

不同遮光处理对平茬后厚朴萌蘖株 部分形态及生理指标的影响

汪丽娜, 杨志玲^①, 杨旭, 程小燕, 谭美, 李公荣

(中国林业科学研究院亚热带林业研究所 浙江省林木育种技术研究重点实验室, 浙江 杭州 311400)

摘要:以自然光照(遮光率0.0%)为对照,对遮光率20.0%、52.5%和78.6%条件下平茬后厚朴(*Magnolia officinalis* Rehd. et Wils)萌蘖株的部分形态和生理指标进行比较。结果表明:随遮光率提高,3个遮光处理组萌蘖株的株高呈现逐渐增大的趋势,萌蘖株叶中的叶绿素 a 、叶绿素 b 、类胡萝卜素和总叶绿素含量也基本上呈现逐渐增大的趋势,但萌蘖株的地径却呈现逐渐减小的趋势。萌蘖株的冠幅,单桩的萌蘖株数、叶片总数和叶芽总数,叶长和叶宽,单叶的干质量和叶面积,叶中叶绿素 a 含量与叶绿素 b 含量的比值($Chla/Chlb$)和可溶性糖含量均在遮光率52.5%条件下最大,但仅冠幅、单桩叶片总数、单叶面积和叶中可溶性糖含量显著大于对照,分别较对照增加156.21%、28.18%、129.02%和64.31%;并且,多数指标在遮光率20.0%条件下居中、在遮光率78.6%条件下最小。然而,萌蘖株的叶长宽比、比叶质量及叶的相对含水量和可溶性蛋白质含量则在遮光率52.5%条件下最小,但仅比叶质量显著小于对照,较对照减少37.43%;并且,多数指标在遮光率20.0%条件下居中、在遮光率78.6%条件下最大。研究结果显示:适当的遮光处理能够促进平茬后厚朴萌蘖株的生长,遮光率52.5%为最优的遮光处理条件。

关键词:厚朴; 萌蘖株; 遮光; 生长指标; 叶形指标; 生理指标

中图分类号: Q948.112+.1; S792.99 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2017)02-0055-06
DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2017.02.07

Effects of different shading treatments on some morphological and physiological indexes of sprout tillers of *Magnolia officinalis* after stumped WANG Li'na, YANG Zhiling^①, YANG Xu, CHENG Xiaoyan, TAN Mei, LI Gongrong (Key Laboratory of Tree Breeding of Zhejiang Province, Research Institute of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Hangzhou 311400, China), *J. Plant Resour. & Environ.*, 2017, 26(2): 55-60

Abstract: Taking natural lighting (shading rate of 0.0%) as the control, some morphological and physiological indexes of sprout tillers of *Magnolia officinalis* Rehd. et Wils after stumped were compared at shading rate of 20.0%, 52.5% and 78.6%. The results show that with increasing of shading rate, height of sprout tillers in three shading treatment groups shows a tendency to increase gradually, and in general, contents of chlorophyll a , chlorophyll b , carotenoid and total chlorophyll in leaves of sprout tillers also show a tendency to increase gradually, but ground diameter of sprout tillers shows a tendency to decrease gradually. Crown width of sprout tillers, number of sprout tillers and total numbers of leaves and leaf buds per stump, leaf length and leaf width, dry weight and area per leaf, ratio of chlorophyll a content to chlorophyll b content ($Chla/Chlb$) and content of soluble sugar in leaves are the largest at shading rate of 52.5%, but only crown width, total number of leaves per stump, area per leaf and content of soluble sugar in leaves are significantly larger than those of the control with an increment of 156.21%, 28.18%, 129.02% and 64.31% compared with the control, respectively; in addition, most of the indexes are moderate at shading rate of 20.0%, and are the smallest at shading rate of 78.6%.

收稿日期: 2016-11-20

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(31270585)

作者简介: 汪丽娜(1991—),女,甘肃张掖人,硕士研究生,主要从事药用植物培育方面的研究。

^①通信作者 E-mail: zlyang0002@126.com

However, ratio of leaf length to leaf width, specific leaf weight, relative water content and soluble protein content in leaves of sprout tillers are the smallest at shading rate of 52.5%, but only specific leaf weight is significantly smaller than that of the control with a decrement of 37.43% compared with the control; in addition, most of the indexes are moderate at shading rate of 20.0%, and are the largest at shading rate of 78.6%. It is suggested that appropriate shading treatment can promote the growth of sprout tillers of *M. officinalis* after stumped, and shading rate of 52.5% is the optimum shading treatment condition.

