

施肥对韶山景观竹林中毛竹荧光参数的动态影响

廖飞勇¹, 郭起荣²

(1 中南林业科技大学 环艺学院 湖南 长沙 410004 2 国际竹藤网络中心, 北京 100102)

摘要: 对韶山景观竹林中施以氮、磷、钾和复合肥, 测定了其荧光参数 F_0 、 F_v/F_m' 、ETR 和光合速率。结果表明: 施肥处理 4 个月 后, 引起荧光参数中的 F_0 下降, 差异达显著水平; F_v/F_m 基本保持不变; F_v'/F_m' 、ETR 值和光合速率增加。处理 8 个月 后 荧光参数中的 F_0 下降明显, 差异达显著水平; F_v'/F_m' 、ETR 值和光合速率增加, 对照与所有处理的差异都达显著水平。处理 12 个月和 16 个月 后, F_0 、 F_v/F_m 、 F_v'/F_m' 、ETR 值和光合速率的变化不明显, 对照与处理的差异均未达显著水平。

关键词: 毛竹; 荧光参数; 光合作用; 施肥

中图分类号: S 795.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2010)06-0106-03

毛竹(*Phyllostachys heterocycla* cv. *Pubescens*)不仅是我国南方各省重要的用材之一, 也是重要的经济竹种, 在竹类资源中占有最大的面积^[1]; 除此之外, 毛竹林还是重要的景观林^[2], 其存在对于风景名胜区具有十分重要的意义。在已有研究中对于毛竹的研究大多集中于毛竹林施肥、抚育直接对产量的影响^[3-6], 但对其生理生态变化的研究较少, 对荧光参数还没有报道。毛竹的生长受多方面的影响, 土壤肥力是主要的限制因子之一, 人工施肥可为毛竹的生长提供足够的营养, 使毛竹的生长旺盛, 增强毛竹景观的观赏性, 该试验研究人工施肥对于景观竹林中毛竹荧光参数的动态影响, 为景观竹林的养护管理提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地设在湖南省湘潭市韶山市韶峰景区, 竹林面积 20 hm²; 地处亚热带湿润气候区。年平均气温 16.7℃, 1 月平均气温为 4.4℃, 持续 5 d 或 5 d 以上的严寒期 78% 的年份出现在该月。7 月最热, 月平均气温 28.9℃。韶山年平均降水 1 358 mm, 最多年份达到 1 719.9 mm。雨季在 4 月 15 日前后开始, 7 月 10 日前后结束, 春夏多雨, 秋冬干燥。日照偏多, 年日照达 1 717 h, 分布趋势与气温变化基本一致。坡度 25°, 坡位下坡。土壤为红壤, 土层厚度平均 50 cm 以上。

第一作者简介: 廖飞勇(1973-), 男, 湖南安化人, 博士, 副教授, 现从事园林植物景观设计与园林生态的教学与科研工作。E-mail: xyfly@163.com。

基金项目: 科技部 425 重大科技支撑计划资助项目(2006BAD19B0305)。

收稿日期: 2009-12-20

腐殖质中等^[7]。试验林为毛竹纯林, 部分地段有少量马尾松, 要地边缘有少量的枫香、胡枝子、白栎等植物。

1.2 试验材料

钾肥(俄罗斯生产, 含钾 62%)、氮肥(尿素, 含氮量 46.3%, 柳州化工厂生产)、磷肥(磷酸二铵, 有效磷含量 45.0%, 安徽六国化工股份有限公司)、复合肥(N₂₂:P₈:K₁₀ BB 肥, 天津施易得化肥有限公司), 每种肥料都施 150 kg/hm², 施用方法为人工开沟施肥, 然后覆土。施肥时间为 2008 年 3 月 21 日, 每处理重复 3 次, 每样地面积 1 hm²。2008 年 7 月、2008 年 11 月、2009 年 3 月、2009 年 7 月进行测定各参数。测定相关参数时, 各处理测定 6 个样本。

1.3 测定内容和方法

1.3.1 荧光参数的测定 用 Licor-6400 便携式光合测定仪测定其叶绿素荧光参数, 测定的参数有 F_0 (最小初始荧光)、 F_m (最大荧光)、 F_v/F_m (光化学量子效率)、 F_0' (光下最小荧光)、 F_m' (光下最大荧光)、 F_v'/F_m' (开放的光系统 II 反应中心的激发能捕获效率)、ETR (电子传递速率)、 qP (光化学猝灭系数) 和 NPQ (非光化学猝灭系数)^[8]。暗适应的时间为 30 min, 光适应的光强为 1 600 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 照射 10 min。

