

DOI: 10.11931/guihaia.gxzw201803056

引文格式: 胡晓甜, 刘守赞, 白岩, 等. 遮阴对浙江三叶青生理生化及总黄酮的影响 [J]. 广西植物, 2019, 39(7): 925-932.
HU XT, LIU SZ, BAI Y, et al. Effects of different shading treatments on physiology, biochemistry and total flavonoids of *Tetrastigma hemsleyanum* in Zhejiang Province [J]. *Guihaia*, 2019, 39(7): 925-932.

遮阴对浙江三叶青生理生化及总黄酮的影响

胡晓甜^{1,2}, 刘守赞³, 白岩^{1,2*}, 徐琳煜^{1,2}, 丁恒^{1,2},
吴学谦^{1,2}, 许海顺^{1,2}, 郑炳松^{1,2}

(1. 浙江农林大学省部共建亚热带森林培育国家重点实验室, 浙江 临安 311300; 2. 浙江农林大学 林业与生物技术学院, 浙江 临安 311300; 3. 浙江农林大学 植物园, 浙江 临安 311300)

摘要: 为探究抗癌药物浙江三叶青在不同遮阴处理下其有效成分总黄酮含量及生理生化响应, 该研究设置5个光照梯度(全光照CK、遮阴30%、50%、70%、90%), 以三叶青二年生扦插苗为材料, 处理6个月后, 测定三叶青在不同遮阴梯度条件下的生长指标、生化指标以及不同部位(叶片和块根)的总黄酮含量。结果表明: 遮阴70%的处理中植株长势最佳, 随着光照强度的减弱, 三叶青生物量呈现先增高后降低趋势; 比叶重呈降低趋势; 叶片中的可溶性蛋白(SP)、游离脯氨酸(FP)和超氧化物歧化酶(SOD)含量均在全光照下最高, 遮阴70%时最低, 分别比全光照降低了33.36%、17.22%、46.88%, 表现出光胁迫特点; 总黄酮含量为叶片>块根, 且均以遮阴70%下含量最高, 从整体来看, 总黄酮含量随着遮阴度的增大而呈现先增加后降低的趋势。这表明光照强度是影响浙江三叶青生长及有效成分积累的重要因素, 且高光强在一定程度上抑制三叶青植株的生长, 适当遮阴对三叶青植株的生长起促进作用, 但块根和叶片中的总黄酮含量对光强的响应却不同, 这为今后科学栽培种植及合理有效开发三叶青提供了科学依据。

关键词: 三叶青, 遮阴处理, 生长特性, 生理指标, 总黄酮含量

中图分类号: R28 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2019)07-0925-08

Effects of different shading treatments on physiology, biochemistry and total flavonoids of *Tetrastigma hemsleyanum* in Zhejiang Province

HU Xiaotian^{1,2}, LIU Shouzan³, BAI Yan^{1,2*}, XU Linyu^{1,2}, DING Heng^{1,2},
WU Xueqian^{1,2}, XU Haishun^{1,2}, ZHENG Bingsong^{1,2}

(1. State Key Laboratory of Subtropical Silviculture, Zhejiang Agriculture and Forestry University, Lin'an 311300, Zhejiang, China;
2. School of Forestry and Biotechnology, Zhejiang Agriculture and Forestry University, Lin'an 311300, Zhejiang, China;
3. Botanical Garden, Zhejiang Agricultural and Forestry University, Lin'an 311300, Zhejiang, China)

收稿日期: 2018-07-25

基金项目: 浙江省科技厅重点项目(2017C02012); 浙江省公益项目(2015C32096); 浙江农林大学人才项目(2016FR010); 浙江省新苗人才计划项目(2016R412039) [Supported by Provincial Science and Technology Department Key Program of Zhejiang (2017C02012); Public Welfare Program of Zhejiang (2015C32096); Zhejiang Agriculture and Forestry University Talent Program (2016FR010); New Talent Plan Program of Zhejiang (2016R412039)].

作者简介: 胡晓甜(1992-), 女, 河北石家庄人, 硕士研究生, 研究方向为药用植物栽培与生理, (E-mail) xiaotianhu1993@163.com。

*通信作者: 白岩, 博士, 副教授, 硕士研究生导师, 研究方向为药用植物栽培与生理、中药资源的保护与开发, (E-mail) hzbaiyan@zafu.edu.cn。

