

马尾松与湿地松人工林生物量动态及养分循环特征

田大伦, 项文化, 闫文德

(中南林学院生态研究室, 湖南长沙 410004)

摘要:对乡土树种马尾松和引进外来树种湿地松人工林的生物量动态变化、养分积累与分配以及养分循环特征进行比较, 结果表明: 在林分生长发育早期, 马尾松生长慢, 而湿地松生长快, 生长发育后期马尾松生长速度比湿地松快。马尾松人工林生物量的数量成熟年龄为 36a, 采伐利用时的最大生物量为 434t/hm²; 湿地松的为 26a, 采伐利用时的最大生物量为 338t/hm²。湿地松人工林各器官和总的养分积累量均高于马尾松, 其中养分的总积累量是马尾松的 2 倍多, 树干高达 5 倍多。在采伐利用时, 不管是全树利用还是仅利用干材, 同马尾松相比, 湿地松林将带走更多的养分, 对地力的养分消耗量更大。同时, 湿地松林养分循环速率低, 周转时间长, 需要的养分多, 比马尾松林维持地力的能力差。因此, 在湿地松人工林的经营管理过程, 更应处理好养地与用地之间的关系, 否则会造成林地生产力的下降。

关键词: 马尾松; 湿地松; 人工林; 生物量; 养分循环

Comparison of biomass dynamic and nutrient cycling between *Pinus massomiana* plantation and *Pinus elliottii* plantation

TIAN Da-Lun, XIANG Wen-Hua, YAN Wen-De (Research Section of Ecology, Central South Forestry University, Changsha 410006, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(10): 2207~2210.

Abstract: This paper investigated the biomass dynamics, and the accumulation, distribution and cycling of nutrients in *Pinus massomiana* and *Pinus elliottii* plantations. *Pinus massomiana* is a native species while *Pinus elliottii* is introduced to the region. The results showed that the growth of *P. massomiana* plantation was slower than that of *P. elliottii* during the juvenile stage. However, the trend was reversed in the later stage of the stand development, i. e., *P. massomiana* grew faster than did *P. elliottii*. The biological maturity of *P. massomiana* for biomass production was determined to be 36 years, with a total biomass of 434 t/hm² at that age. The biological maturity of *P. elliottii* for biomass production was 26 years with a total biomass of 338t/hm². The total nutrient accumulation and the nutrient content in different organs were significantly higher in *P. elliottii* than in *P. massomiana*, e. g., the total nutrient accumulation and the nutrient content in the bole were twice and five times as high in *P. elliottii* as in *P. massomiana*, respectively. Consequently, the harvesting of *P. elliotti*, whether it is the whole tree or just the tree trunk, will remove more nutrients from the site and thus have more negative impact on the site productivity than the harvesting of *P. massomian*. Furthermore, the rate of nutrient cycling was lower and thus the period of nutrient cycle was longer in the *P. elliotti* plantation than in *P. massomian*. Consequently, *P. elliotti* was less able to maintain the site productivity than was *P. massomian*. Therefore, more efforts should be made to maintain the site productivity in managing *P. elliotti* plantations. Otherwise the site quality will deteriorate.

Key words: *Pinus massomiana*; *Pinus elliottii*; plantation; biomass; nutrient cycling

文章编号: 1000-0933(2004)010-2207-04 中图分类号: Q948.55, S791.2 文献标识码: A

基金项目:国家重点野外台站资助项目(2000-076);科技部基础研究快速反应支持项目(2102);国家林业局重点科研资助项目(2001-07);湖南省教育厅资助项目(01C053)

收稿日期:2004-02-17; **修订日期:**2004-06-18

作者简介:田大伦(1940~),女,湖南长沙人,教授,主要从事森林生态系统定位研究。E-mail: xwh510@sohu.com

Foundation item: the Program of National Key Field Station for Scientific Observation and Experiment (No. 2000-076), the Quick Response Basic Research Program of Ministry of Science and Technology (No. 2102), the Key Program from China State Forestry Administration (No. 2001-7) and the Program of Education Department of Hu'nan Province (No. 01C053)

Received date: 2004-02-17 **Accepted date:** 2004-06-18

Biography: TIAN Da-Lun, Professor, mainly engaged in forest ecology and long-term located ecological research. E-mail: xwh510@sohu.com