1.3.2 最大光合速率的测定 用 Licor-6400 便携式光合测定仪测定, 用其自带的 licor-02B 提供光源, 光强设定为 2 000、1 600、1 200、800 和 500 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 温度和湿度为自然的温湿度。光饱和点的计算参考文献^[9], 根据曲线在光饱和点求出光合速率。

2 结果与分析

2.1 F_0 的变化

F_0 是最小初始荧光, 反映了 PSII 反应中心处于完全开放时的荧光产量。一般来说 F_0 越大, 对光能利用

能力越低。处理后 F_o 的变化见表 1。处理之前 F_o 的大小差异不大, 方差分析表明差异未达显著水平。施肥处理以后不同时间段 F_o 的变化差异较大。处理 4 个月 后是 7 月份, 正值毛竹生长旺季, 所有处理的 F_o 值下降, 但是施磷和施钾处理下降的幅度较小, 施氮肥和施复合 肥的 F_o 值下降最大, 且所有处理的值与对照的差异达 显著水平。处理 8 个月后, 已是 11 月份, 毛竹的生长已 开始进入休眠期, 相对于 7 月份, 所有的 F_o 值上升, 但是 对照、施钾与所有处理的值差异达显著水平, 且施磷 与施氮和复合肥的差异达显著水平; 但是对照与施钾之 间、施氮与施复合肥之间的差异未达显著水平。处理 12

表 1 施肥处理对 F_o 的影响

处理时间	F_o				
	处理前	处理后 4 个月	处理后 8 个月	处理后 12 个月	处理后 16 个月
对照	115±10.5	109±9.6 a	126±11.7 a	119±12.1	111±12.8
施氮	116±9.8	90±8.1 b	99±10.2 c	112±11.9	108±9.7
施磷	116±12.1	98±9.8 b	106±11.0 b	115±12.3	114±9.3
施钾	118±10.3	97±9.9 b	105±9.2 b	119±13.1	117±8.9
施复合肥	114±11.2	90±10.1 b	99±8.7 c	115±9.8	116±12.3

注: a b c 代表 $\alpha=0.01$ 下的差异达显著水平。

表 2

处理对 F_v/F_m 的影响

处理 时间	$F_v/F_m/\%$				
	处理前	处理后 4 个月	处理后 8 个月	处理后 12 个月	处理后 16 个月
对照	0.832±0.071	0.828±0.081	0.823±0.091	0.830±0.078	0.815±0.081
施氮	0.828±0.082	0.827±0.072	0.828±0.102	0.830±0.073	0.819±0.102
施磷	0.823±0.058	0.826±0.092	0.824±0.093	0.826±0.069	0.816±0.113
施钾	0.823±0.062	0.820±0.099	0.828±0.074	0.827±0.091	0.817±0.081
施复合肥	0.828±0.091	0.828±0.073	0.827±0.068	0.830±0.078	0.816±0.063

表 3

处理对 F_v'/F_m' 的影响

处理时间	$F_v'/F_m'/\%$				
	处理前	处理后 4 个月	处理后 8 个月	处理后 12 个月	处理后 16 个月
对照	0.367±0.041	0.408±0.045 a	0.386±0.042 a	0.362±0.031	0.387±0.046
施氮	0.367±0.026	0.457±0.053 b	0.429±0.038 b	0.393±0.042	0.391±0.033
施磷	0.370±0.031	0.434±0.044 b	0.406±0.050 b	0.377±0.044	0.388±0.027
施钾	0.368±0.036	0.437±0.036 b	0.408±0.047 b	0.352±0.046	0.386±0.029
施复合肥	0.367±0.045	0.454±0.039 b	0.418±0.039 b	0.370±0.035	0.389±0.040

注: a b 代表 $\alpha=0.01$ 下的差异达显著水平。

2.4 ETR 的变化

ETR 是电子传递速率。叶绿素捕获的光能经反应 中心捕获后通过电子传递链进行传递, 其传递速率越大, 可用于转变为活化化学的能力也越大, 不同处理后 ETR 的变化见表 4, 不同施肥处理 4 个月后电子传递速率增

