

青钱柳幼苗对土壤水分的生长及生理响应

方建华¹, 柏明娥^{2*}, 朱杭瑞², 徐高福³, 沈建军², 陈秀娟²

(1. 浙江省淳安县千岛湖林场, 浙江 淳安 311700; 2. 浙江省林业科学研究院, 浙江 杭州 310023;
3. 淳安县新安江开发总公司, 浙江 淳安 311700)

摘要:以一年生青钱柳 (*Cyclocarya paliurus*) 苗为试验材料, 对其进行 5 种不同土壤水分处理, 研究不同水分条件下青钱柳苗高、地径、生物量及叶片含水量、叶绿素含量、丙二醛、可溶性糖含量等生长和生理指标。结果表明: 苗高、地径的增长量及地上部分的生物量随土壤含水率的降低呈现递减趋势, 而地下部分生物量和总生物量表现出先升高后降低的趋势, 根冠比随土壤含水率的降低逐渐增大, 土壤含水量为田间持水量的 50% ~ 60% 时总生物量为最大, 随着土壤含水率的降低, 叶片含水率逐渐降低, 叶绿素含量总体呈现先升高后降低的趋势; 土壤含水量为田间持水量的 50% ~ 60% 时的叶绿素含量最大, 丙二醛和可溶性糖含量随着土壤含水率的降低逐渐升高; 除土壤含水量为田间持水量的 15% ~ 25% 的处理组的植株长势较差, 株高、地径和生物量的增长极缓慢外, 其它 4 组在苗高和地径的净增长、地上和地下部分的生物量及总生物量方面的差异性不显著, 叶片的可溶性糖含量在此水分范围内变化不显著, 说明青钱柳在土壤含水量为田间持水量的 25% 以上均能适应生长, 低于此值生长将受到限制。

关键词: 青钱柳; 土壤水分; 生长; 生物量; 生理指标

中图分类号: S718.43

文献标识码: A

Effect of Soil Water Content on Growth and Physical Response of *Cyclocarya paliurs* Seedlings

FANG Jian-hua¹, BAI Ming'e², ZHU Hang-ru², XU Gao-fu³, SHEN Jian-jun², CHEN Xiu-juan²

(1. Chun'an Qiandao Lake Forest Farm of Zhejiang, Chun'an 311700, China; 2. Zhejiang Forestry Academy, Hangzhou 310023, China;
3. Chun'an Xin'anjiang Development Corporation, Chun'an 311700, China)

Abstract: Experiments were conducted on treatment of different soil water content on height and ground diameter growth, moisture content in leaf, biomass, chlorophyll, MDA and soluble sugar in 1-year *Cyclocarya paliurs* seedlings. The result demonstrated that with decrease of soil water content, height and ground diameter growth and above ground biomass decreased, underground biomass and total one increased first, decreased later, and root-shoot ratio increased. The total biomass of seedlings topped in soil with 50%-60% water content of field moisture capacity. With decrease of soil water content, moisture content in seedling leaf decreased, chlorophyll content increased first, decreased later, MDA and soluble sugar content increased. Chlorophyll content in seedlings leaf reached the highest in soil with 50%-60% water content of field moisture capacity. The experiments resulted that it had no evident difference of tested items among different treatments, except the one in soil with 15%-25% soil moisture of field moisture capacity, indicating seedling could grow well except the last one.

Key words: *Cyclocarya paliurs*; soil water content; growth; biomass; physical index

收稿日期: 2015-05-15; 修回日期: 2015-09-24

基金项目: 浙江省科技厅公益技术研究农业项目 (2013C32087); 浙江省林业科研成果推广项目 (2014B09)

