

The Space-Time Dynamic of *Phyllostachys pubescens* Moisture Content

Xianfeng Cai, Xiaopeng Yu, Yingying Zeng, Hongji Li, Jiali Yuan, Rumin Zhang, Guosheng Wen*

School of Forestry and Biotechnology, Zhejiang A & F University, Lin'an
Email: 695580047@qq.com, * wgs@zafu.edu.cn

Received: Sep. 20th, 2014; revised: Oct. 15th, 2014; accepted: Oct. 19th, 2014

Copyright © 2014 by authors and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

In order to explore fast growth mechanism of bamboo on the angle of the accumulation and distribution of moisture and nutrients, we determine the moisture content of bamboo at different ages (5 years, 3 years, 1 year) and in different canopies (the upper, middle and lower part) and organs (the leaf, stem, branch and whip) on the Castle peak in Lin'an, Hangzhou, Zhejiang. Results show that, firstly, the moisture content of leaves is 39% - 60%; branch is 26% - 37%; stem is 29% - 46%; whip is 47% - 66%. Among them the leaf moisture content is the highest, followed by bamboo whip, stem and branches. Secondly, bamboo moisture content of different organs is higher in April and May. It achieves maximum in May and June, declines in September, and rebounds in October. Thirdly, different organs' average moisture content of bamboo including stem, branch, leaf, whip all decreases with the increasing age. In the fast growing period which is between April and May, the moisture content is on the rise.

Keywords

Phyllostachys pubescens, Moisture Content, Organs, Canopy

毛竹含水率的时空动态

蔡先锋, 于晓鹏, 曾莹莹, 李洪吉, 袁佳丽, 张汝民, 温国胜*

浙江农林大学, 林业与生物技术学院, 临安
Email: 695580047@qq.com, * wgs@zafu.edu.cn

*通讯作者。

收稿日期：2014年9月20日；修回日期：10月15日；录用日期：2014年10月19日

摘要

为了从水分和营养物质积累与分配的角度探讨毛竹快速生长的机制，在浙江省杭州临安市青山，对5年生、3年生、1年生的毛竹在不同冠层(上、中、下)及不同器官(竹叶、秆、枝、鞭)的含水率进行了测定。结果表明：1) 竹叶的含水率为39%~66%，竹枝为26%~37%，竹秆为29%~46%，竹鞭为47%~60%，其中竹叶含水率最高，其次是竹鞭、秆、枝；2) 毛竹各器官含水率在4、5月份较高，5~6月达到最大值，9月份以后有所下降，10月份有所回升，均呈先升高后降低再回升的趋势。3) 竹秆、枝、叶、鞭各器官平均含水率均随竹龄的增加而减小，在快速生长期即4~5月含水率都呈上升趋势。

关键词

毛竹，含水率，器官，冠层

1. 引言

毛竹(*Phyllostachys pubescens*)属单子叶植物禾本科(*Bambusaceae*)刚竹属(*Phyllostachys*)植物[1]，目前毛竹林面积约387万 hm^2 [2]。是最广泛使用的竹种[3]。毛竹大部分凭借竹鞭的发育，通过鞭芽分化萌发出竹笋，再通过竹笋生长成竹株，最后经过无性繁殖连续孕育新的个体而长成竹株[4][5]。根据植物学的观点来看，毛竹林是多个竹树[6]。营造和经营毛竹具有很多优点，如投资小、收益快、效益高等等，更是实现林业可持续发展，实现农村贫困的一个有效途径，被称为“农民的山中银行”[7]。

在毛竹林集约经营过程当中，因为以前单方面寻求最大的效益，而且长时间过多施用化肥，现引起竹林立地生产力衰退及竹材形态质量降低的情形，生产上迫切需要对现有的毛竹林经营技术进行改进[8]，因此探索和研究毛竹林可持续经营模式对毛竹产业化健康发展具有至关重要的作用。植物的含水率是反映植物水分状况的一个重要指标，它对物质生产有一定影响[9]。目前，国内外植物含水量测定方面的论文有思茅松[9]、绿竹[10]等，而对毛竹含水量方面的论文则比较少，只有少量关于毛竹枯落物[11]-[16]、种子种质保存[17]方面的论文，对毛竹器官含水量的研究近乎空白。为此在临安青山毛竹林对一年生、三年生、五年生毛竹竹枝、叶、秆和鞭4个器官的不同期含水率进行了测定，旨在探讨毛竹快速生长过程中水分和养分的积累和分配，为科学合理的管理措施的制定提供理论依据。

