

# 吊丝单竹笋期叶片特性研究

郑郁善, 陈礼光

(福建农林大学林学院, 福建 福州 350002)

**摘要:**对3种不同年龄的吊丝单竹株在不同发笋时期、不同竹冠部位的叶片比叶重、光合、呼吸性状及N、P、K含量等进行测定,结果表明:吊丝单竹在不同发笋时期、不同竹冠部位各项指标均有较大差异。比叶重发笋盛期高于初期和末期,随着竹株年龄增大而减小,随着竹冠的升高而增大;净光合速率盛期高于初期,光呼吸速率和暗呼吸速率则初期高于盛期,并且不同竹龄、不同竹冠部位之间均表现出较大的差异;N、P、K含量由发笋初期至盛期逐渐减小,N含量以1 a>2 a>3 a,以竹冠中部最高,P、K含量则随着竹冠的升高而减小,随着竹株年龄的增大而增大。这为经营管理吊丝单竹林提供科学依据。

**关键词:**吊丝单竹;笋期;竹叶;生理特性

**中图分类号:** Q945

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3395(2004)05-0444-05

## Some Physiological Characteristics of the Leaves of *Dendrocalamopsis vario-striata* during Shooting

ZHENG Yu-shan, CHEN Li-guang

(Forestry College of Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China)

**Abstract:** Specific leaf weight, photosynthetic rate, photorespiration rate, as well as N, P, K contents were measured in the leaves of *Dendrocalamopsis vario-striata* grown in Chishan Forest Farm in Fujian Province during shoot development. Results indicated that specific leaf weight (SLW) was higher at shoot abundant stage (in mid July) than that at early stage (on 12, June) and late stage (on 10, September). SLW decreased as the bamboo age increased, and increased with the ascending levels of leaf location on bamboo stems. Net photosynthetic rate at shoot abundant stage was higher than that at early stage, whereas photorespiration rate and dark respiration rate were higher at early stage. The contents of N, P and K in bamboo leaves decreased gradually during shooting period. N content in leaves was in the order of 1-year-old >2-year-old >3-year-old bamboo, and being the highest in leaves on mid part of bamboo stems, whereas the contents of P and K decreased with the ascending levels of leaves on stems, and increased with the increase of the bamboo age. The results would provide guidance for scientific management of *D. vario-striata* planting.

**Key words:** *Dendrocalamopsis vario-striata*; Shooting period; Bamboo leaves; Physiological characteristics

吊丝单竹 (*Dendrocalamopsis vario-striata*) 属禾本科竹亚科绿竹属,分布于浙江南部、台湾、福建、广西、广东等省,在浙江、台湾、福建三省普遍栽培,具有生长迅速、成林快、轮伐期短、产量高等优点<sup>[1,2]</sup>。夏秋产笋,笋体品质极为优良,高产稳产,笋期长、笋体大、笋味鲜甜、脆嫩、营养丰富,是深受群众喜

爱的美味佳肴<sup>[3]</sup>;是我国中南部亚热带地区优良速生笋材两用丛生竹种之一。近年来,以笋用林为主要经营目的的吊丝单竹林发展很快,并取得丰富经营经验<sup>[1,2,4]</sup>。叶片作为最主要的同化器官在竹林生长发育过程中起着重要作用,因此研究竹叶片生理生化特性,揭示叶片生长发育规律对指导竹林栽培具有

收稿日期:2003-04-23 接受日期:2003-10-30

基金项目:福建省重大科学基金(K2002N001);中国教育部“高等学校骨干教师资助计划”基金(2000-65)项目资助

重要意义。当前对竹子叶片生理生化特性的研究已有不少报道,如毛竹(*Phyllostachys heterocycla* cv. *Pubescens*)<sup>[5,6]</sup>、麻竹(*Dendrocalamus latiflorus*)<sup>[7,8]</sup>、雷竹(*Phyllostachys praecox*)<sup>[9]</sup>等。对吊丝单竹笋期经济性能<sup>[3]</sup>、丰产技术<sup>[1,10]</sup>、生长习性<sup>[2]</sup>及适应性<sup>[2]</sup>也进行了一些初步研究,但吊丝单竹叶片生理生化特性研究尚未见报道。本文通过对吊丝单竹笋期不同年龄、不同竹冠部位叶片比叶重、光合呼吸特性及 NPK 含量进行研究,为吊丝单竹培肥、林分结构调整等栽培措施提供理论依据。