Key words: *Magnolia officinalis* Rehd. et Wils; sprout tiller; shading; growth index; leaf shape index; physiological index

厚朴 (*Magnolia officinalis* Rehd. et Wils) 为木兰科 (*Magnoliaceae*) 落叶乔木, 为珍贵的用材树种和传统中药材。树龄 10 a 以上的厚朴植株的干燥根皮、干皮和枝皮均可入药, 味苦辛、性温, 具有温中理气、燥湿消积等功效。由于厚朴具有重要的药用价值, 导致其野生植株遭到过度采伐和剥皮, 致使其野生资源日益枯竭, 因此, 厚朴已经被列为国家二级重点保护野生植物和国家二级保护中药材^[1]。

平茬技术是林木培育工作中常见的一种技术手段, 能够有效提高林木的生产力。经过平茬后, 林木顶芽的生长优势可达到最大化, 主干生长加速。厚朴具有较强的萌蘖能力, 杨旭等^[2]认为平茬后厚朴萌蘖株的生长状况和药用有效成分的含量均能够迅速恢复, 并可提前 3~4 a 达到采收标准, 具有较高的经济效益和社会效益。

光照强度是影响植物光合特性、生长发育和产量的重要环境因子之一^[3]。相关研究结果^[4-8]表明: 适度遮光不但能够避免强光对植物叶片造成灼伤, 而且还可以满足植物生长所需的光照条件, 利于植物的生长和繁殖。通常情况下, 人们采取搭建遮光棚等措施来控制植物生长的光照条件。

厚朴幼苗具有喜阴、耐阴和忌晒等特性^[9], 不宜生长在强光环境中, 因此, 其苗木在培育过程中需要一定的遮光处理。鉴于此, 作者对不同遮光率条件下平茬后厚朴萌蘖株的部分形态和生理指标进行了比较, 以期明确平茬后厚朴萌蘖株生长的适宜遮光条件, 为探寻厚朴的速生丰产技术提供科学依据。

1 研究地概况和研究方法

1.1 研究地概况

研究地位于浙江省金华市磐安县园塘林场, 为磐安县的多雨地带, 具体地理坐标为东经 120°35'、北纬 29°02', 海拔 890 m。该区域属亚热带季风气候,

年均温 13.5 °C, 无霜期 125 d, 年降水量 1 525.8 mm, 空气相对湿度 77%, 年均日照时数约 1 714 h。土壤类型为山地黄壤, 多呈弱酸性, 土质疏松, 有机质含量高, 利于植物生长。

1.2 材料

于 2016 年 3 月 14 日, 在园塘林场自行培育的厚朴-杉木 [*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.] 混交林 (林木株距和行距均为 2 m, 采取中等强度管理, 平茬前每年抚育 2 次) 中, 选择生长在同一样地、同一坡向且平均胸径为 9.5 cm 的厚朴植株进行齐地面平茬, 保证茬口齐平。

1.3 方法

1.3.1 遮光处理方法 对平茬后伐桩立即进行遮光处理。实验共设置 3 个遮光处理组, 在自然光照条件下, 分别采取覆盖 1 层白色遮阳网、1 层黑色遮阳网和 2 层黑色遮阳网的遮光处理措施, 遮阳网距地面 2 m, 遮光率分别为 20.0%、52.5% 和 78.6%; 以不覆盖任何遮阳网 (遮光率 0.0%) 作为对照 (CK)。使用 LI-6400 便携式光合作用测量系统 (美国 LI-COR 公司) 的光量子探头测量光照强度。根据公式“遮光率 = (处理组光照强度 / 对照组光照强度) × 100%”计算遮光率。每组 30 个伐桩, 共 120 个伐桩。实验期间实施中等强度管理, 定期除草、除虫。于 2016 年 6 月 25 日, 分别对萌蘖株的部分形态和生理指标进行测定和计算。

