

山地麻竹林生态系统养分分配格局

邱尔发¹, 陈卓梅², 洪 伟³, 郑郁善³, 黄宝龙⁴, 杨主泉⁵

(1. 中国林业科学研究院林业研究所, 北京 100091; 2. 浙江省林科院, 杭州 310023; 3. 福建农林大学林学院, 南平 353001;
4. 南京林业大学, 南京 210037; 5. 桂林工学院, 桂林 541004)

摘要:通过对不同年龄和器官山地麻竹养分垂直分布及生态系统现存养分分配格局研究, 结果表明: 麻竹地上器官各养分浓度随高度的升高有增加的趋势; 在竹林层中, 各年龄单株麻竹地下器官含量低于地上部分, 但 N、Ca、SiO₂ 养分现存总量高于地上部分, P、K 低于地上部分器官总量; 各养分在竹秆不同高度含量不同, 呈现随高度增加而减少的变化规律, 竹枝和竹叶养分量随高度的分配呈现“小-大-小”的变化规律, 但两个年度麻竹养分量最大值出现的高度不同; 不同年龄麻竹单株养分含量都以幼竹为最小, 1 年生麻竹 N、P、K 含量高于 2 年生麻竹, 但 Ca、SiO₂ 含量低于 2 年生麻竹; 地下器官中, 竹蔸各种养分含量高于根。在群落中, 各种养分都以麻竹林层占绝对优势, N、P、K、Ca、SiO₂ 分别占群落养分的 89.0931%、89.0247%、89.5027%、93.1867% 和 88.4135%, 凋落物层养分其次, 林下植被层最低。

关键词:麻竹; 山地; 生态系统; 养分; 分配

Nutrient allocation pattern of *Dendrocalamus latiflorus* forest ecosystem planted on hill

QIU Er-Fa¹, CHEN Zhuo-Mei², HONG Wei³, ZHENG Yu-Shan³, HUANG Bao-Long⁴, YANG Zhu-Quan⁵

(1. Research Institute of Forestry, CAF, Beijing, 100091, China; 2. Zhejiang Academy of Forestry, Hangzhou, 310029, China; 3. Fujian Agriculture and Forestry University, Nanping, 353001, China; 4. Nanjing Forestry University, Nanjing, 210037, China; 5. Gulin University of Technology, Gulin, 541004, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(12): 2693~2699.

Abstract: *Dendrocalamus latiflorus* is one of important economic bamboo species in China. It has been cultivated largely on hills and mountains in some places. However, few study has been made on ecosystem of *Dendrocalamus latiflorus* forest. Therefore performing research in detail is imperatively necessary. Harvest method and nutrient analysis method were adopted to analyze nutrient content of forest ecosystem parts. Through studying on nutrient vertical distribution in different age and presently nutrient allocation pattern in bamboo forest ecosystem, results showed that nutrient concentration of bamboo organ above ground tended to increase with height. The individual nutrient content of bamboo organ above ground was larger than that of underground, but in ecosystem, N, Ca and SiO₂ were larger than those of above ground, P, K were reverse. Nutrient content in different height of culm was different, it tended to decrease with height increase. Vertical distribution of nutrient content in twig and leaf tended to small-large-small, but the height of the largest content were different between 1- and 2- year bamboo. Among three age bamboo, the smallest was juvenile bamboo, the content of N, P and K in one-year-old bamboo were larger than those in two-year-old bamboo, but the content of Ca and SiO₂ were reverse. For nutrient spacial distribution in the ecosystem, the layer of *Dendrocalamus latiflorus* was absolute predominance, the ratio of N、P、K、Ca、SiO₂ between bamboo layer and community were up to 89.0931%、89.0247%、89.5027%、93.1867% and 88.4135%, nutrient of litter layer was latter, the vegetation layer was smallest.

Key words: *Dendrocalamus latiflorus*; hill; ecosystem; nutrient; allocation

文章编号: 1000-0933(2004)12-2693-07 中图分类号: Q149, Q143 文献标识码: A

基金项目: 国家“十五”科技攻关资助项目(2002BA516A17)

收稿日期: 2003-12-26; 修订日期: 2004-07-19

作者简介: 邱尔发(1968~), 男, 福建连城县人, 博士, 副研究员, 主要从事竹林生态学和森林培育学研究。E-mail: efqiu@forestry.ac.cn

Foundation item: National Ten-Five Key Project(No. 2002BA516A17)

Received date: 2003-12-26; Accepted date: 2004-07-19

Biography: QIU Er-Fa, Ph. D., Associate professor, mainly engaged in forest ecology and silviculture.

