

光质、光强对远志种子萌发和幼苗生理特性的影响

赵停, 李静, 安衍茹, 黄涛, 王媛媛, 彭亮*, 杨冰月, 胡本祥*, 刘晓菊, 郭文琴
(陕西中医药大学, 陕西 咸阳 712046)

[摘要] **目的:**通过不同光质、光强对种子萌发、幼苗生理特性和总酚、总黄酮含量影响的研究,为远志的前期育苗提供参考,为增加远志中总酚、总黄酮的含量提供理论依据。**方法:**用不同的光质、光强干预远志种子的发芽和幼苗的生长,测定种子的发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数、幼苗的株高、根长、干重、鲜重及总酚、总黄酮含量。**结果:**红光下远志种子的发芽指标及幼苗的生长指标均显著高于白光,白光下的幼苗总黄酮含量最高,红光下总酚含量最高。不同光照强度对远志种子的发芽率、发芽势、发芽指数无影响,300,500 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 的光强促进远志幼苗的生长,100 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 光强下总黄酮含量最高,300 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 光强下总酚含量最高。**结论:**不同光质、光强对种子发芽和幼苗生长的影响表明,红光能够促进远志种子的萌发和远志幼苗的生长,白光促进总黄酮的生成,红光促进总酚的生成。光照强度对远志种子的萌发无影响,500 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 的光照强度更适宜于远志幼苗的生长,100 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 的光强有利于总黄酮的生成,300 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 的光强有利于总酚的生成。研究表明,光质光强对远志幼苗生长和总酚总黄酮含量的影响,可能与远志种子及幼苗内的激素含量有关,但具体过程还有待进一步验证。

[关键词] 远志; 光质; 光强; 发芽; 总酚; 总黄酮

[中图分类号] R284.1;R282.2;R2-031 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2018)17-0068-06

[doi] 10.13422/j.cnki.syfjx.20181010

[网络出版地址] <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3495.R.20180313.1135.008.html>

[网络出版时间] 2018-03-13 14:20

Effect of Light Quality and Intensity on Seed Germination and Seedling Physiological Characteristics of *Polygala tenuifolia*

ZHAO Ting, LI Jing, AN Yan-ru, HUANG Tao, WANG Yuan-yuan, PENG Liang*, YANG Bing-yue, HU Ben-xiang*, LIU Xiao-ju, GUO Wen-qin
(Shaanxi University of Chinese Medicine, Xianyang 712046, China)

[Abstract] **Objective:** To provide a reference for early seedling of *Polygala tenuifolia* and provide theoretical basis for increasing total phenols and total flavonoids through the study on the effects of light quality and intensity on seed germination, seedling physiological characteristics of *P. tenuifolia* as well as on total phenolics and total flavonoids. **Method:** Light with quality and intensity was used to intervene the germination of seed and the growth of seedling of *P. tenuifolia*, and then the germination rate, germination energy, germination index, vigor index, plant height, root length, dry weight, fresh weight, total phenolics and total flavonoids were detected and determined. **Result:** The germination index and seedling growth index of *P. tenuifolia* under red light were significantly higher than those of control group, and the total flavonoids content of seedlings under white light was highest, while the total phenols content was highest in red light. The germination rate, germination potential and germination index of seeds of *P. tenuifolia* were not affected by different light intensity. The light intensity of

[收稿日期] 20170822(020)

[基金项目] 国家中医药行业科研专项(201507002-1-08)

[第一作者] 赵停,在读硕士,从事中药质量标准化控制技术研究,E-mail:1907768191@qq.com

[通信作者] *胡本祥,教授,硕士生导师,从事中药质量控制标准及中药规范化栽培技术研究,E-mail:hb800823@126.com;

*彭亮,博士,从事中药资源与评价及中药材质量控制标准研究,E-mail:ppengliang@126.com

300, 500 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ promoted the growth of *P. tenuifolia* seedlings. The total flavonoids content under the light intensity of 100 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ was highest, and the total phenols content was highest under the light intensity of 300 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. **Conclusion:** The effects of different light quality and intensity on seed germination and seedling growth showed that red light can promote the germination of *P. tenuifolia* seeds and the growth of *P. tenuifolia* seedlings; white light could promote the formation of total flavonoids, and red light could promote the production of total phenolics. Light intensity had no effect on seed germination of *P. tenuifolia*. The illumination intensity of 500 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ was more suitable for the growth of *P. tenuifolia* seedlings. The light intensity of 100 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ was beneficial to the formation of total flavonoids, and the light intensity of 300 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ was beneficial to the formation of total phenols. Research showed that the effects of light quality and intensity on seedling growth and the content of total flavonoids and total phenolics of *P. tenuifolia*, may be related to hormones content, but the specific process remained to be verified.