1.3.2 生长指标的测量 分别统计对照组及每个遮光处理组所有伐桩的单株萌蘖株数、叶片总数和叶芽总数, 结果取平均值。随后, 各组随机选取 3~5 株萌蘖株, 逐个测量株高、地径和冠幅, 结果取平均值。株高为伐桩上单个萌蘖株的高度; 地径为伐桩断面处单个萌蘖株的直径; 冠幅为伐桩上单个萌蘖株东西向和南北向直径的平均值。其中, 株高和冠幅均使用精度 0.1 cm 的卷尺测量, 地径则使用精度 0.1 mm 的游标卡尺测量。

1.3.3 叶形指标的测量 生长指标测量完毕后, 在每个萌蘖株上采集从下向上的第 5 枚叶, 立即放入冰盒后带回实验室。使用 MRS-9600TFU2L 叶面积仪 (上海中晶科技有限公司) 测量叶长、叶宽及单叶面积。使用万分之一电子天平称量单叶鲜质量后, 将叶置于 105 °C 杀青 0.5 h, 再置于 80 °C 烘干至恒质量, 称量单叶干质量。各指标均取平均值, 并分别根据公式“叶长宽比 = 叶长/叶宽”和“比叶质量 = 单叶干质量/单叶面积”计算叶长宽比和比叶质量。

1.3.4 生理指标的计算和测定 根据上述测定结果按照公式“叶相对含水量 = [(单叶鲜质量 - 单叶干质量)/单叶鲜质量] × 100%”计算叶相对含水量。

在测量叶形指标的同时萌蘖株上采集从下向上第 3 枚叶, 将每个处理组所有叶混匀, 去除中脉, 剪成宽度小于 1 mm 的细丝。准确称量 50 mg 叶细丝, 采用浸提法^{[10]81-84}测定叶中叶绿素 a、叶绿素 b 和类胡萝卜素的含量。按照公式“总叶绿素含量 = 叶绿素 a 含量 + 叶绿素 b 含量”计算叶中总叶绿素含量, 并计算叶绿素 a 含量与叶绿素 b 含量的比值 (Chla/Chlb)。

在测量叶形指标的同时萌蘖株上采集从下向上第 4 枚叶, 置于液氮中带回实验室。在液氮中研磨成粉末, 准确称量 200 mg 叶粉末, 采用考马斯亮蓝 G-250 法^{[10]24-25}测定叶中可溶性蛋白质含量。

单叶干质量测量完毕后去除叶的中脉, 磨碎后混匀, 准确称量 200 mg 叶粉末, 采用蒽酮比色法^{[10]55-56}测定叶中可溶性糖含量。

每组各指标均重复测定 3 次, 结果取平均值。

1.4 数据处理和分析

采用 EXCEL 2007 软件整理数据; 采用 SPSS 19.0 统计分析软件进行单因素方差分析 (one-way ANOVA), 所有数据均采用最小显著差数法 (LSD) 和 Duncan's 新复极差法进行多重比较^[11]。

2 结果和分析

2.1 不同遮光处理对平茬后厚朴萌蘖株部分形态指标的影响

2.1.1 对部分生长指标的影响 不同遮光处理对平茬后厚朴萌蘖株部分生长指标的影响见表 1。结果表明: 随遮光率提高, 平茬后厚朴萌蘖株的株高呈现逐渐增大的趋势, 而地径却呈现逐渐减小的趋势。在遮光率 78.6% 条件下, 萌蘖株的株高最大 (93.33 cm)、地径最小 (7.91 mm), 且均与对照 (遮光率 0.0%) 差异显著 ($P < 0.05$), 其中, 株高较对照增加 115.39%, 地径较对照减少 12.31%。3 个遮光处理组萌蘖株的冠幅均高于对照, 且在遮光率 52.5% 条件下最大、在遮光率 78.6% 条件下次之、在遮光率 20.0% 条件下最小, 分别较对照增加 156.21%、119.96% 和 50.70%。并且, 遮光率 52.5% 和 78.6% 条件下的冠幅显著大于对照。