2. 材料与方法

2.1. 研究区概况

试验地为浙江农林大学毛竹生理生态定位监测站，位于浙江省临安市东部的青山镇研口村(30°14'N, 119°42'E)。当地气候温暖湿润，属亚热带季风气候，年均气温8.5℃~15.2℃，最冷月气温2.1℃~3.0℃，最热月气温19.5℃~27.6℃，无霜期209~235 d。土壤呈酸性，pH值为4.7~6.0。属低山丘陵区，土壤属红壤，土层深度均在60 cm以上。试验林为复垦纯毛竹林，分大小年经营，竹龄在1~5年生的范围，毛竹的高度范围在9~13 m，胸径在8~16 cm，郁闭度在0.3。坡向朝南，坡度34度，面积4公顷。

2.2. 方法

毛竹一般用度来定义其竹龄，度的划分依据主要是根据竹子换叶来界定。新竹长成要在5月份，我

们将 2012 年出笋的新竹在未换叶之前定为 1 年竹,未换叶的 2010 年的竹子定义为 3 年生,未换叶的 2008 年的竹子定义为 5 年生,在毛竹林样地上沿上、中、下随机选取三个 10 m × 10 m 的样方,统计每个样方中所有毛竹胸径、竹高、枝下高、冠幅,计算出标准竹的胸径为 93 mm,竹高为 13 m,枝下高为 6.5 m,冠幅为 2.3 m。

从 2013 年 4 月中旬起至 12 月份中旬,每月在青山毛竹林内选取 3 棵生长状况良好的不同竹龄(1 年生、3 年生、5 年生)的标准竹,采用传统的采伐取样法,对其不同器官(竹枝、竹秆、竹鞭、竹叶)取样,竹秆和竹叶分层取样,每个器官 3 个重复,共 7 次采样,共采集 $24 \times 3 \times 7 = 504$ 个样本,分别贴上标签编号。其中竹枝取样范围在 7~9 m 处,选取叶多生长状况良好的竹枝作为样本;竹秆下部在 2~4 m 之间取样,中部在 4~7 m 之间取样,上部在 7~11 m 之间取样,每个竹秆样本要求高度不得少于 10 cm;竹叶下部在 4~7 m 之间取样,中部在 7~9 m 之间取样,上部在 9~11 m 之间取样,竹叶要求取同一样本枝上的完好背阴面的竹叶;竹鞭要求选取生长状况良好的长约 5 cm 的地下鞭,取样时不得损伤其完整性。将样本(地下鞭用水冲洗去泥后,阴干)放在天平(Denver Instrument)上称重,然后放入烘箱(GZX-9240 MBE)于 105℃烘干后称量干重。含水率计算公式如下:

$$W = (G_w - G_d) / G_w \times 100\%$$

式中, W 表示含水率, G_w 表示鲜重量, G_d 表示干重量。

2.3. 统计分析

运用 SPSS19.0 统计分析软件对数据进行单因素方差分析(One-way ANOVA), Excel 2008 制图。

3. 结果与分析

3.1. 不同月份不同器官含水率的方差分析

方差分析表明(表 1),除了不同月份对竹秆含水率具有显著影响($P = 0.019 < 0.05$)外,其他都是极显著影响,因此分析月份及冠层对含水率的影响具有统计学意义。

Table 1. Variance analysis of the moisture content in different organs and months

表 1. 不同月份不同器官含水率的方差分析

	平方和	df	均方	F	显著性
组间	3779.310①	6	629.880	37.130	0.000
	385.822②	2	192.911	5.536	0.005
	436.476③	6	72.746	3.931	0.001
	159.441④	2	79.721	4.068	0.019
组内	3087.670①	182	16.970		
	6481.152②	186	34.845		
	3367.885③	182	8.505		
	3644.920④	186	19.596		
总数	6866.970①	188			
	6866.974②	188			
	3804.361③	188			
	3804.361④	188			

注: 均值差的显著性水平为 0.05, 极显著水平为 0.01。①代表不同月份竹叶含水率的方差分析; ②代表不同冠层竹叶含水率的方差分析; ③代表不同月份竹秆含水率的方差分析; ④代表不同月份竹秆含水率的方差分析。