[**Key words**] *Polygala tenuifolia*; light quality; light intensity; germination; total phenolics; total flavonoids

远志为远志科植物远志或卵叶远志 *Polygala sibirica* 的干燥根。春、秋二季采挖,除去须根和泥沙,晒干。分布于东北、华北、西北及山东、江苏、安徽和江西等地。气微,味苦、微辛,嚼之有刺喉感。具有安神益智,交通心肾,祛痰,消肿的功效,用于心肾不交引起的失眠多梦、健忘惊悸、神志恍惚,咳痰不爽,疮疡肿毒,乳房肿痛等症^[1]。目前对远志的研究大多集中在化学成分和药理活性等方面^[2-4],对远志种子的萌发特性及光照条件对其萌发影响的研究较少。

光作为植物生长发育最重要的环境因素之一,控制并决定着植物的生长、发育以及分化等过程,且光质对植物气孔器运动、叶片生长、光合色素以及光合碳同化都有一定的调控作用^[5]。研究表明,光质和光强对种子的萌发和植物的生长发育表现出明显的促进或抑制作用。刘卫成等^[6]研究表明,红,7红/1蓝,5红/1蓝光均能促进黄瓜种子的发芽,蓝光抑制种子的发芽,株高、鲜重、干重、根长等指标都随着复合光中红光比例的增大而逐渐增大。韦峰等^[7]研究表明,红光,蓝光,5红/1蓝,7红/1蓝均能够明显促进辣椒种子的萌发,以红光效果最好,且红光下辣椒幼苗的株高、鲜重最大,蓝光下的茎粗最大,7红/1蓝下根长、干重最大。闫兴富等^[8]研究表明柠条锦鸡儿种子的萌发率、萌发速率、萌发指数和萌发值均在 346 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 光照处理时最大,且随遮荫程度的增强逐渐减小,幼苗株高随光照的减弱而增高,基径、复叶数、主根长、总干重随着光强的减弱也呈减小趋势。但目前并未有研究表明光质和光强对远志种子和幼苗的影响,且环境因子对中药总酚、总黄酮含量影响的研究也较少。本实验以

远志种子及幼苗为研究对象,探讨其在不同 LED 光质光强条件下的发芽情况、幼苗生长情况及幼苗中总酚总黄酮含量,从而筛选出适合远志种子萌发、幼苗生长及总酚总黄酮积累的光照条件,为远志栽培前期的育苗和以获取远志总黄酮总酚为目的的远志栽培提供一定的科学依据。

1 材料

远志种子采集于陕西省淳化县远志规范化栽培基地,经陕西中医药大学胡本祥教授鉴定为远志 *Polygala tenuifolia* 的种子。VQ-GLT8020 型 LED 灯管(深圳市泛科科技有限公司,规格 T8 1.2M 20WLED)。芦丁、没食子酸(西玛实验室,批号分别为 100080-200707,110831-201204,纯度分别为 $\geq 98\%$, 99%)。

2 方法与结果

2.1 方法

2.1.1 种子发芽率的测定 随机选取大小均一、饱满的优质远志种子,先用 2% 的次氯酸钠消毒 15 min,再用蒸馏水冲洗种子至无次氯酸钠味道,再用蒸馏水浸种 24 h^[9]。将种子取出用蒸馏水冲洗干净,均匀排布在发芽床上(直径 9 cm 经高压灭菌锅灭菌处理的培养皿,内铺有 2 层湿滤纸)。试验光质设置 4 个处理,白、黄、蓝、红(光照强度均为 100 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$),以白光条件下的发芽情况为对照。光强设置 4 个处理,0(黑暗),100,300,500 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,以黑暗情况下的发芽情况为对照。每床 30 粒种子,每个处理 3 个重复。将种子置于室温、光照时间 12 h $\cdot\text{d}^{-1}$ 的光照培养架上,每天定时定量补充蒸馏水,保持滤纸湿润。每天 18:00 记录远志种子发芽数,种子发芽的标准为种子露出