## 1 自然概况

试验地位于东南沿海的福建省东山县赤山林场(东经 117°18', 北纬 23°40'),属于亚热带海洋性气候,干湿季节明显,年平均降水量 945 mm,大部分降雨集中在 5-9 月,11 月至翌年 2 月为旱季,年平均蒸发量 1 065 mm,年平均气温 20.8℃,绝对最高气温 36.6℃,绝对最低气温 3.8℃,主要自然灾害为台风和干旱,台风多发生在 7-8 月,年平均 5.1 次。成土母岩为花岗岩,土壤为滨海沙土,土壤肥力较低。天然植被稀少,林下常见零星植被有木豆(*Cajanus cajan*)、鼠刺(*Spinifex littoreus*)和牡荊(*Verbena negando*)等。试验地吊丝单林为 2001 年营造的林分<sup>[11]</sup>。

## 2 研究方法

**样竹选择** 2002 年 2 月砍伐老竹时,选定样竹 5 丛;每丛留 9 株:一年生(1 a)、二年生(2 a)和三年生(3 a)各 3 株。同一丛测定样竹胸径变幅不超过 5%。竹林生长良好,产量稳定,无断梢现象。

**采样时间及样品处理** 吊丝单竹的笋期,特别是发笋初期的早晚,因不同地区的气温、降雨等环境因子的差异而有较大不同。根据多年观察结果,该地区 5 月下旬开始发笋,为发笋初期,6 月下旬至 8 月中旬大量发笋,为发笋盛期,8 月下旬至 10 月上旬产笋减少,为发笋末期。根据笋期分别在 6 月 12 日(初期)、7 月 16 日(盛期)、9 月 10 日(末期)对 3 种竹龄竹株按竹冠长度选择上(5 m 高)、中(3.5 m 高)、下部(2 m 高)阳面枝条,于上午 9:00 取顶梢第 2-3 轮叶用湿棉花包扎伤口,然后用水喷湿枝叶,再装入泡沫塑料盒,带到光合室内待测。按同样的方法采

集一定量的叶片,在 70℃ 烘箱中烘至恒重,粉碎,保存于干燥器中,供 N、P、K 测定<sup>[4,6]</sup>。

各组重复数值与它们的平均值之间的最大差数不超过平均值的 2%,测定结果取平均值。测定结果采用 t 检验进行统计分析, $P > 0.05$  表示差异显著;反之,不显著。

用空凋调节光合室内和叶室内温度至 25℃,测定比叶重及离体叶的光合呼吸速率,其中 CO<sub>2</sub> 浓度采用北京均方理化研究所生产的 GXH-305 便携式 CO<sub>2</sub> 分析仪测定。

**叶面积和比叶重测定** 采用光电叶面积测定仪(LI-3000)测定叶面积;在 103±2℃ 烘箱中烘干称重,比叶重 = 叶干重(g)/叶面积(dm<sup>2</sup>)。

**光合及呼吸作用条件控制**<sup>[7,12]</sup> 光源为碘钨灯,控制光强为 67.8 μmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>;叶室上方用隔热水槽降温,同时测定叶室温度,待其稳定在 25℃ 时即开始测定;用湿棉花调节叶室湿度为 65%。

**净光合速率和暗呼吸速率测定**<sup>[12]</sup> 源气为采集离地面 10 m 的稳定空气,使用开放气路,测定离体枝条叶片的净光合速率;用黑布遮光测定暗呼吸速率。

**光呼吸速率测定**<sup>[12]</sup> 在光呼吸速率测定中,使用回路系统,叶室入口前回路气体中的 CO<sub>2</sub> 用 Ca(OH)<sub>2</sub> 吸滤,叶室出口用 CaCl<sub>2</sub> 吸收回路气体中的水分,然后测定离体叶片放出 CO<sub>2</sub> 浓度,计算光呼吸速率。

**N、P、K 含量测定**<sup>[13]</sup> 供测样品用浓硫酸-双氧水消化后,氮的测定采用凯氏微量定氮法;磷的测定采用钒钼黄比色法;钾的测定采用火焰光度计法。

## 3 结果和讨论

### 3.1 比叶重

竹叶是竹子进行光合作用的主要器官,比叶重的大小能够反映竹子叶片光合作用同化产物积累量的大小。

从表 1 可见,吊丝单竹在发笋盛期比叶重达到最大(达 0.46 g dm<sup>-2</sup>),分别是初期和末期的 1.03、1.05 倍。比叶重随年龄的增加而减小,这是因为随着年龄的增加吊丝单竹器官和组织逐渐成熟,并日益趋于衰老,生活力降低,同化能力降低。比叶重随着叶片在竹株上分布高度的增加而升高,初期竹冠

