

文章编号: 1001-1498(2013)02-0252-05

毛竹冬笋中氮磷钾含量的动态变化与积累规律

苏文会¹, 封焕英¹, 范少辉^{1*}, 许庆标¹, 周金明², 杨松红²

(1. 国际竹藤中心, 竹藤科学与技术重点实验室, 北京 100102; 2. 安徽省黄山市黄山公益林场, 安徽 黄山 242700)

关键词: 毛竹; 冬笋; 氮; 磷; 钾; 积累

中图分类号: S795

文献标识码: A

Dynamic Changes and Accumulation Rules of N, P and K Contents in Winter Shoot of *Phyllostachys edulis*

SU Wen-hui¹, FENG Huan-ying¹, FAN Shao-hui¹, XU Qing-biao¹, ZHOU Jin-ming², YANG Song-hong²

(1. International Centre for Bamboo and Rattan, Key Laboratory on the Science and Technology of Bamboo and Rattan, Beijing 100102, China;

2. Huangshan Gongyi Forest Farm of Huangshan City, Anhui Province, Huangshan 242700, Anhui, China)

Abstract: In order to find out the nutrient requirement of *Phyllostachys edulis* in winter shoot growing period, the dynamic changes and accumulation rules of N, P and K contents in winter shoots were studied. The result showed that the N, P and K contents in shoot body were much higher than that in sheath. As shoot growing, the contents of the three elements in shoot body showed the change trend of decreasing at first and then increasing slightly, but in sheath, the dynamic changes of N, P and K contents were not obvious. After sprouting, the nutrient accumulation speed and amount in winter shoot increased gradually as its growing up. By February, the N, P and K in winter shoots accumulated up to 2 807.62 g · hm⁻², 305.57 g · hm⁻² and 610.23 g · hm⁻² respectively. The nutrient accumulation (Y, g) in shoot had a significant correlation with the shoot high (H, cm) and diameter (d, cm), and the model of N accumulation to H and d is $Y = -2.0689 + 0.0010H + 0.6266d$ ($R^2 = 0.8072$).

Key words: *Phyllostachys edulis*; winter shoot; N; P; K; accumulation

毛竹 (*Phyllostachys edulis* (Carr.) H. de Laie) 作为我国最主要的经济和生态竹种^[1-6], 其养分管理和丰产培育技术一直是重要研究内容^[7-12]; 然而, 由于毛竹大小年和异龄结构等特点, 迄今丰产经营的毛竹林肥培仍多凭经验, 施肥量和肥培重点对象不明确, 极易造成养分流失、肥力降低和环境污染。为此, 近年来作者及课题组成员从毛竹生长发育规律出发, 系统研究了自冬笋到竹材成熟采伐整个生长(经营)期毛竹生长和养分积累规律。冬笋是毛竹的第一生长阶段^[13], 其生长和营养状况决定着来年林分产量和经济效

益^[14]。冬笋一直作为食品进入人们的生活, 关于毛竹笋的养分研究也主要围绕其营养价值展开^[15-18], 而以营养管理为目的的相关研究则较少。本文在对毛竹冬笋生长和生物量积累研究的基础上, 就该生长阶段冬笋中氮、磷、钾3种元素含量动态变化和积累规律进行了研究, 并探讨冬笋生长过程中从系统内摄取矿质营养情况, 旨在为该时期毛竹林的养分管理提供参考。

1 研究区概况

研究区位于安徽省黄山市黄山区, 地理位置

收稿日期: 2012-06-08

基金项目: 国际竹藤中心基本科研业务费专项资金项目(1632011006); “十二五”国家科技支撑计划课题(2012BAD23B04)

作者简介: 苏文会(1976—), 女, 河北平山人, 副研究员, 博士, 主要从事竹林培育研究。

* 通讯作者。

118°14′~118°21′ E, 32°4′~32°10′ N, 属中亚热带湿润性气候,雨量充沛,季节分明。年降水量 1 376~1 649 mm,年平均气温 15.5 °C,无霜期 220 d,年日照时数 2 281~2 453 h,年蒸发量 1 400~1 900 mm,干旱指数 0.4~1.2,相对湿度 79.0%。