作者简介: 方建华 (1963-), 女, 浙江淳安人, 工程师, 从事营造林技术研究; *通讯作者。

青钱柳 (*Cyclocarya paliurus*) 系胡桃科青钱柳属植物, 是中国特有的单种属植物, 也是国家重点保护的濒危植物之一。青钱柳广泛分布于江西、浙江、江苏、安徽、福建、台湾、湖北、四川、贵州等地海拔 420 ~ 2 500 m 的山区、溪谷或石灰岩山地^[1], 喜生于温暖、湿润、肥沃、排水良好的酸性红壤或黄红壤^[2]。青钱柳叶中含有多种对人体有益的无机和有机化合物, 特别是三萜、甾体类化合物、黄酮、有机酸、多糖等^[3~7]。利用青钱柳叶作为代茶饮, 在我国民间已有悠久的历史^[8]。随着对青钱柳药理和保健功能认识的增加, 青钱柳作为一种具有较高开发利用价值的经济树种正得到大面积的推广与应用。

由于青钱柳种子发育差, 自然更新能力弱, 现有的青钱柳资源主要是天然林, 不仅数量少, 而且多零星分布于深山老林和一些自然保护区中^[2], 严重影响了青钱柳资源的开发利用和产业化进程, 因此人工培育是青钱柳未来发展的方向。为进一步了解和掌握青钱柳人工栽培的生理生态学特性, 本研究通过不同土壤水分处理, 分析不同水分条件下青钱柳苗木的生长和生理指标的差异, 探讨青钱柳对土壤水分的适应性, 为合理和高效栽培青钱柳资源提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

试验材料选用生长情况较一致的青钱柳 1 年生苗, 于 3 月移栽至上口径 20 cm、下口径 14.5 cm、高 15 cm 的塑料花盆中, 栽培基质为黄心土和沙按 1: 1 比例配制。

1.2 试验设计

试验分 5 组, 每组 6 盆。经测定该土壤的田间持水量为 25% 左右, T1 土壤含水率 20% ~ 22%, 即田间持水量的 80% ~ 90%, 水分充足; T2 土壤含水率 16% ~ 18%, 即田间持水量的 60% ~ 70%, 轻度水分胁迫; T3 土壤含水率 12% ~ 14%, 即田间持水量的 50% ~ 60%, 较轻度水分胁迫; T4 土壤含水率 8% ~ 10%, 即田间持水量的 30% ~ 40%, 中度水分胁迫; T5 土壤含水率 4% ~ 6%, 即田间持水量的 15% ~ 25%, 重度水分胁迫。试验在浙江省林业科学研究所的育苗大棚中进行, 通过常规管理使试验植株正常生长后进行水分处理。土壤含水率采用称重法控制, 即在对苗木停止供水后的第 2 天起, 通过自然耗水使其土壤含水率逐渐降低, 每天取样测定土壤含水率的变化情况, 当土壤含水率达到设定值时, 用天平称取苗、盆和土壤的总重量, 之后每天称重一次并补充水分, 使其维持在设定的土壤含水率范围, 试验处理 60 d 后, 取样分析各项生长指标和生理指标。

1.3 指标测定

生长指标包括株高和地径, 分别用卷尺、游标卡尺测定, 生物量指标包括地上部分和地下部分的干物质质量, 将完整植株从盆中取出, 洗净, 分离地上和地下部分, 于 105℃ 烘箱中进行烘干, 用分析天平测定各部分重量, 根据地上部分和地下部分生物量计算根冠比。

生理指标包括叶片含水量、叶绿素含量 (Chl)、丙二醛 (MDA) 含量、可溶性糖 (ss)。叶片含水量用鲜重法测定^[9], 叶绿素含量采用丙酮-乙醇混合提取分光光度法测定^[10], 丙二醛含量和可溶性糖采用硫代巴比妥酸法测定^[11]。

1.4 数据统计与分析

试验数据采用 SPSS Version(16.0) 的 ANOVA 过程进行单因素方差分析, 多重比较选用 LSD 法, 采用 Excel 进行制图、制表。

2 结果与分析

2.1 土壤水分对青钱柳苗木生长的影响

2.1.1 对苗高的影响 从表 1 可以看出, 不同土壤水分处理对青钱柳苗高生长有一定的影响, 随着土壤含水率的降低, 株高的净生长量逐渐降低, $T1 > T2 > T3 > T4 > T5$, 说明土壤水分越充分对青钱柳株高的生长越有利。

