

马占相思中龄林地上部分生物量 及养分循环的研究*

徐大平 杨曾奖 何其轩

摘要 5年生和6年生马占相思地上部分生物量分别是65.0和77.3 t/hm²。5~6年生马占相思地上部分净生产力为19.9 t/hm²。5年生和6年生时,树木地上部分、林下植物和地表凋落物的N总积累量分别为525.45 kg/hm²和590.24 kg/hm²。P和K的积累量在5年生时为24.50和263.10 kg/hm²;在6年生时为23.87和309.66 kg/hm²。在2年3个月的观测期内,年平均凋落物量为4.87 t/hm²。在5~6年生时,N、P、K、Ca和Mg的循环速率分别是60.5%,233.0%,44.6%,60.7%和47.5%。研究结果表明P缺乏是马占相思中龄林生长的主要限制因子。

关键词 马占相思 生物量 养分循环

马占相思(*Acacia mangium* Willd)作为一个多用途的固氮树种已在我国的热带和南亚热带地区广泛种植。马占相思在80年代初引入我国后,经过广泛的试种和一定面积的推广,已被证明早期生长快,对土壤的N供给和生态系统的N循环改善效果较好。到目前为止,马占相思商业用材林已在25 000 hm²以上。作为桉树人工林多代经营后的一个更替树种,今后种植面积将会进一步扩大。

我国目前有关马占相思的研究主要集中在种源和家系选择上,有关马占相思生物量积累特性、林分的净生产力、养分需求及积累、养分循环及林分养分管理所知甚少。有关这方面的研究将有助于改善马占相思人工林的经营管理,提高马占相思的长期生产力和发挥马占相思人工林改善林地生态系统的N循环潜力。

1 立地概况

试验地设在广东省龙洞林场凤凰山(23 06 N, 113 23 E),在广州市东北郊12 km处。该地段座落在海拔100~150 m,坡度为15~20°的丘陵的东南面。该处的年均温为21.8℃。最冷月为1月,平均温度为13.3℃,历史最低温度为0℃。最热月为7月,平均温度为28.4℃,历史最高温度为38.1℃。年降雨量为1 694 mm,其中82.1%的雨量集中在4~9月的雨季。土壤由石英砂岩发育而成,中上部坡面的土层厚度在30~50 cm,中下部的土层厚度为40~80 cm,土壤中含有大量的碎石块。0~40 cm去除石块的表土化学分析结果如表1。

种植马占相思前的植被是生长不好的马尾松(*Pinus massoniana* Lamb.)。砍伐后炼山打

1998—01—08 收稿。

徐大平副研究员,杨曾奖,何其轩(中国林业科学研究院热带林业研究所 广州 510520)。

* 该研究为国际科学基金(IFS)项目D/1875-2(1994~1997年)“中国热带地区主要外来树种营养及养分循环”的部分内容。感谢龙洞林场对该研究的大力支持。

表 1 2 个固定标准地表土分析的平均结果

土层深度 (cm)	有机质 (g/kg)	pH	全 N	全 P	全 K	有效 P	有效 K	交换性盐基总量	交换性 Mg
			(g/kg)				(mg/kg)		
0~20	19.6	4.4	0.72	0.26	23.91	0.77	32.76	32.19	0.70
20~40	10.4	4.8	0.38	0.21	23.38	0.36	24.24	33.65	0.83

穴, 打穴规格为 50 cm × 50 cm × 40 cm。每穴放 100 g 过磷酸钙(含 P 量为 6.4%) 和 50 g 尿素(含 N 量为 46%) 作基肥。1990 年 4 月定植, 初始株行距为 2 m × 1.5 m, 并在 1993 年 7 月进行了间伐, 主要是砍除双株和生长较差的受压木, 间伐后的密度为每公顷 2 000 株左右。

2 材料与方方法

(1) 分别在丘陵的中上部和中下部设立 2 个 1 000 m² 的固定标准地。固定标准地内的每株树木都被编号, 每年进行 1 次每木胸径检测(因树冠交错, 树高无法测量)。在每木检测的基础上, 在标准地周围地段选择代表每个径阶(1 cm 间隔) 的 12 株样木(标准木), 伐倒后进行地上部分器官的生物量测定。每株样木的各组分鲜重在野外测定, 然后分层抽取叶样、枝样(< 2 cm)、大枝样(> 2 cm) 和干样(第 3 m 一个圆盘) 带回实验室。把圆盘样分开成树皮和干材两部分, 将所有样品在 75 °C 的条件下烘干至恒重。然后建立树木各组分(树叶、树枝、大枝、干材和树皮) 同胸径的回归模型, 用该回归模型计算林分的生物量。

