

刘欢,王超琦,冯莹,等. 粉单竹地上部营养元素的积累和分配规律[J]. 江苏农业科学,2016,44(5):284-286.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.05.081

# 粉单竹地上部营养元素的积累和分配规律

刘欢<sup>1</sup>,王超琦<sup>1</sup>,冯莹<sup>1</sup>,叶晶<sup>3</sup>,吴家森<sup>1,2</sup>

(1. 浙江农林大学浙江省森林生态系统碳循环与固碳减排重点实验室,浙江临安 311300;  
2. 浙江农林大学亚热带森林培育国家重点实验室培育基地,浙江临安 311300;  
3. 浙江省临安市板桥镇农业公共服务中心,浙江临安 311301)

**摘要:**粉单竹(*Bambusa chungii*)是重要的材用丛生竹,具有一次造林成功即可长期获益的特点,然而对粉单竹的营养特性知之甚少。拟研究粉单竹地上部营养元素的积累和分配规律,为该竹种的养分管理提供基础,以指导科学施肥。于2013年1月,调查了不同年龄(1~3年)和不同器官(叶、枝、秆)的植株样品氮(N)、磷(P)、钾(K)、钙(Ca)、镁(Mg)、铁(Fe)、锰(Mn)、锌(Zn)和铜(Cu)等9种营养元素含量。结果表明,粉单竹地上部9种营养元素含量均表现为叶>枝>秆,地上部营养元素积累量为803.80 kg/hm<sup>2</sup>,大小顺序表现为秆(618.58 kg/hm<sup>2</sup>)>叶(98.25 kg/hm<sup>2</sup>)>枝(86.97 kg/hm<sup>2</sup>)。营养元素在各器官中总分配率大小表现为秆(77.0%)>叶(12.2%)>枝(10.8%)。粉单竹每生产1 t干物质所需5种大中量营养元素为12.91 kg,其中以N的吸收最多,其累积吸收量达474.53 kg/hm<sup>2</sup>,占地上部积累量的59.0%。因此,在粉单竹生产过程中应适当增施氮肥,可以促进该竹种经济部位竹秆的生长。

**关键词:**粉单竹;器官;营养元素;积累;分配

**中图分类号:** S718.43 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)05-0284-03

营养元素的积累和分配是生态系统的基本特征,维持着生态系统结构和功能的稳定,体现了植物对某些营养元素的需求和吸收能力<sup>[1]</sup>,反映了物种的生态适应策略,营养元素在植物体内不同器官的分配受植物种类和品种的影响<sup>[2]</sup>。竹林是一种重要而特殊的森林资源,全球总面积超过2.2×10<sup>7</sup> hm<sup>2</sup>,具有一次造林成功即可长期获益的特点<sup>[3]</sup>。丛生竹是竹子资源的重要组成部分,种类占世界竹子总数的70%以上<sup>[4]</sup>。我国丛生竹有16属160余种,面积80万hm<sup>2</sup>,年产竹材5.0×10<sup>6</sup> t<sup>[5]</sup>。

粉单竹(*Bambusa chungii*)是我国重要的丛生竹,分布于广东、海南、广西、福建等地,面积80万hm<sup>2</sup>,其秆直、壁薄、节平、材质柔韧,是较好的造纸原料和蔑用材料;竹秆密被白粉、丛态秀美雅致,是庭院观赏佳品;同时它生长快,适应性强,是河滩沿岸地区的重要水土保持林,具有良好的经济和生态效益<sup>[6-7]</sup>。以往对粉单竹的研究主要有栽培技术、生理特征和

材性<sup>[8-12]</sup>,对于该竹种养分循环的研究则未见报道。本试验调查和研究了1~3年生粉单竹地上部叶、枝、秆9种营养元素的含量、积累和分配,可为该竹种的林地土壤管理提供科学基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