1 mm以上的胚根,第5天统计发芽势,第9天统计发芽率和发芽指数。发芽率指测试种子发芽数占测试种子总数的百分比,是衡量种子质量好坏的重要指标,可以显示种子胚的活性。发芽势指在发芽过程中日发芽种子数达到最高峰时,发芽的种子数占供试种子总数的百分率,反映种子质量优劣的主要指标之一。发芽指数是指种子在失去发芽力之前已发生劣变的数量^[10-14]。

发芽率 = 发芽种子总数 / 供试种子总数 × 100%

发芽势 = 规定时间发芽种子总数 / 供试种子总数 × 100%

发芽指数 = $\sum (Gt/Dt)$,

式中 Gt 为在不同时间的发芽数; Dt 为发芽日数。

活力指数 = 发芽指数 × 胚芽长度

2.1.2 幼苗生长指标的测定 发芽结束后,从每个培养皿中随机选取5株幼苗,用游标卡尺(精度0.01 mm)测量根长、株高,结果取平均值,并分别测鲜重,干燥恒重后,测干重。

2.2 总酚总黄酮的测定

2.2.1 供试品溶液制备 将远志幼苗研成粉末,精密称定0.1000 g于10 mL的离心管中,加入60%乙醇3 mL,摇匀,50 °C下超声提取40 min,于转速1500 r·min⁻¹离心10 min,取上清液,药渣再加60%乙醇3 mL提取,提取3次,合并上清液,定容至10 mL量瓶中。

2.2.2 芦丁对照品溶液的制备 准确称取芦丁对照品10.90 mg,用80%乙醇溶解定容至10 mL的量瓶中,摇匀,即得质量浓度为1.09 g·L⁻¹的芦丁对照品溶液。

2.2.3 芦丁标准曲线的绘制 精密吸取上述对照品溶液100,200,300,400,500 μL分别置于10 mL的量瓶中,各加80%乙醇溶液至5 mL,加5%的NaNO₂溶液0.5 mL,摇匀,放置6 min,再加10%的Al(NO₃)₃溶液0.5 mL,摇匀,再放置6 min,加4%的NaOH溶液4 mL,摇匀,放置15 min,在510 nm波长处测定吸光度 A ,以空白试剂为对照,绘制标准曲线。

2.2.4 总黄酮含量测定 取供试品溶液各5 mL置于10 mL的量瓶中,按2.2.3项下方法操作,测定吸光度 A 。

2.2.5 没食子酸对照品溶液的制备 精密称取没食子酸对照品12.40 mg,加纯净水定容至100 mL的量瓶中,制成质量浓度为0.124 g·L⁻¹的没食子酸对照品溶液,-4 °C保存。

2.2.6 没食子酸标准曲线的绘制 精密吸取上述对照品溶液100,200,300,400,500 μL分别置于10 mL的量瓶中,用纯净水定容。分别取不同浓度的对照品溶液200 μL加入4 mL干燥的离心管中,再分别加入1 mol·L⁻¹福林酚试剂1 mL和7.5% Na₂CO₃溶液0.8 mL,混匀,40 °C水浴下恒温1 h,摇匀,在765 nm处测定其吸光度,绘制标准曲线。

2.2.7 总酚的测定 供试品溶液各200 μL加入干燥的4 mL离心管中,测定方法同2.2.6项,测定其吸光度 A 。

2.3 数据处理 采用Excel 2010对数据进行绘图分析,SPSS 19.0数据统计软件进行数据分析,用单因素方差分析(one-way ANOVA)和最小显著差异法(LSD法)进行数据显著性分析。

3 结果与分析

3.1 光质对种子萌发和幼苗生长的影响 由图1可知,不同光质条件下对远志种子的发芽趋势大致相同,但红光的发芽率较其余组偏高。表1中的数据验证了这一观点。由表1可知,以白光为对照,不同光质条件下种子的发芽率明显不同。其中,红光的发芽率与对照组有显著性差异($P < 0.05$),黄、蓝光组与对照组无显著性差异。表明红光能够促进远志种子的萌发,而黄、蓝光对远志种子的发芽无影响。