林木有机质和营养元素的积累与分布是研究生态系统物流和能流的基础^[1]。木本植物生态系统养分在国内外已进行了较大量的研究^[2],但在竹类研究上,主要集中在毛竹林生态系统的研究^[3,4]。从目前研究看,对生态系统建群种养分分布的研究主要是对各器官养分含量进行研究,而从各器官垂直分布角度揭示生态系统养分分配格局的研究较少。

麻竹作为我国的重要经济竹种,其栽培已从过去河滩、四旁零散种植发展到现在的山地规模培育,然而当前麻竹的研究主要集中在引种、育苗、丰产栽培措施生产性总结和生物量的研究上^[5~9],较少见麻竹林养分特征方面报道^[10],尚未见山地麻竹林生态系统养分分配格局方面报道。麻竹作为我国南方的主要笋用竹种,其经营目标是为了获得产量高和品质优的竹笋,同时获得较好的经济效益,竹林的营养是实现这一目标的基础。本文从分析麻竹养分的垂直分布及生态系统各组分养分贮量入手,揭示麻竹山地笋用林养分分配格局,丰富竹林生态系统理论,分析当前麻竹经营措施的科学性,为麻竹林科学经营提供理论依据。

1 试验材料及方法

1.1 试验地概况

试验地设于福建省漳州市南靖国有林场,属亚热带季风气候区。地处东经 117°20',北纬 24°27'。海拔 280 m 左右,属闽南低山丘陵地带。年平均温度为 21℃,7 月份平均气温 28℃,极端最低温度为-2.0℃,极端最高温度 40.5℃,≥10℃的活动积温 7476℃,终年无雪,霜期短;该地区气候温暖多雨,年降雨量 1720 mm,雨量分布不均,较集中于春夏两季;年日照时数 2052 h,平均年无霜期 320 d,是麻竹生长的最适区。土壤以山地红壤为主,土层深厚。植被以芒萁(*Dicranopter dichotoma*)、五节芒(*Miscanthus floridulus*)、桃金娘(*Rhodomyrtus tomentosa*)和蕨类(*Pteridophyta*)为主。

2000 年 4 月测定土壤 N、P、K 的全量浓度分别是 1.610、0.320、9.97 g/kg;水解 N、速效 P 和速效 K 浓度分别为 167.33、3.97、21.50 mg/kg。

1.2 试验材料

试验林于 1995 年春移栽母竹造林,株行距为 5 m×5 m,即密度为 400 株/hm²。竹林管理为造林前期(造林后 1~3 a)每年春季施肥、除草 1 次,4~5 a 每年春除草 1 次,施肥 3 次,分别于 3 月中下旬、6 月上旬和 8 月上旬进行。竹林每丛留 3 株,分别为 1 年竹 2 株,2 年竹 1 株。

1.3 麻竹单株生物量垂直分布测定

采用间接收获法^[11]测定。2000 年 11 月,选择 120 丛麻竹(面积为 3000 m²)代表性竹丛,测定各年度麻竹单株,选择平均竹伐倒,地上部分生物量以 2m 为一个区分段,分别秆、枝、叶等器官生物量(表 1);地下部分按竹丛平均茏幅,挖掘 1 丛,分茏、根称重,计算竹林地下部分现存生物量。

植被生物量和枯落物生物量按 2 m×2 m 样方调查,测定 5 个样方。

表 1 麻竹单株生物量垂直分布 (kg/株)

Table 1 Vertical distribution of bamboo biomass(kg/ind.)

高度(m) Height	幼竹秆 Culm of juvenile bamboo	1 年竹 one-year-old bamboo				2 年竹 two-year-old bamboo			
		高度 Height	秆 Culm	枝 Twig	叶 Leaf	高度 Height	秆 Culm	枝 Twig	叶 Leaf
0~2	0.62	0~2	2.44			0~2	2.62	1.27	0.14
2~4	0.47	2~4	1.77	0.72	0.15	2~4	1.52	1.84	1.30
4~6	0.33	4~6	1.24	0.98	0.37	4~6	0.70	1.05	1.02
6~8	0.17	6~8	0.69	0.94	1.03	6~8	0.24	0.39	0.62
8~10.2	0.09	8~10	0.33	0.86	1.10	8~9.6	0.06	0.02	0.03
		10~12.1	0.03	0.22	0.36				
地上小计 Total	1.77		6.50	3.72	3.00		5.14	4.56	3.11
茏 Culm	0.24	茏 Culm	0.85			茏 Culm	0.86		
根 Root	0.14	根 Root	0.14			根 Root	0.37		
地下小计 Total	0.39		0.99				1.23		
总计 Total	2.16		14.21				14.04		

林分地下部分茏和根的现存生物量分别为 30634 kg/hm²和 4616 kg/hm²;林下植被和凋落的生物量分别为 398 和 1408 kg/hm²。

1.4 单株养分含量测定

(1)样品选取 麻竹地上部分选取各区分段中间进行混合取样,竹茏和竹根按各组分混合取样;植被和凋落物分别为 5 个样方进行充分混合取样。

(2)养分浓度测定 浓硫酸-双氧水消化后,N用蒸馏法,P用钒钼黄比色法,K用火焰光度计法, SiO_2 测定用灼烧重量差法,Ca用原子吸收光谱测定^[12,13]。