(2) 在每个固定标准地内设置 3 个 4 m × 4 m 的小样地, 测定林下植物生物量和地表的凋落物量。同时每个固定标准地内设置 10 个 0.6 m² 的凋落物收集框, 每月收集凋落物。并将凋落物分为叶、枝和果及杂物 3 部分, 在 75 °C 的条件下烘干至恒重。

(3) 在林地上布置 48 个 20 cm × 30 cm 的网袋(网孔为 3 mm × 3 mm), 每个网袋内装有 50 g 干重的凋落物。每 2 个月收集 4 袋测凋落物的分解率, 并分析剩余物的养分含量。

对于每个树木组分, 从 12 株中取 2 个有代表性样木各组分的混合样品进行养分含量分析。样品被硝酸和高氯酸消化后, N 的测定为 Kjeldahl 法, P 为钼锑抗比色法, K 为火焰光度计比色法, Ca、Mg 和其它元素为原子吸收光谱法。

3 结果与分析

3.1 马占相思地上部分生物量和净生产率

5 年生马占相思地上部分生物量为 65.0 t/hm²(表 2), 还有 3.1 t/hm² 挂在树上的枯枝没有计算在内。同 2.5 年生幼林的 31.6 t/hm² 的地上部分生物量相比^[1], 是它的 2 倍多。这说明 5 年生时, 仍然是马占相思人工林的生长高峰期。该林分的生物量年平均增长量为 13.0 t/hm², 比巨尾桉(*Eucalyptus grandis* W. Hill et Maid. × *E. urqhylla* S. T. Blake) 林分的 10.8 t/hm² 稍高一点^[2]。

6 年生马占相思林分地上部分生物量为 77.3 t/hm²(表 3), 还有 3.4 t/hm² 的枯枝没有包括在内。年生物量增长为 12.3 t/hm², 比前 5 a 生物量的平均增长量稍低(0.7 t/hm²)。表明到 6 年生时, 马占相思生物量增长还没有下降。马占相思林分常保留一部分枯枝在树上, 大概为 3 t/hm²。干材的生物量占地上部分生物量的百分比从 63.2 增至 66.7。大枝生物量从 3.8% 增至 4.5%。树皮虽然增加了 1.5 t/hm², 但所占百分比基本没变。

表 2 5 年生马占相思人工林地上部分生物量和枯枝量组成 (单位:kg/hm²)

株数	平均胸径 (cm)	干材	树皮	树叶	树枝 (< 2 cm)	大枝 (> 2 cm)	枯枝	合计
20	16.6	947	151	143	141	73	63	1 519
15	15.5	641	102	96	95	48	43	1 025
115	14.4	4 375	702	654	645	318	297	6 991
165	13.4	5 608	905	832	819	393	386	8 945
285	12.5	8 494	1 377	1 249	1 227	568	595	13 511
345	11.4	8 742	1 428	1 269	1 243	543	627	13 852
330	10.5	7 104	1 171	1 015	990	401	524	11 205
195	9.5	3 382	565	471	457	161	261	5 297
190	8.6	2 529	432	338	324	85	208	3 916
120	7.4	1 008	181	120	112	- 2	96	1 515
40	6.6	192	38	17	15	- 14	23	271
25	5.7	26	9	- 4	- 6	- 18	9	16
1 845(合计)	10.9	43 047	7 063	6 201	6 063	2 557	3 131	68 061
占总量(%)	-	63.2	10.4	9.1	8.9	3.8	4.6	100

表 3 6 年生马占相思人工林地上部分生物量和枯枝量组成 (单位:kg/hm²)

株数	平均胸径 (cm)	干材	树皮	树叶	树枝 (< 2 cm)	大枝 (> 2 cm)	枯枝	合计
20	19.4	1 252	199	133	1 267	124	80	1 915
5	18.0	281	45	30	28	27	18	429
30	17.4	1 610	255	169	163	154	103	2 455
100	16.4	4 895	776	511	494	457	313	7 446
170	15.4	7 554	1 196	782	761	684	482	11 459
190	14.4	7 541	1 193	771	758	656	481	11 401
235	13.4	8 308	1 312	838	834	688	530	12 510
240	12.4	7 395	1 166	732	740	571	472	11 075
250	11.5	6 627	1 042	640	660	465	423	9 857
165	10.4	3 616	566	336	358	215	230	5 321
170	9.6	3 039	474	268	299	139	193	4 411
75	8.5	983	152	78	95	18	62	1 388
70	7.5	600	91	36	56	- 22	38	799
25	6.5	98	14	- 0.2	8	- 22	6	105
合计	12.3	53 798	8 480	5 325	5 383	4 154	3 432	80 572
占总量(%)	-	66.7	10.5	6.6	6.7	5.2	4.3	100