Abstract: *Tetragium hemsleyanum* is a kind of medicinal herbs, in which total flavonoids have anti-cancer effects. In recent years, with the increasing medical demand, it is imperative to explore the economic and biomimetic cultivation under the trees. The purpose of this study was to investigate total flavonoids contents, physiological and biochemical characteristics of *T. hemsleyanum* in Zhejiang Province responded to different light intensities. Biennial cuttings were used as experimental materials and five light gradients (full light, shade 30%, 50%, 70% and 90%) were set up. After six months' treatment, we determined the growth parameters (growth, biomass), biochemical parameters [soluble protein (SP), free proline (FP), superoxide dismutase (SOD)] and contents of total flavonoids in different parts (leaves and rhizomes). The results showed that total length of the stems, maximum length and width of leaves, weight of single rhizomes increased first and then decreased with the decrease of light intensity; specific leaf weights decreased overall. Contents of SP, FP and SOD in leaves were the highest with full light conditions, the lowest with 70% shading (lower than total light was 33.36%, 17.22%, 46.88%). It showed that excessive high light and low light both affected photosynthesis and accumulation of active ingredients. Total flavonoid contents in leaves were higher than those in rhizomes, and the highest values of leaves ($6.16 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$) and rhizomes ($2.21 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$) were treated with 70% shading. In general, *T. hemsleyanum* grew best and suffered lowest stress in 70% shading treatments. The study indicates that light intensity is an important factor affecting the growth and accumulation of active constituents in *T. hemsleyanum* of Zhejiang Province, and high light intensity inhibits the growth of *T. hemsleyanum* to a certain extent, and appropriate shading promotes the growth. The total flavonoid content in the leaves responded differently to light intensity, which provided a scientific reference for scientific cultivation and rational development of *T. hemsleyanum* in the future.

Key words: *Tetragium hemsleyanum*, shade treatment, growth characteristics, physiological indicators, total flavonoids

三叶青 (*Tetragium hemsleyanum*) 是葡萄科三叶崖爬藤属 (*Tetragium* Vitaceae) 植物, 以块根或者全草入药。药理研究表明, 三叶青无毒无害, 具有抗肿瘤、保肝、抗病毒、抗炎、调节免疫等作用 (陈丽芸和郭素华, 2012)。其中, 三叶青中的黄酮类有效成分对肝癌、食管癌和结肠癌细胞皮下移植瘤等多种肿瘤细胞的增殖及转移凋亡均有明显的抑制作用 (汪正飞等, 2017; 钟良瑞等, 2016; 林霜等, 2016; 张胜强等, 2017), 药用价值极高。因此, 研究促进三叶青中黄酮类化合物合成的条件极其必要。

野生三叶青生于山坡、山沟或溪谷两旁林下阴处, 强光照射常导致生长发育不良, 甚至死亡, 因此, 引发学者对光调控三叶青生理特性及总黄酮积累的研究兴趣。徐琳煜等 (2018) 研究发现, 强光、高温、低湿等环境条件使三叶青光合活跃度下降, 对其生长产生胁迫; 并且三叶青的气孔导度、蒸腾作用和叶绿素荧光响应等均受到光照强度的影响 (Dai et al., 2009; 刘崧艳等, 2015); 彭昕等 (2012) 以不同光照周期处理三叶青, 结果显示,

连续光照有利于三叶青愈伤组织中黄酮类物质的积累, 黑暗抑制黄酮化合物的合成。目前, 光调控三叶青黄酮化合物合成积累、生理生化过程、生长发育的研究还较为基础, 其植株和块根生长、可溶性物质及有效成分在光调控下的变化规律尚未见报道。因此, 本研究以浙江省三叶青的生长特性、可溶性蛋白 (SP)、游离脯氨酸 (FP)、超氧化物歧化酶 (SOD) 和总黄酮含量为主要指标, 探究其对光照强度的响应规律, 研究结果可为三叶青进一步研究提供科学依据, 具有重要的实际意义。

1 材料与amp;方法

1.1 研究地概况和材料处理

选用 2 a 生小叶型高产三叶青品系扦插苗为试验材料, 由浙江省台州市黄岩常柳植物科技有限公司提供, 经浙江农林大学周爱存博士鉴定为三叶青。试验于浙江农林大学省部共建重点实验室进行 ($119^{\circ}43'26.92'' \text{ E}$, $30^{\circ}15'30.39'' \text{ N}$)。

2016 年 3 月末, 将三叶青扦插苗移栽至营养

钵中, 基质用田园土、泥炭、珍珠岩、牛粪按照 4:4:4:1 配比制成。放在遮阴棚下缓苗 1 个月后, 选取长势一致、健壮、无病虫害的三叶青苗 60 盆, 随机分为 3 个重复, 每个重复中分为 5 组, 每组 4 盆, 分别放置在遮阴度为 30% (光强约为 $550 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)、50% (光强约 $390 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)、70% (光强约 $235 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$) 和 90% (光强约 $80 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$) 的遮阴棚里, 对照组 (CK) 用白色双透网遮盖。所有遮阴棚内光强均采用照度计测定透光率, 选择晴朗无云的正午 (光强约 $780 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$) 连续测定一周, 将透光率误差控制在 $\pm 5\%$ 左右。

定期对各处理的三叶青苗进行浇水、杀虫、除草、生长搭架等日常养护工作。生长指标、生理指标、总黄酮含量选择处理 6 个月后进行测定。

1.2 仪器和试剂

紫外分光光度计 (UNICO 3802 UV/VIS Spectrophotometer)、超声仪 (KQ5200DE 型数控超声波清洗器)、芦丁标准品 (天津万象恒远科技有限公司, 序列号为 PCM-MA-005, 纯度 $\geq 97\%$)、牛血清蛋白、考马斯亮蓝 G-250 试剂、茛三酮。

