

施肥处理对青钱柳幼苗叶绿素荧光特性的影响

张 珍 明^{1,2}, 任 春 光^{1,2}, 张 玉 武¹, 冉 洁², 刘 盈 盈^{1,2}

(1. 贵州省生物研究所, 贵州 贵阳 550008; 2. 贵州大学 林学院, 贵州 贵阳 550025)

摘 要:以青钱柳 1 年生苗为试材, 设置 4 个不同的施肥处理(复合肥、有机肥、生物肥和混合肥, 简称复、有、生、混), 每个处理设 3 个不同水平(低、中、高, 以 L、M、H 表示), 研究不同施肥处理对青钱柳叶片叶绿素荧光参数的影响。结果表明: 生 M、有 M 和混 M 能显著提高青钱柳叶片的 F_o 值, 分别比对照高出 49%、54% 和 41%; 生 M、有 M 和混 M 处理的叶片 F_v/F_m 分别比对照高出 15%、12% 和 11%; 生 M、有 M 和混 M 处理的叶片的 $Y(II)$ 高出对照 100% 以上; 生 M、有 M 和混 M 处理的叶片的 qP 值高出对照 80% 以上。综合分析已测得的叶绿素荧光参数, 生 M、有 M、混 M 能显著增加青钱柳叶片的叶绿素荧光参数, 提高叶片的光合能力。

关键词:青钱柳; 施肥; 叶绿素荧光参数

中图分类号:S 792.12 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)16-0160-05

青钱柳(*Cyclocarya paliurus* (Batal.) Iljinsk.) 属双子叶植物纲(Dicotyledoneae)胡桃科(Juglandaceae)青钱柳属(*Cyclocarya*)植物, 又名摇钱树、青钱李等, 是中国特有的单种属植物, 属于三类保护植物, 生长在海拔 420~1 100 m(东部)或 420~2 500 m(西部)山区、溪谷、林缘、林内、砂页岩或石灰岩山地^[1-2]。研究证明, 青钱柳具有明显的降血糖^[3-7]、降血脂^[7-10]等药用价值和较高的用材价值^[11], 然而青钱柳的自然资源有限, 长期以来的人为砍伐和叶片培育技术不成熟严重制约着青钱柳人工林的发展进程。因此, 积极采取措施加快青钱柳繁育研究, 对于促进其生长及提高其产出, 保护和利用该树种具有重要的意义。

在育苗过程中, 提高育苗质量的关键在于提高植物的光合能力。植物叶片吸收光能后以 3 种途径释放能量: 用于光化学反应、以热能的形式耗散、以荧光的形式耗散, 三者之间彼此竞争, 存在着密切的关系, 叶绿素荧

光特性与植物的光合作用密切相关, 能快速而准确地反映光合作用的能量转换轨迹^[12]。植物叶片的初始荧光(F_o)、最大荧光(F_m)、可变荧光(F_v)、PSII 最大光化学量子产量(F_v/F_m)和量子产量(Y_e)等多种叶绿素荧光参数可用来研究多种植物对环境变化的响应。颜珣等^[13]测定了 3 年生闽楠幼林的叶绿素荧光参数, 研究了不同施肥量在高温季节对其叶绿素荧光参数的影响, 结果表明, 不同施肥处理对闽楠幼林叶绿素荧光参数具有显著影响, 其中 300 g·株⁻¹施肥处理的闽楠幼林光化学效率最高。杜研等^[14]比较了‘新温 185 号’核桃在有机肥与化肥配施(NPKM)、单施有机肥(M)、单施化肥(NPK)、农民经验施肥(CK)的叶绿素荧光特性的变化, 认为前 3 种处理较 CK 处理能提高核桃叶片的 PSII 原初光能转化效率(F_v/F_m)和 PSII 反应中心潜在活性(F_v/F_o), 肥效响应为 NPKM 处理>M 处理>NPK 处理>CK 处理。该试验以青钱柳 1 年生苗为试材, 设置 4 种不同的施肥处理, 每个处理设 3 个不同水平, 探讨不同施肥处理对青钱柳幼苗叶片的叶绿素荧光参数的影响, 以期阐明青钱柳荧光特性对施肥的响应机制, 为青钱柳苗木培育的合理施肥方式及高产提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试青钱柳 1 年生实生苗为贵阳花溪高坡种源。

1.2 试验方法

1.2.1 幼苗移栽及水分管理 选取生长指标相近的

第一作者简介:张珍明(1986-), 男, 博士, 助理研究员, 现主要从事土壤化学与生态学等研究工作。E-mail: zhang6653579@163.com.