3.2. 各器官含水率的季节变化

3.2.1. 竹叶含水率的季节变化

不同竹龄竹叶在不同月份的含水率大体都呈“S”型变化规律(图 1), 竹叶含水率变化范围为 39%~66%, 1 年生、3 年生、5 年生竹叶含水率都呈 4~5 月份上升, 9 月份下降, 10~11 月回升趋势, 其中 1 年生竹叶全年含水率的最小值是在 11 月(49.54%), 3 年生(41.47%)及 5 年生(39.53%)最小值则是在 4 月份, 而最大值都在 5~6 月, 是因为 1 年生毛竹竹叶在 4 月份时主要是新叶, 组织比较幼嫩, 代谢比较旺盛, 需求水分比较多, 而 3 年生及 5 年生毛竹竹叶还处于老叶阶段, 组织比较成熟, 并且处于为新笋积累干物质的阶段, 所以在此月份有区别, 而 5~6 月则是毛竹快速生长期, 在此阶段生理活动旺盛, 含水率呈上升趋势。

3.2.2. 竹枝含水率的季节变化

不同竹龄竹枝在不同月份的含水率大体呈“S”型变化规律(图 2), 竹枝含水率变化范围为 26%~37%, 都是在 5~6 月即毛竹快速生长期达到最大值, 11 月为最小值。竹枝含水率全年波动范围很小, 仅有 11%, 这是因为毛竹在长成成竹后, 枝条梢部会在每年 5 月份长出新叶, 而其本身并不会随着新叶的长成而伸出嫩枝, 只会随着竹龄的增加干物质逐渐积累, 水分含量逐年降低。

3.2.3. 竹秆含水率的季节变化

竹秆是竹子主体部分, 秆茎是竹秆的地上部分。毛竹的秆茎端直, 高约为 10~20 m, 胸径约为 8~16 cm。

不同竹龄竹秆在不同月份的含水率变化(图 3), 不同竹龄竹秆含水率都是在 4、5 月份逐渐上升, 5、6 月份达到全年最大值, 到 9 月份有所下降, 10 月份以后有所回升; 竹秆含水率随竹龄的增长而渐渐降低。原因是毛竹自长成成竹后, 高度几乎不会发生太大的变化, 竹秆中的干物质只会逐渐积累, 水分含量逐年降低, 其含水率全年变化范围仅有 29%~46%。