试验样地设置在该区黄山公益林场内,该林场竹类资源丰富,竹林面积 200 hm²,以毛竹为主,立竹蓄积量近 50 万株,分布在留东、大坪、下坪 3 个工区,相对集中成片。研究区成土母质多以千枚岩和部分花岗岩侵入山体,石灰岩较少,土壤为山地黄壤土。试验林位于整个林分的中下坡位,海拔 350~500 m,坡度 30~40°,土层厚度 70~90 cm。经营措施为每年劈灌作业,林分立竹密度 2 600 株·

hm⁻²左右,立竹年龄基本在Ⅳ度以下,Ⅰ~Ⅲ度竹株占林分总株数比例达 90%。试验地为偏酸性土壤,pH 值 4.6~5.8,有机质含量 28.75~33.67 g·kg⁻¹,碱解氮含量 135.63~169.55 mg·kg⁻¹,有效磷含量 1.57~1.82 mg·kg⁻¹,速效钾含量 73.36~89.17 mg·kg⁻¹。林相较好,大小年明显。

2 研究方法

2.1 样地设置

采用标准地法设置 3 个处理,每个处理 3 次重复,共 9 块标准样地,样地规格 15 m × 10 m。样地母竹基本情况详见表 1。

表 1 试验林基本状况

立竹年龄/度	立竹比例/%	胸径/cm	平均胸径/cm	立竹密度/(株·hm ⁻²)	整齐度	均匀度
I	34.0	10.93				
II	30.9	9.46	9.51	2 697	5.88	10.12
III	25.9	9.62				
IV	9.3	8.57				

2.2 调查取样和样品处理

根据冬笋生长规律和试验区小气候特点,冬笋样品分 3 次采集,时间分别为出笋小年 12 月 1 日(2011 年)、大年 1 月 3 日(2012 年)和 2 月 3 日(2012 年),每次按试验设计选择 3 块样地,沿竹鞭剖开土壤,采集 0~40 cm 土层、笋高大于 5 cm 的全部笋样,带回实验室,测定其笋径、笋高、鲜质量,计算各测定指标的平均值,作为该时期标准笋的测定值,其中,笋径为笋体最粗处直径,笋高为笋基至笋尖的高度。剥下笋箨,称质量,计算笋肉、笋箨比例。

于每块样地的笋样中,每次分别取笋肉和笋箨新鲜试样各 1 000 g,从中留 100 g 供测定水分用,其余置于(105±2) °C 烘箱中杀青 30 min 后,迅速将烘箱温度降到(65±2) °C 烘干。烘干笋样用磨样机粉碎,过 60 目筛孔,经充分拌匀后置于干燥样瓶中密封,编号,用于养分元素测定。

2.3 指标测定和数据处理

采用国家林业行业标准规定的测定方法,其中,氮含量采用硫酸-双氧水氧化-蒸馏滴定法(LY/T 1269-1999),磷含量采用钼锑抗比色法(LY/T 1270-1999),钾含量采用火焰光度法(LY/T 1270-1999)。

通过 SPSS 17.0 统计分析软件对数据进行方差

分析和多元回归等处理。

3 结果与分析

3.1 冬笋中氮、磷、钾含量的动态变化

毛竹冬笋生长中,笋体内氮、磷、钾元素含量的测定结果见表 2。由表 2 可以看出:无论是笋肉还是笋箨,氮元素含量明显高于磷、钾元素含量,其中,笋肉中氮元素含量高达 39.968 mg·g⁻¹,而磷、钾元素含量分别为 4.360、7.849 mg·g⁻¹。从 3 个测定期矿质养分含量变化来看,氮、磷、钾 3 种元素在笋肉中均表现为先降低又略有升高的变化趋势,部分差异达显著或极显著水平。这种变化趋势是养分吸收速率和干物质积累速率双重影响的结果:当前者大于后者时,表现为养分浓度上升。12 月初至 1 月初,气温和土壤温度相对较高,冬笋在地下生长也相对较快,即干物质积累速率较高,因此 1 月初测定的各养分含量有所下降。1 月初至 2 月初,温度进入全年最低阶段,笋体生长缓慢,甚至短期内处于休眠状态,干物质积累速率下降,养分浓度又有所回升。受多个因子的影响,笋箨中氮、磷、钾元素含量在 3 个测定期变化较小,未表现出明显的规律性,方差分析表明差异不显著。