1.3 生理生化指标测定

1.3.1 生长量及生物量 每种光强处理选择长势相近的三叶青 3 株, 测定茎长 (cm)、最大叶片长和叶宽 (cm)、植株鲜重 (g)、干重 (g)、块根单株产量 (g), 比叶重采用打孔法测定并计算, 重复 3 次。

1.3.2 生化指标 可溶性蛋白 (SP) 采用考马斯亮蓝 G-250 方法测定, 游离脯氨酸 (FP) 含量采用茛三酮显色法测定, 超氧化物歧化酶 (SOD) 活性采用氮蓝四唑 (NBT) 法测定 (李合生, 2000)。

1.4 总黄酮含量测定

1.4.1 标准品制备 参照张朝辉和丁芳林 (2016) 超声提取法制备总黄酮标准品。

1.4.2 供试样品制备 参照张朝辉和丁芳林 (2016) 超声提取法制备总黄酮供试品。

1.4.3 方法学考察 (1) 线性关系考察: 分别吸取 0.5、1.0、1.5、2.0、2.5 mL 标准品溶液于 25 mL 容量瓶中, 按照 1.4.2 方法制备样品。在 510 nm 波长下测定吸光度, 绘制标准曲线。(2) 稳定性考察: 按 1.4.2 方法制备供试品, 分别在 0、15、30、45、

60、75 min 测定其吸光度, 计算 RSD 值。(3) 重复性考察: 按 1.4.2 方法重复制备 5 份供试品, 分别测定其吸收度, 计算 RSD 值。(4) 精密度考察: 按 1.4.1 方法制备标准品, 吸取 5 次, 测定其吸收度, 计算 RSD 值。

1.4.4 样品含量测定 每个光强处理取样品 3 株, 按 1.4.2 方法制备供试品, 测定其吸收度, 带入回归方程计算总黄酮的浓度及含量。

1.5 数据处理

用 Excel 和 SPSS 22.0 软件进行数据处理。

2 结果与分析

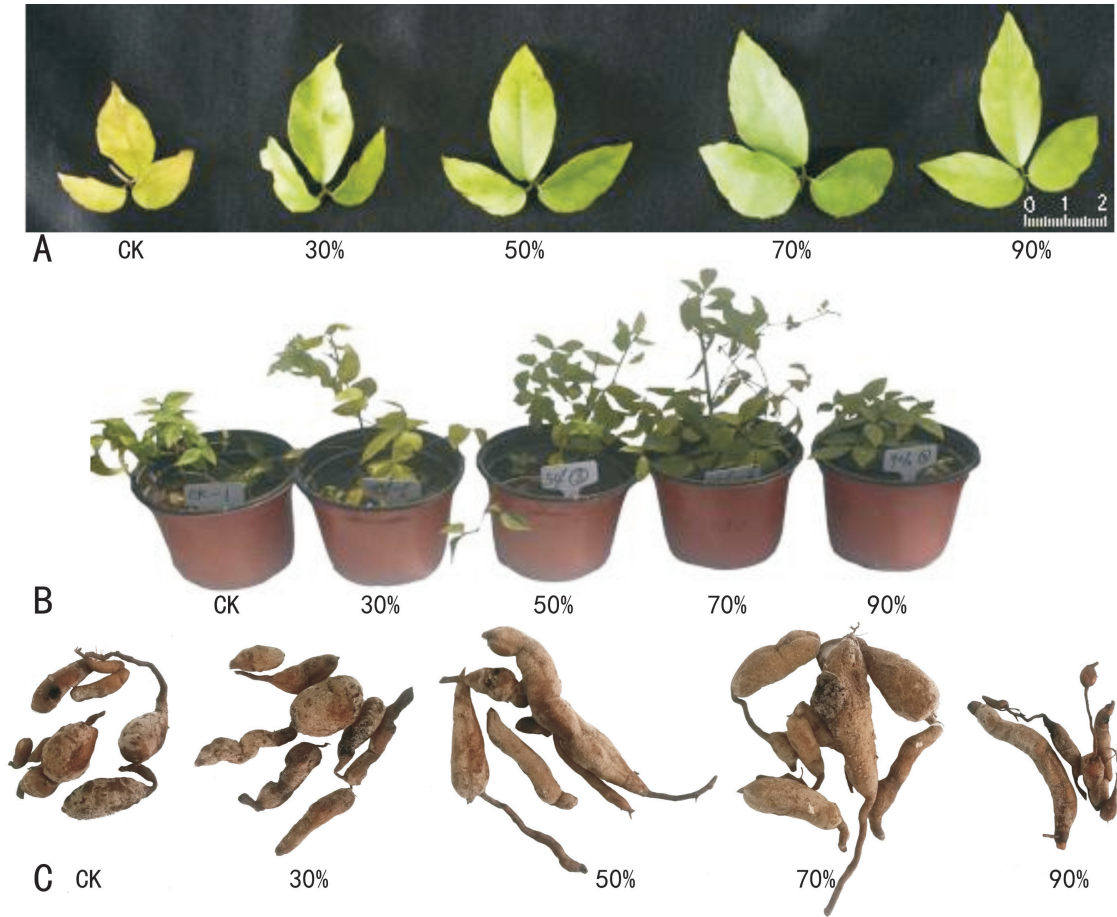
2.1 不同光强处理对三叶青生长性状的影响

遮阴处理后, 三叶青生长状况如图 1 所示。随着遮阴程度升高至 70%, 叶片颜色逐渐加深, 植株长势良好, 块根数量较多, 遮阴达到 90% 时, 叶片颜色变淡, 植株生长矮小, 块根长势不佳, 表明高光强和过度遮阴均不利于三叶青的植株生长和块根结块。