由表 1 还可以看出: 平茬后厚朴单桩的萌蘖株数、叶片总数和叶芽总数均在遮光率 52.5% 条件下最大, 分别较对照增加 14.00%、28.18% 和 16.25%; 这 3 个指标在遮光率 78.6% 条件下均小于对照, 分别较对照减少 6.00%、13.03% 和 16.25%。差异显著性分析结果表明: 3 个遮光处理组平茬厚朴单桩的萌蘖株数、叶片总数和叶芽总数与对照的差异基本上不显著, 仅遮光率 52.5% 条件下的单桩叶片总数显著大于对照。

2.1.2 对部分叶形指标的影响 不同遮光处理对平茬后厚朴萌蘖株部分叶形指标的影响见表 2。结果表明: 平茬后厚朴萌蘖株的叶长和叶宽均在遮光率 52.5% 条件下最大、在遮光率 20.0% 条件下次之、在遮光率 78.6% 条件下最小。并且, 3 个遮光处理组平

表 1 不同遮光处理对平茬后厚朴萌蘖株部分生长指标的影响 ($\bar{X} \pm SD$)¹⁾

Table 1 Effect of different shading treatments on some growth indexes of sprout tillers of *Magnolia officinalis* Rehd. et Wils after stumped ($\bar{X} \pm SD$)¹⁾

| 遮光率/% Shading rate | 株高/cm Height | 地径/mm Ground diameter | 冠幅/cm Crown width | 单桩萌蘖株数 Number of sprout tillers per stump | 单桩叶片总数 Total number of leaves per stump | 单桩叶芽总数 Total number of leaf buds per stump |
|-----------------------|-----------------|--------------------------|----------------------|---|---|--|
| 0.0 (CK) | 43.33 ± 3.70b | 9.02 ± 2.89a | 15.78 ± 10.21b | 5.0 ± 1.7a | 33.0 ± 1.7b | 8.0 ± 3.0a |
| 20.0 | 52.56 ± 2.32b | 8.72 ± 2.35a | 23.78 ± 3.12b | 5.3 ± 3.8a | 34.7 ± 3.7ab | 9.0 ± 2.6a |
| 52.5 | 76.67 ± 1.04ab | 8.67 ± 2.13a | 40.43 ± 10.76a | 5.7 ± 1.5a | 42.3 ± 2.3a | 9.3 ± 3.8a |
| 78.6 | 93.33 ± 0.93a | 7.91 ± 2.71b | 34.71 ± 12.66a | 4.7 ± 2.3a | 28.7 ± 6.9b | 6.7 ± 4.8a |

¹⁾ 同列中不同的小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$) Different lowercases in the same column indicate the significant difference ($P < 0.05$).

荏厚朴萌蘖株的叶长和叶宽总体上大于对照(遮光率0.0%),仅遮光率78.6%条件下的叶宽略小于对照。萌蘖株的叶长宽比在遮光率78.6%条件下最大、在遮光率20.0%条件下次之、在遮光率52.5%条件下最小,且在遮光率78.6%和20.0%条件下分别较对照增加15.53%和7.76%,而在遮光率52.5%条件下则较对照减少13.24%。差异显著性分析结果表明:3个遮光处理组间平茬后厚朴萌蘖株的叶长、叶宽和叶长宽比及其与对照的差异均不显著。

由表2还可以看出:平茬后厚朴萌蘖株的单叶干质量和单叶面积均在遮光率52.5%条件下最大、在遮光率20.0%条件下次之、在遮光率78.6%条件下最小,

比叶质量则恰好相反,即在遮光率52.5%条件下最小、在遮光率20.0%条件下次之、在遮光率78.6%条件下最大。并且,3个遮光处理组平茬后厚朴萌蘖株的上述3个指标基本上均大于对照,仅遮光率78.6%条件下的单叶面积和遮光率52.5%条件下的比叶质量小于对照。在遮光率52.5%条件下,萌蘖株的单叶干质量和单叶面积分别较对照增加43.10%和129.02%,而比叶质量则较对照减少37.43%。差异显著性分析结果表明:3个遮光处理组间平茬后厚朴萌蘖株的单叶面积及其与对照的差异均显著,3个遮光处理组间平茬后厚朴萌蘖株的单叶干质量和比叶质量及其与对照的差异总体上不显著。