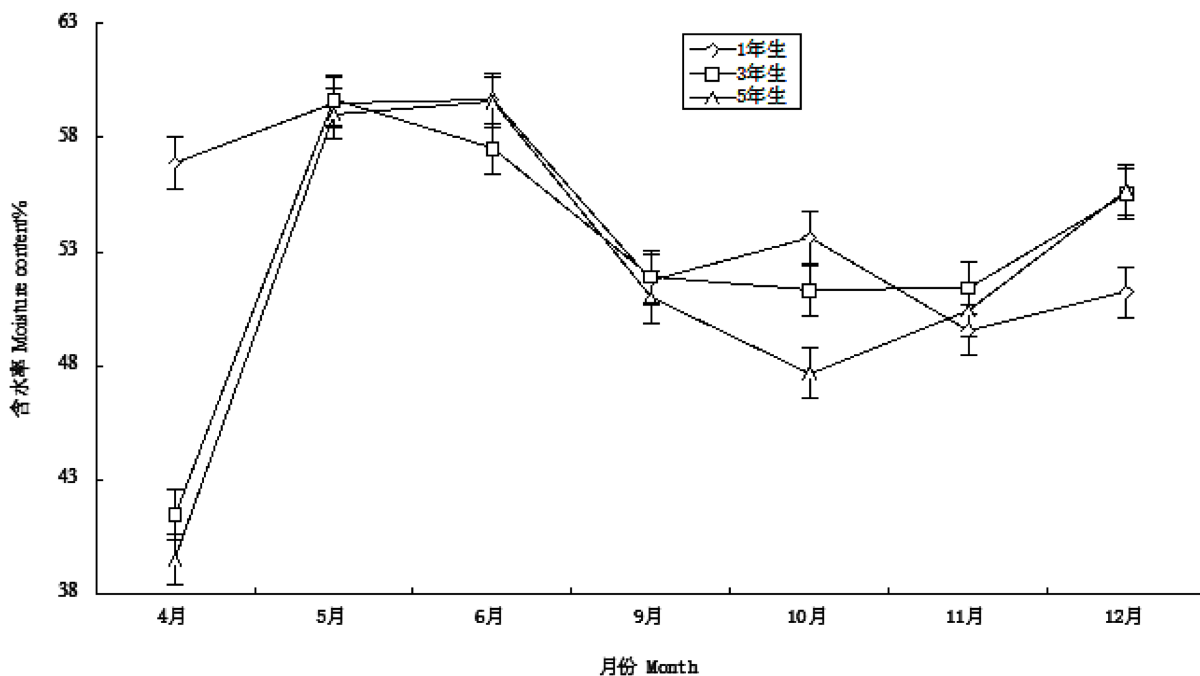


Figure 1. Leaf moisture content changes in different age and months

图 1. 不同竹龄竹叶在不同月份含水率变化

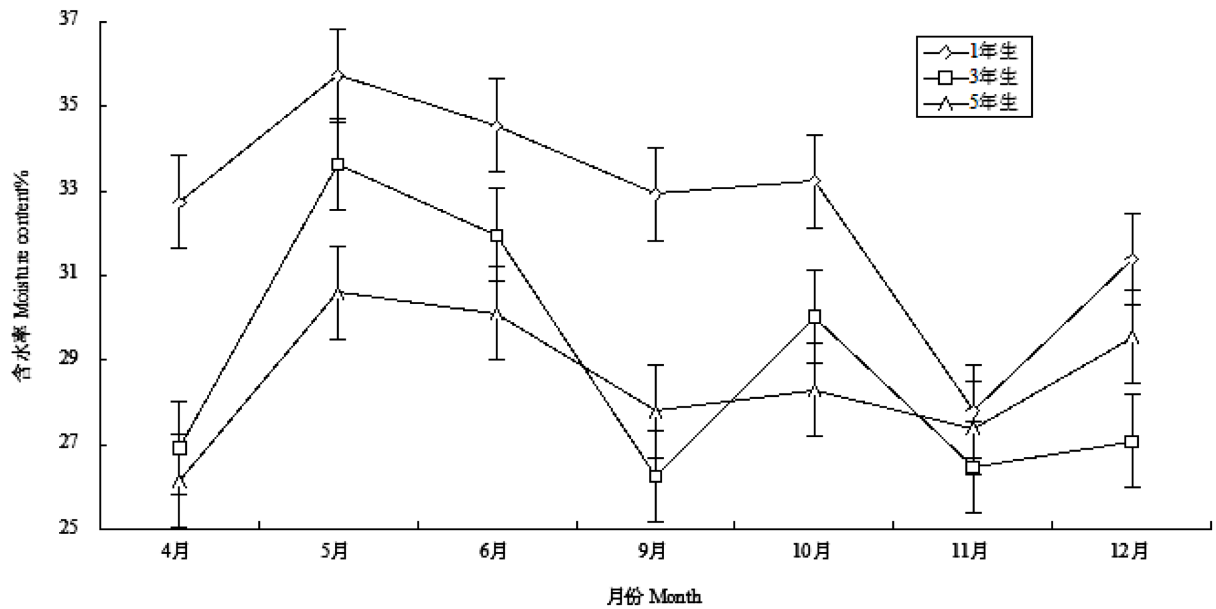


Figure 2. Branch moisture content changes in different age and months

图 2. 不同竹龄竹枝在不同月份含水率变化

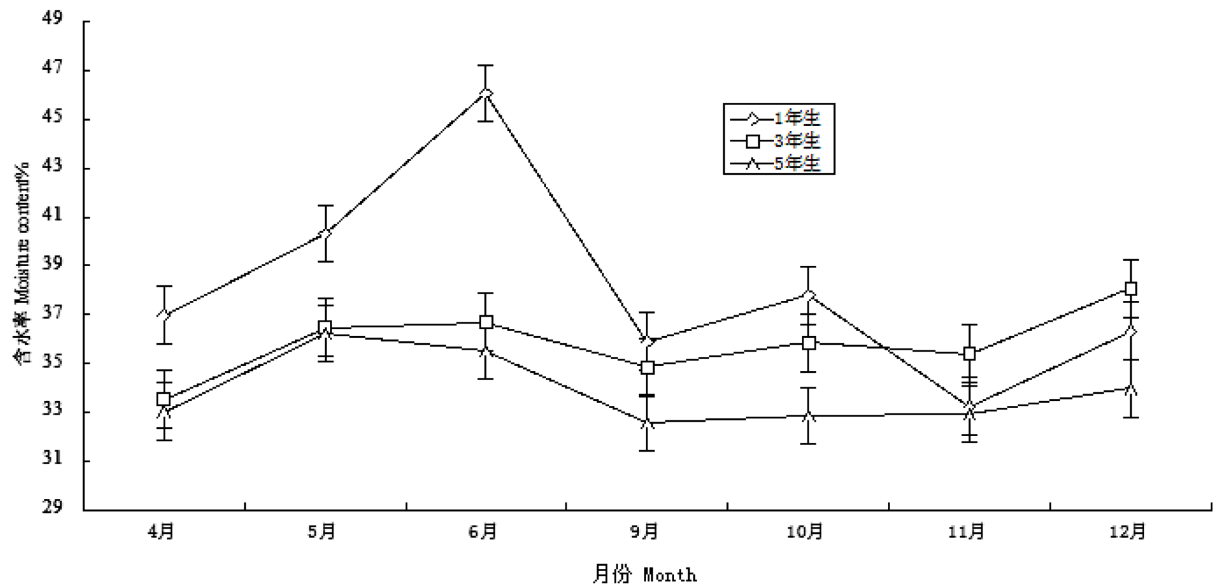


Figure 3. Stem moisture content changes in different age and months

图 3. 不同竹龄竹秆在不同月份含水率变化

3.2.4. 竹鞭含水率的季节变化

不同竹龄竹鞭在不同月份的含水率变化范围为 47%~60% (图 4)，大部分竹鞭都集中分布在 30 cm 以内的土层，它是产生新笋及扩大竹林范围的重要器官，其中一个主要功能是输送水分及养分，全年含水率除了在 10~11 月份不同竹龄相差不大外，其他月份差距都很明显，原因是在 10 月份之后外界温度下降，毛竹本身新陈代谢降低，竹鞭输送的水分及养分逐渐减少，含水率变化不大。