三叶青生长量结果如表 1 所示。随着光照强度的逐渐减弱, 茎长、最大叶片长、最大叶片宽及块根单株产量均呈现先增加后降低趋势, 且均在 70% 遮阴处理下达到最大值, 表明适当的遮阴可以促进三叶青植株生长及块根产量。徐大鹏等 (2013) 研究发现随着光照强度的降低, 胡麻 (*Linum usitatissimum*) 的株高和节间距呈上升趋势; 很弱的光照强度使胡麻的幼茎变细, 硬度降低, 无法发育成苗。在弱光条件下, 植物为更好地获取光能进行光合生长, 叶片面积会变大, 与刘林等 (2017) 的研究结果相同。

图 2 结果显示, 三叶青叶片鲜、干重随着光照强度的减弱, 呈现先增高后降低的趋势, 且均在遮阴 70% 处理中达到最大值, 显著高于其他处理。计算得出, 叶片干鲜比随光照强度的减弱呈下降趋势 (分别为 0.36、0.26、0.24、0.25、0.22), 结合表 1 得出, 遮阴促进植物叶片形态建成, 但是其干物质合成效率有所降低。

图 3 结果显示, 比叶重在遮阴 90% 处理中达到最小值, 其他各处理随着光照强度的降低而呈现



注: A. 叶片生长量; B. 植株生长量; C. 块根生长量。
 Note: A. Leaf growth; B. Plant growth; C. Rhizome growth.

图 1 不同遮阴水平对三叶青生长量的影响

Fig. 1 Effects of different shade levels on growth of *Tetrastigma hemsleyanum*

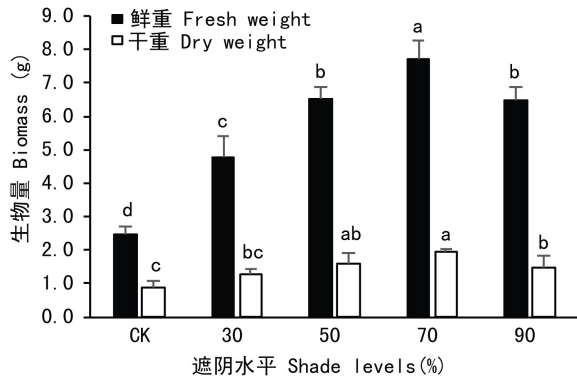
表 1 不同遮阴水平对三叶青生长量的影响

Table 1 Effects of different shade levels on increment of *Tetrastigma hemsleyanum*

参数 Parameter	遮阴水平 Shade levels				
	CK	30%	50%	70%	90%
茎长 Stem length (cm)	27.00±3.61c	31.33±1.53c	42.33±2.52b	61.67±1.53a	32.33±0.58c
最大叶片长 Max length in leaves (cm)	4.98±0.95b	4.88±0.74b	5.38±0.58ab	5.74±0.88a	5.59±0.58ab
最大叶片宽 Max width in leaves (cm)	1.98±0.36b	2.40±0.33ab	2.58±0.42ab	2.79±0.50a	2.74±0.41ab
块根单株产量 Weight of single rhizome (g)	7.66±1.30cd	9.32±0.57bc	12.35±1.54ab	14.62±1.07a	4.32±0.71d

注: 不同字母表示在 0.05 水平上差异显著。

Note: Different letters mean significant difference at 0.05 level.



注: 不同字母表示在 0.05 水平上差异显著。下同。

Note: Different letters mean significant differences at 0.05 level. The same below.

图 2 不同遮阴水平对三叶青生物量的影响

Fig. 2 Effects of different shade levels on biomass of *Tetrastigma hemsleyanum*

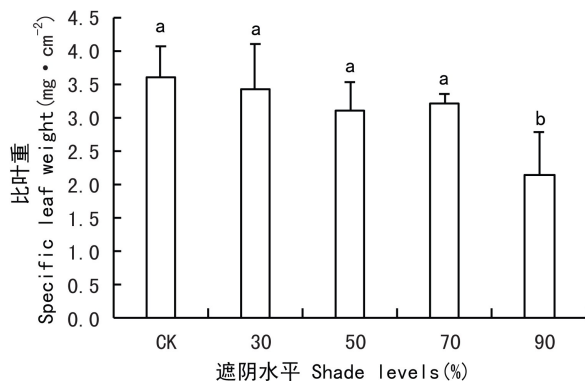


图 3 不同遮阴水平对三叶青比叶重的影响

Fig. 3 Effects of different shade levels on specific leaf weight of *Tetrastigma hemsleyanum*