(3)养分含量计算 各组分养分浓度与其生物量的乘积,其中麻竹单株养分含量按不同高度各区分段养分含量之和计算。

2 试验结果

2.1 麻竹单株养分含量垂直分布

2.1.1 不同竹龄麻竹养分浓度垂直分布 从N浓度垂直分布看,各年度麻竹秆、枝、叶浓度随着高度的升高而呈现逐渐增大的趋势。从竹秆不同竹龄竹梢与1 m段含N量平均值的差量看,竹秆每升高2 m,N浓度平均增加0.1328%,其中幼竹、1年竹和2年竹每升高2 m,N浓度分别增加了0.0516%、0.0401%和0.0847%;从不同竹龄竹秆N浓度看,有随竹龄的增大而降低的趋势。其中,幼竹竹秆N浓度远远高于其它年度竹,其浓度是1年和2年竹的1.7650倍和2.3614倍,而1年竹秆是2年竹秆的1.3881倍。从竹枝N浓度看,竹秆每升高2 m,N净浓度增加0.2657%,其中,1年竹增加0.1190%,2年竹增加0.0853%;从1年竹和2年竹N浓度比较看,1年竹的平均浓度是2年竹的1.4585倍;从竹叶浓度的垂直分布看,竹秆每升高2 m,N浓度平均增加0.4435%,其中,1年竹和2年竹每升高2 m,分别增加了0.4774%和0.3211%;1年竹竹叶N平均浓度是2年竹的1.3597倍。不同器官N浓度呈现叶>枝>秆,且各年度麻竹秆、枝、叶N浓度随着高度的升高而增大的绝对量以竹叶增大最多,竹枝增加其次,竹秆增加最少。

麻竹各器官P浓度变化规律与N素相似。各年度麻竹秆、枝、叶P浓度随着高度的升高而呈现逐渐增大的趋势。从3个竹龄竹秆竹梢与1 m段的差量看,竹秆每升高2 m,幼竹、1年竹和2年竹P浓度分别增加了0.0226%、0.0173%和0.0151%,而其P素浓度平均值增加0.1328%;从不同竹龄竹秆P浓度看,有随竹龄的增大而急剧降低的趋势。其中,幼竹秆含P量远远高于其它2个年度竹,其浓度是1年和2年竹的2.1556倍和2.4047倍,而1年竹秆是2年竹秆的1.1156倍。从竹梢竹枝与1 m段P浓度平均值的差量看,每升高2 m,1年竹增加0.0315%,2年竹增加0.0196%;从不同竹龄含P量比较看,1年竹的平均浓度是2年竹的1.2923倍;从竹梢竹叶与1 m段含P量看,每升高2 m,1年竹和2年竹分别增加了0.0307%和0.0184%;1年竹竹叶P平均浓度是2年竹的1.1495倍。麻竹不同器官含P量也是叶>枝>秆,但各年度麻竹秆、枝、叶浓度随着高度的升高而增大的绝对量差异不如N明显。

麻竹各器官K素浓度垂直分布具有一定的变化。从各年度麻竹秆K浓度的变化看,其变化与N和P的浓度变化相似,随竹秆高度的升高而呈现逐渐增大的趋势。从3个竹龄竹秆竹梢与1 m段的差量看,竹秆每升高2 m,幼竹、1年竹和2年竹K浓度分别增加了0.0623%、0.0152%和0.0232%;不同竹龄竹秆K浓度有随竹龄的增大而降低的趋势,其中,幼竹秆含K量远远高于其它2个年度竹,其浓度是1年和2年竹的7.8714倍和9.4513倍,而1年竹秆是2年竹秆的1.2007倍。从竹枝和竹叶K浓度垂直变化看,具有较相似的变化规律,从下至上开始呈现逐渐增大,但到尾梢时出现下降,出现这种现象的原因可能有两方面,一方面是顶梢受太阳的辐射较强,枝叶含水率较低,细胞内的液泡较小,而K在植物体内以离子状态存在,在细胞质中的浓度较低,且十分稳定,当K的数量达最适水平后,过量的K几乎全部转移到液泡中^[14],引起K浓度较下层叶低,另一方面可能与竹冠顶部受雨水直接淋溶较多所致。不同竹龄K浓度也是呈现1年竹大于2年竹,1年竹枝条和叶子各高度K浓度的平均值分别是是2年竹的1.1423倍和1.4597倍。

麻竹不同竹龄和器官的Ca浓度垂直分布也具有随树体的升高而增大的趋势。从竹秆看,幼竹Ca浓度随竹秆的升高而增大,每2 m平均增加0.0623%,但1年竹和2年竹开始也随竹秆的升高而增大,但到尾梢时都不同程度的降低。从竹枝和竹叶看,2个竹龄麻竹Ca浓度变化与秆相似,都是在随高度而增加至尾梢时出现下降的变化。从不同竹龄的变化看,麻竹Ca浓度变化与N、P、K的变化相反,在成熟麻竹中,它有随竹龄的增大而出现增加的变化趋势。秆、枝、叶Ca浓度1年竹分别只有2年竹的82.77%、77.61%和97.35%,但在竹秆中,幼竹秆Ca浓度高于1年竹。