表 1 比叶重比较

Table 1 Specific leaf weight ( $\text{g dm}^{-2}$ ) at various shoot growing stages

枝叶 Branch leaves	初期Early stage			盛期Shoot abundant stage			末期Late stage		
	1 a	2 a	3 a	1 a	2 a	3 a	1 a	2 a	3 a
上部Upper	0.50**	0.48	0.47*	0.54	0.49	0.49	0.48**	0.48	0.44**
中部Middle	0.52	0.44*	0.43*	0.53	0.47	0.46	0.48**	0.45*	0.47
下部Lower	0.44**	0.41*	0.40*	0.50	0.44	0.42	0.41**	0.42*	0.37**

n=15, 采用 t 检验, \*, \*\* 分别表示差异达极显著 ( $P < 0.01$ ) 和显著 ( $P < 0.05$ ) 水平。\* and \*\* represent significant difference at 0.01 and 0.05 levels by t-test, respectively. 上部、中部和下部分别表示取样的枝条位于茎干距地 5、3.5 和 2 m 处; 1 a, 2 a 和 3 a 分别表示一年生、二年生和三年生的竹。Upper, middle and lower represent branch leaves collected from stem at 5-, 3.5- and 2-meter heights, respectively. 1 a, 2 a and 3 a refer to the samples collected from 1-, 2- and 3-year-old bamboos. 下同。The same for Table 2 and for Figure 1.

上部平均比叶重为  $0.48 \text{ g dm}^{-2}$ , 是中部和下部的 1.04 和 1.16 倍。主要是上部叶稀疏, 受光充分, 光合产物多, 代谢活动旺盛, 而中部叶密度大, 叶互相遮盖, 影响了中部和下部叶的受光强度和受光时间, 光合能力降低, 同化产物减少, 这可能是中部和下部叶比叶重降低的主要原因。

### 3.2 光合和呼吸性状

**净光合速率** 净光合速率是反映光合能力的重要指标。吊丝单竹从发笋初期至盛期, 中上部的叶片代谢活动旺盛, 光合作用能力较强。在发笋盛期, 吊丝单竹生理机能最为旺盛, 具有较强的光合能力, 此时净光合速率为  $154.25 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , 是初期的 2.09 倍, 因为在发笋盛期, 竹笋的大量快速生长需要消耗大量的养分, 刺激植物将叶片光合作用产物运到笋部, 满足竹笋生长所需; 相应地, 光合产物在叶器官内积累量的减少, 有助于提高净光合速率。在发笋初期, 3 a 生叶片的平均净光合速率分别是 2 a、1 a 生的 1.16 倍和 1.57 倍, 在盛期则 2 a 生高于 3 a、1 a 生, 分别是它们的 1.10 和 1.41 倍, 经 t

检验表明, 发笋初期与盛期的净光合速率存在极显著差异 ( $P < 0.01$ )。从不同竹冠部位来看, 上部净光合速率明显高于中部和下部, 是中部和下部的 1.07 倍和 1.35 倍(表 2)。

**光呼吸速率** 植物的绿色细胞在光照条件下, 一方面进行光合作用吸收  $\text{CO}_2$  放出  $\text{O}_2$ , 另一方面也吸收  $\text{O}_2$  放出  $\text{CO}_2$ , 这种呼吸为光呼吸。不同年龄、不同时期、不同竹冠部位吊丝单竹叶片的生长过程存在较大的差异, 使光呼吸速率产生一定的差异。如吊丝单竹光呼吸速率在发笋初期和盛期均为  $2 \text{ a} > 3 \text{ a} > 1 \text{ a}$ 。在发笋初期, 1 a 生吊丝单竹不同竹冠部位光呼吸速率下部  $>$  中部  $>$  上部; 2 a、3 a 生吊丝单竹变化趋势相同, 均为中部  $>$  下部  $>$  上部。在发笋盛期, 2 a、3 a 生则为中部  $>$  上部  $>$  下部, 1 a 生为上部  $>$  中部  $>$  下部。经 t 检验表明, 发笋初期与发笋盛期之间的光呼吸速率也存在显著差异(表 2)。1 a、2 a 生吊丝单竹的枝叶还处在物质充实阶段, 其同化过程和异化过程同时存在, 而且均剧烈地进行, 从吊丝单竹的发笋初期至发笋盛期, 净光合能力均有较大幅度的上升, 而光呼吸作用与光合作用