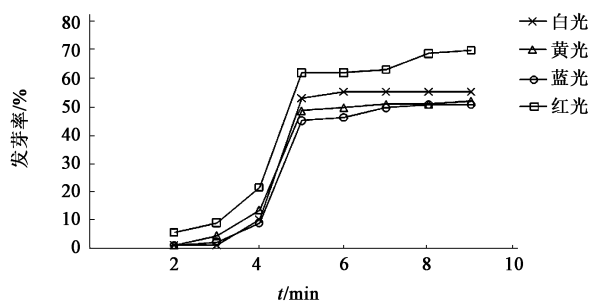


图1 光质对远志种子发芽率的影响

Fig. 1 Effects of light quality on seed germination of *Polygala tenuifolia*

由表1可知,黄、蓝、红光下的种子发芽势与对照组均无显著性差异,表明不同的光质对远志种子的发芽势无影响。不同光质对种子发芽指数的影响均不相同。蓝、红光与对照组均有显著性差异($P < 0.05$),黄光与对照组无显著性差异。红光对种子的发芽指数有促进作用,蓝光对种子的发芽指数有抑制作用,黄光对种子的发芽指数无影响。黄、蓝、红光对远志种子活力指数的影响均有显著性差异,黄光对远志种子的活力指数有抑制作用,仅为对照

表 1 光质对远志种子发芽的影响 ($\bar{x} \pm s, n=3$)

Table 1 Effects of light quality on seed germination of *Polygala tenuifolia* ($\bar{x} \pm s, n=3$)

光质	发芽率/%	发芽势/%	发芽指数	活力指数
白	54.44 ± 0.02 ^b	42.22 ± 0.02 ^a	13.07 ± 0.06 ^b	7.89 ± 0.10 ^e
黄	51.11 ± 0.05 ^b	34.44 ± 0.02 ^a	12.64 ± 0.08 ^c	6.6 ± 0.09 ^d
蓝	50.00 ± 0.06 ^b	35.55 ± 0.02 ^a	11.64 ± 0.04 ^d	17.18 ± 0.05 ^b
红	68.89 ± 0.08 ^a	40.00 ± 0.07 ^a	17.53 ± 0.02 ^a	33.93 ± 0.04 ^a

注:同列不同小写字母表示不同光质处理下具有显著性差异 ($P < 0.05$) (表 2~6 同)。

的 84.79%, 蓝、红光对种子的活力指数有促进作用, 分别为对照的 2.18, 4.30 倍。

由表 2 可知, 不同光质对幼苗株高的影响明显

表 2 光质对远志幼苗生长的影响 ($\bar{x} \pm s, n=3$)

Table 2 Effects of light quality on *Polygala tenuifolia* seedling ($\bar{x} \pm s, n=3$)

光质	株高/cm	根长/cm	鲜重/g	干重/g
白	0.603 9 ± 0.08 ^e	1.967 8 ± 0.22 ^b	0.016 2 ± 0.004 ^b	0.001 5 ± 0.000 4 ^e
黄	0.529 5 ± 0.11 ^e	2.973 5 ± 0.23 ^b	0.020 8 ± 0.003 ^b	0.002 1 ± 0.000 4 ^b
蓝	1.476 3 ± 0.04 ^b	3.600 3 ± 0.23 ^b	0.021 1 ± 0.003 ^b	0.001 7 ± 0.000 5 ^e
红	1.935 8 ± 0.43 ^a	6.247 5 ± 1.73 ^a	0.033 8 ± 0.007 ^a	0.003 9 ± 0.000 5 ^a

远志幼苗中的总黄酮含量与对照有显著性差异 ($P < 0.05$), 说明蓝、红光会抑制远志幼苗中总黄酮的生成, 黄光对其总黄酮的生成无影响。不同光质下远志幼苗的总酚含量各不相同, 以白光为对照, 黄、蓝、红光下的总酚含量均显著高于对照 ($P < 0.05$), 说明黄、蓝、红光对远志幼苗中总酚的生成均有促进作用。

表 3 光质对远志幼苗总酚、总黄酮含量的影响 ($\bar{x} \pm s, n=3$)