通过方差分析表明, T1 组的株高净增长量与 T2、T3、T4 和 T5 组之间具有显著性差异 ($p < 0.05$), 而 T2、T3、T4 组之间差异性不显著 ($p > 0.05$); 从株高的相对增长率来看, T1 组最大, 其次为 T4 组, $T1 > T4 > T2 > T3 > T5$, 除 T5 与 T1、T2、T3、T4 之间有显著性差异外 ($p < 0.05$), T1、T2、T3、T4 之间差异性不显著 ($p > 0.05$)。

表 1 不同水分处理对青钱柳苗高和地径的影响
Table 1 Effect of different treatment on seedling height and ground diameter growth

处理	株高				地径			
	处理前/cm	处理后/cm	增长量/cm	增长率/%	处理前/mm	处理后/mm	增长量/mm	增长率/%
T1	46.00 ± 10.14	67.35 ± 11.54	21.35 ± 3.81a	48.03 ± 13.06a	5.22 ± 1.01	7.98 ± 1.14	2.76 ± 0.46a	54.96 ± 17.24a
T2	44.17 ± 4.75	59.63 ± 11.62	15.47 ± 7.27b	34.10 ± 12.87a	5.81 ± 1.24	8.30 ± 1.29	2.48 ± 0.87a	45.03 ± 18.87ab
T3	43.00 ± 8.39	56.5 ± 10.97	13.5 ± 4.59b	31.75 ± 10.74a	5.39 ± 1.29	7.57 ± 1.09	2.18 ± 0.64a	45.18 ± 28.57ab
T4	39.17 ± 7.49	51.75 ± 5.26	12.58 ± 4.99b	34.58 ± 18.96a	5.51 ± 0.78	6.65 ± 0.84	1.14 ± 0.57b	21.28 ± 11.38bc
T5	42.33 ± 5.99	43.17 ± 6.24	0.83 ± 1.17c	1.96 ± 2.74b	5.31 ± 1.02	5.86 ± 1.08	0.56 ± 0.50b	10.94 ± 11.35c

2.1.2 对苗木地径的影响 从表 1 可以看出, 不同水分处理对青钱柳地径增长也有一定的影响, 也是随着土壤含水率的降低, 地径的净生长量逐渐降低, $T1 > T2 > T3 > T4 > T5$, 与苗高变化一致, 经方差分析表明, T1、T2、T3 组与 T4、T5 组之间具有显著性差异 ($p < 0.05$), 而 T1、T2、T3 三处理之间和 T4、T5 组之间差异性不显著 ($p > 0.05$); 从地径的相对增长率来看, T1 组最大, 其次为 T3 组, $T1 > T3 > T2 > T4 > T5$, 方差分析表明, T1 组与 T2 和 T3 组之间、T2 组与 T3 和 T4 组之间、T4 和 T5 组之间差异性不显著 ($p > 0.05$), T1 组与 T4 和 T5 组之间差异性显著 ($p < 0.05$)。

2.1.3 对苗木各部分生物量的影响 从表 2 可以看出, 不同水分处理对青钱柳苗木地上部分、地下部分和总生物量的影响除 T5 组与其他 4 组之间具有显著性差异 ($p < 0.05$) 外, T1、T2、T3 和 T4 组之间差异性不显著 ($p > 0.05$), 根冠比在不同处理间差异性均不显著 ($p >$

表 2 不同水分处理对青钱柳苗木各部分生物量的影响
Table 2 Effect of different treatment on biomass of different part

处理	地上部分/g	地下部分/g	总生物量/g	根冠比
T1	10.55 ± 1.03a	5.60 ± 0.79a	16.15 ± 0.73a	0.54 ± 0.16a
T2	9.90 ± 1.51a	5.93 ± 0.52a	15.83 ± 2.01a	0.60 ± 0.04a
T3	9.84 ± 1.40a	6.39 ± 0.75a	16.23 ± 1.80a	0.65 ± 0.09a
T4	8.53 ± 1.71a	5.73 ± 0.20a	14.26 ± 1.89a	0.69 ± 0.10a
T5	2.89 ± 0.14b	2.13 ± 0.35b	5.02 ± 0.30b	0.74 ± 0.15a