表 2 净光合速率, 光呼吸速率和暗呼吸速率比较

Table 2 Net photosynthetic rate, photorespiratory rate and dark respiratory rate at various shoot growing stages

	枝叶 Branch leaves	初期Early stage			盛期Shoot abundant stage		
		1 a	2 a	3 a	1 a	2 a	3 a
净光合速率Net photosynthetic rate ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )	上部Upper	65.39**	85.07**	99.71**	150.07	204.09	182.42
	中部Middle	60.15**	80.09**	96.40**	117.04	173.64	165.91
	下部Lower	47.20**	67.50**	74.90**	109.46	153.09	132.48
光呼吸速率 Photorespiratory rate ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )	上部Upper	20.28**	27.79**	25.82**	45.48	61.97	34.66
	中部Middle	22.61**	38.41**	34.69**	40.30	70.32	57.30
	下部Lower	25.27	32.17*	30.96	27.30	36.53	28.42
暗呼吸速率 Dark respiratory rate ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )	上部Upper	68.46**	49.99*	64.86**	46.67	53.20	42.70
	中部Middle	61.01**	43.47**	53.58*	32.48	27.99	47.07
	下部Lower	67.16**	47.35	62.75**	54.53	45.01	32.80

是同时进行的, 其速率必然也随之上升。

**暗呼吸速率** 不同发笋时期暗呼吸速率不同, 发笋初期暗呼吸速率明显高于盛期, 是盛期的 1.36 倍。在发笋初期, 吊丝单竹进入大量发笋的物质准备阶段, 需要消耗大量的贮藏物质, 而且这个阶段同化代谢能力低于盛期, 相对而言, 需要消耗更多的贮藏物质, 导致异化作用要比发笋盛期强, 暗呼吸速率上升。发笋初期不同竹冠部位暗呼吸速率为上部 > 下部 > 中部, 各年平均值为 1 a > 3 a > 2 a。发笋盛期与初期有所不同, 1 a 为下部 > 上部 > 中部, 2 a 为上部 > 下部 > 中部, 3 a 为中部 > 上部 > 下部, 各年平均值为 1 a > 2 a > 3 a (表 2)。

### 3.3 N、P、K 含量

N 含量由发笋初期至末期逐渐降低, N 含量总平均值盛期和末期较初期分别减少 4.32% 和 11.31%。不同发笋时期各年度平均值均是 1 a > 2 a > 3 a。从不同竹冠部位来看, 不同发笋时期 N 含量变化趋势相似, 1 a 为中部 > 下部 > 上部。2 a、3 a 为中部 > 上部 > 下部。这可能是不同年龄吊丝单竹

叶片组织成熟程度不同(图 1)。

P 含量由发笋初期至末期逐渐降低, P 含量总平均值盛期和末期较初期分别减少 6.34% 和 25.2%。P 含量随着竹冠的升高而降低, 下部 P 平均含量为中部和上部的 1.07 倍和 1.13 倍。各年龄吊丝单竹在发笋盛期不同竹冠部位 P 平均含量为 3 a > 2 a > 1 a, 而在初期则为 2 a > 3 a > 1 a。这可能由吊丝单竹不同时期生理活性及竹林的生理周期决定的(图 1)。

K 含量变化趋势与 P 相同, 从发笋初期至末期逐渐降低, 但其降幅高于 P, K 含量总平均值盛期和末期较初期分别减少 31.10% 和 48.39%。K 含量随着竹冠的升高而降低, 下部 K 平均含量为中部和上部的 1.23 倍和 1.45 倍, 变幅较大。各年龄吊丝单竹在发笋初期和盛期不同竹冠部位 K 平均含量为 3 a > 2 a > 1 a, 而在末期则为 3 a > 1 a > 2 a (图 1)。

N 是合成刺激吊丝单竹大量发笋的激素及其旺盛出笋必不可少的营养元素, 发笋初期是盛期大量发笋的物质准备阶段。竹笋的萌发需要消耗大量的营养物质, 在吊丝单竹发笋初期, 暗呼吸速率最