降低趋势,但差异不显著。分析认为,过低的光照强度抑制植物光合作用,干物质积累不足,最终影响植株正常生长发育(李婷等,2016)。

2.2 不同光强对三叶青相关生化指标的影响

图 4 为 SP、FP、SOD 含量的测定结果。由图 4 可知,与全光照和遮阴 90% 处理相比,SP、FP、SOD 含量均以遮阴 70% 处理下达到最小值,分别比全光照分别降低了 33.36%、17.22%、46.88%,且差异显著;遮阴 30% 和 50% 处理下的 SP、FP、SOD 含量略高于 70% 处理。分析认为,三叶青对遮阴

30%~70% 之间的光照强度较为适应,而全光照和遮阴 90% 则使其处于光逆境中,3 个指标含量显著增加,产生明显的抗逆反应(何静雯等,2018)。

2.3 总黄酮含量测定结果

2.3.1 方法学考察结果 芦丁标准品线性关系方程为 $A = 11.000 C + 0.002$, $R^2 = 0.999$ 。其中, A 为吸收度, C 为标准品浓度。稳定性试验结果良好,即三叶青块根和叶片中总黄酮提取物在 75 min 内稳定, RSD 为 1.37%; 重复性考察结果 RSD 为 3.33%, 表明该试验重复性较好; 精密密度试验结果 RSD 为 0.78%, 显示精密密度良好。

2.3.2 样品含量测定结果 三叶青叶片和块根中总黄酮含量测定结果见图 5。

由图 5 可知,三叶青叶片中的总黄酮含量高于块根含量,且二者变化趋势均为随着光照强度的减小呈现先增加后降低的趋势。其中,叶片总黄酮含量以遮阴 70% 处理下的最高,为 $6.16 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,与 90% 处理差异显著;块根中的总黄酮含量亦为 70% 处理下最高,为 $2.21 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,与遮阴 30% 和 50% 相近,显著高于 CK 和 90% 处理,说明适当遮阴会促进总黄酮的积累。罗宝丽等(2011)研究表明紫金牛(*Ardisia japonica*)根、茎、叶间总黄酮含量的高低顺序大致为叶>根>茎;不同的光照强度对 2 年生银杏(*Ginkgo biloba*)的不同部位的总黄酮含量及其产量均有影响,其中银杏的总黄酮含量及产量以 76% 光照处理最高(Xu et al., 2014)。

3 讨论与结论

3.1 三叶青生长特性对不同光强的响应

在不同遮阴处理下,三叶青的生长特性呈规律性变化,即随着光照强度的减弱,茎长、最大叶片长、叶宽、块根单株量及鲜干重呈现先增高后降低趋势,比叶重呈降低趋势,且均在遮阴 70% 处理下达到最大值。蔡虎铭等(2018)研究发现不同光强对滇重楼(*Paris polyphylla* var. *yunannensis*)生物量的积累有显著影响;不同光强对樱桃萝卜(cherry radish)的干、鲜重有一定差异(查凌雁和刘文科,2018),与本研究结果相同;王锐洁等(2019)研究发现遮阴可增加虎耳草的叶宽、叶长、

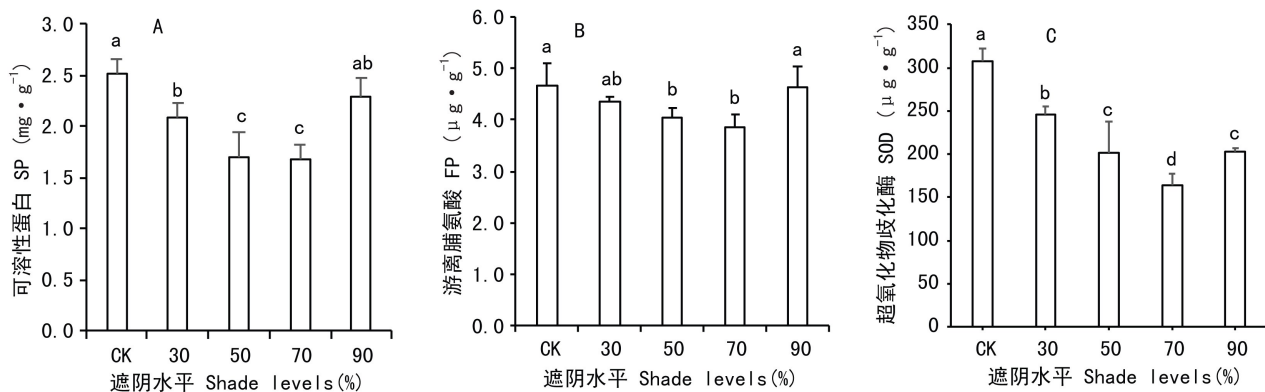


图4 不同遮阴水平对三叶青叶片中SP(A)、FP(B)和SOD(C)含量的影响

Fig. 4 Effects of different shade levels on SP(A), FP(B) and SOD(C) contents of *Tetrastigma hemsleyanum*