不同竹龄麻竹秆、枝、叶有随高度的升高而 SiO_2 浓度增大的趋势。从竹秆看,幼竹和2年竹 SiO_2 浓度随高度的增大而增大,尾梢 SiO_2 浓度分别是1 m段的2.9556倍和1.9147倍,其中,幼竹的 SiO_2 浓度差异明显比2年竹大;1年竹 SiO_2 浓度开始也随竹秆的升高而增大,但到尾梢时出现降低。从竹枝看,两个竹龄麻竹 SiO_2 浓度从下往上都呈现逐渐增大,1年竹和2年竹的变化范围分别为1.5975%~3.4886%和1.6563%~4.3627%。从竹叶的变化看,2个竹龄的 SiO_2 浓度都是在随高度而增加至尾梢时出现下降。

从不同竹龄的变化看,麻竹 SiO_2 浓度变化与N、P、K的变化相反,与Ca浓度的变化较相似,在成熟麻竹中,它有随竹龄的增大而出现增加的变化趋势。2年竹秆、枝、叶各高度 SiO_2 浓度平均值分别是2年竹的1.9321倍、1.3975倍和1.0324倍。但在竹秆中,幼竹秆 SiO_2 浓度远远高于1年竹和2年竹。

2.2 不同年龄麻竹地上各器官养分含量垂直分布格局

麻竹单株养分量垂直分布是垂直高度出生物量与各高度养分浓度分布相叠加的规律。从竹秆养分垂直分布看,除幼竹由于

组织成熟度不一,养分浓度差异较大*,Ca 和 SiO₂ 出现波动外,其余都呈现随高度的升高,养分量出现明显的下降,这主要是生物量占主导因素,随竹秆高度的升高,生物量呈现较急剧的下降,同时,由于受养分浓度的影响,单株各高度养分量下降的幅度较生物量减小。

表 2 不同竹龄麻竹养分浓度垂直分布(%)

Table 2 Vertical distribution of nutrient concentration in different age bamboo											
养分 种类 Type of nutrient	高度 (m) Height	秆 Culm				枝 Twig			叶 Leaf		
		幼竹 Juvenile bamboo	1a One- year-old bamboo	2a Two- year-old bamboo	平均 Mean	1a One- year-old bamboo	2a Two- year-old bamboo	平均 Mean	1a One- year-old bamboo	2a Two- year-old bamboo	平均 Mean
N	1	2.8776	1.6134	1.0790	1.8567		1.7972	1.7972		4.8341	4.8341
	3	3.0125	1.6978	1.1930	1.9678	2.6498	1.8824	2.2661	5.1421	4.9580	5.0500
	5	3.1184	1.7382	1.3325	2.0630	2.7311	1.9246	2.3278	5.3849	5.1701	5.2775
	7	3.1782	1.7963	1.4404	2.1383	2.8635	2.0528	2.4582	6.0517	5.8077	5.9297
	9	3.1787	1.8130	1.5024	2.1647	2.9156	2.1383	2.5270	6.3573	6.1185	6.2379
	11	3.1874	1.8543		2.5208	3.1259		3.1259	7.0516		7.0516
	平均 Mean	3.0921	1.7522	1.3094	2.0512	2.8572	1.9591	2.4081	5.9975	5.3777	5.6876
P	1	0.2691	0.1058	0.1058	0.1602		0.1628	0.1628		0.3679	0.3679
	3	0.2931	0.1152	0.1139	0.1741	0.1880	0.1786	0.1833	0.4110	0.3816	0.3963
	5	0.3344	0.1640	0.1557	0.2180	0.2146	0.1898	0.2022	0.4222	0.4196	0.4209
	7	0.3682	0.1754	0.1605	0.2347	0.2311	0.2022	0.2167	0.4685	0.4302	0.4494
	9	0.3791	0.1873	0.1662	0.2442	0.3118	0.2410	0.2764	0.5104	0.4415	0.4759
	11	0.3821	0.1921		0.2871	0.3138		0.3138	0.5339		0.5339
	平均 Mean	0.3377	0.1566	0.1404	0.2116	0.2518	0.1949	0.2234	0.4692	0.4082	0.4387
K	1	1.2916	0.1503	0.1036	0.5151		0.4148	0.5329		0.6713	0.7174
	3	1.3568	0.1673	0.1276	0.5506	0.5425	0.5329	0.5561	0.7712	0.7174	0.7954
	5	1.4453	0.1751	0.1641	0.5948	0.5953	0.5697	0.6047	0.8811	0.8196	0.8818
	7	1.5682	0.1926	0.1891	0.6500	0.6618	0.6141	0.6327	0.9226	0.8826	0.8910
	9	1.5897	0.2132	0.1964	0.6664	0.6675	0.6036	0.6337	1.1499	0.8594	1.0047
	11	1.6031	0.2265	0.9148	0.6574		0.6574	1.0616		1.0616	
	平均 Mean	1.4758	0.1875	0.1561	0.6065	0.6249	0.5470	0.5860	0.9573	0.6558	0.8065
Ca	1	0.0842	0.0603	0.0637	0.0694		0.0722	0.0722		0.4763	0.4763
	3	0.0905	0.0625	0.0897	0.0809	0.0536	0.0821	0.0678	0.4214	0.5054	0.4634
	5	0.1163	0.0681	0.1138	0.0994	0.0551	0.1116	0.0833	0.4854	0.5876	0.5365
	7	0.1228	0.0854	0.1231	0.1104	0.0789	0.1508	0.1148	0.6064	0.6626	0.6345
	9	0.1315	0.1180	0.0999	0.1165	0.1196	0.1128	0.1162	0.6526	0.6348	0.6437
	11		0.0926		0.0463	0.1037		0.1037	0.6249		0.6249
平均 Mean	0.0909	0.0811	0.0980	0.0900	0.0822	0.1059	0.0940	0.5581	0.5733	0.5657	
SiO ₂	1	2.1458	0.6148	1.4200	1.3935		1.6563	1.6563		6.1666	6.1666
	3	3.2222	0.7759	1.5910	1.8630	1.5975	1.9942	1.7959	6.5750	6.8609	6.7180
	5	4.1005	0.8898	1.6608	2.2170	1.1574	2.3611	1.7593	6.7380	7.8649	7.3014
	7	4.6647	1.1890	2.3537	2.7358	1.8023	3.9456	2.8740	7.3093	8.1556	7.7324
	9	5.8403	1.5173	2.7188	3.3588	2.2010	4.3627	3.2819	7.8848	7.9628	7.9238
	11	6.3421	1.0652		3.7037	3.4886		3.4886	7.3410		7.3410
	平均 Mean	4.3859	1.0087	1.9489	2.3136	2.0494	2.8640	2.2735	7.1696	7.4021	7.1684

