

福建沿海主要防护林树种的生物量、凋落物 及其对林下土壤养分的影响

刘 骄¹, 黄义雄¹, 叶功富², 许洛源¹, 陈少慧¹, 黄 茹¹, 刘晓芬¹

(1. 福建师范大学 地理科学学院, 福州 350007; 2. 福建省林业科学研究院, 福州 350012)

摘 要:防护林在改善环境状况方面扮演着重要角色,对其生物量、凋落物量以及林下土壤养分的研究可以加深对树木生长规律和树木与环境的相互关系的了解。通过采用平均木法对海坛岛主要防护林树种即木麻黄、台湾相思、黑松、湿地松的生物量进行测定,并通过凋落物的收集和土壤养分的分析了解四树种的生长习性以及养分丰缺情况。结果表明:①生物量总量从大到小依次为湿地松(270.84 t/hm^2)>黑松(125.72 t/hm^2)>台湾相思(75.99 t/hm^2)>迹地更新不良木麻黄(56.02 t/hm^2)。②从凋落物的研究情况可知 9 月份是四树种共同的生长月,凋落物归还量很高,而对于木麻黄和台湾相思而言,另一个凋落物归还量的高峰期是 5 月份。③对于四种树种林下土壤养分的测定,可以看出台湾相思林下土壤养分相对丰富,而总体来说四种树种的林下土壤营养物质相对缺乏,影响到防护林的生物量进而影响其防风固沙、保持水土的性能。

关键词:生物量;凋落物;土壤养分

中图分类号:S714.8;S718.556

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2011)01-0146-07

Research on Biomass and Undergrowth Soil Nutrient of Main Tree Species for Shelterbelt along Fujian Coastal Area

LIU Jiao¹, HUANG Yi-xiong¹, YE Gong-fu², XU Luo-yuan¹, CHEN Shao-hui¹, HUANG Ru¹, LIU Xiao-fen¹

(1. College of Geographic Science, Fujian Normal University, Fuzhou
350007, China; 2. Fujian Academy of Forestry, Fuzhou 350012, China)

Abstract: Shelterbelt plays an important role in improving the environment. The research on biomass, litter fall and forest soil nutrient could deepen the understanding of the tree growth laws and the interrelationship between the tree and the environment. The average sample tree method was adopted to determine the biomass of main tree species for shelterbelt in Haitan Island, namely *Casuarina equisetifolia* L, *Acacia confusa* Merr, *Pinus thunbergii* Parlatores and *Pinus elliottii* Engelman. The growth habit and the abundance and deficiency of nutrients among the four species were analyzed through the litter collecting and soil nutrient measurement. The results indicated that: ① The order of the total biomass from large to small was *Pinus elliottii* Engelman(270.84 t/hm^2)>*Pinus thunbergii* Parlatores (125.72 t/hm^2)>*Acacia confusa* Merr (75.99 t/hm^2)>*Casuarina equisetifolia* L with bad slash regeneration (56.02 t/hm^2). ② From the study of litter, it could be concluded that September was the common growth month and the litter production was large, but for *Casuarina equisetifolia* L and *Acacia confusa* Merr, another peak of litter return was in May. ③ According to the soil nutrient of the four species, the undergrowth soil nutrient of *Acacia confusa* Merr was relatively abundant, but nutrient substances of the four tree species were comparatively poor on the whole. This might influence the biomass of shelterbelt and then affect the function of the windbreak and sand fixation and also the soil and water conservation.

Key words: biomass; litter; soil nutrient

收稿日期:2010-10-03

修回日期:2010-10-21

资助项目:国家“十一五”科技支撑计划项目(2006BAD03A14-01);福建省重大科技专项(2006NZ0001-2);福建省科技计划重点项目“海峡西岸经济区资源与环境创新研究”

作者简介:刘骄(1985-),女,湖南常德人,硕士,从事景观生态学研究。E-mail:k155.yy@126.com

通信作者:黄义雄(1960-),男,福建闽清人,研究员,从事景观生态学研究。E-mail:yxhuang@fjnu.edu.cn

从 20 世纪 60 年代开始,福建沿海各地引种木麻黄作为防风固沙林获得成功,取得了非常明显的经济效益^[1]。由于木麻黄林树种单一,出现了更新困难,从而使得防风效果下降。之后先后进行了不同树种的引种实验^[2-5],目前主要种植木麻黄(*Casuarina equisetifolia* L)、相思树(*Acacia confusa*)、黑松(*Pinus thunbergii* Parlatores)、湿地松(*Pinus elliottii* Engelman) 4 种树。树木的生长本身可带来各种益处,所以关注树木生长状况也有利于环境的进一步改善。研究树木生长状况可以从不同的方面着手,本文以作为衡量群落利用自然潜力的能力和生产力标准的生物量结合凋落物量、土壤养分为研究指标来衡量四种主要防护林树种与环境的关系及其影响。