0.05)。从变化趋势来看, 青钱柳地上部分的生物量随着土壤含水率的降低逐渐降低, 而地下部分的生物量随土壤含水率的降低是先升高再降低, T3 组的地下部分生物量为最大, 从总生物量来看, T3 组为最大, $T3 > T1 > T2 > T4 > T5$ 。由此说明土壤含水量越高越有利于地上部分枝叶生物量的积累, 而适当降低土壤含水量有利于地下根系的生物量积累, 当土壤含水率降低到一定程度后对地上和地下生物量的积累都会产生一定的限制, 从根冠比的变化来看, 随着土壤含水率的降低, 根冠比逐渐增大, 各处理组间差异不显著。

2.2 土壤水分对青钱柳叶片生理指标的影响

不同水分处理对青钱柳苗木叶片含水率、叶绿素含量、丙二醛和可溶性糖含量的生理指标的影响见图 1。

由图 1 可知, 叶片含水率随着土壤水分的减少呈递减趋势, T1 处理的叶片含水率最大, 为 65.58%, T5 处理的叶片含水率最低, 为 58.07%, 方差分析表明, T1、T2、T3、T4 组和 T3、T4、T5 组处理间不存在显著差异, 而 T1、T2、T3、T4 组与 T5 组之间差异显著 ($p < 0.05$)。

从对叶片叶绿素含量的影响来看, T3 处理组的叶绿素含量最大, 为 4.51 mg/g, 其次为 T4 处理组, 含量为 4.42 mg/g, 两者均显著大于 T1、T2、T5 处理组 ($p < 0.05$), 而 T1、T2、T5 组和 T3、T4 组处理间差异不显著。从叶绿素含量的变化来看, 也说明适当干旱有利于提高叶绿素含量, 提高植物的光合作用能力, 从而提高其生物量的积累。

丙二醛是膜脂过氧化作用的主要产物, 其含量可以反映植物遭受逆境的伤害程度。由图 1 可以看出, 随着土壤含水率的降低, 叶片丙二醛含量逐渐升高, T5 处理组的丙二醛含量为 16.99 $\mu\text{mol/g}$, 比 T1 处理组 11.89 $\mu\text{mol/g}$ 提高了 42.89%, 说明随着土壤含水率的降低, 细胞中膜脂过氧化作用逐渐增强, 也就是说在这个土壤含水率范围内青钱柳对水分亏缺这个逆境条件的反映随着土壤含水率的降低而明显增强。通过各处理间的方差分析表明, T1 与 T2、T2 与 T3、T3 与 T4、T4 与 T5 处理间不存在显著差异, 而 T1 与 T3、T4、T5 和 T2 与 T4、T5 及 T3 与 T5 之间存在显著差异 ($p < 0.05$)。

渗透调节是植物在逆境条件下降低渗透势, 抵抗逆境胁迫的一种重要方式, 可溶性糖作为其中的一种重要渗透调节物质, 常被认为是对于干旱忍耐的适应物质。从图 1 可以看出, 随着土壤含水率的降低, 叶片可溶性糖