样地位于广东省龙门县麻榨镇小河洞村,中心地理位置113°59'47"E、23°28'40"N,海拔63 m,坡度25°,南坡。属南亚热带季风气候,年平均温度20.7℃,年平均降水量1732 mm,成土母岩为粉沙岩,试验地土壤基本理化性质如表1所示。该区域粉单竹为人工栽培,面积达500 hm<sup>2</sup>,竹龄为1~3年,密度350~380 丛/hm<sup>2</sup>,郁闭度0.7,主要经营措施有每年于6月份施用复合肥(N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O含量均为15%)300 kg/hm<sup>2</sup>,砍去4年生老竹。

表1 试验地土壤基本理化性质

土层(cm)	容重(g/cm <sup>3</sup> )	pH值	有机质含量(g/kg)	碱解氮含量(mg/kg)	有效磷含量(mg/kg)	速效钾含量(mg/kg)
0~10	1.29	4.7	35.33	183.95	4.00	36.25
10~30	1.35	4.8	19.65	103.83	3.16	25.01
30~60	1.35	4.9	10.75	59.44	3.00	18.93
60~100	1.40	4.8	8.84	57.89	10.94	16.42

### 1.2 样品采集与分析

1.2.1 生物量调查与样品采集 2013年1月,在调阅森林资源档案和野外调查的基础上,选择立地条件、林分组成、生长状况等具有代表性的粉单竹林,建立20 m×20 m的标准地4个。生物量调查和样品采集参照Wu等人的方法<sup>[13-14]</sup>进行。

1.2.2 分析方法和数据处理 植株样品在实验室内用去离子水清洗后,于105℃杀青30 min,75℃烘干至恒质量,将样品粉碎后待用。将处理好的样品分为2份,1份用碳氮元素

收稿日期:2015-05-03  
基金项目:浙江省自然科学基金(编号:LY13C160010);浙江农林大学科研发展基金(编号:2014FR052,2013FR048)。  
作者简介:刘欢(1991—),女,河北保定人,硕士研究生,主要从事农业资源利用研究。E-mail:1452077952@qq.com。  
通信作者:吴家森,博士,教授级高级工程师,主要从事森林土壤与环境研究。E-mail:jswu@zafu.edu.cn。

分析仪测定氮(N)含量;另1份称取0.200 0~0.300 0 g样品,用 $\text{H}_2\text{SO}_4-\text{H}_2\text{O}_2$ 消煮,火焰光度计法测定钾(K)含量;钼蓝比色-分光光度法测定磷(P)含量;采用ICP-AES法测定钙(Ca)、镁(Mg)、铁(Fe)、锰(Mn)、锌(Zn)、铜(Cu)含量<sup>[15]</sup>。

营养元素积累量(吸收量)=养分含量×干物质量;植物地上部分某器官营养元素分配=某器官营养元素积累量/地上部分积累量×100%<sup>[16]</sup>。

数据处理使用Excel 2003和DPS分析软件进行。

## 2 结果与分析

### 2.1 粉单竹林分基本特征

由表2可知,不同年龄粉单竹在林分中的生长存在一定的差异,植株胸径大小的排序为1年生>2年生>3年生,平均株高差异不大,约11 m左右。由表2还可看出,粉单竹地上部分生物量为秆>枝>叶。随着年龄的增长,叶、枝生物量占地上部生物量的比例均有所提高。

表2 粉单竹林分基本特征

树龄 (年)	密度 (株/hm <sup>2</sup> )	胸径 (cm)	株高 (m)	生物量(t/hm <sup>2</sup> )		
				秆	枝	叶
1	5 113	7.8	13.0	27.30		
2	3 925	6.7	11.9	17.40	2.95	1.24
3	4 867	4.5	10.8	9.48	2.17	0.87

### 2.2 粉单竹地上部不同器官营养元素含量

2.2.1 粉单竹地上部不同器官氮、磷、钾含量 由图1可以看出,粉单竹不同器官中的N、P、K含量均为叶>枝>秆。随着年龄的增大,地上部各器官P、K含量随之降低,N素在叶、枝中增加,而秆中则呈先降低而后升高的趋势。

粉单竹地上部各器官中营养元素的含量均表现为N>K>P,叶、枝、秆中N元素含量介于29.25~30.16、9.34~11.51、5.30~6.67 g/kg,P元素含量介于1.67~1.69、0.53~0.58、0.24~0.59 g/kg,K元素含量介于4.27~5.19、2.95~3.22、2.21~4.34 g/kg。