从福建省内来看,防护林的研究点集中在东山县赤山国有林场^[6-7]、惠安县赤湖林场^[8]、南安市^[9]和长乐大鹤国有防护林场^[10-11]。对作为海西发展的先行先试地区的海坛岛上防护林生物量进行研究还很少。1996 年黄义雄利用胸径和树高建立木麻黄生物量模型^[12],2005 年林金顺对平潭沿海秋茄群落的现存生物量进行了研究^[13]。对于迹地更新不良木麻黄生物量关注较少,同时也很少有对海坛岛的防护林凋落物及林下土壤养分的研究。由于研究点在海坛岛,岛上的主要相思树种为台湾相思,此文中以台湾相思为研究对象了解相思类防护林的特点。本文实地调查了台湾相思、湿地松、黑松以及迹地更新不良木麻黄的生物量并进行了四树种生物量构成分析,并通过采集林下土壤样品、进行土壤养分测定来客观评价土壤养分状况。采集四树种的凋落物则可以反映树木自身的代谢情况以及对于土壤养分的影响。以期为平潭乃至福建沿海的防护林建设提供有效的参考数据,促进全省沿海的环境优化和经济发展。

1 研究区概况

平潭岛位于亚热带季风气候区,东经 119°32′—120°10′,北纬 25°15′—25°45′。多年平均气温 19.6℃,雨热同季,旱雨季节分明,每年 11 月至翌年 2 月为旱季。多年平均降水量 1 172 mm,蒸发量 1 300 mm,为本省少雨区之一。季风明显,夏季以偏南风为主,其余季节多为东北风。风力年平均风速 6.9 m/s,湾海地区全年大风(7 级以上)日数为 125 d,是本省强风区之一。土壤大多为风积沙土,较为贫瘠。

2 研究方法

2.1 生物量调查

对于森林生物量估算方法,1984 年 Bown S

等^[14]进行了总结,包括皆伐法、平均生物量法、生物量回归模型估计法、材积源生物量法。有学者提出直接收获法是全球普遍采用的研究方法,也是对陆地群落和森林最切实可行的方法^[15]。森林收获法可以分为 3 类:皆伐法、平均木法和相对生长法^[16]。本次生物量测定选择的是平均木法。在研究地内选择代表性的木麻黄林、湿地松林、黑松林和台湾相思树林,分别做 100 m² 样方,每木检尺,测得每株树的树高、胸围值,根据计算得出的树高和胸围平均值,各伐倒 3 株平均木。对于随后测得的各项数据取平均值。对枝、叶采取全部称重的方法,主干按 50 cm(根据实际树高调整)截断称重,根采用全挖法获得,记录枝、叶、干、根的鲜重,并各部分取样带回实验室烘干,求得含水率。根据各组分干湿比,最后算得生物量。

表 1 平潭岛主要防护林树种的基本情况

树种	林龄/ a	密度/ (株·hm ⁻²)	平均胸 径/cm	平均 树高/m	土壤 类型
迹地更新	26	2500	2.07	1.31	沙土
不良木麻黄					
台湾相思	25	2100	8.20	7.09	红壤
黑松	21	12900	2.99	2.31	红壤
湿地松	26	2400	14.00	8.49	沙土

2.2 四种树种的凋落物收集

四片不同木麻黄林下各设一个采样点,其余三树种各一个采样点。在各采样点 100 m² 内随机布设 3 个收集框,大小为 1.0 m×1.0 m,框深 15 cm,孔径为 0.5 mm 的尼龙网,距地约 15 cm,从 2009 年 7 月开始每 2 个月开始收集一次,为期一年。现场称鲜重,并将 200 g 左右的鲜重样品带回实验室在 80℃ 下烘干至恒重,记录数据,算出含水率,计算出干重,最后换算成单位面积内的凋落物干重量。

2.3 土壤养分测定

在四种树种林下各随机选取三个采样点,对于木麻黄则另加五个不同地点木麻黄林下的各 3 个取样点,各个取样点都分 0—10 cm 和 10—40 cm 层取土样,带回实验室进行土壤常规指标的测定,并重点分析木麻黄林下土壤养分分布特点。土壤 pH 测定采用奥龙 818 型酸度计。有机质采用的重铬酸钾—硫酸石蜡锅法。水解性氮采用碱解扩散法。全氮采用凯氏定氮仪测得。全磷用碱溶—钼锑抗比色法。钾采用 FP640 型火焰光度计测定。