Table 3 Effect of light quality on content of total flavonoids and phenol of *Polygala tenuifolia* ($\bar{x} \pm s, n=3$)

光质	总黄酮	总酚
白	8.06 ± 1.57 ^a	10.01 ± 0.58 ^d
黄	7.95 ± 1.06 ^a	13.08 ± 1.24 ^b
蓝	6.28 ± 0.97 ^b	10.53 ± 1.39 ^c
红	5.09 ± 1.24 ^c	13.62 ± 1.26 ^a

3.3 光强对远志种子萌发和幼苗生长的影响 由表 4 可知, 不同的光照强度对远志种子的发芽指标影响不大, 经方差分析发现, 不同光照强度处理组间的发芽率、发芽势、发芽指数均不存在显著性差异。以黑暗为对照, 300, 500 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 光照下远志

不同。以白光为对照, 蓝、红光下的株高与对照有显著性差异 ($P < 0.05$), 分别为对照的 2.44, 3.21 倍, 明显促进远志幼苗的生长, 黄光下的株高与对照无显著性差异。红光对远志根的生长有明显的促进作用, 根长为对照的 3.147 倍, 黄、蓝光能够促进根的生长, 但黄、蓝光下的根长与对照无明显差别。光质对远志幼苗鲜重的影响, 只红光下的鲜重显著高于对照, 为对照的 2.09 倍, 黄、蓝光对远志幼苗的鲜重无显著影响。不同光质下除蓝光外, 黄、红光能够显著增加远志幼苗的干重, 分别为对照的 1.45, 2.66 倍。

3.2 光质对远志幼苗总酚总黄酮含量的影响 由表 3 可知, 以白光为对照, 光质对远志幼苗中总黄酮含量的影响明显不同, 除黄光外, 蓝、红光照下的

种子的活力指数与对照差异显著 ($P < 0.05$), 分别为对照的 6.82, 7.09 倍, 100 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 光照下的活力指数与对照无显著差别。结果表明光照对远志种子萌发无影响, 属于光不敏感性种子, 即远志种子的发芽状况与光照条件无关, 但 300, 500 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 光强下的远志种子活力指数较高。

由表 5 可知, 光强对远志幼苗的株高、根长、鲜重和干重均有显著的影响。光强对幼苗株高的影响, 以黑暗条件为对照, 除 100 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 的光强条件外, 300, 500 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 条件下的株高与对照均有显著性差异 ($P < 0.05$), 其中 300 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 的光强对株高的促进作用最佳, 为对照的 7.89 倍。300, 500 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 的光强对幼苗根的生长也有显著的促进作用, 分别为对照的 1.21, 2.04 倍, 100 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 的光强则能抑制远志根的生长。不同光强下的鲜重除 500 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 与对照无差异外, 100, 300 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 光强条件下的鲜重均显著低于对照。300, 500 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 的光强对远志幼苗的干重的积累有促进作用。

3.4 光强对远志幼苗总酚、总黄酮含量的影响 由

表 4 不同光强对远志种子发芽的影响 ($\bar{x} \pm s, n = 3$)

Table 4 Effects of light intensity on seed germination of *Polygala tenuifolia* ($\bar{x} \pm s, n = 3$)

光强/ $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$	发芽率/%	发芽势/%	发芽指数	活力指数
0	56.67 ± 2.55 ^a	41.11 ± 1.92 ^a	12.64 ± 0.05 ^a	5.56 ± 0.02 ^b
100	47.67 ± 1.92 ^a	42.22 ± 1.92 ^a	13.54 ± 3.00 ^a	8.18 ± 1.81 ^b
300	50.00 ± 3.33 ^a	37.78 ± 2.09 ^a	10.93 ± 0.25 ^a	37.93 ± 0.84 ^a
500	51.67 ± 1.67 ^a	40.00 ± 2.31 ^a	11.36 ± 1.63 ^a	39.43 ± 1.56 ^a

表 5 不同光强对幼苗生长的影响 ($\bar{x} \pm s, n = 3$)

Table 5 Effects of light intensity on *Polygala tenuifolia* seedling ($\bar{x} \pm s, n = 3$)