5~6 年生时, 树木株数由每公顷 1 845 株降至 1 745 株, 主要原因为 1995 年 8 月的台风使部分树木被刮倒。同时, 林分的平均胸径也从 10.9 cm 增长到 12.3 cm。在 5 年生时, 55% 以上的树木地上部分生物量分布在胸径 10.0~12.9 cm 的范围内(图 1)。在 6 年生时, 57.5% 以上的生物量分布在胸径 12.0~15.9 cm 的范围内。

在此 1 a 间隔内, 干材、树皮和大枝的生物量分别增长了 10.8、1.4 和 1.6 t/hm², 而树叶和树枝(< 2 cm)的生物量分别下降了 1.1 和 0.7 t/hm²。枯枝和地表凋落物分别增长了 0.2 和 0.1 t/hm²。林下植物的生物量从 0.4 t/hm² 增长到 2.6 t/hm²。这说明 5~6 年生时, 一些树枝

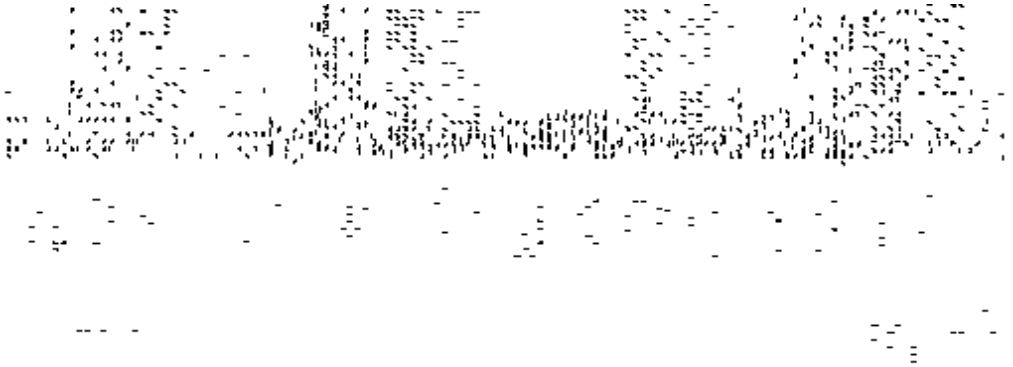


图 1 地上部分生物量在各径阶中的分布

长成大枝, 树叶进一步减少。与此同时, 林下光照条件改善, 林下植物进一步生长, 使马占相思幼林时林下植物几乎没有的情况得到了大大的改善^[1]。

该林分的年净生产力为 19.9 t/hm^2 , 其中凋落物为 5.5 t/hm^2 , 林下植物增长为 2.2 t/hm^2 , 树木生物量增长为 12.2 t/hm^2 。

3.2 马占相思林分地上部分养分积累量

在树木各组分中, N 积累量最多的是树叶(表 4、5), 其次是树皮和干材。但如果把干材和树皮的 N 积累量加起来(整个树干部分的积累量), 则比树叶的 N 积累量还要多。这就意味着在采伐时即使是收获树干仍然有大量的 N 要从林地生态系统中被输出。地表凋落物在 5 年生时 N 积累量为 136.8 kg/hm^2 , 在 6 年生时为 147.7 kg/hm^2 。这些地表凋落物将是生态系统 N 循环中的重要资源, 在采伐后如炼山将会使这些凋落物的很大一部分损失掉。

表 4 5 年生马占相思人工林养分积累和分布

(单位: kg/hm^2)

元素	干材	树皮	树叶	树枝 ($< 2 \text{ cm}$)	大枝 ($> 2 \text{ cm}$)	枯枝	林下植物	地表凋落物	合计
N	76.88	86.29	147.25	43.86	9.00	19.55	5.76	136.84	525.45
P	5.27	2.31	8.26	4.80	0.51	0.60	0.30	2.43	24.50
K	42.66	44.80	92.55	60.67	7.24	1.44	6.00	7.73	263.10
Ca	25.59	46.55	22.09	18.16	5.79	13.39	1.48	40.71	173.75
Mg	8.39	3.77	10.43	7.59	1.16	3.00	0.68	5.96	40.95
Mn	0.960	0.544	2.468	0.375	0.113	0.248	0.295	2.853	7.858
Cu	0.112	0.043	0.073	0.057	0.019	0.058	0.008	0.135	0.507
Zn	0.203	0.056	0.113	0.008	0.021	0.089	0.029	0.381	0.900
B	0.154	0.069	0.095	0.043	0.010	0.023	0.006	0.102	0.502

