010, 33 (5): 12-15.

[6] 杜和芬. 温州市沿海防护林体系建设存在的问题及对策[J]. 现代农业科技, 2017 (1): 162-163.

[7] 张琴, 徐华潮. 健康沿海防护林体系建设初探[J]. 浙江林业科技, 2011, 31 (3): 78-82.

[8] 吴雨霏. 瑞安市海洋地质灾害预防[J]. 中国矿业, 2012 (s1): 647-650.

[9] 薛志愿, 沈安飞. 苍南县沿海防护林体系建设现状及发展对策[J]. 现代农业科技, 2009 (7): 80, 82.