表2 不同遮光处理对平茬后厚朴萌蘖株部分叶形指标的影响($\bar{X}\pm SD$)¹⁾

Table 2 Effect of different shading treatments on some leaf shape indexes of sprout tillers of *Magnolia officinalis* Rehd. et Wils after stumped ($\bar{X}\pm SD$)¹⁾

| 遮光率/% Shading rate | 叶长/cm Leaf length | 叶宽/cm Leaf width | 叶长宽比 Ratio of leaf length to leaf width | 单叶干质量/g Dry weight per leaf | 单叶面积/cm ² Area per leaf | 比叶质量/mg·cm ⁻² Specific leaf weight |
|-----------------------|----------------------|---------------------|---|--------------------------------|---------------------------------------|--|
| 0.0(CK) | 22.45±4.05a | 10.26±1.97a | 2.19±0.26a | 0.58±0.24a | 158.60±6.30c | 3.66±0.46a |
| 20.0 | 24.86±3.22a | 10.54±1.44a | 2.36±0.12a | 0.64±0.20a | 167.18±4.82b | 3.82±0.19a |
| 52.5 | 27.75±3.67a | 14.61±2.47a | 1.90±0.41a | 0.83±0.48a | 363.22±4.17a | 2.29±1.29b |
| 78.6 | 24.65±3.50a | 9.73±2.02a | 2.53±0.35a | 0.60±0.23a | 150.73±5.02d | 3.98±0.60a |

¹⁾同列中不同的小写字母表示差异显著($P<0.05$) Different lowercases in the same column indicate the significant difference ($P<0.05$).

2.2 不同遮光处理对平茬后厚朴萌蘖株叶中部分生理指标的影响

2.2.1 对相对含水量和光合色素相关指标的影响

不同遮光处理对平茬后厚朴萌蘖株叶中相对含水量和光合色素相关指标的影响见表3。结果表明:3个遮光处理组平茬后厚朴萌蘖株叶中的相对含水量均大于对照(遮光率0.0%),但各遮光处理组间及其与对照的差异均不显著。其中,萌蘖株叶中的相对含水量在遮光率20.0%条件下最大、在遮光率78.6%条

件下次之、在遮光率52.5%条件下最小,分别较对照增加3.34%、3.31%和3.21%。

由表3还可以看出:随遮光率提高,平茬后厚朴萌蘖株叶中的叶绿素a、叶绿素b、类胡萝卜素和总叶绿素含量基本上呈现逐渐增大的趋势,而萌蘖株叶中的叶绿素a含量与叶绿素b含量的比值(Chla/Chlb)则在遮光率52.5%条件下最大、在遮光率20.0%条件下次之、在遮光率78.6%条件下最小。其中,萌蘖株叶中的Chla/Chlb值在遮光率20.0%和52.5%条件

表3 不同遮光处理对平茬后厚朴萌蘖株叶中相对含水量和光合色素相关指标的影响($\bar{X}\pm SD$)¹⁾

Table 3 Effect of different shading treatments on relative water content and related indexes of photosynthetic pigment in leaves of sprout tillers of *Magnolia officinalis* Rehd. et Wils after stumped ($\bar{X}\pm SD$)¹⁾

| 遮光率/% Shading rate | 相对含水量/% Relative water content | Chla/mg·g ⁻¹ | Chlb/mg·g ⁻¹ | Car/mg·g ⁻¹ | Chl(a+b)/mg·g ⁻¹ | Chla/Chlb |
|-----------------------|-----------------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------------|------------|
| 0.0(CK) | 79.83±4.50a | 0.46±0.30a | 0.21±0.04a | 0.08±0.02a | 0.68±0.29a | 2.20±0.05a |
| 20.0 | 82.50±1.80a | 0.63±0.03a | 0.22±0.06a | 0.09±0.02a | 0.85±0.07a | 2.82±1.35a |
| 52.5 | 82.39±2.44a | 0.67±0.11a | 0.23±0.03a | 0.12±0.03a | 0.89±0.15a | 2.96±1.42a |
| 78.6 | 82.47±1.88a | 0.68±0.18a | 0.39±0.25a | 0.12±0.02a | 1.07±0.19a | 1.75±0.64a |

¹⁾ Chla: 叶绿素a含量 Content of chlorophyll a; Chlb: 叶绿素b含量 Content of chlorophyll b; Car: 类胡萝卜素含量 Content of carotenoid; Chl(a+b): 总叶绿素含量 Content of total chlorophyll; Chla/Chlb: 叶绿素a含量与叶绿素b含量的比值 Ratio of chlorophyll a content to chlorophyll b content. 同列中不同的小写字母表示差异显著($P<0.05$) Different lowercases in the same column indicate the significant difference ($P<0.05$).