2 个年度竹枝和竹叶养分量随高度的分配具有较为相似的变化趋势,都呈现“小-大-小”的变化规律,但两个年度麻竹分量最高值出现养的高度不同。1 年生麻竹各养分最高值出现在 6~8m 层或 8~10m 层,而 2 年生麻竹出现在 2~4m 层。

从不同年度麻竹地上部分单株养分量看,幼竹单株养分量远远低于 1 年生和 2 年生麻竹,N、P、K、Ca、SiO₂ 分别只有 1 年生竹的 13.42%、16.99%、38.31%、6.97%和 17.28%;只有 2 年生竹的 17.34%、20.33%、45.48%、6.85%和 14.52%。

2.3 单株麻竹地下器官养分量

竹类有别于一般木本植物,同一无性系分株养分可通过竹莖进行生理整合作用,所以,麻竹地下器官养分不仅影响地上部分各器官的生长,同时也影响同一竹丛其它个体的生长。从表 4 可看出,不同年龄麻竹地下器官各养分单株含量不同,且其养分

* 邱尔发. 麻竹山地笋用林生态特性及丰产培育技术研究. 南京林业大学博士学位论文,2002

量较地上单株养分量差异有减小的趋势。N 和 SiO₂ 有随竹龄增大而增大的趋势;P 以 1 年生麻竹为最大,分别是幼龄竹和 2 年生竹的 2.22 倍和 1.09 倍;而 Ca 以 2 年生麻竹的为最大,幼龄竹其次,1 年生竹最小;K 的养分量以幼竹的为最大,1 年生竹的为最小。

表 2 不同竹龄麻竹营养元素单株含量地上垂直分布 (g)

Table 2 Vertical distribution of nutrient content in different age individual bamboo on ground								
元素 Nutrient	高度(m) Height	秆 Culm			枝 Twig		叶 Leaf	
		幼竹 Juvenile bamboo	1a One- year-old bamboo	2a Two- year-old bamboo	1a One- year-old bamboo	2a Two- year-old bamboo	1a One- year-old bamboo	2a Two- year-old bamboo
N	1	17.8411	39.3670	28.2687		22.8241		6.7677
	3	14.1588	30.0511	18.1333	19.0783	34.6358	7.7131	64.4535
	5	13.4091	21.5537	9.3274	26.7649	20.2079	19.9241	52.7349
	7	5.4029	12.3945	3.4571	26.9169	8.0060	62.3325	36.0076
	9	2.8608	5.9829	0.9014	25.0742	0.4277	69.9303	1.8356
	11		0.5563			6.8770		25.3858
	小计 Sum	53.6728	109.9054	60.0879	104.7112	86.1014	185.2859	161.7993
P	1	1.6684	2.5815	2.7720		2.0676		0.5151
	3	1.3776	2.0390	1.7313	1.3536	3.2862	0.6165	4.9608
	5	1.1035	2.0336	1.0899	2.1031	1.9929	1.5621	4.2799
	7	0.6259	1.2103	0.3852	2.1723	0.7886	4.8256	2.6672
	9	0.3412	0.6181	0.0997	2.6815	0.0482	5.6144	0.1325
	11		0.0576		0.6904		1.9220	
	小计 Sum	5.4510	8.5401	6.0781	9.0009	8.1835	14.5406	12.5555
K	1	8.0079	3.6673	2.7143		5.2680		0.9398
	3	6.3770	2.9612	1.9395	3.9060	9.8054	1.1568	9.3262
	5	6.2148	2.1712	1.1487	5.8339	5.9819	3.2601	8.3599
	7	2.6659	1.3538	0.4538	6.2209	2.3950	9.5028	5.4721
	9	1.4307	0.7036	0.1178	5.7405	0.1207	12.6489	0.2578
	11		0.0680		1.4463		3.8218	
	小计 Sum	24.6963	10.9251	6.3742	23.1476	23.5709	30.3903	24.3559
Ca	1	0.5220	1.4713	1.6689		0.9169		0.6668
	3	0.4254	1.1063	1.3634	0.3859	1.5106	0.6321	6.5702
	5	0.5001	0.8444	0.7966	0.5400	1.1718	1.7960	5.9935
	7	0.2088	0.5893	0.2954	0.7417	0.5881	6.2459	4.1081
	9	0.1184	0.3894	0.0599	1.0286	0.0226	7.1786	0.1904
	11		0.0278		0.2281		2.2496	
	小计 Sum	1.7746	4.4285	4.1844	2.9243	4.2101	18.1022	17.5291
SiO ₂	1	13.3040	15.0011	37.2040		21.0350		8.6332
	3	15.1443	13.7334	24.1832	11.5020	36.6933	9.8625	89.1917
	5	17.6322	11.0335	11.6256	11.3425	24.7916	24.9306	80.2220
	7	7.9300	8.2041	5.6489	16.9416	15.3878	75.2858	50.5647
	9	5.2563	5.0071	1.6313	18.9286	0.8725	86.7328	2.3888
	11		0.3196		7.6749		26.4276	
	小计 Sum	59.2667	53.2988	80.2930	66.3897	98.7802	223.2393	231.0005