责任作者:刘盈盈(1979-), 女, 博士, 副研究员, 现主要从事苗木培育与生物技术等研究工作。E-mail: 229312608@qq.com.

基金项目:贵州省科技厅社发攻关资助项目(黔科合 SY 字[2013]3157 号, 黔科合 SY 字[2013]3152 号); 贵州省科技厅国际省校区域合作协议资助项目(黔科合省院合[2014]7002 号)。

收稿日期:2016-02-14

苗,移栽到口径 30 cm 花盆中,基质为腐殖土与黄土 1:1, pH 5.26、有效氮 44.24 mg·kg⁻¹、有效磷 1.52 mg·kg⁻¹、有效钾 30.12 mg·kg⁻¹,土壤装填距离桶上缘 3 cm,浇适量的水,每桶 1 株。

1.2.2 试验设计 共设置 4 种肥料处理:复合肥、有机肥、生物肥和混合肥(以下简称复、有、生、混)。每个处理 3 个水平,每个水平 6 次重复。根据 1 年生苗木全年适宜的施氮量 4.5~9.0 g·m⁻²(按纯氮计算),确定基本施肥量处理水平(M),并另设 0.5 倍基本量(L)和 1.5 倍基本量(H),对照(CK)不施肥。换算出的 1 年生苗木年施肥量。将复合肥和有机肥根据年施氮量平均分为 2 份,分别于 7、8 月进行施肥。

1.2.3 施肥方法 生物肥施肥时将肥施撒于栽植穴内,稍覆土后植入幼苗,生物肥 1 次施完;复合肥在苗木移栽 2 周后采用松土+覆土的方法将颗粒状肥料均匀环施于桶周缘,覆土厚度为 5 cm;有机肥加水稀释后均匀浇在桶周缘。

1.3 项目测定

将植株进行充分的暗反应,然后用 Junior-PAM 基础型调制叶绿素荧光仪测定活体叶绿素荧光参数 F_o 、 F_m 和 F_v/F_m ,每个植株取 1 片叶片,取各参数的平均值进行分析。

选择晴天 14:00—17:00 测定实际光能转化效率($Y(II)$)、光化学淬灭系数(qP)和非光化学淬灭系数(qN)的光响应曲线。光合有效辐射 PAR 设定 8 个梯度:125、190、285、420、625、820、1 150、1 500 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

1.4 数据分析

采用 SPSS 20.0 和 Excel 2007 软件对数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对青钱柳苗 F_o 、 F_m 和 F_v/F_m 的影响

F_o ,初始荧光,也称基础荧光,它的大小与叶片叶绿素的浓度有关^[15]。通过 F_o 的变化可以看出色素吸收光能的变化,是植物在自然状态下光合作用强弱表现,一般来讲, F_o 值越低说明光能利用越高,但是该试验中 F_o 值没有表现出这一趋势,相反, F_o 值越高,叶片的光合能力也相对较强。由表 1 可知,初始荧光值 F_o 最高的为有 M,其次为生 M,复 L、复 H 和混 L 处理时初始荧光值较低。总体来看,各种肥料处理中均以中等浓度处理 F_o 值最高,复 M、生 M、有 M 和混 M 分别高出对照 47%、49%、54%和 41%。

F_m 是指当 PSII 反应中心都处于关闭状态时的最大荧光产量,反映出通过 PSII 的电子传递情况^[15],是叶片在暗适应后,经过 PAM 发出的光化光照射后所测得的数值,是叶片受光照后电子反应程度的体现。由表 1 可