光强/ $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$	株高/cm	根长/cm	鲜重/g	干重/g
0	0.439 9 ± 0.03 ^c	4.699 7 ± 0.45 ^c	0.029 1 ± 0.005 ^a	0.001 6 ± 0.000 3 ^b
100	0.603 9 ± 0.08 ^c	1.967 8 ± 0.22 ^d	0.016 2 ± 0.004 ^b	0.001 5 ± 0.000 4 ^b
300	3.472 3 ± 0.52 ^a	5.705 2 ± 0.10 ^b	0.020 9 ± 0.008 ^b	0.004 4 ± 0.002 ^a
500	2.535 7 ± 0.22 ^b	9.583 6 ± 0.85 ^a	0.024 0 ± 0.01 ^{ab}	0.003 6 ± 0.000 8 ^a

表 6 可知,以黑暗条件为对照,除 100 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 的光强外,300,500 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 的光强下远志幼苗中总黄酮的含量均显著低于对照 ($P < 0.05$),说明 300,500 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 的光强不利于远志幼苗总黄酮的生成。不同光强下的总酚含量与对照相比各不相同,其中 500 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 光强下的总酚含量与对照无显著性差异,100,300 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 的光强下远志幼苗中总酚含量显著高于对照 ($P < 0.05$),说明 100,300 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 的光强能够促进远志幼苗中总酚的生成,且 300 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 的光强促进效果最佳。

表 6 光强对远志幼苗中总黄酮总酚含量的影响

Table 6 Effect of light intensity on content of total flavonoids and phenol of *Polygala tenuifolia* $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$

光强/ $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$	总黄酮	总酚
0	8.06 ± 0.98 ^a	11.33 ± 0.84 ^c
100	8.20 ± 1.24 ^a	11.77 ± 1.65 ^b
300	5.25 ± 1.38 ^c	13.75 ± 1.25 ^a
500	7.67 ± 0.87 ^b	11.42 ± 1.06 ^c

4 讨论

种子萌发需要适宜的温度、水分和氧气,三者缺一不可,有些种子萌发也受光照的影响,补充适当的光源能够调节叶片中酶的浓度和生命物质的含量,从而调控植物的生命活动,影响种子萌发,促进植物的生长^[15]。种子感光性的机制表明种子的萌发或休眠均取决于萌发时种子内光敏素远红光吸收型 (Pfr) 含量和 Pfr/(光敏素红光吸收型 Pr + Pfr) 比

值,红光能够诱导 Pfr 蛋白的产生,促进种子发芽,而红外光能够逆反这一过程,使得种子内 Pfr 转化为 P 蛋白,逆转红光的促进发芽作用^[16]。本实验以白、黄、蓝、红光干预远志种子发芽,试验结果表明红光下种子的发芽率、发芽指数相比对照均有所提高,即红光对远志种子的发芽有促进作用。这与植物种子感光性机制的研究结果一致。

1950 年代初,荷兰植物生理学家发现高强度的蓝光能够抑制植物茎的生长,而同等强度的红光则可以促进其生长。这是由于光敏素的变化所致,蓝光可以提高吲哚乙酸 (IAA) 氧化酶的活性,降低 IAA 的水平,进而抑制植物的生长^[17]。从分子水平上说,红光促进植物细胞的生长,蓝光则抑制。该实验研究发现,相较于黄光、蓝光,红光能显著地促进远志幼苗地上和地下部分的生长、促进远志幼苗鲜重及干重的积累。这与光质对远志幼苗生理特性的影响的研究结果一致^[18]。

远志种子发芽的过程中对光照强度(光强)无要求,属于光不敏感性种子,即远志种子发芽时无论有无光照或光照强弱都可发芽,这与光照对远志种子萌发的影响的研究结果一致^[19]。但远志种子发芽后,光照强度会影响远志幼苗地上和地下部分的生长、幼苗的鲜重及干重。本实验研究结果表明,光强 300,500 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 对远志苗和根的生长都有促进作用,也有利于远志幼苗干重的积累,且相较于 300,500 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 的光强促进效果更佳。表明远志幼苗的生长过程中对光强的需求较大,即远志幼苗在强光下生长较好。这与远志属于阳生植