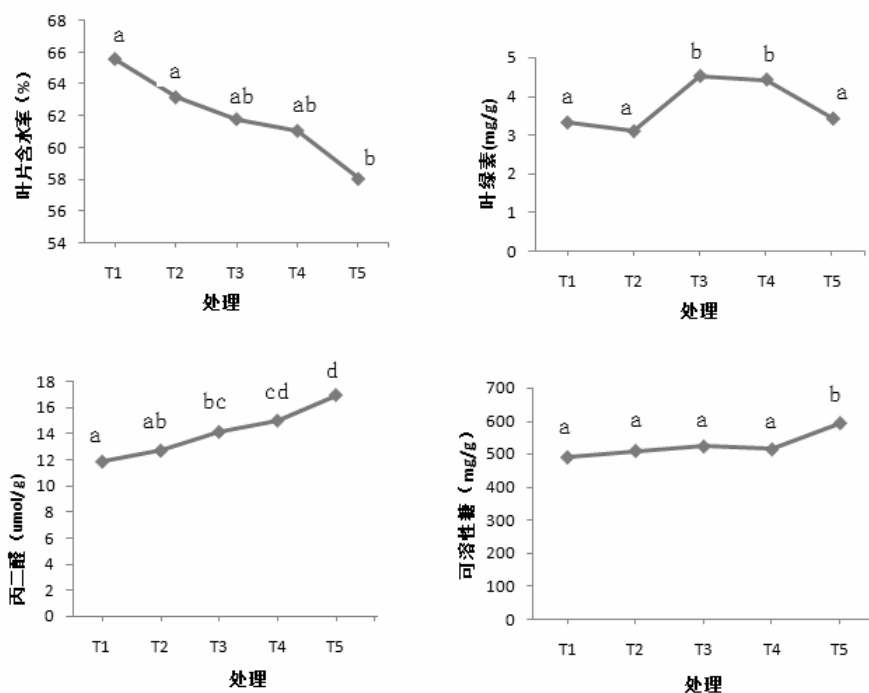


图 1 不同处理对青钱柳叶片生理指标的影响

Figure 1 Effect of different treatment on physical traits of *C. paliurus* leaf

含量总体呈上升趋势, T1、T2、T3、T4 处理组间的叶片可溶性糖含量虽有一定的变化, 但变化缓慢, 差异不显著, T5 处理组叶片可溶性糖含量最大, 达 592.05 mg/g, 较 T1 组 490.34 mg/g 增加了 20.74%, 且与前 4 组的差异显著 ($p < 0.05$), 说明可溶性糖的积累是青钱柳对水分胁迫的一种适应性反应。

3 结论与讨论

土壤水分是影响植物生长发育和生理生态特性的重要因子, 土壤水分过多或过少都会对植物的生长产生一定的影响^[13]。本试验中青钱柳苗木的株高、地径的净增长量和地上部分生物量都是随着土壤水分的降低而降低, 说明土壤水分充足有利于地上部分生物量的积累。而从地下部分生物量和总生物量的变化趋势来看, 随着土壤含水量的降低先升高后降低, T3 组 (土壤含水量为田间持水量的 50% ~ 60%) 达到最大值, 意味着轻度水分胁迫有利于总生物量的积累, 这从叶绿素含量为 T3 组最大也可以说明。从根冠比的变化情况来看, 随着土壤含水率的降低, 根冠比逐渐增大, 也就是说当土壤出现干旱时, 其生物量的分配倾向于向地下部分转移。

从 5 种不同土壤水分条件下植株的总体形态特征来看, 土壤水分充足, 植株抽枝发叶速度快, 树形高大, 随着土壤含水率的降低, 树形逐渐变小, 地上部分生物量逐渐降低。除 T5 组土壤含水量为田间持水量的 15% ~ 25% (重度胁迫), 植株长势较差、株高和地径增长极缓慢外, T1、T2、T3 和 T4 处理组间在苗高和地径的净增长率、地上和地下部分的生物量及总生物量方面的差异不显著, 说明青钱柳在土壤含水量为田间持水量的 25% 以上均能适应生长, 低于此值生长将受到限制。

植物受到逆境胁迫后会有多种生理响应, 有些是主动的适应, 如可溶性糖、脯氨酸含量增加, 有些可能是受伤害的被动表现, 如丙二醛含量上升, 叶绿素含量下降^[13-16]。叶片含水量是植株水分状况的良好度量和诊断指标, 直接反映了植物生长发育的实际状况, 本试验结果表明随着土壤含水率的降低, 叶片含水量逐渐降低, 也就是说植株生长势逐渐减弱, 这与对植物生长指标的测定结果相一致。叶绿素是植物光合色素中最重要的一类色素, 其含量高低在很大程度上反映了植株生长状况和叶片光合能力。本试验中叶绿素含量对土壤水分的响应有一定的阈值, T3 组叶片叶绿素含量为最大, 当大于这个土壤含水率时, 叶绿素含量反而降低, 也就是说适