引进优良速生树种在我国林业生产建设和森林植被恢复方面取得了巨大成绩,国内已有很多成功的报道^[1,2],相思、桉树和国外松等已成为我国南方森林景观的组成树种。然而,引进外来树种可能造成不良的生态后果,国内对这方面的研究较少^[3]。

马尾松(*Pinus massomiana*)是我国松树中分布最广、数量最多的树种,其适应能力强,耐干旱、瘠薄,是南方低山丘陵区群落演替的先锋树种,也是荒山绿化造林的主要树种。在该区马尾松林的面积达 $1.13 \times 10^7 \text{hm}^2$,蓄积量为 $3.41 \times 10^8 \text{m}^3$,占全国总造林面积的 20%,仅次于杉木人工林的造林面积^[4,5]。湿地松(*Pinus elliottii*)原产于美国东南部,我国自 20 世纪 30 年代开始引种,由于它适应性强、生长快、木材用途广、松脂产量高,目前已成为我国南方主要的造林树种之一,南方 11 个省区湿地松造林面积达 $1.9 \times 10^6 \text{hm}^2$ ^[6]。国内已分别对它们的生长发育规律、生物产量和养分循环进行了研究^[7~12]。但作为乡土树种马尾松与外来树种湿地松属同一个科,在生物产量和养分循环特征等方面有什么差异,国内未见系统的报道。这一问题的研究可为乡土树种的经营管理和评价引进外来树种的生态后果提供科学依据。

1 研究地区的自然概况

试验地设于广西武宣县禄峰山林场,地理位置为东经 $109^{\circ}40'$,北纬 $23^{\circ}45'$,属大瑶山脉,桂中丘陵地带,海拔 200~300m。年均气温 21.1°C ,年降雨量 1418.5mm,相对湿度 76%左右。土壤为第四纪发育的粘性红壤,土层厚度 $>1\text{m}$,腐殖质厚度约 15cm,石砾含量少,试验地坡度 $<10^{\circ}$ 。

2 研究方法

2.1 生物量测定和净生产力的估算

选择密度和林分年龄相似的马尾松与湿地松人工林的固定样地各 4 块,样地面积为 667hm^2 ,林分特征见表 1。采用克拉夫特分级法对样地内的林木分级,进行每木调查,测算出样地内各生长级和样地平均木的平均胸径与平均树高。然后根据树种选取各生长级和平均木等标准木共 6 株,伐倒标准木后,以 2m 为一个区分段分层截取,实测干材、皮、枝、叶、根等组分的生物量,建立相对生长方程推算林分的生物量。用树干解析法确定林分的净生产量。

表 1 马尾松与湿地松人工林的林分特征

Table 1 The stand feature of <i>Pinus massomiana</i> and <i>Pinus elliottii</i> plantation					
树种 Tree species	林龄 Age (a)	密度 Density (tree/hm ²)	平均胸径 Average DBH (cm)	平均树高 Average height (m)	林分蓄积量 Stand volume (m ³ /hm ²)
马尾松 <i>P. massomiana</i>	14	3200	12.4	10	199.5
湿地松 <i>P. elliottii</i>	16	3200	14.7	12.7	312.5

2.2 林木生长过程的测定

选择立地条件一致具有相似发育体系的不同年龄系列马尾松人工林,测定林分密度、平均胸径、平均树高等林分特征值,同时在 38a 的马尾松林固定样地内,选取标准木进行树干解析。湿地松生长过程则在固定样地内进行定位观测,即造林后每年进行每木检尺,测定胸径(或地径)、树高。根据相对生长方程和胸径、树高生长数据,推算出各年龄马尾松与湿地松人工林的生物量。用 Richard 函数 $W = a(1 - be^{-kt})^m$ 模拟林分生物量的动态变化,根据 Richard 函数中各参数的生物学含义^[13],林分获得最大生物量时间为 $2(2m - 1)/km$ 。

2.3 年凋落物量的确定

在 14 年生的马尾松人工林和 16 年生的湿地松人工林固定样地内各设置 $1\text{m} \times 1\text{m}$ 的尼龙网收集器 5 个,每月收集各收集器中的凋落物 1 次,按组分(小枝、叶、花、果)测定其干量。

2.4 分析样品的选取和养分化学分析

分层测定生物量时,按干、皮、枝(分当年生枝、1 年生、2 年生和老枝)、叶(分当年生叶、1 年生、2 年生和老叶)和根(分 $<0.2\text{cm}$ 、 $0.2 \sim 0.5\text{cm}$ 、 $>0.5\text{cm}$ 、根头)等组分采集植物分析样品。年凋落物逐月按组分取样。采集的样品(包括不同年龄的枝、叶)放在 80°C 恒温箱中杀青烘干,然后用 2mm 筛孔的粉碎机粉碎,在干燥条件下贮藏备用。