竹龄越大，竹鞭内自由水含量就越少，其本身含水率也就越小，由图 4 也能很明显看出，竹鞭含水率是随着竹龄的增加而逐渐减小的。

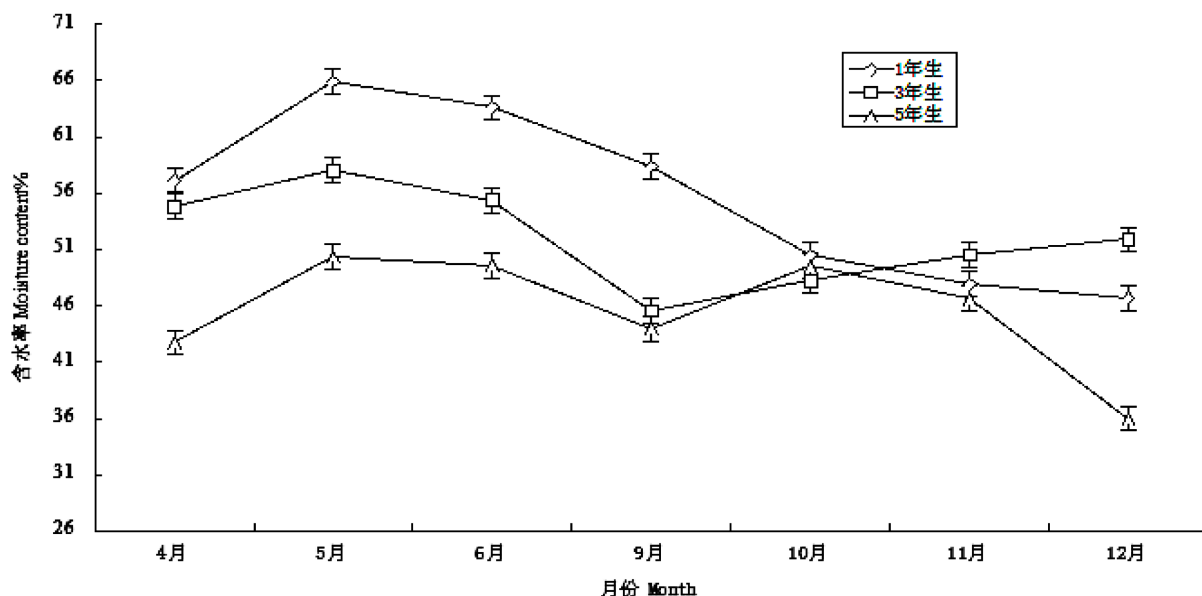


Figure 4. Whip moisture content changes in different age and months

图 4. 不同竹龄竹鞭在不同月份含水率变化

3.3. 各器官不同冠层含水率的变化

3.3.1. 竹叶不同冠层的含水率变化

不同竹龄竹叶在不同冠层的含水率变化(图 5), 1 年生、3 年生、5 年生毛竹不同冠层含水率都是: 上层 < 中层 < 下层; 不同竹龄同一冠层含水率都是: 1 年生 > 3 年生 > 5 年生。原因是年龄小的竹子其叶子生理活动频繁, 水分需求量大, 所以年龄越小的竹叶其含水率越大。

3.3.2. 竹秆不同冠层含水率变化

不同竹龄竹秆在不同冠层的含水率变化(图 6), 同一竹龄毛竹竹秆上层含水率最小, 中层其次, 下层最大。相同冠层含水率有: 1 年生 > 3 年生 > 5 年生, 这是由于竹秆随着年龄的增大, 组织发育逐渐成熟, 代谢降低, 含水率也逐渐下降。