下分别较对照增加 28.18% 和 34.55%,而在遮光率 78.6% 条件下则较对照减少 20.45%。差异显著性分析结果表明:3 个遮光处理组间平茬后厚朴萌蘖株叶中的叶绿素 *a*、叶绿素 *b*、类胡萝卜素和总叶绿素含量及 Chla/Chlb 值在各遮光处理组间及其与对照间的差异均不显著。

2.2.2 对可溶性蛋白质和可溶性糖含量的影响 不同遮光处理对平茬后厚朴萌蘖株叶中可溶性蛋白质和可溶性糖含量的影响见表 4。结果表明:平茬后厚朴萌蘖株叶中的可溶性蛋白质含量在遮光率 20.0% 和 52.5% 条件下分别较对照减少 4.41% 和 8.64%,而在遮光率 78.6% 条件下则显著大于对照 ($P < 0.05$),较对照增加 87.80%。平茬后厚朴萌蘖株叶中的可溶性糖含量在遮光率 52.5% 和 78.6% 条件下显著大于对照,分别较对照增加 64.31% 和 42.11%,而在遮光率 20.0% 条件下略大于对照,仅较对照增加 12.17%。

表 4 不同遮光处理对平茬后厚朴萌蘖株叶中可溶性蛋白质和可溶性糖含量的影响 ($\bar{X} \pm SD$)¹⁾

Table 4 Effect of different shading treatments on contents of soluble protein and soluble sugar in leaves of sprout tillers of *Magnolia officinalis* Rehd. et Wils after stumped ($\bar{X} \pm SD$)¹⁾

| 遮光率/% Shading rate | 可溶性蛋白质 含量/mg · g ⁻¹ Soluble protein content | 可溶性糖含量/% Soluble sugar content |
|-----------------------|--|-----------------------------------|
| 0.0(CK) | 5.90 ± 1.24b | 12.16 ± 0.43c |
| 20.0 | 5.64 ± 0.20b | 13.64 ± 0.98c |
| 52.5 | 5.39 ± 1.82b | 19.98 ± 1.13a |
| 78.6 | 11.08 ± 2.05a | 17.28 ± 4.84b |

¹⁾ 同列中不同的小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$) Different lowercases in the same column indicate the significant difference ($P < 0.05$).

3 讨论和结论

植物在面对外部环境改变时可能发生形态变异,这种变异能力对于植物适应外部环境条件骤变具有重要意义^[12]。对植株的地径和株高进行调整是植物体适应遮光环境的策略之一。洪明等^[13]的研究结果表明:在遮光条件下,植物的地径明显减小,而株高却明显增大,表现出明显的细长生长的特征,本研究结果与之一致,即随遮光率提高,平茬后厚朴萌蘖株的株高逐渐增大而地径却逐渐减小。在遮光率 20.0% 和 52.5% 条件下,平茬后厚朴萌蘖株的冠幅以及单桩的萌蘖株数、叶片总数和叶芽总数均大于对照(遮

光率 0.0%),其中,遮光率 52.5% 条件下上述 4 个生长指标均最大,而遮光率 78.6% 条件下单桩的萌蘖株数、叶片总数和叶芽总数均小于对照,说明轻度或中度遮光处理利于平茬后厚朴萌蘖株生长,而重度遮光处理则不利于其萌蘖株生长。

对植株叶面积和比叶质量进行调整是植物在弱光条件下的典型生态学反应^[14]。在遮光率 20.0% 和 52.5% 条件下,平茬后厚朴萌蘖株的单叶面积均大于对照,说明适度遮光能够促进平茬后厚朴萌蘖株叶片的生长。在遮光率 52.5% 条件下,萌蘖株的单叶面积最大,而比叶质量却最小,说明在弱光条件下等质量叶片的叶面积越大,其叶片厚度越薄,叶片捕获光能的能力越强,利于植株在弱光环境中生长^[15],这是植物在弱光环境下的一种自我调节机制。