在树木各组分中, P 积累量最多的仍然是树叶。但干材和树皮的 P 积累量加起来, 就要比树叶的 P 积累量多得多。地表凋落物中 P 的积累量只占林分积累量的一小部分, 地表凋落物对改善林分 P 循环和土壤 P 供给状况的作用没有像改善 N 循环和供给状况那样明显。

树木各组分中积累 K 最多的也是树叶, 树叶的积累量在 5 年生时比干材和树皮两者的积

表 5 6 年生马占相思人工林养分积累和分布

(单位: kg/hm²)

元素	干材	树皮	树叶	树枝 (< 2 cm)	大枝 (> 2 cm)	枯枝	林下植物	地表凋落物	合计
N	93.77	101.89	145.62	30.59	16.14	13.54	41.03	147.66	590.24
P	5.43	2.82	6.95	2.08	0.98	0.34	2.02	3.25	23.87
K	50.62	57.54	85.58	37.82	18.58	1.95	49.99	7.57	309.66
Ca	23.83	63.13	18.72	16.11	7.88	11.04	12.47	44.53	197.70
Mg	9.52	6.31	9.84	6.12	2.41	1.84	6.58	7.24	49.86
Mn	1.092	0.706	2.147	0.391	0.192	0.142	0.330	3.430	8.429
Cu	0.109	0.057	0.082	0.058	0.025	0.044	0.045	0.140	0.559
Zn	0.185	0.097	0.139	0.072	0.023	0.060	0.137	0.547	1.261
B	0.148	0.092	0.113	0.031	0.021	0.016	0.038	0.108	0.566

累量加起来还要多,在 6 年生时比干材和树皮两者加起来的积累量要少。这表明如采用干材收获的话,对 K 损失量的影响要比 N 和 P 小。同样,地表凋落物中 K 的积累量只占整个积累量中的一小部分,在改善土壤养分供给方面难以发挥像 N 这样大的作用。

Ca 的最大积累者是地表凋落物,其次是树皮,它们两者的积累量约占总积累量的一半。对于其它元素来说,在树木各组分、林下植物和地表凋落物中的分布较均匀,不像 N、P、K 和 Ca 这样分布变化较大。同 5 年生林分相比,6 年生林分林下植物生物量和养分积累量都有较大幅度的增加,而树叶的生物量和养分积累量都有所下降。

3.3 凋落物量分布及其分解

从 1995 年 3 月到 1997 年 3 月,年平均凋落物重量为 4.87 t/hm²。其中凋落叶为 4.22 t/hm²,枝为 0.41 t/hm²,果及杂物为 0.24 t/hm²。

在 1995 年,凋落物出现最多的月份为 8 月,主要原因是经过一次强台风后,一些活的枝条被吹落,所以凋落枝的数量明显增加。该年凋落物较多的时期为 5~9 月。1996 年,凋落物最多

图 2 马占相思林分凋落物月分布

的月份为 10 月,也是同强风有关,但这一次并没有像 1995 年 8 月那样大量落枝。该年度凋落物高峰期为 7~10 月。在 1997 年,凋落物最多的月份为 7 月。5 月和 7 月都有大量凋落枝,而 4 月的凋落叶较多。该年凋落物高峰期为 4~10 月(图 2)。整个来看,5~9 月一般为马占相思凋落物较多的时期,因这段时间常有台风影响,同时也是生长季节的换叶期。

马占相思凋落物的分解速率较快,1 a 的分解率为 66.5%(图 3)。

1 a 后,很难再分辨出凋落叶的原来形状。前 4 个月的分解率为 20.4%。此后的 4 个月分解率为 31.9%,以后分解率放慢。

3.4 养分生物循环(不包括树冠的淋溶部分)

表 6 表明,在 5~6 年生时, N 的吸收量为 136.61 kg/hm²,比巨尾桉林分高^[1],比马占相思幼林

低^[2]。该年内 N 的循环速率为 60.5%。P 的吸收量为 1.08 kg/hm², 保存量为 -1.44 kg/hm²。说明树木 P 积累量减少。6 年生树木叶中 P 的积累量比 5 年生年份减少了 1.3 kg/hm²。P 的循环速率为 233.0%,表明 P 缺乏已是影响树木的主要因子。同其它树种相比, K、Ca 和 Mg 的吸收量和积累量都较高。Mn 的循环速率也达到了 100.4%。

表 6 5~6 年生马占相思养分生物循环速率

(单位:kg/hm²)