3.4. 不同竹龄各器官平均含水率对比

不同竹龄各器官平均含水率对比(图 7), 可以看出不同竹龄毛竹含水率有竹叶 > 竹鞭 > 竹秆 > 竹枝; 各器官含水率都是随着竹龄的增大而渐渐降低的。竹叶的含水率变化是最大的, 其次是竹鞭、竹秆、竹枝。

4. 讨论与结论

植物吸收养分的途径之一是通过质流使养分被带到根表, 而质流的产生是由水分的动态变化引起的, 因此探讨水分的变化就可以间接反映植物养分的吸收动态。植物不同器官的结构和功能不同, 它的含水率存在差异, 而它的发育程度不同, 含水率同样发生变化。毛竹由出笋到幼竹到成竹, 其干物质不断积累, 水分含量不断减小。毛竹不同器官含水率随着竹龄的增大而逐渐减小, 王淑芳等[18]对不同竹龄慈竹竹秆含水率的研究符合这个规律。

植物水分一般是由地下部分输送到地上部分, 毛竹相同器官不同冠层含水率差异可能有两个原因: 一是水分由竹秆下部输送到上部, 压力逐渐增大, 水分逐渐减小, 含水率逐渐降低; 二是随着高度的增

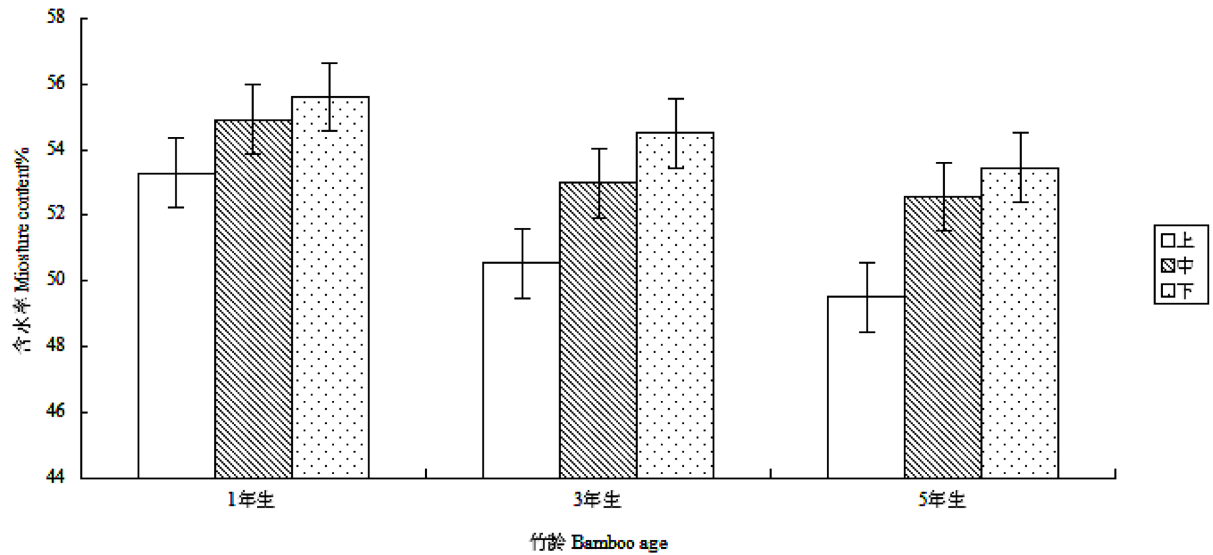


Figure 5. Leaf moisture content changes in different age and canopy

图 5. 不同竹龄竹叶在不同冠层的含水率变化

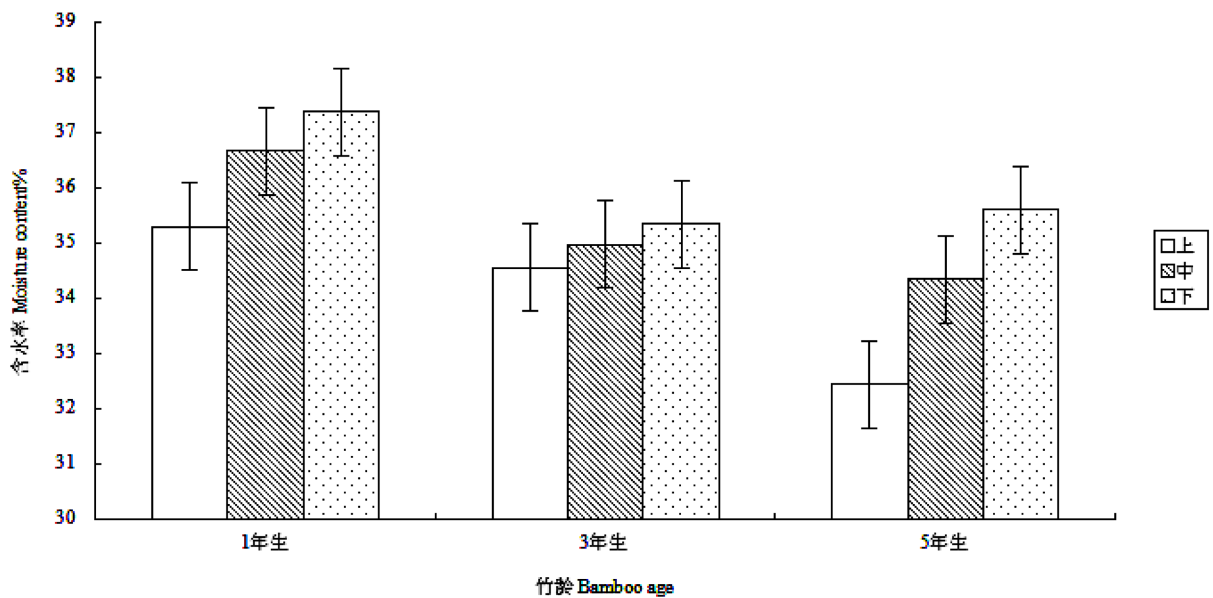