知,施肥处理的 F_m 值均比对照高,其中生 M 处理最大,其次为有 M,说明在受到光照后生 M 和有 M 等施肥处理青钱柳叶片的电子反应程度最大,在弱光下的适应力要比其它处理强,对照、复 H、复 L、有 H 和混 L 处理叶片在受到光照后电子反应程度最低,这在很大程度上表明这些处理材料在受到光照后电子不够活跃,不适应在弱光下生长。

F_v/F_m 是 PSII 最大光化学量子产量,反映 PSII 反应中心内光能转换效率或称最大 PSII 的光能转换效率^[15]。由表 1 可知,与对照相比,12 个处理的 F_v/F_m 值均高于对照,且除有 H 外,其它施肥处理与对照相比差异显著。复 M、生 H、生 M、生 L、有 M 和混 M 处理的叶片最大光化学量子产量分别比对照高 11%、12%、15%、11%、12%和 11%。

表 1 不同施肥处理荧光参数 F_o 、 F_m 和 F_v/F_m 的影响

Table 1 The effects of different fertilizer treatments on chlorophyll fluorescence parameters of F_o , F_m and F_v/F_m

处理 Treatment	初始荧光 F_o	最大荧光 F_m	最大光化学量子产量 F_v/F_m
CK	56.33±12.06a	168.67±46.44a	0.66±0.03a
复 H	65.33±8.08ab	215.67±38.03ab	0.69±0.03bc
复 M	83.00±4.58cd	307.00±11.00efg	0.73±0.01defg
复 L	69.00±6.00abc	228.00±17.52abc	0.70±0.02bcd
生 H	77.33±13.32bcd	292.00±52.16abcd	0.74±0.01fg
生 M	83.67±7.09cd	347.67±43.32g	0.76±0.01g
生 L	76.33±7.51bcd	285.33±19.09cdefg	0.73±0.01efg
有 H	73.67±8.5bcd	231.33±31.79abcd	0.68±0.02ab
有 M	86.67±9.71d	327.33±38.66fg	0.74±0.01fg
有 L	77.00±3.61bcd	269.67±29.87bcdef	0.71±0.02bcdef
混 H	70.67±5.13abc	249.33±21.55bcde	0.72±0.00cdef
混 M	79.33±9.02bcd	297.33±45.65defg	0.73±0.01efg
混 L	69.33±5.77abc	232.33±30.73abcd	0.7±0.02bcde

注:同列不同小写字母表示差异达显著性水平($P<0.05$)。

Note: Different lowercase letters in the same column indicate significant differences ($P<0.05$).

2.2 不同肥料处理下实际光能转化效率的光响应

$Y(II)$ 反映的是光下叶片的实际光能转化效率,在很大程度上反映植物利用光能的能力。只有当照光强度(光化光)达到一定水平时 $Y(II)$ 的信息才能真实的反映光合的状态,因为在光强很弱时,光合作用中碳同化过程可能无法正常运转,而 $Y(II)$ 可能会比较高。青钱柳叶片实际光能转化效率 $Y(II)$ 随着光合有效辐射 PAR 的增加,出现先急剧下降后平稳的趋势。由图 1 可以看出,与对照相比,肥料处理后叶片的实际光能转化效率增加,其中生物肥、有机肥、混合肥和复合肥 M 处理对实际光能转化效率影响较大。