由于笋肉和笋箨在结构、功能及成分上的差异,

氮、磷、钾3种元素在笋体的2个组成部分中的含量不同,笋肉中的元素含量明显高于笋箨,其中,氮、磷元素高出笋箨一半以上,而钾元素含量差异较小,尤

其在冬笋生长的12月初,笋肉和笋箨中钾元素含量大致相当。

表2 毛竹冬笋体内氮、磷、钾元素含量的测定结果

时间(月-日)	部位	元素含量/(mg·g ⁻¹)		
		N	P	K
12-01	笋肉	40.106 ± 4.051 abA	4.236 ± 0.507 bAB	8.058 ± 1.272 aA
01-03		37.360 ± 5.456 bA	3.823 ± 0.122 bB	7.454 ± 0.145 bA
02-03		42.440 ± 3.779 aA	5.020 ± 0.741 aA	8.034 ± 0.438 aA
平均值		39.968 ± 4.429	4.360 ± 0.457	7.849 ± 0.618
12-01	笋箨	15.572 ± 1.356 aA	1.536 ± 0.183 aA	7.094 ± 0.987 aA
01-03		17.808 ± 2.134 aA	1.281 ± 0.067 aA	4.237 ± 0.300 bB
02-03		17.125 ± 1.406 aA	1.539 ± 0.106 aA	4.688 ± 0.444 bB
平均值		16.835 ± 1.632	1.452 ± 0.119	5.340 ± 0.577

注:同一指标中不同小写字母表示差异显著($p < 0.05$),不同大写字母表示差异极显著($p < 0.01$)。

3.2 冬笋中氮、磷、钾的积累规律

植物体内各养分元素的含量只是一个相对量,不能反映其绝对吸收值。因此,在毛竹冬笋生物量和养分含量测定的基础上,分析氮、磷、钾3种元素在冬笋各生长时期的积累状况。

冬笋生长中,生物量和养分元素的积累受2个因素影响:一是个体的增大,二是数量的增加。笋芽萌动成冬笋后,笋体不断膨大,矿质养分伴随着干物质的增加而持续积累,同时由于笋芽的陆续萌发,冬

笋数量增多,养分积累量增大。本研究从单笋和单位面积林分冬笋的养分积累两个方面对此进行分析。

为方便研究和描述,引入“标准单笋”概念,即具有监测指标平均值的冬笋作为各时期的标准单笋。3个测定期标准单笋的生长和生物量测定结果见表3。通过分析各时期冬笋生物量及养分元素含量动态数据,对氮、磷、钾元素在冬笋体内的积累量进行了核算。

表3 标准单笋的生长和生物量测定结果

时间(月-日)	笋高/cm	笋径/cm	鲜质量/g			干质量/g		
			笋肉	笋箨	全笋	笋肉	笋箨	全笋
12-01	18.02	5.41	123.69	142.43	266.12	17.17	32.40	49.57
01-03	16.23	5.30	123.18	101.77	224.95	20.01	23.44	43.45
02-03	15.80	5.22	126.02	99.86	225.88	22.09	27.23	49.32

3.2.1 标准单笋中氮、磷、钾的积累 冬笋各生长阶段,笋体氮、磷、钾3种元素在标准单笋中的积累量动态变化见图1~3。冬笋生长中氮元素的积累量最多,钾元素次之,磷元素最少。首次采样测定(12月1日),标准单笋中氮、磷、钾元素的积累量分别为1.19、0.12、0.37g,至末次测定(2月3日),标准单笋氮元素积累量达1.40g,钾元素积累量为0.31g,而磷元素则降至0.15g。从各测定期养分积累量的动态变化可以看出:标准单笋的养分元素积累量并未呈现递增的趋势,中期均出现一定程度的减少现象,这一变化跟笋芽萌动时间差异、生长特点、生物量积累和养分含量动态变化密切相关。该

阶段冬笋尚未萌发须根,因此矿质营养基本依赖母竹系统,并与母竹间进行养分流动,在个体增长、中后期笋芽萌动和养分含量变化的多重影响下,积累量呈现出中期略有降低的动态变化规律。

从氮、磷、钾3种元素在笋肉和笋箨中的分配格局来看,各时期笋肉中氮、磷元素积累量明显大于笋箨,而钾元素在两部分的积累量差异较小,尤其是初期萌动的笋箨中钾元素积累量较大,达0.23g,高于笋肉中的积累量。