Figure 6. Stem moisture content changes in different age and canopy

图 6. 不同竹龄竹秆在不同冠层含水率变化

加受太阳辐射面积增大,水分蒸腾加大,水分减少。因此,竹秆及竹叶不同冠层含水率变化都是上层 < 中层 < 下层。这同样符合尤志达[19]对山地麻竹含水率研究显示麻竹地上部分各器官含水率随着高度的增高都是逐渐减小这一规律。

毛竹出笋期一般是在 4~6 月,而此时毛竹各个器官新陈代谢速度加快,各种生理活动也比较剧烈,水分及养分的运输及消耗同样非常大,含水率变化较大,含水率较高,在这一阶段需要视天气变化即时为毛竹林分补充水分及养分。而到 10~11 月外界环境温度降低,毛竹各器官新陈代谢慢,水分消耗少,养分需求降低,含水率达到最低,应减少水分及肥料的供给。毛竹各器官含水率变化大体都是呈“S”变化规律,这与王晨等[2]对毛竹构件的含水率研究是一致的。

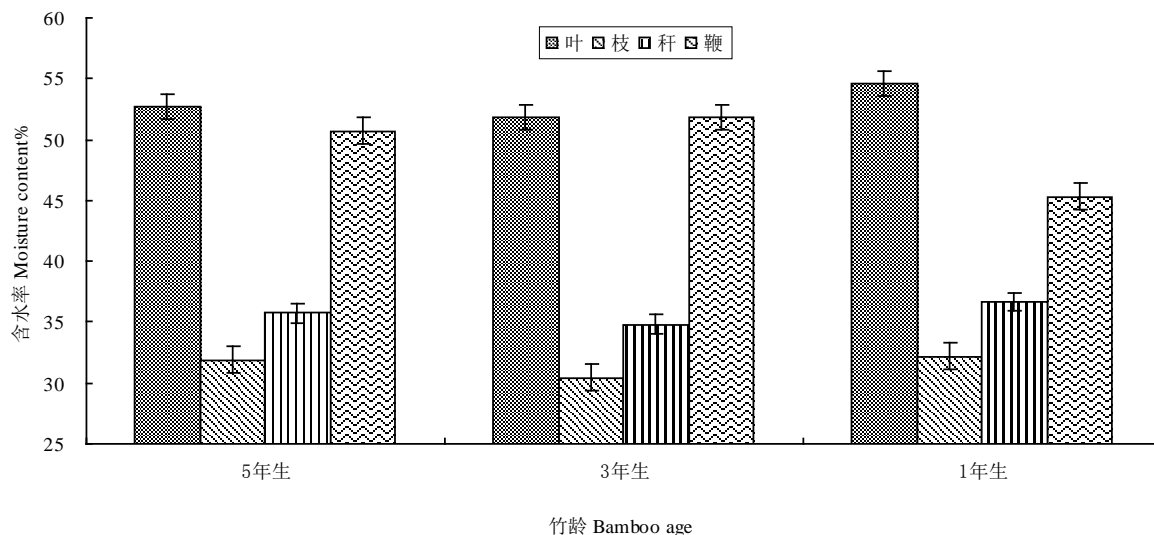


Figure 7. Various organs moisture content changes in different age

图7. 不同竹龄各器官含水率变化

毛竹含水率时空动态变化与毛竹爆发式生长有较大的相关性,说明毛竹在爆发式生长的不同器官间、不同时期、不同年龄间均存在时空动态生理整合,即至下而上、老竹向新竹输送水分和营养,促进毛竹的爆发式生长。