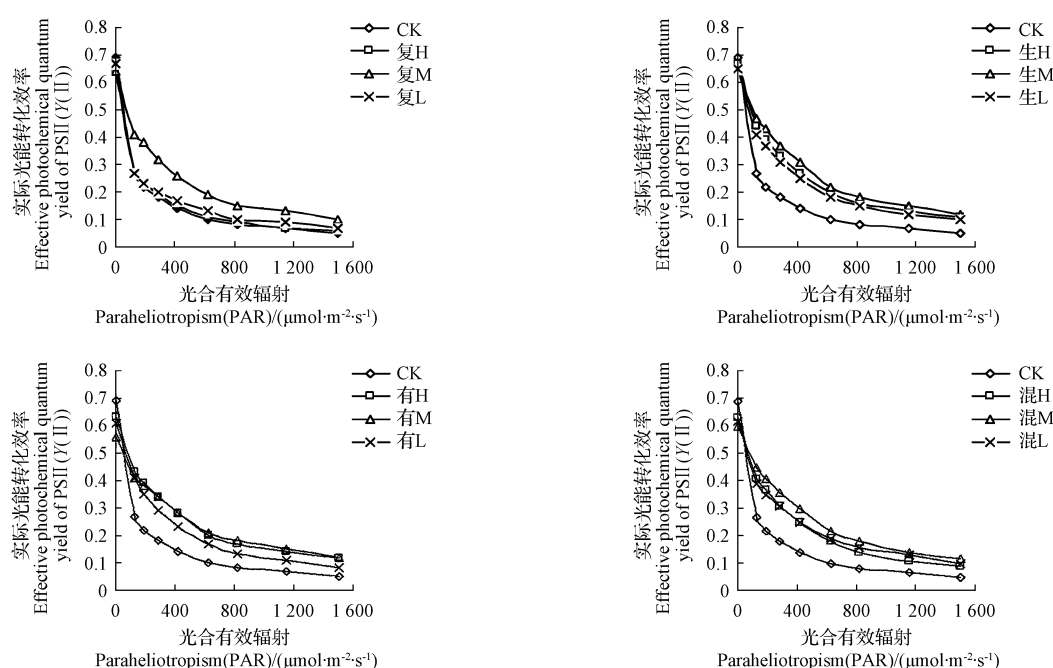


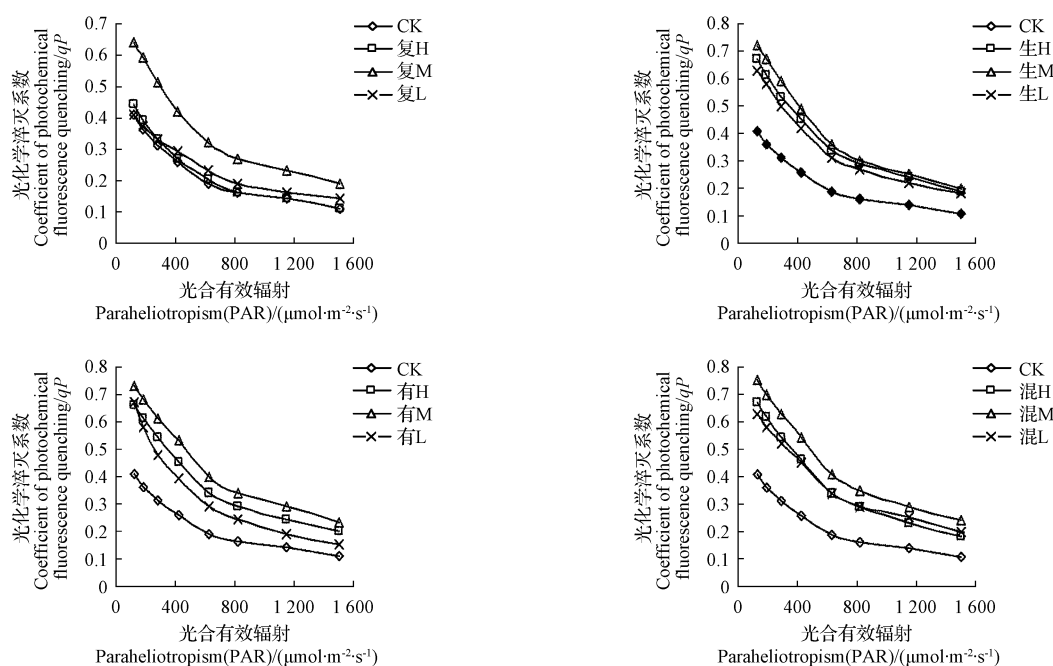
图1 不同肥料处理Y(II)光响应曲线

Fig.1 The Y(II) curves of *Cyclocarya paliurus* leaves after different fertilization treatments