半微量凯氏法测定 N,钼钼磷比色法测定 P,原子吸收分光光度计测定 K、Ca、Mg。

2.5 养分循环参数的计算

采用养分利用系数、循环系数和周转时间等生物循环参数^[5,9]来分析养分循环的特征,其中养分利用系数为吸收量与贮存量的比值,表明林木维持其生长所需的元素量。循环系数为归还量与吸收量的比值,表征元素的循环强度。周转时间为养分元素经历一个循环周期所需的时间,由养分的总贮存量除以归还量。循环系数越大,林木生长对土壤的养分消耗越少。养分利用系数越大,周转期越长,林木体内积累的养分多,停留时间长,需要的养分也越多。

3 研究结果

3.1 马尾松与湿地松林生物量动态的比较

马尾松和湿地松的林分生物量变化模型分别为：

$$W = 434 (1 - e^{-0.102976t})^{7.4084} \quad r = 0.9126$$
$$W = 338 (1 - e^{-0.141504t})^{7.0666} \quad r = 0.9994$$

根据模型绘制出相应的林分生物量变化曲线(图 1),从图中看出马尾松早期生长速度慢,而湿地松早期生长速度快,在后期马尾松生长速度比湿地松快。根据模型各参数表示的生物学意义^[13],可以计算出马尾松林分生物量的数量成熟年龄为 36a,采伐利用时的最大生物量为 434t/hm²;湿地松的为 26a,采伐利用时的最大生物量为 338 t/hm²。

3.2 马尾松与湿地松林养分积累与分配

在立地条件类型相同,林分密度和林龄相近的马尾松与湿地松人工林的养分积累和分配状况却相差较大(图 2)。马尾松人工林中 N、P、K、Ca、Mg 5 种养分元素总积累量为 771.0kg/hm²,干材、树皮、树叶、树枝和树根分别为 123.29、110.35、210.43、180.02 和 146.9kg/hm²,湿地松的养分总积累量为 1555.66 kg/hm²,干材、树皮、树叶、树枝和树根分别为 677.36、255.27、256.21、169.81 kg/hm²和 197.01kg/hm²。除树枝外,湿地松的其它各组分和总的养分积累量均高于马尾松,其中养分总积累量是马尾松的 2 倍多,树干高达 5 倍多。这些数据表明,在采伐利用时,不管是全树利用还是仅利用干材,同马尾松相比,湿地松人工林将带走更多的养分,对地力的养分的消耗量更大。

3.3 马尾松与湿地松林养分循环特征的比较

表 2 列出了马尾松和湿地松人工林的养分循环参数值。马尾松林的养分年吸收量为 189.65kg/(hm²·a),积累速率为 53.10kg/(hm²·a),归还量为 136.55kg/(hm²·a),养分周转时间、利用系数和循环系数分别为 5.44a、0.25 和 0.72。湿地松林的养分年吸收量为 206.28kg/(hm²·a),积累速率为 128.12kg/(hm²·a),归还量为 78.16kg/(hm²·a),养分周转时间、利用系数和循环系数分别为 19.90a、0.13 和 0.38。同马尾松林相比,湿地松林养分循环速率低,周转时间慢,需要的养分多,维持地力的能力差,消耗更多的养分。

4 结论

在林分生长发育早期,马尾松生长慢,而湿地松生长快,在后期马尾松生长速度比湿地松快。马尾松林分生物量的数量成熟年龄比湿地松大,为 36a,成熟时采伐利用可获得的最大生物量为 434t/hm²;湿地松林分生物量的数量成熟年龄为 26a,采伐利用时可获得的最大生物量为 338t/hm²。湿地松适宜用作短期、速生的用材林或纸浆林。

湿地松人工林各器官和总的养分积累量均高于马尾松,其中养分的总积累量是马尾松的 2 倍多,树干高达 5 倍多。在采伐利用时,不管是全树利用还是仅利用干材,同马尾松相比,湿地松林将带走更多的养分,对地力的养分消耗量更大。同时,湿地松林养分循环速率低,周转时间慢,需要的养分多,比马尾松林维持地力的能力差。因此,在湿地松人工林的经营管理过程,更应处理好养地与用地之间的关系,否则会造成林地生产力的下降。