3 结果与分析

3.1 4 树种各器官的生物量结构特征

由含水率算得 4 树种的各维量的干重,得到生物量数据表(表 2)。

表 2 海坛岛主要防护林树种的生物量 t/hm²

项目	迹地更新 不良木麻黄	台湾相思	黑松	湿地松
叶	3.62	1.78	10.17	26.36
枝	13.69	9.62	49.74	40.28
干	24.69	43.23	48.83	147.29
地上部分	42.00	54.63	108.74	213.93
根	14.02	21.36	16.98	56.91
合计	56.02	75.99	125.72	270.84

迹地更新不良的木麻黄总生物量为 56.02 t/hm²,在四树种中的各部分生物量和总的生物量都是最低的,由于生长得矮小,冠幅、枝下高、树冠长度和相对冠长都低于正常林^[17]。木麻黄林进入 16 a 后生长逐渐减缓^[18],32 a 生木麻黄林的防风效能为 71.7%~76.4%,过熟阶段的防风效能较之速生阶段减 6.7~14.5 个百分点^[17]。与其他南亚热带森林相比,高于东山县国有林场的均一性沙土 13 林龄木麻黄群落的生物量 51.298 t/hm²^[19]和 25°48'N 福建尤溪县 25 林龄的马尾松生物量 16.48 t/hm²^[20]。明显低于平潭岛国营林场苗圃及其相邻农民耕地附近的 8 林龄木麻黄林带的生物量 141.17 t/hm²^[12]。说明木麻黄低效林的生物量显著低于正常林,严重影响其防风性能。

有学者对存在迹地更新不良的问题进行了研究:沙济琴等研究认为微量元素钼的缺乏是造成原迹地更新带木麻黄生长不良的主要影响因素^[1]。柯玉涛认为木麻黄更新迹地普遍存在缺 P 元素的现象^[21]。对于同一现象,因为采样点差异和研究的时间差异而导致出现不同研究结果。迹地更新不良木麻黄林的出现必然是多种因素所影响的。

台湾相思的总生物量为 75.99 t/hm²,在 4 树种中的生物量居第三,各部分生物量分配由大到小为干、根、枝、叶。从实地调查来看,林分的平均树高高,但是胸径小,而且平潭的台湾相思集中分布于君山,抵御大风,而君山上的平地极少,使得台湾相思只能种植于山坡上,生长成与山坡成一夹角的状态,地形和气候共同影响造成了台湾相思现在的情况。与其他南亚热带森林相比,海坛岛台湾相思林生物量高于江西千烟洲试验站用平均标准木法测定的 20 林龄的湿地松的生物量 74.1 t/hm²^[22],低于 22°40'N 广东省鹤山 15 林龄的马占相思生物量 196.94 t/hm²^[23]。比 15 林龄马占相思少了 120.95 t/hm² 的原因可能是此片马占相思林生长于坡度平缓的地方,造林行距是 2.5 m,比海坛岛台湾相思的林分密度小,更利于其生长。

黑松的总生物量为 125.72 t/hm²。总体状况是生长矮小,林分密度大,胸径平均值仅有 2.99 cm,但其生物量占四树种中的第二,原因是其受大风和贫瘠的土地影响,生长相当缓慢,木材密度大,结构紧凑。由于枝的含水率仅为根的含水率的一半,所以得到的枝的干重比根的多。黑松的各部分的生物量由多到少依次为干、枝、根、叶。与亚热带其他森林生态系统相比,高于广东省鹤山的 80 年代中后期种植的木荷林的生物量 122.91 t/hm²^[24],低于 30°59'N 江苏省句容县 11 林龄火炬松的生物量 145.2 t/hm²^[25]。说明黑松仍然是沿海地区防护林树种的良好选择。

湿地松的总生物量为 270.84 t/hm²。与南亚热带其他森林生态系统相比,高于福建省东山县 10 林龄湿地松的生物量 149.51 t/hm²^[26],低于在广西武宣县禄峰山林场通过实地调查建立的湿地松林分生物量模型预测的 26 林龄的 338 t/hm²^[27]。海坛岛的湿地松生长于平地的防护林中部,受大风影响小,而且适中的行列距和纯林结构也为其生长提供了良好的条件。生物量在四树种中最大,且通过与其他森林对比可知其生物量还是很高的,具有很好的防风性能与水土保持作用。其各部分生物量由大到小为干、根、枝、叶,其中地上生物量是地下生物量的 3.75 倍。通过在浙江省三门县沥浦镇草头村牛山进行实验,对比总生物量、地上部分和地下部分的生物总量,结果表明均以湿地松为最高,杨梅、杜英和枫香依次递减^[28]。说明湿地松以其顽强的适应能力、较高的生物量仍将是沿海防护林树种的良好选择。