物的事实一致,主要分布在高温、干旱、阳光充足的地方。

总黄酮总酚作为植物的次生代谢产物,既是药理因子,又是重要的营养因子,对人体有重要的生理保健作用,其产生和变化比初生代谢产物更易受外界影响^[20]。光质对远志幼苗中总酚、总黄酮的含量有不同程度的影响,研究发现,白光有利于远志幼苗中总黄酮的生成,红光促进总酚的生成。光强对远志总酚、总黄酮的含量也有显著影响,且光强对总酚、总黄酮含量的影响不呈线性,而是存在一个最适光强,在最适光强处,总酚、总黄酮含量达到最大值,低于或高于最适光强,总酚、总黄酮含量均会降低。总黄酮在 $100 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 光照时达到最大值,总酚在 $300 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 光照下含量最高。这不仅对探索提高远志次生代谢产物含量提供了方法,也对以获取远志总黄酮总酚为目的的远志栽培有一定的指导意义。

[参考文献]

[1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典. 一部[M]. 北京:中国医药科技出版社,2015:156-157.

[2] 孟艳,张学兰,唐玉秋,等. 远志炮制前后5种寡糖酯类成分的变化规律[J]. 中国实验方剂学杂志,2015,21(9):10-13.

[3] 林敬开,闫小平,官仕杰,等. 远志不同炮制品皂苷类成分含量的比较[J]. 中国实验方剂学杂志,2011,17(11):89-91.

[4] 王丹,张红英,兰艳. 远志水提取物对小鼠学习记忆及血液学指标的影响[J]. 中国实验方剂学杂志,2012,18(5):188-191.

[5] 郑洁,胡美君,郭延平. 光质对植物光合作用的调控及其机理[J]. 应用生态学报,2008,19(7):1619-1624.

[6] 刘卫成,韦峰,韩泽宇,等. 不同光质对黄瓜种子发芽、幼苗生长及抗寒性的影响[J]. 北方园艺,2016,19(16):59-62.

[7] 韦峰,祁娟霞,李佳梅,等. 不同光质对辣椒种子萌

发、幼苗生长及抗寒性的影响[J]. 浙江农业学报,2015,27(11):1932-1938.

[8] 闫兴富,刘建利,贝盏临,等. 不同光强条件下柠条锦鸡儿的种子萌发和幼苗生长特征[J]. 生态学杂志,2015,34(4):912-918.

[9] 王晶,祁晨煜,王贝,等. 不同药液处理对远志种子萌发影响的研究[J]. 中南药学,2016,14(6):599-602.

[10] 王志清. 北细辛种子特性及光合生理研究[D]. 北京:中国农业科学院,2011.

[11] 于国华,苟辉民,罗文熹. 不同光照强度对西洋参光合特性、营养成分和产量的影响[J]. 应用生态学报,1994,5(1):57-61.

[12] 杨利平,宋满珍,张晶. 光照和温度对百合属6种植物种子萌发的影响[J]. 植物资源与环境学报,2000,9(4):14-18.

[13] 宋兆伟,郝丽珍,黄振英,等. 光照和温度对沙芥和斧翅沙芥植物种子萌发的影响[J]. 生态学报,2010,30(10):2562-2568.

[14] 王志清,郑培和,逢世峰,等. 光照强度对北细辛生长发育及质量的影响[J]. 中国中药杂志,2011,36(12):1558-1567.

[15] 杨期和,宋松泉,叶万辉,等. 种子感光的机理及影响种子感光性的因素[J]. 植物学通报,2003,20(2):238-247.

[16] 吴洋. 环境因子对远志生理生化和化学成分的影响[D]. 西安:西北大学,2013.

[17] 李德全,赵会杰,高辉远. 植物生理学[M]. 北京:中国农业科技出版社,1999:168-169.

[18] 崔芬芬,陈亮,任艳文,等. 温度及光照对远志种子发芽的影响[J]. 种子科技,2016,34(12):108-109,114.

[19] 杨荣超,张海军,王倩,等. 植物激素对种子休眠和萌发调控机理的研究进展[J]. 草地学报,2012,20(1):1-9.

[20] 朱肖锋,周守标,杨集辉,等. 不同光照强度对马蹄金叶的特征及总黄酮含量的影响[J]. 激光生物学报,2009,18(1):62-66.

[责任编辑 顾雪竹]