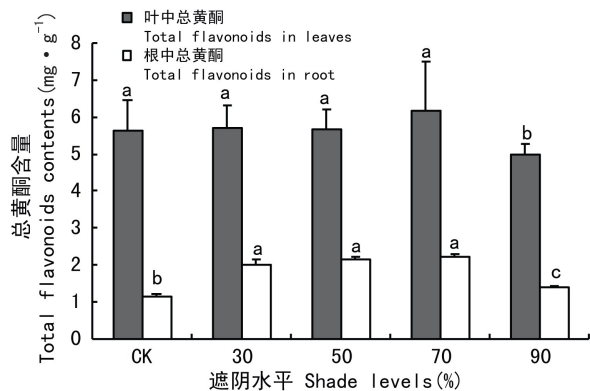


图5 三叶青叶片、块根中总黄酮含量测定结果

Fig. 5 Results of total flavonoids contents in leaves and rhizome of *Tetrastigma hemsleyanum*

总叶面积和降低叶厚;刘林等(2017)发现很多植物在弱光条件下通过降低比叶重来增加受光面积;Dai et al. (2009)的研究表明当植物生长在67%遮阴梯度下时,三叶青叶片外观最好, P_n 值最大;当光强度超过50%时,由于光抑制,光合作用下降。

三叶青叶片干鲜比随着光照强度的减弱呈现直线下降的规律,说明遮阴处理会降低三叶青干物质的合成和积累效率,总体来说,光强对植株鲜重影响较大,对干重影响不显著,与凌查雁和刘文科(2018)研究结果相似。

3.2 不同光强对三叶青生化指标的影响

随着光照强度的减弱,三叶青叶片中的SP、

FP、SOD的含量均呈现先降低后升高的趋势,在70%遮阴处理下达到最小值,遮阴90%处理下出现微上升,表现出对强光及弱光胁迫的响应。多种植物研究表明,逆境条件下,SP、FP与SOD会大量积累,故而常作为抗逆性指标(何静雯等,2018),例如,陶巧静等(2014)发现西洋杜鹃(*Rhododendron hybridum*)在光强胁迫下通过提高SP含量来帮助维持植物细胞较低的渗透势,从而抵抗胁迫带来的伤害;陈磊等(2012)研究表明,茄子(*Solanum melongena*)在遮阴条件下会通过FP的积累来增强自身渗透调节能力,适应弱光胁迫;桉木幼苗在遭受胁迫时,其体内超氧离子基团会增加,SOD含量上升(刘柿良等,2012),以上结果均与本研究结果相近,即三叶青在全光照和遮阴90%时SP、FP、SOD含量较高,应是对光环境的一种自我适应机制。

3.3 不同光照处理下三叶青叶片及块根中总黄酮含量的比较

三叶青块根和叶片中的总黄酮含量均受光强变化调控,以遮阴70%时含量最高,且总黄酮含量为叶片>块根。研究显示,适宜的光照强度能够影响植物黄酮化合物的合成,例如,苏文华等(2006)发现光强会影响灯盏花(*Erigeron breviscapus*)的生长与总黄酮含量,在全光照下其生物量积累和黄酮产量最高;银杏叶中黄酮类化合物存在显著的光强效应(徐友等,2016)。此外,光强也可以影响

不同药用部位的总黄酮含量,如野蔷薇(*Rosa multiflora*)中总黄酮含量为根皮>叶>茎>青果皮>红果皮>红果籽>青果籽(王玲等,2015)。

综上所述,浙江省三叶青在遮阴 70% 处理下叶色深绿、长势最佳、生物量最大,且块根和叶片中总黄酮含量最高;高光强在一定程度上抑制三叶青的生长和有效成分合成积累,适当遮阴对植株的生长起促进作用。由于本试验是以浙江三叶青作为主要材料进行遮光处理并研究,故所得结果存在一定的局限性,但仍可为进一步研究三叶青对光调控响应机制提供科学依据。

参考文献:

CAI HM, LIANG SW, HUANG X, et al., 2018. Effects of different LED blue light intensity on photosynthetic and fluorescent characteristics and anatomical features of *Paris polyphylla* var. *yunannensis* [J]. *SW Chin J Agric Sci*, 31(2):313-317. [蔡虎铭, 梁社往, 黄希, 等, 2018. LED 蓝光不同光强对滇重楼光合荧光特性和解剖结构的影响 [J]. *西南农业学报*, 31(2): 313-317.]

CHEN L, GUO J, TIAN SB, et al., 2012. Effects of low temperature and poor light intensity stress on antioxidant properties in seedlings of different eggplant varieties [J]. *SW Chin J Agric Sci*, 25(6):2054-2058. [陈磊, 郭军, 田时炳, 等, 2012. 低温弱光胁迫对不同茄子品种幼苗抗氧化特性的影响 [J]. *西南农业学报*, 25(6):2054-2058.]