3.2 四种树种的一年内凋落物归还量

3.2.1 木麻黄林的凋落物归还量 由于木麻黄的栽种面积在四树种中的比重最大,并且有不同的树龄和疏密的情况,所以在木麻黄设置了四个取样点:处于长江澳风口前沿生长矮小的木麻黄林、处于长江澳防护林林带中部生长状况优良的木麻黄林、龙王头海边的木麻黄纯林和种植于 60 年代的距海有两三百米远的龙王头木麻黄密林。由图 1 看出:(1)木麻黄凋落物都呈现双峰值的情况,分别出现在 5 月和 9 月。研究结果和其他学者得到的结果相似^[29-30]。5 月的梅雨和 9 月的台风使得木麻黄的枯枝落叶量相比其他月份有所增加,而且福建的春旱、伏旱以寒冷的冬季使得代谢变慢,出现了其他月份的凋落物量相比较低的情况。(2)前沿的木麻黄林带凋落物量比中部的林带多,原因在于前沿因阻挡强风,使得枯枝落叶更易掉落。(3)对于已进入成熟龄行列的迹地更新不良的木麻黄,未调查其凋落物情况,已有学者得出成熟龄木麻黄凋落物情况为 7—9 月出现峰值,5 月出现次峰值^[30]。

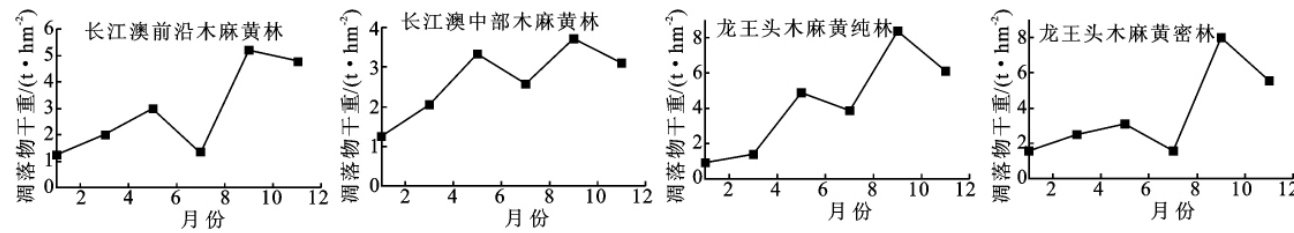


图 1 海坛岛木麻黄林凋落物月动态

3.2.2 台湾相思林、黑松林、湿地松林的凋落物归还量 台湾相思枯枝落叶量在 5 月和 9 月出现了两个高峰期,表明作为热带、亚热带常绿的速生树种台湾相思比较适宜生长于高温高湿的环境。而通过实地取样的观察以及记录的样品重量数据可知台湾相思对于土地的凋落物归还量还是比较高的,这样有利于土壤养分的积累,对于平潭岛的贫瘠土壤来说,台湾相思的这种改良土壤的特性有利于整体环境的优化。黑松枯枝落叶量由 1 月到 7 月逐渐减少可能是对冬春季的低温、夏季的梅雨都不适应,而出现生长变缓,

新陈代谢速度降低的现象。受台风影响,峰值出现在 9 月,黑松虽然不耐涝,但是台风雨并没有梅雨持续的时间长,所以此时的黑松生长没有受到影响。另外因为黑松在低温下生长缓慢,所以出现了在冬春季的新陈代谢减缓,凋落物量较少。而湿地松林从 3 月开始凋落物的干重逐渐增加,到 9 月份出现了高峰期。体现了湿地松耐旱也耐寒,其生长季为春夏秋,冬季为休眠期的生长特点。11 月和 1 月的凋落物干重数值也不低是因为处于寒冬,降水少,折算后的数值较高(图 2)。