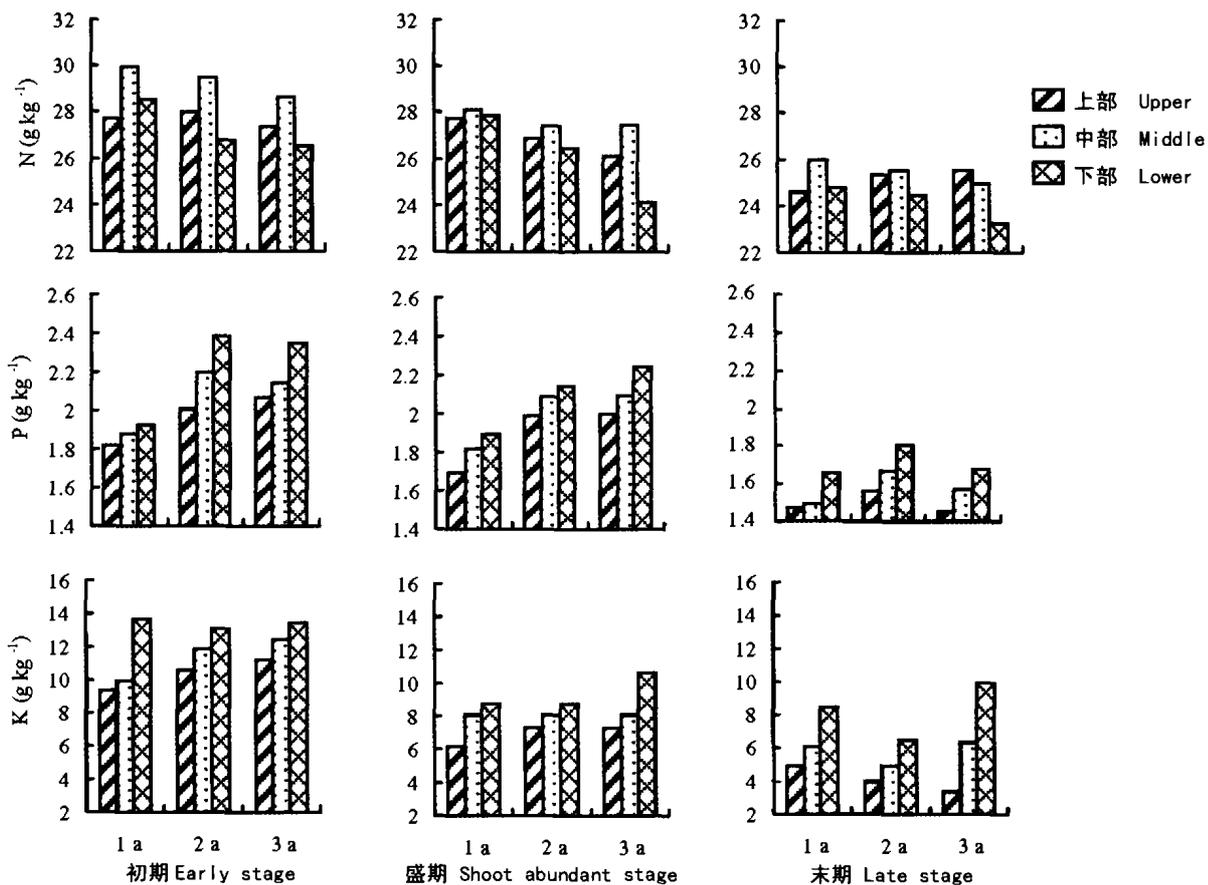


图 1 N、P 和 K 含量的比较

Fig. 1 Contents of nitrogen, phosphor and potassium at different shooting stages

大,而 N、K 需要量要比其他两个阶段大,对 P 的需要量相对较少。在发笋初期大量地吸收 N 是吊丝单竹满足其对 N 的需求,对 K 的大量吸收可能是为了更好地促进 N 素的吸收和同化,同时,对 N、K 营养元素的吸收是需要消耗能量的,导致发笋初期暗呼吸速率增大。通过对不同发笋时期母竹 N、P、K 三种营养元素含量的对比,发笋初期和末期的营养元素含量差异显著,母竹大量发笋需要消耗大量的 N、P、K 养分,比叶重的变化分析也从侧面表明了这种现象。除了气温、降水等外界因素外,发笋营养物质积累的不足,这是造成吊丝单竹出笋数量少的重要原因之一,所以吊丝单竹在发笋初期就表现出对 N、K 的大量吸收和旺盛的代谢活动。当然,其他旺盛的生理代谢过程也会导致暗呼吸速率的增大。