CHEN LY, GUO SH, 2012. Progress in studies of chemical composition and pharmacological effects of *Tetrastigma hemsleyani* [J]. *J Zhejiang Chin Med Univ*, 36(12): 1368-1370. [陈丽芸, 郭素华, 2012. 三叶青的化学成分及药理作用研究进展 [J]. *浙江中医药大学学报*, 36(12): 1368-1370.]

DAI YJ, SHEN ZG, LIU Y, et al., 2009. Effects of shade treatments on the photosynthetic capacity, chlorophyll fluorescence, and chlorophyll content of *Tetrastigma hemsleyanum* Diels et Gilg [J]. *Environ Exip Bot*, 65(3): 177-182.

HE JW, MING M, LU D, et al., 2018. Effects of low-light stress on plant growth and physiological characteristics [J]. *Chin Agric Sci Bull*, 34(6):123-130. [何静雯, 明萌, 卢丹, 等, 2018. 弱光胁迫对植物生理特性影响的研究进展 [J]. *中国农学通报*, 34(6):123-130.]

LENG HB, YE K, QIN J, et al., 2016. Effects of shading on photosynthetic characteristics of two dwarf bamboo species [J]. *J NW For Univ*, 31(1): 65-70. [冷寒冰, 叶康, 秦俊, 等, 2016. 遮阴对 2 种地被竹光合特性的影响 [J]. *西北林学院学报*, 31(1): 65-70.]

LI HS, 2000. Principles and techniques of plant physiological

biochemical experiment [M]. Beijing: Higher Education Press: 167-169, 184-185, 258-260. [李合生, 2000. 植物生理生化试验原理和技术 [M]. 北京: 高等教育出版社: 167-169, 184-185, 258-260.]

LI T, ZHANG XJ, YANG B, et al., 2016. Effects under different light intensity on growth and main medicinal component of *Andrographis paniculata* [J]. *Modern Agric Sci Technol*, 1(1): 97-98. [李婷, 张向军, 杨彬, 等, 2016. 光强对穿心莲生长及药用成分的影响研究 [J]. *现代农业科技*, 1(1): 97-98.]

LIN S, ZHONG LR, WEI KM, 2016. Apoptosis-inducing effect of ethylacetate extracts of *Sanyeqing* (*Tetrastigma hemsleyanum*) on colorectal cancer cell HT29 subcutaneous transplanted tumor [J]. *Chin J Trad Med Sci Technol*, 23(5): 542-545. [林霜, 钟良瑞, 魏克民, 2016. 三叶青乙酸乙酯提取物对结肠癌 HT29 细胞皮下移植瘤的诱导凋亡作用 [J]. *中国中医药科技*, 23(5): 542-545.]

LIU L, ZHANG LY, FEI WQ, et al., 2017. Comparative of photosynthetic characteristics of *Rhododendron triflorum* under different light environments [J]. *N Hortic*, (10): 62-65. [刘林, 张良英, 费文群, 等, 2017. 不同光环境下三花杜鹃光合特性的比较 [J]. *北方园艺*, (10): 62-65.]

LIU SL, MA MD, PAN YZ, et al., 2013. Effects of light regimes on photosynthetic characteristics and antioxidant system in seedlings of two alder species [J]. *Chin J Plant Ecol*, 36(10): 1062-1074. [刘柿良, 马明东, 潘远智, 等, 2013. 不同光强对两种桤木幼苗光合特性和抗氧化系统的影响 [J]. *植物生态学报*, 36(10): 1062-1074.]

LIU YY, ZHOU YF, LI Q, et al., 2015. Study on leaf transpiration and stomatal structure of medicinal plant *Tetrastigma hemsleyanum* [J]. *Chin Trad Herb Drugs*, 46(17): 2610-2617. [刘崑艳, 周以飞, 李清, 等, 2015. 三叶青的蒸腾作用与气孔结构研究 [J]. *中草药*, 46(17): 2610-2617.]

LUO BL, JIANG YS, TANG H, et al., 2011. Optimization of extracting conditions and the content comparative analysis of flavonoid of *Ardisia corymbifera* Mez var. *tuberifera* C. Chen from different areas and different sections [J]. *Genomics Appl Biol*, 1(30): 57-61. [罗宝丽, 蒋运生, 唐辉, 等, 2011. 块根紫金牛总黄酮提取工艺优化和不同产地、部位的含量比较 [J]. *基因组学和应用生物学*, 1(30): 57-61.]

PENG X, LIN YN, HE JY, et al., 2012. Influence of culture conditions on the growth of callus and content of total flavonoids in *Tetrastigma hemsleyanum* [J]. *Pharm Biot*, 19(2): 138-141. [彭昕, 林言娜, 何军邀, 等, 2012. 培养条件对三叶青愈伤组织生长及总黄酮含量的影响 [J]. *药物生物技术*, 19(2): 138-141.]