本研究中,3 个遮光处理组平茬后厚朴萌蘖株叶中的相对含水量均大于对照,这可能是因为自然光照条件下的光照强度较高,导致萌蘖株的蒸腾速率较大,从而使叶中的水分散失增多,含水量相对较低。叶绿素 *a* 和叶绿素 *b* 在植物叶片光合作用过程中具有捕获和吸收光能的作用,其含量高低与植物光合作用强弱密切相关,并且,在遮光条件下植物可通过增加叶中叶绿素含量来增强其对光能的捕获和吸收能力^[16];而类胡萝卜素在植物生长过程中不仅能够吸收光能,而且还能够淬灭过剩光能,保护植物体内的光合器官免受强光破坏^[17]。本研究结果显示:3 个遮光处理组平茬后厚朴萌蘖株叶中的叶绿素 *a*、叶绿素 *b*、总叶绿素和类胡萝卜素含量均大于对照,并且,这 4 个指标均随遮光率提高而逐渐增大。在遮光率 20.0% 和 52.5% 条件下,平茬后厚朴萌蘖株叶中的叶绿素 *a* 含量与叶绿素 *b* 含量的比值(Chla/Chlb)均大于对照,而在遮光率 78.6% 条件下萌蘖株叶中的 Chla/Chlb 值则小于对照。上述研究结果表明:在遮光率 78.6% 条件下,平茬后厚朴萌蘖株叶中总叶绿素含量的增加主要依靠叶绿素 *b* 含量的增加,并且叶绿素 *b* 含量的增幅高于叶绿素 *a*。Zhang 等^[18]认为,在弱光条件下,植物叶片在光合作用过程中主要吸收和利用波长较短的蓝紫光,叶绿素 *a* 以吸收长波光为主,而叶绿素 *b* 则主要以吸收短波光为主,推测这可能是遮光率 78.6% 条件下平茬后厚朴萌蘖株叶中叶绿素 *b* 含量增幅高于叶绿素 *a* 的最主要原因。

植物叶中可溶性蛋白质的合成受光调控,在弱光环境中生长的植物叶中可溶性蛋白质含量通常低于

在正常光照条件下生长的植物^[19]。在遮光率 20.0% 和 52.5% 条件下,平茬后厚朴萌蘖株叶中的可溶性蛋白质含量小于对照,而遮光率 78.6% 条件下萌蘖株叶中的可溶性蛋白质含量却大于对照,这可能是由于弱光环境改变了平茬后厚朴萌蘖株的某些基因表达,使细胞中合成了对弱光环境更稳定、活性更强的同工酶或者产生了某些特异性的逆境蛋白,从而使平茬后厚朴萌蘖株能够适应弱光环境。可溶性糖对于调节植物细胞渗透势、维持细胞膜完整性和提高植物抗逆性具有重要的生理意义^[20-21]。本研究中,3 个遮光处理组平茬后厚朴萌蘖株叶中的可溶性糖含量均大于对照,说明在遮光条件下,平茬后厚朴萌蘖株可通过增加叶中可溶性糖含量来降低细胞的渗透势,从而使萌蘖株能够更好地适应环境条件的变化^[22]。在遮光率 52.5% 条件下,平茬后厚朴萌蘖株叶中的可溶性糖含量最大,说明该遮光处理可使平茬后厚朴萌蘖株的叶细胞最大化地积累渗透调节物质,从而增强其植株的抗逆性。

综上所述,在对平茬后厚朴进行适度遮光处理后,其萌蘖株可在形态和生理上产生一定的变化,反映出平茬后厚朴萌蘖株对遮光环境具有较强的适应性和抗逆性。总体来看,在遮光率 52.5% 条件下,平茬后厚朴萌蘖株的生长良好,因此,建议在厚朴植株平茬后对其伐桩进行遮光率 52.5% 的遮光处理,以促进其萌蘖株的生长。

参考文献:

- [1] 傅立国. 中国植物红皮书: 稀有濒危植物(第一册)[M]. 北京: 科学出版社, 1992.
- [2] 杨旭, 杨志玲, 汪丽娜. 平茬更新代次及生长年限对厚朴生长和药用有效成分含量的影响[J]. 林业科学, 2017, 53(1): 47-53.
- [3] ZHANG S B, HU H, ZHOU Z K, et al. Photosynthesis in relation to reproductive success of *Cypripedium flavum* [J]. Annals of Botany, 2005, 96: 43-49.
- [4] 曹玉峰, 徐娟, 林永木, 等. 不同光照条件对兴安杜鹃和迎红杜鹃光合生理的影响[J]. 东北林业大学学报, 2008, 36(8): 19-20.
- [5] 刘彤, 崔海娇, 吴淑杰, 等. 东北红豆杉幼苗光合和荧光特性对不同光照条件的响应[J]. 北京林业大学学报, 2013, 35(3): 65-70.
- [6] 王洪亮, 樊金萍, 曹玉峰, 等. 不同光照条件对寒地郁金香水分和蛋白质含量的影响[J]. 东北农业大学学报, 2006, 37(6): 763-767.
- [7] 范宣, 王思思, 刘金平, 等. 不同遮光处理对川西柳叶菜部分形态、生长和生理指标的影响[J]. 植物资源与环境学报, 2016, 25(4): 53-61.
- [8] 张建新, 颜赟, 方炎明. 遮光对臭牡丹生长和光合特性的影响[J]. 植物资源与环境学报, 2013, 22(1): 88-93.
- [9] 杨志玲, 杨旭. 厚朴种质资源研究[M]. 北京: 中国林业出版社, 2011: 4.
- [10] 陈建勋, 王晓峰. 植物生理学实验指导[M]. 2版. 广州: 华南理工大学出版社, 2006.
- [11] 贾乃光, 张青, 李永慈. 数理统计[M]. 4版. 北京: 中国林业出版社, 2006: 140-144.
- [12] 孙海芹, 李昂, 班纬, 等. 濒危植物独花兰的形态变异及其适应意义[J]. 生物多样性, 2005, 13(5): 376-386.
- [13] 洪明, 郭泉水, 聂必红, 等. 三峡库区消落带狗牙根种群对水陆生境变化的响应[J]. 应用生态学报, 2011, 22(11): 2829-2835.
- [14] 孙晓方, 何家庆, 黄训端, 等. 不同光强对加拿大一枝黄花生长和叶绿素荧光的影响[J]. 西北植物学报, 2008, 28(4): 752-758.
- [15] 冯玉龙, 曹坤芳, 冯志立, 等. 四种热带雨林树种幼苗比叶重、光合特性和暗呼吸对生长光环境的适应[J]. 生态学报, 2002, 22(6): 901-910.
- [16] WITTMANN C, ASCHAN G, PFANZ H. Leaf and twig photosynthesis of young beech (*Fagus sylvatica*) and aspen (*Populus tremula*) trees grown under different light regime [J]. Basic and Applied Ecology, 2001, 2: 145-154.
- [17] HORMAETXE K, BECERRIL J M, FLECK I, et al. Functional role of red (*retro*)-carotenoids as passive light filters in the leaves of *Buxus sempervirens* L.: increased protection of photosynthetic tissues? [J]. Journal of Experimental Botany, 2005, 6: 2629-2636.
- [18] ZHANG Y J, YAN F, GAO H, et al. Chlorophyll content, leaf gas exchange and growth of orientallily as affected by shading [J]. Russian Journal of Plant Physiology, 2015, 62: 334-339.
- [19] 曹柯, 朱更瑞, 王永熙, 等. 遮光对桃幼树形态及一些生理指标的影响[J]. 植物资源与环境学报, 2006, 15(4): 52-56.
- [20] 位杰, 吴翠云, 王合理, 等. 不同光照强度对灰枣叶片生理特性的影响[J]. 河南农业科学, 2014, 43(12): 112-116.
- [21] 李志刚, 侯扶江, 安渊, 等. 不同光照强度对三种牧草生长发育的影响[J]. 中国草地学报, 2009, 31(3): 56-61.
- [22] 何小燕, 马锦林, 张日清, 等. 弱光胁迫对植物生长影响的研究进展[J]. 经济林研究, 2011, 29(4): 131-136.

(责任编辑: 佟金凤)