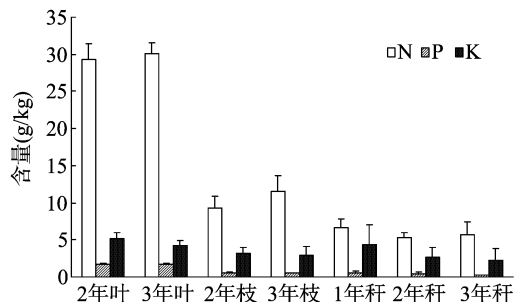


图1 不同年龄粉单竹各器官中氮、磷、钾含量

2.2.2 粉单竹地上部不同器官钙、镁含量 由图2可以看出,粉单竹地上部各器官中Ca、Mg含量大小为叶>枝>秆。随着年龄的增大,Ca含量在叶、枝中减小,而在秆中则相对增加,Mg含量在枝中减小,而在叶、秆中相对增加。

粉单竹叶、枝、秆中元素含量均表现为Ca>Mg,叶、枝、秆中Ca元素含量介于3.86~5.17、0.56~0.63、0.25~0.38 g/kg,而Mg元素含量介于1.80~1.88、0.30~0.54、0.22~0.26 g/kg。

2.2.3 粉单竹地上部不同器官铁、锰、锌、铜含量 由图3可以看出,粉单竹地上部各器官中Fe、Mn、Zn、Cu含量大小均表现为叶>枝>秆。随着年龄的增大,粉单竹地上部各器官中Zn元素含量降低,Fe元素含量在叶中增加而在枝、秆中降低,Mn元素在叶、枝中降低而在秆中增加,Cu元素含量在叶、枝中增加,而在秆中降低。

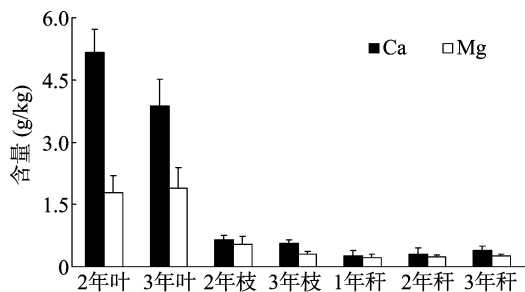


图2 不同年龄粉单竹各器官中钙、镁含量

粉单竹营养元素含量大小顺序在2年生叶、枝和3年生枝、秆中表现为Mn>Fe>Zn>Cu,而在1、2年生秆和3年生叶中则表现为Fe>Mn>Zn>Cu。叶、枝、秆中Fe元素含量介于317.77~347.42、88.53~104.59、63.25~90.19 mg/kg,Mn元素含量介于270.12~403.68、161.93~174.35、19.73~64.54 mg/kg,Zn元素含量介于63.02~80.93、28.44~28.93、10.94~17.01 mg/kg,Cu元素含量介于9.79~11.31、6.82~8.43、3.44~5.12 mg/kg。

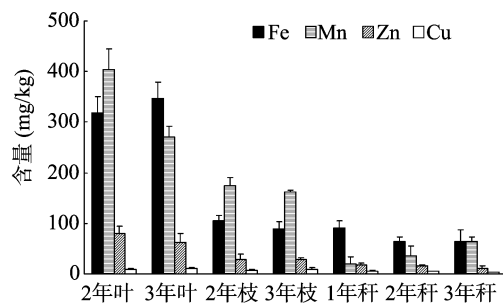


图3 不同年龄粉单竹各器官铁、锰、锌、铜含量

### 2.3 粉单竹地上部不同器官营养元素积累量

由表3可以看出,粉单竹地上部各器官9种营养元素的积累量为803.80 kg/hm<sup>2</sup>,不同器官营养元素积累量的大小顺序为秆(618.58 kg/hm<sup>2</sup>)>叶(98.25 kg/hm<sup>2</sup>)>枝(86.97 kg/hm<sup>2</sup>),秆中所占比例达77.0%。各营养元素的积累量大小顺序为N>K>P>Ca>Mg>Fe>Mn>Zn>Cu,N素所占比重达59.0%。