3.2.2 林分冬笋中氮、磷、钾的积累 为分析林分尺度冬笋中氮、磷、钾3种元素的积累规律,加入冬笋数量因子,核算了试验区每公顷毛竹林冬笋在各

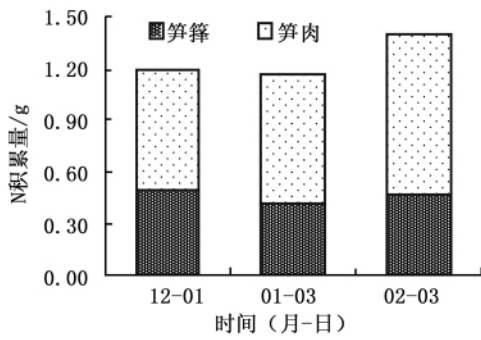


图 1 不同时间标准单笋的氮元素(N) 积累量

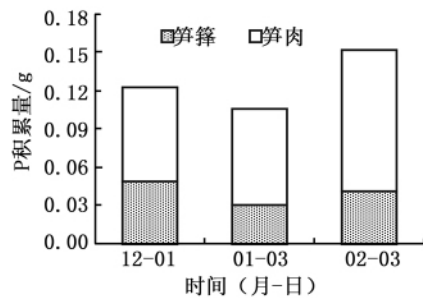


图 2 不同时间标准单笋的磷元素(P) 积累量

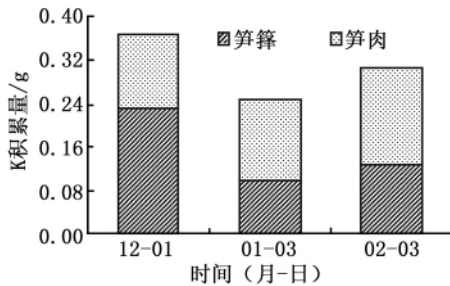


图 3 不同时间标准单笋的钾元素(K) 积累量

动后 随着冬笋生长, 养分元素积累速度与积累量逐渐增大。自秋季笋芽萌动至小年 12 月初, 林分冬笋氮、磷、钾元素积累量分别达 689.64、70.80、212.83 $g \cdot hm^{-2}$, 至大年 1 月初, 1 个月内冬笋中 3 种元素分别净积累 733.99、59.38、90.79 $g \cdot hm^{-2}$, 至 2 月初, 氮、磷、钾 3 种元素在冬笋内的积累量已分别达 2 807.62、305.57、610.23 $g \cdot hm^{-2}$, 1 月初至 2 月初 3 种元素分别净积累 1 383.99、175.39、306.61 $g \cdot hm^{-2}$, 明显高于之前 12 月初至 1 月初净积累量, 也大于自秋季冬笋萌动至 12 月初几个月内氮、磷、钾元素积累量。

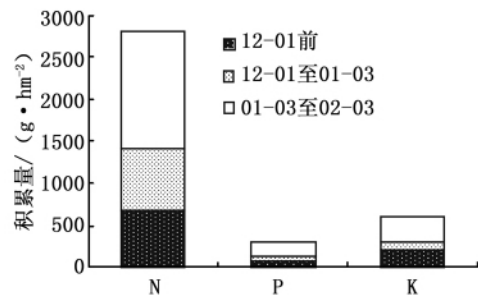


图 4 林分冬笋中氮(N)、磷(P)、钾(K) 元素动态积累量

生长阶段养分元素的积累量, 各养分元素积累的动态变化趋势见图 4。对于立竹密度为 2 697 株 · hm^{-2} 、无施肥作业、中等立地条件的毛竹林, 笋芽萌

3.2.3 单笋养分积累对笋高和地径的拟合模型
关于冬笋养分积累, 无论是标准单笋计算和加入数量因子的林分尺度核算, 都是通过平均值来分析的。为掌握冬笋各生长阶段氮、磷、钾元素的动态积累规律, 以冬笋 2 个重要生长因子笋高(H) 和笋径(d) 为自变量, 以各时期氮、磷、钾元素的积累量为因变量, 采用多元线性逐步回归的方法进行拟合, 通过拟合模型, 可方便、准确地计算林分冬笋养分的积累(表 4)。从模型的决定系数和显著性检验来看, 各模型均具有较好的拟合效果。

表 4 冬笋中氮、磷、钾元素积累量对笋高和笋径的拟合模型

元素	拟合模型	R^2	F	p
N	$Y = -2.0689 + 0.0010H + 0.6266d$	0.8072	217.6662	0.0000
P	$Y = -0.2117 - 0.0004H + 0.0657d$	0.7319	141.9638	0.0000
K	$Y = -0.6238 + 0.0193H + 0.1158d$	0.8574	312.5490	0.0000