SU WH, ZHANG GF, LI XH, et al., 2006. Effect of light intensity and light quality on growth and total flavonoid accumulation of *Erigeron breviscapus* [J]. *Chin Trad Herb Drug*, 37(8): 1244-1247. [苏文华, 张光飞, 李秀华, 等, 2006. 光强和光质对灯盏花生长与总黄酮量影响的研究

- [J]. 中草药, 37(8): 1244-1247.]
- TAO QJ, WU YY, FU T, et al., 2015. Effect of low light stress on physiological characteristics and ultrastructure of *Rhododendron hybridum* leaves [J]. *Sci Silv Sin*, 51(3): 84-92. [陶巧静, 吴月燕, 付涛, 等, 2015. 弱光胁迫对西洋杜鹃生理特性和叶片超微结构的影响 [J]. 林业科学, 51(3):84-92.]
- WANG L, KANG JL, SHANG LY, et al., 2015. Comparison of total flavonoid content in different parts of *Rosa multiflora* Thunb [J]. *Chin J Chin Med*, 208(30): 1332-1334. [王玲, 康俊丽, 尚路遥, 等, 2015. 野蔷薇不同部位的总黄酮含量比较研究 [J]. 中医学报, 208(30): 1332-1334.]
- WANG RJ, LIU X, YANG SJ, et al., 2019. Effects of shading on growth and photosynthesis of *Saxifraga stolonifera* Curt. under nitrogen deposition [J]. *J Southern Agric*, 50(2): 330-337. [王锐洁, 刘筱, 杨淑君, 等, 2019. 氮沉降背景下遮阴对虎耳草生长和光合作用的影响 [J]. 南方农业学报, 50(2): 330-337.]
- WANG ZF, YANG ZR, ZHANG YW, et al., 2017. Study on effect of total flavonoids from radix *Tetragium* on human hepatocellular carcinoma Hep G-2 cells and xenograft tumor in nude mice [J]. *Chin Arch Trad Chin Med*, 35(10): 2615-2620. [汪正飞, 杨祝仁, 张轶雯, 等, 2017. 三叶青总黄酮对人肝癌 Hep G-2 细胞及裸鼠异种移植瘤的药效作用研究 [J]. 中华中医药学刊, 35(10): 2615-2620.]
- XU DP, YAO ZE, YIN YZ, et al., 2013. Effects of light intensity on growth characteristics of *Linum usitatissimum* L. [J]. *Mod Agric Sci Technol*, (8): 9-13. [徐大鹏, 姚泽恩, 尹永智, 等, 2013. 不同光强对胡麻幼苗生长发育特性的影响 [J]. 现代农业科技, (8): 9-13.]
- XU Y, WANG HL, WANG GB, et al., 2016. Effects of temperature and light intensity on flavonoid biosynthesis of ginkgo (*Ginkgo biloba* L.) leaves [J]. *J Central S Univ For Technol*, 36(4): 30-34. [徐友, 王欢利, 汪贵斌, 等, 2016. 温度和光照强度对银杏叶黄酮合成的影响 [J]. 中南林业科技大学学报, 36(4): 30-34.]
- XU Y, WANG GB, CAO FL, et al., 2014. El-kassaby light intensity affects the growth and flavonol biosynthesis of Ginkgo (*Ginkgo biloba* L.) [J]. *New For*, 45(6): 765-776.
- YE SY, SHAO QS, XU MJ, et al., 2017. Effects of light quality on morphology, enzyme activities, and bioactive compound contents in *Anoectochilus roxburghii* [J]. *Frontiers in Plant Sci*, 857(8):1-7.
- ZHA LY, LIU WK, 2018. Effects of red/blue light ratio with different light intensity on growth and yield of cherry radish [J]. *Chin J Agrometeorol*, 39(3):162-167. [查凌雁, 刘文科, 2018. 不同光强下红蓝光配比对樱桃萝卜生长与产量的影响 [J]. 中国农业气象, 39(3):162-167.]
- ZHANG SQ, ZHANG HY, HUANG HY, et al., 2017. Inhibitory effect of down-regulation of Notch1 on *Tetragium hemsleyani* radix flavone on migration [J]. *Chin J Exp Trad Med Form*, 23(5): 162-167. [张胜强, 张洪艳, 黄建伟, 等, 2017. Notch1 下调对三叶青黄酮抑制食管癌 EC9706 细胞迁移和侵袭的影响 [J]. 中国实验方剂学杂志, 23(5): 162-167.]
- ZHANG ZH, DING FL, 2016. Research on determination of the total flavonoids content in *Ficus pumila* L. [J]. *Hubei Agric Sci*, 55(14):3727-3729. [张朝辉, 丁芳林, 2016. 薜荔中的总黄酮含量测定研究 [J]. 湖北农业科学, 55(14): 3727-3729.]
- ZHONG LR, LIN S, WEI KM, 2016. Inhibitory effects of radix *Tetragium hemsleyani* flavone on growth and invasion of lung carcinoma cells [J]. *Chin Pharmacol Bull*, 32(4): 480-483. [钟良瑞, 林霜, 魏克民, 2016. 三叶青黄酮抗肺癌作用研究 [J]. 中国药理学通报, 32(4): 480-483.]