度的水分胁迫可提高叶片的叶绿素含量,提高作物的光合作用,从而增加其干物质的积累。可溶性糖作为植物体内重要的渗透调节物质,当水分亏缺时可溶性糖主动积累,参与降低植物体渗透势,以利于植物体在干旱逆境下维持正常生长所需水分,提高其抗逆性能。本试验结果表明,当土壤水分从T1降到T4,可溶性糖含量升高不明显,在此水分范围内变化不显著,说明青钱柳对T1到T4处理的土壤水分变化反应不敏感,这与前面的生物量和生长指标的测定结果相吻合,之后随土壤水分胁迫的加剧,可溶性糖含量出现明显上升,差异显著。丙二醛积累是植物遭受胁迫后的响应之一,本试验结果表明随着土壤含水率的降低,丙二醛含量逐渐升高,表明叶片的膜脂过氧化伤害程度逐渐加重,从而表现为植株的生长受到影响。

综上所述,青钱柳幼苗在不同土壤水分条件下的生长指标和生理指标均有所差异,土壤水分充足有利于地上部分生物量的积累,适度干旱有利于提高叶绿素含量,增加地下部分生物量和总生物量的积累,其不同土壤水分条件下的生长表现与其内在的生理反应相适应。

参考文献:

- [1] 中国科学院“中国植物志”编辑委员会. 中国植物志[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [2] 谢明勇, 谢建华. 青钱柳研究进展[J]. 食品与生物技术学报, 2008, 27(1): 113-121.
- [3] 李磊, 谢明勇, 邓泽元, 等. 青钱柳无机元素的初级形态分析[J]. 南昌大学学报: 工科版, 2000, 22(1): 74-77.
- [4] 易醒, 石建功, 周光雄, 等. 青钱柳化学成分研究[J]. 中国中药杂志, 2002, 27(1): 43-45.
- [5] 冷任轩. 青钱柳的基础理论研究和临床观察[J]. 江西中医药, 1994, 25(2): 64-65.
- [6] 上官新晨, 陈木森, 蒋艳, 等. 青钱柳多糖降血糖活性的研究[J]. 食品科技, 2010, 35(3): 82-84.
- [7] 湛梦奇, 梁锦业, 焦志海, 等. 青钱柳茶调节血脂作用的临床观察[J]. 中华实用中西医杂志, 2002, 2(15): 863-865.
- [8] 何春年, 彭勇, 肖伟, 等. 青钱柳神茶的应用历史与研究现状[J]. 中国现代中药, 2012, 14(5): 62-68.
- [9] 赵世杰, 史国安, 董新纯. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2002.
- [10] 杨敏文. 快速测定植物叶片叶绿素含量方法的探讨[J]. 光谱实验室, 2002, 19(4): 478-481.
- [11] 中国科学院上海植物生理研究所, 上海市植物生理学会. 现代植物生理学实验指南[M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [12] 罗永忠, 李广. 土壤水分胁迫对新疆大叶苜蓿的生长及生物量的影响[J]. 草业学报, 2014, 23(4): 213-219.
- [13] 柏明娥, 唐建军, 洪利兴, 等. 两种基质条件下美丽胡枝子对模拟干旱胁迫的响应[J]. 中国生态农业学报, 2009, 17(3): 549-553.
- [14] 赵宏光, 寻路路, 梁宗锁, 等. 土壤水分含量对三七叶片生长、抗氧化酶活性及渗透调节物质含量的影响[J]. 西北农业学报, 2013, 22(12): 159-163.
- [15] 田勇, 袁丛军, 王加国, 等. 清香木对不同土壤水分胁迫的生长的光合响应[J]. 西部林业科学, 2014, 43(5): 41-47.
- [16] 王娅玲, 李维峰. 干旱胁迫对植物生长及其生理的影响概述[J]. 南方农业, 2015, 9(6): 37, 39.