综上所述,吊丝单竹在不同发笋时期、不同竹冠部位叶片各项生理特性均表现出较大的差异性,可能与不同年龄竹株冠层结构、挖笋量等因素有着直接的关系。

从 2 a 母竹上萌发的竹笋有较高品质,无论是营养物质的积累,还是其耐贮性,都比其他竹笋好。所以,在吊丝单竹笋用竹林经营过程中,为获得更多的高品质的竹笋,在母竹留舍问题上,应考虑母竹的年龄,多留 1 a、2 a 生母竹,适当留 3 a 生母竹。在母竹发笋盛期以前,应施足基肥,并在发笋前期至盛期,应适时追肥,以满足吊丝单竹在发笋过程中对养分的大量需求,延长发笋盛期,以获得更高的经济收益。

#### 参考文献

- [1] Jin C(金川), Wang Y Y(王月英). High-yield cultivation and base establishment of *Dendrocalamopsis vario-striata* [J]. Bamboo Res (竹子研究汇刊), 1996, 15(4):68-76. (in Chinese)
- [2] Chen Z T(陈增童), Wu C P(吴持坪), Xu S J(徐善佳), et al. A study on acclimatization and growth of *Bambusa vario-striata* Chia [J]. Res Bamboos(竹类研究), 1990, (1):9-17. (in Chinese)
- [3] Jin C(金川), Wang Y Y(王月英). Region test and enlarge planting area of *Bambusa vario-striata* [J]. Res Bamboos(竹类研究), 1996, (2):62-64. (in Chinese)
- [4] Jin A W(金爱武), Fang W(方伟), Yu X J(余学军), et al. Afforestation test by *Dendrocalamopsis oldhami* and *Dendrocalamopsis vario-striata* bough treated by ABT rootage power [J]. Devel For Sci (林业科技开发), 2001, 15(4):31-33. (in Chinese)
- [5] Zheng Y S(郑郁善), Hong W(洪伟), Qiu E F(邱尔发). Study on nutrient solution's effects on leaves of *Phyllostachy sheterocykla* cv. Pubescens II. Nutrient solution's effects on the photosynthetic characteristics of leaves [J]. Sci Silv Sin (林业科学), 1998, 34 (suppl. 1):95-99. (in Chinese)
- [6] Huang Q S(黄启胜), Yang D D(杨迪蝶), Gao A X(高爱新), et al. Study on photosynthesis of *Phyllostachy sheterocykla* cv. Pubescens under different conditions [J]. Res Bamboos(竹类研究), 1989, (2): 8-17. (in Chinese)
- [7] Qiu E F(邱尔发), Hong W(洪伟), Zheng Y S(郑郁善), et al. Study on the photosynthetic and respiratory character of leaves of forest planted on mountain and used for shoot of *Dendrocalamus latiflorus* during growing shoots [J]. Sci Silv Sin (林业科学), 2001, 37(suppl. 1):148-153. (in Chinese)
- [8] Qiu E F(邱尔发), Zheng Y S(郑郁善), Hong W(洪伟), et al. A comparison of leaves character between flowering and no-flowering *Dendrocalamus latiflorus* planted on mountain [J]. J Fujian Coll For (福建林学院学报), 2002, 22(2):105-108. (in Chinese)
- [9] Zheng B S(郑炳松), Jin A W(金爱武), Cheng X J(程晓建), et al. Study on the photosynthetic characteristics of lei bamboo leaves [J]. J Fujian Coll For(福建林学院学报), 2001, 21(4):359-362. (in Chinese)
- [10] Jin C(金川), Wang Y Y(王月英), Li C G(李长贵). A physical-chemical properties and economical characters of bamboo shoot of *Bambusa vario-striata* [J]. J Zhejiang For Coll (浙江林学院学报), 1991, 8(2):192-198. (in Chinese)
- [11] Fujian Weather Bureau (福建省气象局), The Offices of Fujian Agriculture Divisions Committee (福建省农业区划委员会办公室). The Climate Resources and Divisions of Agriculture in Fujian [M]. Fuzhou: Fujian Science and Technology Publishing House, 1990. 130-145. (in Chinese)
- [12] Nanjin Agriculture College(南京农学院). Soil Agriculture Chemical Analysis [M]. Beijing: Agriculture Publishing House, 1980. 191-198. (in Chinese)
- [13] Zhang Z L(张志良). Experimental guidance of plant physiology [M]. Beijing: Higher Education Publishing House, 1996. 52-58. (in Chinese)