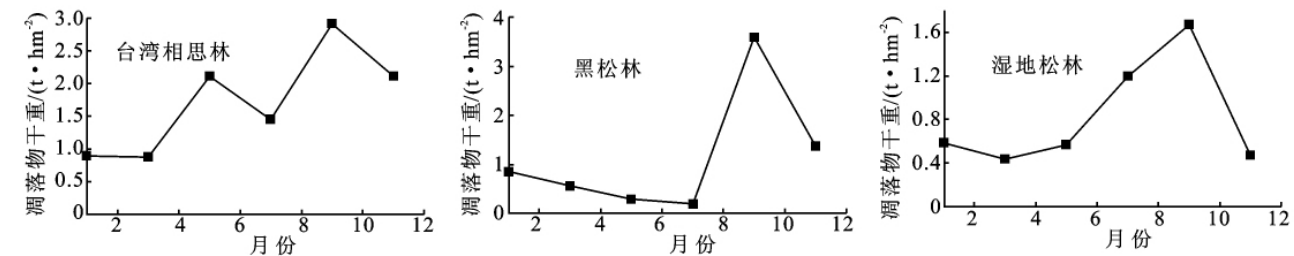


图 2 海坛岛不同树种凋落物月动态

3.3 4 树种林下土壤养分状况

以福建林业土壤普查主要剖面测定的数据结合

全国土壤养分含量分级标准进行评定,得出福建省土壤养分含量等级指标表格^[31],即表 3。

表 3 福建省土壤养分含量等级指标

级别	有机质/%	全氮/%	碱解氮/ (mg·kg ⁻¹)	全磷/%	速效磷/ (mg·kg ⁻¹)	全钾/%	速效钾/ (mg·kg ⁻¹)
1	>4	>0.2	>150	>0.1	>40	>2.5	>200
2	3~4	0.15~0.2	120~150	0.08~0.1	20~40	2~2.5	150~200
3	2~3	0.1~0.15	90~120	0.06~0.08	10~20	1.5~2	100~150
4	1~2	0.075~0.1	60~90	0.04~0.06	5~10	1~1.5	50~100
5	0.6~1	0.05~0.075	30~60	0.02~0.04	3~5	0.5~1	30~50
6	<0.6	<0.05	<30	<0.02	<3	<0.5	<30

3.3.1 四种树种的林下土壤养分总体情况分析 土壤的 pH 取决于 H⁺ 浓度,而 H⁺ 大多来源于吸附性 Al³⁺ 以及土壤生物呼吸作用产生的 CO₂ 溶于水后产生的碳酸与有机质降解产生的有机酸,增加土壤的通气性可以增加 CO₂ 的进入,改变有机质降解速率,从而改变土壤的 pH^[32]。由表 4 可知,台湾相思、黑松、湿地松林下土壤都呈较强的酸性,而迹地更新不良木麻黄的 pH 更接近于 7,其原因是木麻黄的凋落物产生的有机酸少于其他 3 种树种,所以出现 pH 偏高的情况。

土壤有机质是林木营养的来源。而土壤有机质的含量受到动植物残体量、人工施肥等影响。由表 4

可知,有机质的平均值为台湾相思(3.080%)>黑松(2.595%)>湿地松(0.226%)>迹地更新不良木麻黄(0.145%)。结合表 3 可知有机质处于三级和六级水平。其原因在于台湾相思和黑松生长的土壤比沙土更易持水,且这两种树种的生物量都很高,有利于有机质的产生。有学者提出在有机质的含量为 1%~1.8%,pH 为 4.5~6.5 的红壤、赤红壤或者赤红壤性红壤也能生长良好^[33]。说明目前君山土壤适宜种植台湾相思。土壤中的有机质既为树木生长提供养料,也是生物量高低的反映。生物量高的树木林下土壤的有机质含量可能高。

表 4 海坛岛主要防护林树种林下土壤的养分状况

指标	土壤深度/ cm	木麻黄	台湾 相思	黑松	湿地松
pH	0—10	6.43	5.33	5.41	5.82
	10—40	6.33	5.36	5.23	5.73
有机质/%	0—10	0.231	4.010	3.670	0.295
	10—40	0.059	2.150	1.520	0.156
全氮/%	0—10	0.022	0.186	0.082	0.013
	10—40	0.005	0.067	0.045	0.008
全磷/%	0—10	0.022	0.036	0.034	0.022
	10—40	0.018	0.042	0.012	0.022
全钾/%	0—10	4.102	1.655	3.131	4.583
	10—40	3.291	1.981	2.567	3.036
水解性氮/ (mg·kg ⁻¹)	0—10	6.300	101.250	23.470	5.250
	10—40	2.100	50.320	19.250	1.750
速效钾/ (mg·kg ⁻¹)	0—10	3.942	117.795	118.141	3.942
	10—40	3.998	93.919	61.391	3.982

全氮量是土壤氮素养分的储备指标,在一定程度上说明土壤氮的供应能力,较高的含氮量常标志较高的氮素供应水平。由表 4 可知不同林下土壤全氮平均值为台湾相思(0.126%)>黑松(0.064%)>迹地更新不良木麻黄(0.014%)>湿地松(0.011%)。原因在于台湾相思有根瘤菌,可以固定空气中的氮,所以相对土壤中的氮素含量比其他树高。木麻黄的根部也有根瘤菌,但因其生长不良而导致生物量低,结果导致固氮能力下降。根据表 3 可知全氮含量最高的台湾相思林下土壤也只是属于 3 级,其他三种树的分别是 4 级和 6 级,说明现在的土壤氮素含量偏低,应该通过人工施肥等办法增加土壤氮素含量。水解性氮的含量平均值为 3.500~75.785 mg/kg,表明土壤的有效氮含量相对不足,不能满足林木生长需要。由分析可知,氮素含量和生物量以及本身是否有固氮菌的关系密切。