2.3 不同肥料处理下荧光淬灭分析

荧光淬灭包括光化学淬灭和非光化学淬灭。光化学淬灭系数 qP 表示PSII天线色素吸收的光能用于光化学电子传递的份额, qP 在一定程度上反应了PSII反应中心开放程度, qP 越大, PSII的电子传递活性越大^[15]。不同肥料处理下光化学淬灭系数(qP)变化见图2, 与对照

相比,肥料处理后叶片的 qP 值增加, 其中生物肥、有机肥、混合肥和复合肥 M 处理对 qP 影响较大, 说明在同一光强下, 施肥处理可以提高青钱柳叶片 PSII 的电子传递活性; 在光合有效辐射 125~1 500 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 照射下, 青钱柳叶片 qP 值不断降低, 说明随着光化光的增强, 青钱柳叶片 PSII 的电子传递活性降低。

图2 不同肥料处理下光化学淬灭系数(qP)的光响应曲线Fig.2 The qP curves of *Cyclocarya paliurus* leaves after different fertilization treatments

非光化学淬灭反映的是 PSII 天线色素吸收的光能不能用于光合电子传递而以热的形式耗散掉的光能部分。当 PSII 反应中心天线色素吸收了过量的光能时,如不能及时耗散,将对光合机构造成失活或破坏,所以非光化学淬灭是一种自我保护机制,对光合机构起一定的保护作用^[15]。不同肥料处理下非光化学淬灭系数(qN)

变化见图 3,在同一光合有效辐射下,对照的 qN 值明显较施肥处理的 qN 值大,说明对照较施肥处理光利用能力差;在光合有效辐射 $125\sim1\,500\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 照射下,青钱柳叶片 qN 值不断上升,说明随着光强的增强,青钱柳叶片提高了热耗散能力,避免光强对光合机构造成失活或破坏。

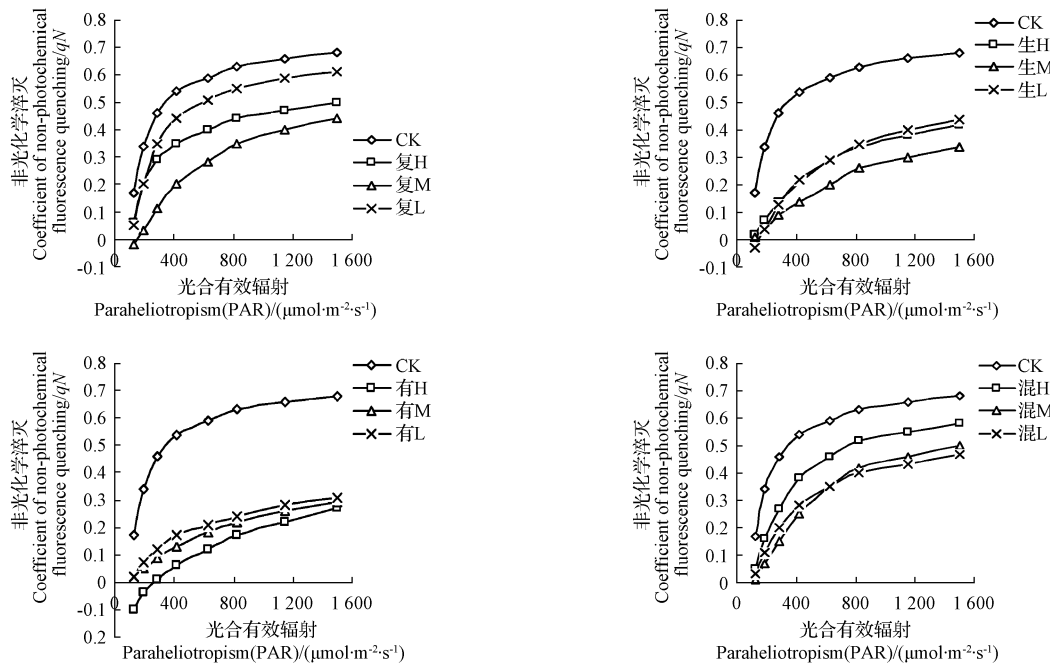


图 3 不同肥料处理下非光化学淬灭系数(qN)的光响应曲线

Fig. 3 The qN curves of *Cyclocarya paliurus* leaves after different fertilization treatments