### 2.4 粉单竹地上部不同器官营养元素的分配

由图4可知,粉单竹9种营养元素总的分配率大小表现为秆(77.0%)>叶(12.2%)>枝(10.8%),营养元素在秆中所占比例均超过50%,其中K、Cu在秆中的分配率达88.5%和81.8%。叶中的Ca和枝中的Mn所占比例也较大,分别为34.4%和26.8%。

### 2.5 粉单竹不同营养元素的利用效率

营养元素利用效率反映了植物对土壤养分环境的适应和利用状况,可用Chapin指数表示,即植物养分积累量与植物生物量之比。从表4可以看出,粉单竹每生产1 t干物质所需

5 种营养元素为 12.91 kg, 低于苦竹<sup>[17]</sup>, 高于青皮竹和雷竹<sup>[18]</sup>, 与毛竹<sup>[19]</sup> 相似。5 种营养元素中需要量最大的是 N 素, 达 7.73 kg, 占 59.9%。相关研究也表明, 粉单竹生长过

程中对氮的需求量远高于磷、钾, 肥料配比 N : P : K 为 5 : 1 : 1<sup>[20]</sup>。

表 3 粉单竹不同器官对各营养元素单位面积的积累量

器官	生物量 (t/hm <sup>2</sup> )	营养元素积累量(kg/hm <sup>2</sup> )									
		N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	合计
叶	2.11	67.40	3.84	10.61	10.52	4.15	0.75	0.79	0.17	0.02	98.25
枝	5.12	59.70	3.28	16.21	3.48	2.54	0.57	0.98	0.17	0.04	86.97
秆	54.18	347.43	27.01	206.78	16.59	13.32	4.41	1.89	0.88	0.27	618.58
小计	61.41	474.53	34.13	233.60	30.59	20.01	5.73	3.66	1.22	0.33	803.80

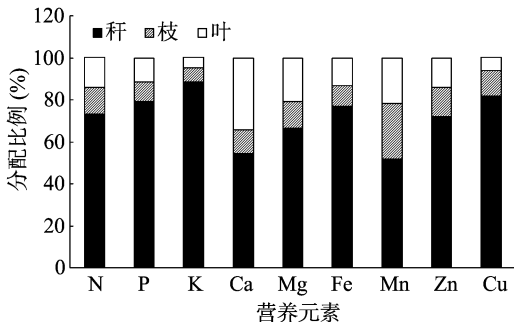


图4 粉单竹9种营养元素积累量在各器官中的分配

表 4 不同植物的营养元素利用效率比较

竹种	营养元素利用效率(kg/t)						数据来源
	N	P	K	Ca	Mg	合计	
粉单竹	7.73	0.56	3.80	0.50	0.33	12.91	本研究
青皮竹	4.61	0.99	3.12	0.67	0.61	10.00	文献[14]
苦竹	7.79	0.61	6.10	1.25	0.81	16.57	文献[17]
毛竹	5.19	0.26	6.72	0.32	0.49	12.98	文献[18]
雷竹	3.33	0.53	1.65	0.25	0.10	5.86	文献[19]

3 结论

粉单竹地上部 9 种营养元素含量均表现为叶 > 枝 > 秆。地上部各器官营养元素含量大小顺序为 N > K > P > Ca > Mg, 在 2 年生叶、枝和 3 年生枝、秆中表现为 Mn > Fe > Zn > Cu, 而在 1、2 年生秆和 3 年生叶中则表现为 Fe > Mn > Zn > Cu。

粉单竹地上部各器官 9 种营养元素的积累量为 803.80 kg/hm<sup>2</sup>, 在不同器官的大小顺序表现为秆 (618.58 kg/hm<sup>2</sup>) > 叶 (98.25 kg/hm<sup>2</sup>) > 枝 (86.97 kg/hm<sup>2</sup>), 秆中所占比例达 77.0%。营养元素中以 N 的积累量最大, 所占比重大达 59.0%, 表明粉单竹具有较强的 N 吸收能力, 适时合理地补充氮肥, 可能对促进粉单竹的生长具有良好的效果。