项 目	元 素								
	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Cu	Zn	B
吸收量	136.61	1.08	84.30	51.26	14.55	2.22	0.14	0.35	0.15
积累量	53.97	-1.44	46.70	20.14	7.63	-0.01	0.05	0.19	0.06
归还量	83.64	2.52	37.60	31.12	6.92	2.23	0.13	0.35	0.15
循环速率(%)	60.5	233.0	44.6	60.7	47.5	100.4	62.9	46.0	60.4

4 结论与讨论

(1) 到 6 年生为止,马占相思仍为生物量积累的高峰期后期,同时也是干材增长的最佳时期。这说明,马占相思的轮伐期应在 6 a 以上。

(2) 在该林分中,P 缺乏是生长的主要限制因子。因为 6 年生林分同 5 年生林分相比,P 积累量下降了 1.44 kg/hm²;同时林分 P 的年生物循环速率达到了 233.0%,这表明吸收量较少,可能受土壤 P 供给能力的限制。由此可知,在马占相思中幼林施 P 肥可能会改善林分的养分状况,提高产量。具体情况有待进一步施肥试验的验证。

(3) 该中龄林年凋落物量为 4.9 t/hm²,比密度较大的 2.5 年生马占相思林分的 25.6 t/hm² 的年凋落物量低^[1],同 3~5 年生巨尾桉林分的 5.6 t/hm² 年凋落物量^[2]和 3~5 年生尾叶桉林 4.3 t/hm² 的年凋落物量相似^[3]。马占相思凋落物的分解速率稍高于巨尾桉。

(4) 干材和树皮中含有大量的养分,如在 6 年生(中龄林)时砍伐树木,将造成较多的养分

损失。马占相思林分的地表凋落物量较多, N 积累量很大, 这将有利于改善生态系统的 N 循环。作为一个固氮树种, 林分的 N 吸收量、积累量和归还量都较大, 比其它林分高^[4]。同时也可以看出马占相思并不能改善林分的 P 和 K 的营养状况, 相反在 N 循环改善后, P 的限制作用将会变得更突出^[5]。由于马占相思不能萌芽更新, 砍伐后重新种植时还要炼山, 林分多年来积累的 N 将会很快损失掉, 不能达到改善 N 循环的目的。建议马占相思林分砍伐后不再炼山。

参 考 文 献

- 1 徐大平, 曾育田. 马占相思幼林地上部分净生产率和养分循环的研究. 广东林业科技, 1994, (4): 11 ~ 16.
- 2 徐大平, 何其轩, 杨曾奖. 巨尾桉人工林地上部分净生产率及养分循环的研究. 林业科学研究, 1997, 10(4): 365 ~ 372.
- 3 徐大平, 曾育田, 李伟雄. 尾叶桉幼林地上部分生物量及养分循环的研究. 林业科学研究, 1994, 7(6): 600 ~ 605.
- 4 Jordan C F. Nutrient cycling in tropical forest ecosystem. New York: Jhon & Sons Ltd., 1985.
- 5 Xu Daping. Soil degradation, a key factor restraining productivity of tropical tree plantations in south China. In: Proceeding of IUFRO Conf. on Effects of Environmental Factors on Tree and Stand Growth at Dresden, Germany, 1996.

Above Ground Biomass Production and Nutrient Cycling of Middle-age Plantation of *Acacia mangium*

Xu Daping Yang Zengjiang He Qixuan

Abstract Above-ground biomass production, net primary productivity, nutrient accumulation and distribution in different tree components, litterfall amount and it's decomposition and nutrient biological cycling of 5 to 6 years old plantation of *Acacia mangium* are presented in this paper. Biomass of 5 and 6 years old plantations were 65.0 and 77.3 t/hm². Net primary productivity of the plantation from 5 to 6 years old was 19.9 t/hm². N accumulation by tree component, understorey and litter on forest floor was 525.45 kg/hm² at the age of 5 years and 590.24 kg/hm² at the age of 6 years. P and K accumulations were 24.50 and 263.10 kg/hm² at the age of 5 years, and 23.87 and 309.66 at the age of 6 years. Average litterfall of the plantation in 2 years and 3 months was 4.87 t/hm². From 5 to 6 years old, cycling rate of N, P, K, Ca and Mg were 60.5%, 233.0%, 44.6%, 60.7% and 47.5% respectively in the plantation. Results indicate that P deficiency was a main limit for the plantation productivity.

Key words *Acacia mangium* biomass production nutrient cycling

Xu Daping, Associate Professor, Yang Zengjiang, He Qixuan (The Research Institute of Tropical Forestry, CAF Guangzhou 510520).