表 4

处理对 ETR 的影响

处理时间	ETR				
	处理前	处理后 4 个月	处理后 8 个月	处理后 12 个月	处理后 16 个月
对照	65.4±7.9	67.2±7.6 a	60.2±7.1 a	66.2±6.7	69.4±5.6
施氮	66.3±8.6	72.5±8.1 b	68.2±6.8 b	67.9±7.2	70.1±6.8
施磷	64.1±5.7	69.8±5.9 ab	65.1±6.0 b	66.2±7.5	69.2±4.9
施钾	65.7±5.8	68.2±6.4 ab	66.2±6.9 b	67.3±5.9	68.9±8.1
施复合肥	66.0±8.3	70.9±8.1 b	67.0±5.8 b	67.5±6.1	69.6±7.3

注: a b 代表 $\alpha=0.01$ 下的差异达显著水平。

个月后处理的值有所下降, 但差异已不明显。处理 16 个月后, 对照与处理间已无明显差异。

2.2 F_v/F_m 的变化

F_v/F_m 是 PSI 最大光化学量子量, 反应了 PSII 反应 中心内禀光能转换效率。该参数非常稳定, 不受物种和 生长条件的影响, 但是受环境胁迫时会变小。处理后 F_v/F_m 的变化见表 2, 对照与各处理间的值差异不大, 方 差分析未达显著水平。只是在处理 16 个月后 F_v/F_m 整 体变小, 可能是受到干旱胁迫的原因。

2.3 F_v'/F_m' 的变化

F_v'/F_m' 是开放的 PSII 反应中心的激发能捕获效 率, 各处理 F_v'/F_m' 的变化见表 3。不同施肥处理后能提 高其激发能捕获效率, 但不同处理提高程度不一样。处 理 4 个月 后是 7 月份, 正值植物生长旺盛期, 施肥处理后 快速提高了激发能捕获效率, 且对照与处理间的差异达显 著水平, 但各处理间差异不明显。处理 8 个月的 F_v'/F_m' 的变化与处理后 4 个月相一致。处理 12 个月 后, 对照与处理的差异不大, 方差分析的差异未达显著 水平。

加, 其中施肥和施复合肥的处理毛竹与对照、施钾和施磷 的处理之间的差异达显著水平。处理 8 个月后对照与所 有处理的差异达显著水平。处理 12 个月后对照与处理 的差异不明显。

2.5 最大光合速率的变化

植物色素吸收光能转变为电能 通过一系列的转换,最后形成碳水化合物固定下来,这就是光合作用,通过测定植物光合速率的高低可以反映植物固定能量的大小。不同处理后最大光合速率的变化见表 5。施肥处理 4 个月后,最大光合速率增加,且施氮和复合肥的处理与其它处理差异达显著水平;与处理前相比,施氮肥增加速率最大。处理 8 个月后所有处理与对照的差异达显著水平,施氮和复合肥的值增加最大。处理 12 个月以后,对照和处理的值差异不明显,差异未达显著水平。

表 5 处理对最大光合速率的影响

处理时间	最大光合速率				
	处理前	处理后 4 个月	处理后 8 个月	处理后 12 个月	处理后 16 个月
对照	4.12±0.44	5.56±0.61 a	3.56±0.45 a	4.27±0.55	5.28±0.66
施氮	3.89±0.45	6.12±0.74 b	5.27±0.61 b	4.56±0.33	5.10±0.45
施磷	3.78±0.51	5.26±0.48 a	4.13±0.33 b	4.23±0.62	4.08±0.53
施钾	4.22±0.62	5.89±0.44 a	4.78±0.41 b	4.44±0.64	4.31±0.55
施复合肥	4.18±0.41	5.99±0.73 b	5.22±0.56 b	4.49±0.53	4.42±0.31

注: a、b 代表 $\alpha=0.01$ 下的差异达显著水平。

3 结论

施肥可以促进植物生长,但施肥种类不一样,其影响不一样,对叶绿素荧光参数的测定结果表明,施肥处理 4 个月后,引起荧光参数中的 F_0 下降,差异达显著水平; F_v/F_m 基本保持不变; F_v'/F_m' 、ETR 值和光合速率增加,其中以施氮肥和施复合肥增加最为明显,且与其它处理和对照之间的差异达显著水平。这表明植物吸收养分后,加快了植物的新陈代谢,植物生长更加旺盛,表现为荧光产量下降,电子传递速率增加,光合作用增强。