2.4 麻竹林生态系统养分现存量

群落的养分现存库存量,是指一定时间贮存在现存生物量中的元素量,由群落各组分现存生物量与相应元素浓度相乘而得。从表 5 可看出,各种养分都以麻竹林层占绝对优势,N、P、K、Ca、SiO₂ 分别占群落养分的 89.0931%、89.0247%、89.5027%、93.1867%和 88.4135%。其中,麻竹林层各养分在地上和地下部分的分配有所不同,P、K 元素在地上部分的现存量多于地下器官的贮量,分别高出 15.2135%和 17.1741%;而其它的 N、Ca、SiO₂ 元素以地下器官的贮量为多。从地上部分各年度麻竹养分贮量看,以 1 年竹各养分的贮量为最高,而幼竹除了 K 素多于 2 年竹外,其它元素都少于 2 年竹,这主要是由 1 年竹生物量较大而引起的。从地下部分养分分配看,主要累积于无竹的竹苑中,各养分分别占群落养分的 28.2177%~49.1735%,这主要是丛生竹竹苑和笋苑没有移出生态系统外利用,经多年的累积而形成的。从 3 个年度竹苑和根各元素贮量看,不同元素的贮量不同,K 和 Ca 以幼竹的贮量为最高,N、P 和 SiO₂ 以 1 年竹的为最高,从林下植被养分贮量看,各养分变化占有量在 0.3124%~

6.3207%,变化幅度较大,其中,N的占有相对量为高,SiO₂的占有量为最小。而凋落物各养分相对量的变化幅度为4.5862%~11.2742%,最大的为SiO₂,N的为最小,与林下植被的变化相反。

表 4 不同年度麻竹地下器官单株养分含量(g)

Table 4 nutrient content of organs under ground in different age individual bamboo

元素 Nutrient	幼竹 Juvenile bamboo			1 年竹 One-year-old bamboo			2 年竹 Two-year-old bamboo		
	蔸 Culm base	根 Root	小计 Sum	蔸 Culm base	根 Root	小计 Total	蔸 Culm base	根 Root	小计 Sum
N	7.0707	4.3589	11.4295	25.3281	3.8735	29.2017	23.3772	9.1102	32.4874
P	0.5674	0.1656	0.7330	1.4613	0.1690	1.6303	1.0389	0.4511	1.4900
K	2.5605	0.8895	3.4500	2.3636	0.3364	2.7000	2.6291	0.4264	3.0555
Ca	0.2141	0.8479	1.0620	1.0225	0.1307	1.1532	1.0346	0.3787	1.4133
SiO ₂	4.8716	1.7314	6.6030	17.8796	3.9644	21.8440	14.8972	11.5184	26.4157

表 5 麻竹林生态系统养分现存量分配(kg)