全磷反映了土壤中磷含量的供应情况,主要受到土壤母质、成土作用和耕作施肥的影响,也和土壤质地及土壤有机质有关。结合表 3 和表 4 可知平潭土壤缺乏全磷。林下土壤的全磷平均值为台湾相思(0.039%)>黑松(0.023%)>湿地松(0.022%)>迹地更新不良木麻黄(0.020%)。其原因在于台湾相思林下土壤为红壤,而湿地松和迹地更新不良的木麻黄林下土壤为沙土,且一般红壤中的全磷含量多于砂性土,有机质丰富的土壤含磷量也较多。由此可知全磷的含量和生长其上的生物量的大小没有直接联系。

钾素也是植物生长必须的元素之一,植物所能利用的钾是速效钾,它能真实反映土壤中钾素的供应情

况^[34]。林下土壤全钾平均值为湿地松(3.810%)>迹地更新不良木麻黄(3.697%)>黑松(2.849%)>台湾相思(1.818%)。而林下土壤速效钾平均值为台湾相思(105.857 mg/kg),其次为黑松(89.766 mg/kg),迹地更新不良的木麻黄和湿地松林下土壤速效钾的含量分别为 3.97 mg/kg 和 3.962 mg/kg。结合表 3 全钾处于 1~3 级的水平,速效钾处于 3,4,6 级的水平。各林分土壤钾素含量存在差异的原因与不同林分凋落物的多少及根系的吸收情况有关。由钾素的平均值大小可知,生物量的大小和钾素并无明显的正相关关系。

土壤养分各项指标的高低反映了土壤与林木生长的适宜性,同时也强烈影响着林木的生物量。总的来看,台湾相思的土壤养分各指标值大都比其他三树种的高,原因在于其根部有丰富的根瘤菌,且其枯枝落叶量较多又易分解等特点^[35]。由表 4 可知其养分含量均不高,虽然这四树种都耐贫瘠,但如果通过施肥等措施提高土壤的肥力,更有利于它们提高生物量,增加凋落物量,从而对于土壤中的有机质,含氮量等产生较好的影响,对于平潭总体环境的改善将是大有裨益的。

3.3.2 不同地段木麻黄林下土壤养分分析 由于在 20 世纪 90 年代木麻黄已占海坛岛面积的 10%,占海坛岛林地的 38%^[1],且分布广泛,不管是山丘还是滨海前沿,或是防护林中部、农田防护林都有木麻黄的分布。本文特此采集不同林片下的木麻黄土壤进行土壤养分测定,得出表 5。

由表 5 的 pH 可知木麻黄可适应弱酸至弱碱的环境,对于沙土的适应性良好,这也是在沿海广为种植的原因。因为木麻黄的凋落物分解后能产生有机酸,所以在凋落物集中的表土层的 pH 会比下面土层的 pH 低,酸性更强一些。从表 5 中也可以看出处于强风方向的长江澳前沿防护林和龙王头木麻黄纯林虽然凋落物比处于中部或者密林的要多,但是强风环境下凋落物分解速度却不如中部和密林的木麻黄,所以呈现了由强风区到弱风区的 pH 的数值减小。

土壤有机质的高低和土壤的凋落物量有一定关系。通过表 5 可知前沿的木麻黄林下土壤有机质含量较高,主要原因在于与除农田以外的其他四点相比,前沿受到强风影响,代谢的枯枝容易凋落,进而积累在地表,也与受到食草动物影响有关。农田的有机质最高则与人工的耕作方式有关。

从全氮含量来看,六个采样点的情况相差不大。因为都是木麻黄林下土壤,氮素都受到固氮菌的影响。略高一些的是农田土壤的含氮量,与人工施肥有

关。而水解性氮的含量变化比较大,中部木麻黄林分水解氮低是由于林分密度 3 000 株/hm²)比除了迹地更新不良的木麻黄林以外的四点(3 000~3 900 株/hm²)都低。迹地更新不良木麻黄的水解性氮含量较低说明其自身的生长状况不佳严重影响了土壤养分,进而又影响将来的生长。

表 5 海坛岛不同地段木麻黄林下土壤的养分数据

指标	土壤深度/cm	前沿滨海	中部	迹地更新不良	龙王头密林	龙王头纯林	农田边
pH	0—10	8.11	7.37	6.43	7.17	8.44	5.47
	10—40	8.94	7.96	6.33	7.35	8.77	6.91
有机质/%	0—10	1.299	0.297	0.231	0.702	0.768	1.781
	10—40	0.144	0.141	0.051	0.754	0.370	0.473
全氮/%	0—10	0.014	0.018	0.022	0.034	0.033	0.062
	10—40	0.013	0.005	0.005	0.018	0.005	0.031
全磷/%	0—10	0.022	0.027	0.022	0.024	0.016	0.028
	10—40	0.028	0.034	0.018	0.019	0.021	0.029
全钾/%	0—10	3.206	3.593	4.102	2.337	1.494	4.845
	10—40	3.306	4.378	3.291	1.362	3.232	3.672
水解性氮/ (mg·kg ⁻¹)	0—10	10.850	6.125	6.300	14.875	13.125	43.750
	10—40	1.730	1.750	2.100	8.750	0.875	15.750
速效钾/ (mg·kg ⁻¹)	0—10	17.250	12.159	3.942	98.700	17.789	17.494
	10—40	6.718	12.234	3.998	98.417	49.800	17.406