粉单竹 9 种营养元素总的分配率大小表现为秆 (77.0%) > 叶 (12.2%) > 枝 (10.8%), 营养元素主要分配在秆中, 所占比例均超过 50%。每生产 1 t 干物质所需 5 种营养元素为 12.91 kg, 其中需要量最大的是 N 素, 达 7.73 kg, 占 59.9%。这更进一步说明粉单竹在生长过程中施加氮肥的重要性。

参考文献:

[1] 杨菲, 肖唐付, 周连碧, 等. 铜矿尾矿库无土修复植物营养元素

含量特征[J]. 地球与环境, 2011, 39(4): 464-468.  
[2] 宋智芳, 安沙舟, 孙宗玖. 放牧地伊犁绢蒿营养元素分配特点[J]. 草业科学, 2014, 31(1): 132-138.  
[3] 李伟成, 盛海燕, 钟哲科. 竹林生态系统及其长期定位观测研究的重要性[J]. 林业科学, 2006, 42(8): 95-101.  
[4] 彭颖, 范少辉, 苏文会, 等. 箬竹地上生物量分配格局及秆形结构特征[J]. 四川农业大学学报, 2013, 31(3): 296-301.  
[5] 马乃训. 国产丛生竹类资源与利用[J]. 竹子研究汇刊, 2004, 23(1): 1-5.  
[6] 曾翔. 不同气候地区粉单竹生物学特性和生理学特性研究[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2011.  
[7] 叶喜青, 黄竞中, 舒夏竺. 龙门县粉单竹产业发展现状及对策[J]. 惠州学院学报, 2013, 33(6): 63-66.  
[8] 徐平, 周纪刚, 舒夏竺, 等. 粉单竹丰产栽培技术研究[J]. 广东林业科技, 2007, 23(6): 32-35.  
[9] 杨秀艳, 傅懋毅, 谢锦忠, 等. 粉单竹纸浆材材性的地理变异及产地选择[J]. 林业研究: 英文版, 2009, 20(3): 261-267.  
[10] 陈建华, 曾翔, 曹福祥, 等. 不同气候地区粉单竹木材化学成分含量的分析[J]. 中南林业科技大学学报, 2011, 31(3): 17-20.  
[11] 李本祥, 李婕, 蒋俊明, 等. 粉单竹引种川南的适应性研究[J]. 世界竹藤通讯, 2012, 10(6): 13-17.  
[12] 蒙启骏, 李兵云, 付时雨, 等. 酶处理对粉单竹 SCMP 纤维表面化学成分影响[J]. 造纸科学与技术, 2013, 32(4): 69-73, 57.  
[13] Wu J S, Xu Q F, Jiang P K, et al. Dynamics and distribution of nutrition elements in bamboos[J]. Journal of Plant Nutrition, 2009, 32(3): 489-501.  
[14] 叶晶, 葛高波, 应雨骐, 等. 青皮竹地上部营养元素的吸收、积累和分配特性研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2015, 21(1): 164-170.  
[15] 邱尔发, 陈卓梅, 洪伟, 等. 山地麻竹林生态系统养分分配格局[J]. 生态学报, 2004, 24(12): 2693-2699.  
[16] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2000.  
[17] 刘力, 林新春, 金爱武, 等. 苦竹各器官营养元素分析[J]. 浙江林学院学报, 2004, 21(2): 172-175.  
[18] 吴家森, 周国模, 钱新标, 等. 不同经营类型毛竹林营养元素的空间分布[J]. 浙江林学院学报, 2005, 22(5): 486-489.  
[19] 吴家森, 吴夏华, 叶飞. 雷竹林营养元素分配与积累[J]. 竹子研究汇刊, 2005, 24(1): 29-31.  
[20] 戴启惠, 黄大勇. 粉单竹纸浆林施肥制度研究[J]. 广西林业科学, 1997, 26(1): 31-35.