Table 5 Nutrient distribution in bamboo plantation ecosystem

层次 Layer		组 分 Components	养分现存量 The present nutrient content				
			N	P	K	Ca	SiO ₂
竹林层 Layer of bamboo	地上部分 On ground	幼竹 Young bamboo	64.4074	6.5412	29.6356	2.1295	71.1200
			4.8595	7.9407	15.3577	2.4570	5.3119
		1 年竹 One-year-old bamboo	319.9220	25.6653	51.5704	20.3640	274.3422
			24.1381	31.1565	26.7248	23.4960	20.4903
		2 年竹 Two-year-old bamboo	123.1954	10.7268	21.7204	10.3694	164.0295
	地下部分 Under ground	小计 Total	9.2951	13.0219	11.2559	11.9642	12.2512
			507.5248	42.9333	102.9264	32.8629	509.4917
		幼竹蔸、根 Young bamboo	38.2927	52.1191	53.3384	37.9173	38.0533
			13.7154	0.8796	4.1400	1.2744	7.9236
		1 年竹蔸、根 Culm base and root of one-year-old bamboo	1.0348	1.0678	2.1454	1.4704	0.5918
			23.3614	1.3042	2.1600	0.9226	17.4752
		2 年竹蔸、根 Culm base and root of two-year-old bamboo	1.7626	1.5832	1.1194	1.0645	1.3052
			12.9950	0.5960	1.2222	0.5653	10.5663
		无竹竹蔸 No-bamboo culm base	0.9805	0.7235	0.6334	0.6522	0.7892
			536.3201	23.2444	59.0366	42.6187	507.9262
		无竹竹根 No-bamboo root	40.4653	28.2177	30.5939	49.1735	37.9364
			86.9073	4.3769	3.2269	2.5210	130.3762
		小计 Total	6.5571	5.3134	1.6722	2.9087	9.7376
			673.2992	30.4011	69.7857	47.9020	674.2675
林下植被层 Layer of vegetation			50.8004	36.9056	36.1643	55.2694	50.3602
			83.7736	2.4052	4.1173	0.9024	4.1821
凋落物层 Layer of litter			6.3207	2.9198	2.1337	1.0412	0.3124
			60.78481	6.6357	16.1391	5.0027	150.9487
群落总计 Total nutrient of community			4.5862	8.0554	8.3636	5.7721	11.2742
			1325.3824	82.3753	192.9685	86.6700	1338.8900
			100.0000	100.0000	100.0000	100.0000	100.0000

表中分子为养分贮量(kg/hm²),分母为占群落的相对量(%) Numerator is nutrient store (kg/hm²), denominator is ratio(%).

3 讨论

(1)各养分浓度在麻竹地上各器官中随高度的升高而增加的趋势,主要与麻竹的生长特性及麻竹叶片光合能力有关。一方面,麻竹枝和叶在一年中呈不断生长的动态,所需养分较大,另一方面,麻竹上层竹叶生理活性较强,具有较强的光合能力^[15],合成有机物的能力也相应较强,有机物养分浓度较高,从而高层麻竹器官具有较高的养分浓度。不同年度麻竹养分浓度的差异主要与养分特性有关,N、P 和 K 浓度在成熟竹中,呈现 1 年竹高于 2 年竹,而 Ca 和 SiO₂ 却呈现呈现 2 年竹高于 1 年竹,这主要是细胞内含 Ca 量较高的区域是中胶层和质膜层,形成较稳定化合物,而细胞内硅的主要形态是硅胶和多聚硅胶酸,其次是胶状硅胶和游离单硅酸,形成较稳定化合物,移动性较差,因此具有累积的趋势^[15]。不同器官中,都呈现竹叶>竹枝>竹秆的变化趋势,这与不同器官活性有关。

(2)麻竹发笋期为 6~11 月份,发笋时间较长。当年发笋长成的幼竹养分较成年竹(1 年生、2 年生)含量为小,这说明幼竹来年继续生长为成熟麻竹尚需要吸收大量的养分,尤其 Ca、N、SiO₂ 和 P 的相对消耗量大,而当前麻竹笋用林经营过程,普遍是 9 月中下旬准备留竹后就不再采笋,也不再进行经营管理,剩余竹笋让其自由生长成竹,第 3 年 3、4 月份后再确定留竹数,砍去多留的新竹,这样不可避免的造成大量养分无益的消耗。因此,在山地红壤土壤养分较普遍缺乏的情况下,应加强幼竹数量的管理,及时确定待留新竹,继续采掘多余竹笋,以减少养分消耗,同时,应根据养分的需求量及时补充养分,提高成竹质量,为山地

麻竹来年发笋提供充足养分。

(3)不同年龄麻竹单株养分量的差异,一方面与其生物量有关,另一方面与各元素的营养特性有关。Ca 和 SiO_2 有累积的趋势,呈现出 2 年生麻竹高于 1 年生麻竹,这主要是 2 种元素与有机物形成络合物,较为稳定而不易转移;而 K 素在幼竹各器官中含量较高,这可能与闽南山地红壤 K 素较为丰富,且 K 素在植物中呈游离状态,幼竹细胞液泡较大,K 浓度较高有关;单株麻竹地上部分各养分含量远远大于地下部分养分含量,说明单株麻竹养分的贮存主要集中在地上部分各器官中,麻竹每年换叶、长竹及长笋消耗大量养分,经营过程中应及时合理施肥,避免由于养分缺乏而降低竹笋产量。

(4)凋落物养分贮量的大小除与生物量有关外,主要与各养分在凋落前转移的难易有关,转移难的养分含量较大。林下植被养分占群落养分总量不大,这主要是由于麻竹人工林实行较约经营,每年有进行除草抚育,人为限制林下植被的生长,另外,成林麻竹林竹冠较为浓密,林下植被较少,且主要为耐荫性的 1 年生草本和藤本。

References:

- [1] Feng L, Wang L M. Accumulation and distribution of organic matter and nutrients in natural Larch forest. Long-term research on China's forest ecosystems. Northeast forestry university press, 1994. 73~79.
- [2] Li Y L, Li Z H, Xie Y J. Nutrient cycle in *Eucalyptus grandis* × *urophglla* plantation. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, **21**(10): 1734~1740.
- [3] Cao Q G, Fu M Y, Li Z C. Patterns of mass loss, nutrient accumulation and release of leaf litter in the Moso (*Phyllostachys pubescens*) Stands. *Forest research*, 1997, **9**(3): 268~274.
- [4] Fang M Y, Fu M Y, Xie J Z. Research on nutrient elements cycle in bamboo stands Ⅱ. Bamboo stem run-off and nutrient elements input in pure Moso stand. *J. Bamboo Research*, 1998, (2): 59~64.
- [5] Zhou B Z, Wu L L, Zhou Y G. Aboveground biomass of *Dendrocalamus latiflorus* plantation in south Fujian. *Forestry Science research*, 1999, **12**(1): 47~52.
- [6] Xiao X T, Ma Z X, Zhu P K. Cultural technology and application of high-yield stands of *Dendrocalamus latiflorus*, *Bamboo research*, 1996, (1): 57~60.
- [7] Lian H S, Chen X K. Studies on the models for bilbass of *Sinocalnmus latiflorus*. *J. Fujian Forestry College*, 1998, **18**(3): 260~262.
- [8] Deng Y L, Chen Q B, Jiang X. A preliminary study on the optimum ferlization and biological features with *Dendrocalamus latiflorus* Munro. *J. Shichuang Agri. Univ.*, 2000, **1**: 43~45.
- [9] Lin M T, Ye D H, Yang S J, *et al.* Effect on slope farmland planting *Dendrocalamus latiflorus* and its measures of high yield cultivation. *J. water and soil conservation*, 2001, **2**: 130~132.
- [10] Qiu E F, Hong W, Zheng Y S, *et al.* A Comparison of leaves character between flowering and no-flowering *Dendrocalamus latiflorus* planted on mountain. *J. Fujian Forestry College*, 2002, **22**(2): 105~108.
- [11] Lin K M, Yu X T, He Z Y, *et al.* Study on the difference of biomass structure and soil fertility in Chinese fir stands of different densities. *Scientia silvae sinicae*, 1996, **5**: 385~392.
- [12] Nanjin Agriculture College. *Analysis on agriculture chemistry of soil*. Agriculture Press, 1980. 36~204.
- [13] Institute of soil science, ACS. *Analysis on soil character of physical and chemistry*. Shanghai Science and Technology Press, 1980. 36~204.
- [14] Lu J L. *Plant nuttition*. Press of Beijing Agriculture, 1994. 17~82.
- [15] Qiu E F, Hong W, Zheng Y S, *et al.* Study on the photosynthetic and respiratory character of leaves of forest planted on hill and used for shoots of *Dendrocalamus latiflorus* during growing shoots. *Scientia silvae sinicae*, 2001, **37**(S1): 148~453.

参考文献:

- [1] 冯林,王立明. 中国森林生态系统定位研究——落叶松天然林林木有机质和营养元素的积累分布. 哈尔滨:东北林业大学出版社, 1994. 73~79.
- [2] 李跃林,李志辉,谢耀坚. 巨尾桉人工林养分循环研究, *生态学报*, 2001, **21**(10): 1734~1740.
- [3] 曹群根,傅懋毅,李正才. 毛竹林凋落叶分解失重及养分累积归还模式. *林业科学研究*, 1997, **3**: 303~308.
- [4] 方敏瑜,傅懋毅,谢锦忠. 竹林养分循环规律研究 Ⅲ. 毛竹纯林竹秆流及其养分输入. *竹子研究汇刊*. 1998, **2**: 59~64.
- [5] 周本智,吴良如,邹跃国. 闽南麻竹人工林地上部分现存生物量的研究. *林业科学研究*, 1999, **12**(1): 47~52.
- [6] 肖贤坦,马占兴,朱培琨. 麻竹丰产林培育技术与应用. *竹类研究*, 1996, (1): 57~60.
- [7] 梁鸿燊,陈学魁. 麻竹单株生物量模型研究. *福建林学院学报*, 1998, **18**(3): 260~262.
- [8] 邓玉林,陈其兵,江心. 引栽麻竹特性及优化培肥方案初探. *四川农业大学学报*, 2000, **1**: 43~45.
- [9] 林明添,叶德淮,杨生健,等. 坡耕地麻竹高产栽培措施与效益研究. *水土保持研究*, 2001, **2**.
- [10] 邱尔发,郑郁善,洪伟,等. 开花和未开花山地麻竹叶片性状比较. *福建林学院学报*, 2002a, **22**(2): 105~110.
- [11] 林开敏,俞新妥,何智英,等. 不同密度杉木林分生物量结构与土壤肥力差异研究. *林业科学*, 1996, **5**: 385~392.
- [12] 南京农学院主编. *土壤农化分析*. 农业出版社, 1980. 36~204.
- [13] 中国科学院土壤研究所. *土壤理化分析*. 上海科技出版社, 1978. 62~409.
- [14] 邱尔发,洪伟,郑郁善,等. 麻竹山地笋用林笋期叶片光合及呼吸性状研究. *林业科学*, 2001a, **37**(专刊 1): 148~453.
- [15] 陆景陵主编. *植物营养学(上册)*. 北京农业出版社, 1994. 17~82.