3 讨论与结论

矿质元素参与植物光合作用、呼吸作用及物质合成等许多生理过程。生物肥中含有大量的内外生菌根真菌,可通过侵染宿主植物,改善或促进植物营养元素的吸收而改变叶片光合作用,进而促进植物的生长发育。研究结果表明,生物肥各浓度处理均显著影响了青钱柳叶片 F_o 和 F_v/F_m ,这与前人研究结果基本一致^[16], $Y(II)$ 和 qP 的变化趋势与前人研究结果基本一致^[16-17]。有机肥除了含有植物生长所需的大量元素和微量元素,还含有大量的微生物,微生物可对土壤中的有机物进行降解,转化为土壤养分,促进作物对水分和矿质营养的吸收,施用中等浓度有机肥的青钱柳叶片 F_o 和 F_v/F_m 都较对照显著增加,分别为 54% 和 12%,比复 M 处理也略高; qP 较对照在各光合有效辐射下都显著增加,分别为 78%~110%,比复 M 处理高 14%~26%;当照光强度(光化光)达到一定水平时,有 M 处理 $Y(II)$ 比对照高 100% 以上,比复 M 高 20%,这与前人研究结果基本一致^[18-19]。施用混合肥比单施用复合肥对叶绿素荧光参

数的影响要更显著,但较单施用有机肥和生物肥影响低。

F_v/F_m 是 PSII 最大光化学量子产量,该项数据反映了不同处理后青钱柳叶片的光合能力,各处理排序为对照<有 H<复 H<复 L<混 L<有 L<混 H<混 M=复 M=生 L<生 H=有 M<有 H<生 M。 $Y(II)$ 值在很大程度上也反映植物利用光能的能力,因为当照光强度达到较高水平时, $Y(II)$ 的信息才能真实地反映光合的状态,所以在光合有效辐射 $1\,500\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 下 $Y(II)$ 值比较各施肥处理的排序:对照<复 H<复 L<有 L<混 H<混 L=生 L=复 M<生 H<生 M=有 H=混 M=有 M。 qP 反映了 PSII 反应中心开放程度, qP 越大,PSII 的电子传递活性越大,综合分析,施肥处理对 qP 参数影响排序为对照<复 H<复 L<有 L<生 L<复 M<生 H=混 H=有 H<生 M<有 M<混 M。叶绿素荧光特性与植物的光合作用密切相关,植物光合作用又与苗木质量密切相关,综合已测得的叶绿素荧光参数,表明生 M、有 M、混 M 能显著增加青钱柳叶片的叶绿素荧光参数,提高叶片的光合能力,继而提高苗木质量。