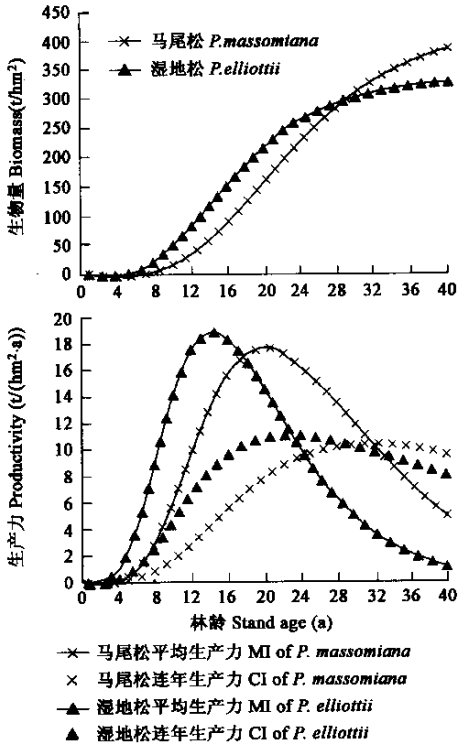


图 1 马尾松与湿地松林分生物量动态变化的比较

Fig. 1 Comparison of stands' biomass dynamic between *Pinus massomiana* plantation and *Pinus elliottii* plantation (MI and CI represent mean increment and current increment of production, respectively)

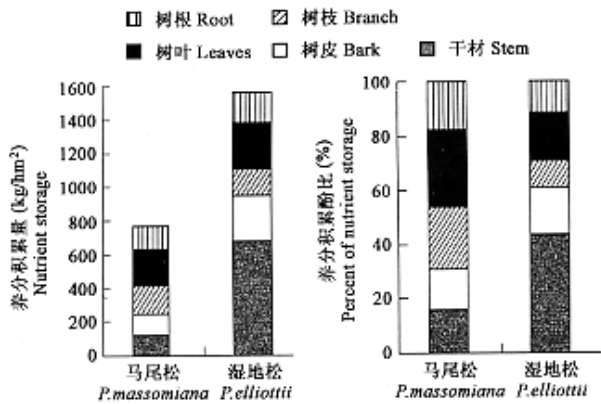


图 2 马尾松与湿地松林养分积累与分配状况的比较

Fig. 2 Comparison of nutrient storage and distribution between *Pinus massomiana* plantation and *Pinus elliottii* plantation

表 2 马尾松、湿地松林的养分循环参数表

Table 2 Parameters of nutrient cycling of <i>Pinus massomiana</i> and <i>Pinus elliottii</i> plantation							
树种	养分循环参数	养分元素 Nutrient elements					合计
Tree species	Parameters of nutrient cycling	N	P	K	Ca	Mg	Total
马尾松 <i>P. massomiana</i>	养分贮量 Storage (kg/hm ²)	365.71	23.63	143.74	115.88	94.42	743.38
	吸收量 Absorption (kg/(hm ² ·a))	108.26	4.69	23.87	35.33	17.50	189.65
	存留量 Retention (kg/(hm ² ·a))	26.12	1.69	10.27	8.28	6.74	53.10
	归还量 Return (kg/(hm ² ·a))	82.14	3.00	13.60	27.05	10.76	136.55
	利用系数 Utilization coefficient	0.30	0.22	0.17	0.30	0.19	0.25
	循环系数 Cycling coefficient	0.75	0.64	0.57	0.77	0.61	0.72
	周转时间 Recycling period (a)	4.45	7.88	10.57	4.28	8.77	5.44
湿地松 <i>P. elliottii</i>	养分贮量 Storage (kg/hm ²)	560.20	27.09	274.03	640.06	53.73	1555.11
	吸收量 Absorption (kg/(hm ² ·a))	74.60	4.08	31.23	86.92	9.45	206.28
	存留量 Retention (kg/(hm ² ·a))	49.06	2.37	23.98	48.01	4.70	128.12
	归还量 Return (kg/(hm ² ·a))	25.54	1.71	7.25	38.91	4.75	78.16
	利用系数 Utilization coefficient	0.13	0.15	0.11	0.14	0.18	0.13
	循环系数 Cycling coefficient	0.34	0.42	0.23	0.45	0.50	0.38
	周转时间 Recycling period (a)	21.9	15.8	37.8	16.4	11.3	19.90

References:

[1] Pan Z G, You Y T, *et al.* *Growing exotic trees in China*. Beijing: Beijing Science & Technology Press, 1994. 2~15.