磷素作为植物的三大营养要素之一,参与植物细胞核的组成,同时也促进植物体内的代谢,对农作物而言还可以提高产量和品质。磷素主要来自于母质,且在南亚热带雨水丰富的气候条件下容易淋失。全磷的含量相比其他几个指标的值是波动最小的,且农田边的木麻黄林下土壤全磷含量也低,这与所处的气候以及沙土本身的构造不易形成腐殖质有关。

钾能促进植物的生长,利于增强植物的抗寒能力。结合表 3 和表 5 可知土壤中全钾含量都不缺乏,而速效钾的含量对应等级从 4 级到 6 级。而且土壤中速效钾含量较高的林下土壤也为龙王头密林、龙王头纯林和农田边防护林,这也同样是有机质含量较高的土壤。这一现象和根据典型土壤剖面理化分析得出的土壤速效钾含量与有机质成正相关^[33]的结论大致相符。钾素主要来源于岩石矿物。对于同为沙壤而存在钾素含量差别较大的原因可能来自于较早之前地质形成时的下垫面差异。农田边的钾素含量较高是受人为影响的结果。

由此可知作为海坛岛最主要的防护林树种的木麻黄林,其土壤养分也比较缺乏。而且因为所处的大环境风力较强,降雨集中,容易造成土壤中养分淋失,更是加大了木麻黄林生长的阻力,有效的施肥和管理才能促进其更好的生长。

4 结 论

(1)4 树种的各部分生物量由大到小均呈现干、根、枝、叶的顺序,说明这四种树的生物量集中于树

干,是优良的速生树种。总体来看,将树龄相差不大的树种进行生物量比较呈现由湿地松、黑松、台湾相思、迹地更新不良的木麻黄林依次减小的特点。虽然黑松林分密度高,但因其处于海坛岛的迎风坡,而台湾相思和湿地松则处于平地或背风坡,不同的环境导致了生物量的高低。生长不良的木麻黄林的生物量最低。通过与其他树种生物量的比较可知这四种树种仍然是海坛岛乃至福建沿海的主要防护林树种,生长不良的状况可以通过改善土壤肥力状况和优化林分结构得到解决。此外,有学者通过在长乐大鹤国有防护林林场建立研究点的调查表明木麻黄湿地松混交林的生物量大于木麻黄、湿地松纯林^[10]。这对于福建的沿海防护林建设提供了参考依据。但是否这种混交林适宜种植于木麻黄迹地更新不良的土壤上和需要改变单一林分组成的前沿地区仍然需要进一步研究。

(2)从凋落物收集情况可知:4 个木麻黄采样点的 5 月份和 9 月份的凋落物量占一年收集总量的 48.07%,黑松凋落物分析结果为 9 月份的凋落物量占一年总量的 52.28%。表明这些树木生长旺盛的同时也代谢旺盛,高的凋落物归还量也为未来生长提供了营养保障。

(3)林下土壤养分的结果测定,可以看出台湾相思林下土壤养分相对丰富,而总体来说四个树种的林下土壤营养物质相对缺乏。养分状况直接影响到林木生物量的大小及其防风固沙、保持水土的功能。如果能通过观测长期的土壤养分的动态变化及生长其

上的生物量的多年变化进行相关研究,对于生物量和土壤养分的关系将有更加明确的认识。

参考文献:

- [1] 郑达贤,方祖光,沙济琴,等. 滨海木麻黄林带生态系统(福建海坛岛试验研究)[M]. 福州:福建科学技术出版社,1994:33-146.
- [2] 徐俊森. 海岸带湿地松木麻黄混交林营造效果研究[J]. 福建林业科技,1998,25(2):28-32.
- [3] 陈德旺. 木麻黄大叶相思混交林生长效果、防护功能和土壤肥力研究[J]. 防护林科技,2003(3):13-15.
- [4] 谭芳林,徐俊森,林武星,等. 福建滨海沙地造林树种的适应性选择研究[J]. 林业科学,2003,39(专刊1):100-105.
- [5] 曾焕生. 福建平潭岛木麻黄农田防护林带更新试验研究[J]. 林业勘察设计,2005(2):5-9.
- [6] 叶功富,吴锡麟,张海清,等. 沿海防护林生态系统不同群落生物量和能量的研究[J]. 林业科学,2003,39(专刊1):8-14.
- [7] 张海清,叶功富,林益明,等. 福建东山县赤山海拔沙地厚荚相思林与湿地松林生物量和能量的研究[J]. 厦门大学学报:自然科学版,2005,44(1):123-127.
- [8] 叶功富,张立华,侯杰,等. 滨海沙地木麻黄人工林细根生物量及其动态研究[J]. 应用与环境生物学报,2007,13(4):481-485.
- [9] 李尚妙. 营造台湾相思水土保持林对土壤结构和养分的影响[J]. 福建林业科技,1999,26(2):34-36.
- [10] 王舒凤,郑郁善,陈雄,等. 木麻黄湿地松混交林生物量研究[J]. 福建林学院学报,2001,21(2):153-156.
- [11] 林盛. 福建省沿海防护林不同相思树种生物量及其分配的探讨[J]. 安徽农学通报,2008,14(14):100-101.
- [12] 黄义雄,沙济琴,谢皎如,等. 福建平潭岛木麻黄防护林带的生物生产力[J]. 生态学杂志,1996,15(2):4-14.
- [13] 林金顺. 福建省平潭沿海秋茄人工林群落的生物量研究[J]. 防护林科技,2005(2):6-8.
- [14] Amarasingheand M D, Balasubramaniam S. Net primary productivity of two mangrove foreststands on the northwestern coast of SriLanka [J]. Hydrobiologia, 1992,247(1/3)37-47.
- [15] 薛立,杨鹏. 森林生物量研究综述[J]. 福建林学院学报,2004,24(3):283-284.
- [16] 佐藤大七郎. 陆地植物群落的物质生产[M]. 聂绍荃,译. 北京:科学出版社,1986:21-47.
- [17] 叶功富,张水松,徐俊森,等. 木麻黄低效防护林的结构特征和防护效能研究[J]. 防护林科技,2000(专刊1):29-32.
- [18] 黄义雄,郑达贤,方祖光,等. 福建滨海木麻黄防护林带的生态经济效益研究[J]. 林业科学,2003,39(1):31-35.
- [19] 叶功富,张海清,卢昌义,等. 福建东山滨海沙地木麻黄林生态系统的能量特征[J]. 应用生态学报,2005,16(10):1812-1816.
- [20] 陈美高. 不同年龄马尾松人工林生物量结构特征[J]. 福建林学院学报,2006,26(4):332-335.
- [21] 柯玉涛. 农田木麻黄防护林网更新技术研究[J]. 防护林科技,2005(3):9-11.
- [22] 李轩然,刘琪璟,胡理乐,等. 不同方法计算湿地松林生物量的比较[J]. 生态学杂志,2006,25(12):1594-1598.
- [23] 任海,彭少麟,向言词. 鹤山马占相思人工林的生物量和净初级生产力[J]. 植物生态学报,2000,24(1):18-21.
- [24] 曾小平,蔡锡安,赵平,等. 南亚热带丘陵3种人工林群落的生物量及净初级生产力[J]. 北京林业大学学报,2008,30(6):148-152.
- [25] 孔凡斌,方华. 不同密度年龄火炬松林生物量对比研究[J]. 林业科技,2003,28(3):6-9.
- [26] 张清海,叶功富,林益明. 东南滨海沙地主要造林树种的生物量与能量[J]. 南京林业大学学报:自然科学版,2007,31(3):143-146.
- [27] 田大伦,项文化,闫文德. 马尾松与湿地松人工林生物量动态及养分循环特征[J]. 生态学报,2004,24(10):2207-2210.
- [28] 徐叨心,陈顺伟,高智慧,等. 4个沿海岩质海岸防护林树种生物量初步研究[J]. 浙江林业科技,2004,24(5):4-6.
- [29] 叶功富,张清海,卢昌义,等. 滨海沙地木麻黄林生态系统的凋落物及其热值研究[J]. 应用与环境生物学报,2007,13(1):23-28.
- [30] 郭瑞红,叶功富,卢昌义,等. 不同生长发育阶段木麻黄人工林的凋落物动态[J]. 海峡科学,2008(10):11-18.
- [31] 范金顺,高兆蔚,施天锡,等. 福建林业土壤[M]. 福州:福建科学技术出版社,1993. 89.
- [32] 游秀花,蒋尔可. 不同森林类型土壤化学性质的比较研究[J]. 江西农业大学学报,2005,27(3):357-360.
- [33] 孔繁昇. 福建海岛植被[M]. 福州:福建科学技术出版社,1999.
- [34] 林德喜,樊后保,苏兵强,等. 马尾松林下套种阔叶树土壤理化性质的研究[J]. 土壤学报,2004,41(4):655-659.
- [35] 李杏芬. 滨海沙地引种相思类树种生长与生态效应分析[J]. 防护林科技 2007(5):18-20.