注: H 、 d 分别为笋高和笋径, 单位 cm; Y 为各矿质养分积累量, 单位 g 。

4 小结与讨论

冬笋是毛竹的重要生长阶段, 其发育和养分状况直接决定林分生产力水平, 掌握冬笋各生长阶段的养分吸收积累规律, 可为毛竹林养分的有效管理提供科学依据, 对增加竹笋产量、降低退笋率、提高

林分生产力具有重要意义。研究表明, 对于立竹密度为 2 697 株 · hm^{-2} 、无施肥作业、中等立地条件的毛竹林, 笋芽萌动后, 随着冬笋生长, 养分元素积累速度与积累量逐渐增大, 至大年 2 月初, 氮、磷、钾 3 种元素在冬笋内的积累量已分别达 2 807.62、305.57、610.23 $g \cdot hm^{-2}$ 。从毛竹整个生长(经营)

期各阶段养分吸收积累状况看,冬笋各生长阶段氮、磷、钾元素积累量分别约占全生长期氮、磷、钾元素积累量的 4.0%、3.7% 和 1.5%,虽然比例较低,但该时期养分状况对林分持续高产非常关键,不能忽略。

由于该时期竹笋根系尚未形成,且不能进行光合作用,因此冬笋本身基本不能独立从土壤中吸收养分,而主要依靠母竹系统供应,该生长阶段的养分吸收和积累应该通过对母竹系统施肥进行补充,且不同龄级母竹的施肥效应也应有所不同。至于肥培对象侧重何种年龄母竹,以及施肥量在各年龄母竹中如何分配等问题,还需要进一步深入研究。

参考文献:

- [1] 李智勇,校建民,张新萍,等. 竹林生态环境效益评估探讨[J]. 世界竹藤通讯,2005,3(4): 15-17
- [2] 王 兵,魏文俊,邢兆凯,等. 中国竹林生态系统的碳储量[J]. 生态环境,2008,17(4): 1680-1684
- [3] 陈先刚,张一平,张小全,等. 过去 50 年中国竹林碳储量变化[J]. 生态学报,2008,28(11): 5218-5227
- [4] 王炳兴,何国林. 毛竹产业化的探讨[J]. 竹子研究汇刊,2002(2): 32-35
- [5] 江泽慧,世界竹藤[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社,2002
- [6] 辉朝茂,杨宇明,郝吉明. 论竹子生态环境效益与竹产业可持续发展[J]. 西南林学院学报,2003,23(4): 25-29
- [7] 顾小平,萧江华. 毛竹纸浆林施用氮磷钾肥料效应的研究[J]. 林业科学,1998,34(1): 25-32
- [8] 郑郁善,洪 伟. 毛竹林丰产年龄结构模型与应用的研究[J]. 林业科学,1998,34(3): 32-39
- [9] 洪 伟. 毛竹丰产林密度效应研究[J]. 林业科学,1998,34(专1): 1-4
- [10] 周建夷,胡超宗,杨廉颇. 笋用毛竹丰产林地下竹鞭的调查[J]. 竹子研究汇刊,1985,4(1): 57-65
- [11] 郭晓敏,牛德奎,范方礼,等. 平衡施肥毛竹林叶片营养与土壤肥力及产量的回归分析[J]. 林业科学,2007,43(1): 53-57
- [12] 周芳纯,竹林培育学[M]. 北京: 中国林业出版社,1998
- [13] 任广国. 毛竹笋期生长规律的研究[J]. 安徽林业科技,1990(1): 1-4
- [14] 胡春水,余祥威,骆琴娅. 毛竹冬笋的笋体剖析及营养成分的测定[J]. 竹子研究汇刊,1998,17(2): 14-17
- [15] 刘耀荣. 毛竹笋期的营养动态[J]. 林业科学研究,1990,3(4): 363-367
- [16] 郑林水,周紫球,陆媛媛,等. 不同肥料对毛竹冬笋品质特征的影响[J]. 林业科技,2011,36(4): 43-45
- [17] 徐有明,郝培应,费本华. 竹笋形态发育构建过程中解剖结构及化学成分的动态变化[J]. 东北林业大学学报,2008,36(4): 8-16