致 谢

本研究论文是在温国胜教授的亲切关怀和悉心指导下完成的,温老师严肃认真的科学态度、精益求精的工作作风深深激励及影响着我,无论是从论文的选题到项目的最终完成,温老师都给了我足够的支持和鼓励,在此谨向尊敬的温老师致以诚挚的祝福及感谢。

同时我还要向帮助过我的同学及师弟师妹们表示感谢,感谢你们给予我的帮助和鼓励,其中最感谢的是于晓鹏同学,是他一直和我奋斗在第一线,协助我完成了样本的采集和整理。

愿把所有祝福送给那些帮助和支持我的人,愿你们一切如意。

基金项目

国家自然科学基金(31270497, 30972397)资助。

参考文献 (References)

- [1] 马乃训, 张文燕, 袁金玲 (2006) 国产刚竹属植物初步整理. *竹子研究汇刊*, **1**, 1-2.
- [2] 王晨, 等 (2013) 毛竹构件含水率及其沿不同梯度的变化规律. *世界竹藤通讯*, **4**, 1-6.
- [3] 林福兴, 林如青, 林强 (2007) 不同绿竹种源含水率与持水量研究. *水土保持应用技术*, **2**, 6-8.
- [4] 熊国辉, 张朝晖, 楼浙辉, 等 (2007) 毛竹林鞭竹系统竹树研究. *江西林业科技*, **4**, 21-26.
- [5] 刘力, 林新春, 金爱武, 等 (2004) 苦竹各器官营养元素分析. *浙江林学院学报*, **2**, 172-175.
- [6] 邱尔发, 陈存及, 梁一池, 等 (2002) 不同种源毛竹叶表叶绿素浓度动态. *福建林学院学报*, **4**, 312-315.
- [7] 胡小洲 (2013) 毛竹林发展前景及其丰产栽培综合措施. *安徽农学通报*, **8**, 105-106.
- [8] 吴柏林, 陈双林, 虞敏之 (2007) 毛竹纯林与竹杉混交林竹材形态质量的比较研究. *浙江林业科技*, **4**, 47-50.
- [9] 吴兆录, 党承林 (1992) 思茅松器官旱季含水量的初步研究. *云南大学学报*, **2**, 152-155.
- [10] 李顺秋 (2013) 绿竹不同器官含水率变化特征探讨. *安徽农学通报*, **12**, 21-22.

- [11] 余林, 范少辉, 苏文会, 刘蔚漪, 封焕英 (2012) 不同密度毛竹林枯落物层水文特性研究. *林业科学研究*, **3**, 355-359.
- [12] 张增信, 闵俊杰, 闫少锋, 姜志林, 张军, 张菲 (2011) 苏南丘陵森林枯落物含水量及其影响因素分析. *水土保持通报*, **1**, 6-10.
- [13] 王兵, 王燕, 赵广东 (2008) 江西大岗山三种主要植被类型枯落物水文性能研究. *水土保持研究*, **6**, 197-199.
- [14] 林海礼, 宋绪忠, 钱立军, 江波, 朱锦茹, 袁位高 (2008) 千岛湖地区不同森林类型枯落物水文功能研究. *浙江林业科技*, **1**, 70-74.
- [15] 高志勤, 傅懋毅 (2005) 毛竹林等不同森林类型枯落物水文特性的研究. *林业科学研究*, **3**, 274-279.
- [16] 陈锡连, 王国英, 王灵娟 (2003) 天台县主要森林类型枯落物及其涵水状况调查. *华东森林经理*, **2**, 49-51.
- [17] 蔡春菊, 刘凤, 郭起荣, 高健 (2010) 毛竹种子种质保存对含水量的响应. *江西农业大学学报*, **2**, 312-317.
- [18] 汪淑芳, 梁梓, 杨瑶君, 刘忠, 黄明远, 周静 (2013) 不同秆龄慈竹竹秆含水率与生物量的分配特征及其生物量模型的构建. *西部林业科学*, **1**, 42-45.
- [19] 尤志达 (2003) 山地麻竹水分含量动态. *竹子研究汇刊*, **2**, 45-48.