进入 11 月中旬以后,植物开始逐渐停止生长,施肥处理 8 个月后(11 月),引起荧光参数中的 F_0 下降,差异

达显著水平; F_v/F_m 保持不变; F_v'/F_m' 、ETR 值和光合速率增加,对照与所有处理的差异都达显著水平。这表明养分已使植物迅速生长、新陈代谢旺盛,表现为荧光产量下降,电子传递速率增加,光合作用增强。

处理 12 个月后,已到次年 3 月,植物开始进入快速生长,新陈代谢也逐渐旺盛。但是由于养分元素已基本消耗完,所以 F_0 、 F_v/F_m 、 F_v'/F_m' 、ETR 值和光合速率的变化都不太明显,对照与处理的差异均未达显著水平。处理后 16 个月的变化与处理后 12 个月的完全一样。

施肥后引起叶片色素含量(数据另发表)及荧光参数的变化,表现为 F_0 值下降, F_v'/F_m' 和 ETR 增加,提高了光合速率、光能捕获和转换效率,促使毛竹生长更旺盛,景观更漂亮,这与试验观察到的现象相一致。

参考文献

- [1] 肖斌. 谈竹林与竹的利用[J]. 安徽林业, 2006(2): 24.
- [2] 高峰. 竹类植物在风景园林建设中的综合利用研究—以云南禄丰“恐龙湖生态竹园”规划为例[D]. 西南林学院, 2006.
- [3] 施建敏, 郭起荣, 杨光耀. 毛竹光合动态研究[J]. 林业科学研究, 2005 18(5): 551-555.
- [4] 汪奎宏, 裴福庚, 蔡幼秋. 毛竹主要营林措施技术经济效益分析[J]. 林业科学研究, 1991, 4(1): 30-37.
- [5] 朱乐华, 叶诚业. 毛竹林集约经营的经济效益及技术措施[J]. 竹类研究, 1982(1): 74-76.
- [6] 黄启民, 杨迪蝶, 高爱新, 等. 不同条件下毛竹光合作用的研究[J]. 竹类研究, 1989 8(2): 8-16.
- [7] 韶峰景区简介. 游湖南[EB/OL]. <http://shaofengjingqu.youhunan.com/ShaoFengJingQu/article/3674.html>, 2007-03-06.
- [8] Sharkey T, Berry J, Sage R F. Regulation of photosynthetic electron-transport in *Phaseolus vulgaris* L. as determined by room-temperature chlorophyll a fluorescence[J]. Planta, 1988, 176: 415-424.
- [9] Godbold D L, Hendry T H, Kaduk J et al. Models of photosynthesis[J]. Plant Physiology, 2001, 125: 42-45.

The Effect of Fertilizer on the Fluorescence Parameters and Photosynthesis of *Phyllostachys Heterocyclus cv. Pubescens*

LIAO Fei-yong¹, GUO Qi-rong²

(1. Environmental Art Design College, Central South University of Forestry and Technology, Changsha, Hunan 410004; 2. International Centre for Bamboo and Rattan, Beijing 100102)

Abstract: The forests of *Phyllostachys heterocyclus cv. Pubescens* were fertilized with nitrogenous fertilizer, kalium fertilizer, phosphor fertilizer and multiple fertilizer. The photosynthetic rate, fluorescence parameters of F_0 , F_v/F_m , F_v'/F_m' and ETR were determined. After treated for 4 months, the values of F_0 decreased and the difference was obvious; F_v/F_m basically unchanged; the values of F_v'/F_m' , ETR and photosynthesis rate increased. After treated for 8 months, the values of F_0 decreased, and the difference was obvious. The values of F_v'/F_m' , ETR and photosynthesis rate increased, the differences between the control and treatment were obvious. After treated for 8 months and 16 months, the changes of F_0 , F_v/F_m , F_v'/F_m' , ETR and photosynthesis rate were not obvious.

Key words: *Phyllostachys heterocyclus cv. Pubescens*; fluorescence parameter; photosynthesis; fertilizer