[2] Bai Y J, Gan S M, Xu J M, *et al.* The current development of Eucalyptus in Asian and the Pacific Region. *World Forestry Research*, 1996, **1**: 56~61

[3] Fang J Y. *Global Ecology-Climate change and ecological responses*. Beijing: China Higher Education Press, and Heidelberg: Springer-Verlag, 2000, 53.

[4] Liu S G. Forest resource in China. In: Zhou X. F. eds. *Forest and ecological environment in China*. Beijing: China Forestry Publishing House, 1999. 518~519.

[5] Mo J M, Sandra Brown, G H Kong, *et al.* Nutrient distribution and cycling of a Masson's pine planted forest in Dinghushan. *Acta Ecologica Sinica*, 1999, **19**(5): 635~640.

[6] Ru Z Z. Monograph of optimal cultivation technology for *Pinus elliottii*. *Guangdong Forestry Science and Technology*, 1995, **11**(4): 2.

[7] Ding G J, Wang P C. Study on change laws of biomass and productivity of Masson pine forest plantation. II biomass and productivity of stand at different ages. *Forest Research*, 2001, **15**(1): 54~60.

[8] Liu X Z. Study on biomass of *Pinus massoniana* stand at different ages. *Forest Resource Management*, 1993, **2**: 77~79.

[9] Wen Z M, L Liang. The productivity and the biocycling of nutrient elements of Masson pine. *Journal of Guangxi Agricultural College*, 1991, **10**(1): 49~57.

[10] Tian D L. Studies on nutrient elements cycling and density effect of pole stage of *Pinus massoniana* stand. *Scientia Silvae Sinicae*, 1989, **25**(2):106~112.

[11] Wang Q M, You Y G. A preliminary study on the biomass and production of slash pine plantation in Jiangsu Province. *Acta Phytocologica et Geobotanica Sinica*, 1990, **14**(1): 1~12.

[12] Li F, Chen Y R. A study on the nutrient cycling of the mineral elements in the *Pinus ellittotii* plantation. *Scientia Silvae Sinicae*, 1996, **32**(4): 298~304.

[13] Cheng Z C, Chen L, Wang G X, *et al.* *A study on stimulation of Pinus massoniana management system*. Beijing: China Forestry Publishing House, 1991.

参考文献:

[1] 潘志刚, 游应天, 等编著. 中国主要外来树种引种栽培. 北京: 北京科学技术出版社, 1994. 2~15.

[2] 白嘉雨, 甘四明, 徐建民, 等. 亚太地区桉树发展现状. 世界林业研究, 1996, **1**: 56~61.

[3] 方精云主编. 全球生态学——气候变化与生态响应. 北京: 高等教育出版社, 施普林格出版社, 2000. 53.

[4] 刘士贵. 全国森林资源. 中国森林与生态环境. 周晓峰主编. 北京: 中国林业出版社, 1999. 518~519.

[5] 莫江明, Sandra Brown, 孔国辉, 等. 鼎湖山马尾松林营养元素的分布和生物循环特征. 生态学报, 1999, **19**(5): 635~640.

[6] 茹正忠, 等. 湿地松优化栽培技术专辑. 广东林业科技, 1995, **11**(4): 2.

[7] 丁贵杰, 王鹏程. 马尾松人工林生物及生产力变化规律研究 II. 不同林龄生物量及生产力. 林业科学研究, 2001, **15**(1): 54~60.

[8] 刘焯章. 不同年龄马尾松生物量的研究. 林业资源管理, 1993, **2**: 77~79.

[9] 温肇穆, 梁 . 马尾松的生产力和营养元素生物循环. 广西农学院学报, 1991, **10**(1): 49~57.

[10] 田大伦. 马尾松杆材阶段养分循环及密度关系的研究. 林业科学, 1989, **25**(2): 106~112.

[11] 汪企明, 石有光. 江苏省湿地松人工林生物量的初步研究. 植物生态学与地植物学学报, 1990, **14**(1): 1~12.

[12] 李飞, 陈永瑞. 人工湿地松林矿质营养循环的研究. 林业科学, 1996, **32**(4): 298~304.

[13] 成子纯, 陈礼, 王广兴, 等著. 马尾松经营体系模拟研究. 北京: 中国林业出版社, 1991.