参考文献

- [1] 连雷龙. 青钱柳的栽培技术[J]. 林业科技开发, 2003(3): 51-52.
- [2] 梁彦兰. 濒危树种青钱柳群落结构与栽培技术研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2004.
- [3] 李婷婷, 吴彩娥, 方升佐, 等. 青钱柳胶囊的装量稳定性及其降糖功效评价[J]. 食品工业科技, 2013(19): 337-340.
- [4] 李婷婷, 吴彩娥, 方升佐, 等. 青钱柳冲剂对糖尿病小鼠的降血糖功效[J]. 食品科学, 2012(15): 287-290.
- [5] 施利仙, 上官新晨, 王文君, 等. 青钱柳多糖对四氧嘧啶糖尿病小鼠的降血糖作用[J]. 营养学报, 2009(3): 263-266.
- [6] 徐明生, 沈勇根, 吴海龙, 等. 青钱柳水提物降血糖作用的研究[J]. 营养学报, 2004(3): 230-231.
- [7] WANG Q Q, JIANG C H, FANG S Z, et al. Antihyperglycemic, antihyperlipidemic and antioxidant effects of ethanol and aqueous extracts of *Cyclocarya paliurus* leaves in type 2 diabetic rats[J]. Journal of Ethnopharmacology, 2013, 150(3): 1119-1127.
- [8] 叶振南, 李楠, 盛丹丹, 等. 青钱柳多糖对高脂血症大鼠血脂及抗脂质过氧化作用的影响[J]. 现代食品科技, 2014(4): 1-5.
- [9] 刘姚, 陈婷婷, 傅凌韵, 等. 青钱柳多糖对高脂血症小鼠脂肪酸合成酶(FAS)表达影响[J]. 江西农业大学学报, 2013(2): 392-397.
- [10] 黄明圈, 上官新晨, 徐明生, 等. 青钱柳多糖降血脂作用的研究[J]. 江西农业大学学报, 2011(1): 157-161.
- [11] 洪俊溪. 青钱柳人工林材性试验研究[J]. 福建林学院学报, 1997(3): 214-217.
- [12] 许大全. 光合作用效率[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2002: 58-60.
- [13] 颜珣, 文仕知, 郭文平, 等. 施肥处理在高温季节对闽楠幼林叶绿素荧光特性的影响[J]. 中南林业科技大学学报, 2015(8): 73-76.
- [14] 杜研, 杨文忠, 孙林琦, 等. 不同施肥处理对核桃叶片光合作用和叶绿素荧光特性的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2015(4): 97-102.
- [15] 张守仁. 叶绿素荧光动力学参数的意义及讨论[J]. 植物学通报, 1999(4): 444-448.
- [16] 欧静, 何跃军, 刘仁阳, 等. 杜鹃花类菌根真菌对桃叶杜鹃幼苗光合性能及叶绿素荧光参数的影响[J]. 微生物学通报, 2013(8): 1423-1436.
- [17] 姚娟, 王茂胜, 石俊雄, 等. AM真菌对烟苗生长及叶绿素荧光特性的影响[J]. 贵州农业科学, 2012(9): 109-114.
- [18] 王通明, 陈伟, 潘文杰, 等. 有机肥和化肥对烟叶气体交换、叶绿素荧光特性及叶绿体超微结构的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2015(2): 517-526.
- [19] 张晓娜, 李捷, 葛晶, 等. 两种微生物有机肥对枸杞叶绿素荧光参数变化的影响[J]. 四川农业大学学报, 2014(4): 388-392.

Effect of Different Fertilization Treatments on Chlorophyll Fluorescence Characteristic of *Cyclocarya paliurus*

ZHANG Zhenming^{1,2}, REN Chunguang^{1,2}, ZHANG Yuwu¹, RAN Jie², LIU Yingying^{1,2}

(1. Guizhou Institute of Biology, Guiyang, Guizhou 550008; 2. College of Forestry, Guizhou University, Guiyang, Guizhou 550025)

Abstract: Taking annual seedlings of *Cyclocarya paliurus* as test materials, using four different fertilization treatments (compound fertilizer, organic fertilizer, biological fertilizer and mixed fertilizer), and each treatment had 3 different levels (low, middle and high), the effect of different fertilizer treatments on chlorophyll fluorescence parameters of *Cyclocarya paliurus* was investigated. The results showed that using the middle of organic fertilizer, biological fertilizer and mixed fertilizer could significantly improve F_o compared with the control, respectively 49%, 54% and 41%; using the middle of organic fertilizer, biological fertilizer and mixed fertilizer could improve F_v/F_m compared with the control, respectively 15%, 12% and 11%; using the middle of organic fertilizer, biological fertilizer and mixed fertilizer could significantly improve $Y(II)$ compared with the control and exceeded 100%; using the middle of organic fertilizer, biological fertilizer and mixed fertilizer could significantly improve qP compared with the control and exceeded 80%. So using the middle of organic fertilizer, biological fertilizer and mixed fertilizer could significantly improve chlorophyll fluorescence parameters of *Cyclocarya paliurus*, increased photosynthesis of leaf.

Keywords: *Cyclocarya paliurus*; fertilization; chlorophyll fluorescence parameters