

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3142.2013.03.005

张德楠, 罗艾滢, 徐广平, 等. 温度和土壤含水量对青冈栎种子萌发的影响[J]. 广西植物, 2013, 33(3):306—312

Zhang DN, Luo AY, Xu GP, et al. Influence of temperature and soil moisture on seed germination of *Cyclobalanopsis glauca* [J]. Guihaia, 2013, 33(3):306—312

# 温度和土壤含水量对青冈栎种子萌发的影响

张德楠<sup>1,2</sup>, 罗艾滢<sup>1,2</sup>, 徐广平<sup>1</sup>, 顾大彤<sup>1</sup>, 黄玉清<sup>1</sup>, 何成新<sup>1\*</sup>

(1. 广西壮族自治区 广西植物研究所, 广西 桂林 541006; 2. 广西师范大学 生命科学院, 广西 桂林 541004)

**摘 要:** 运用直播法, 研究应用人工气候箱控制温度和土壤含水量对野生青冈栎种子萌发和幼苗生长的影响。结果表明: 在 12 h 光照条件下, 青冈栎种子在变温为 10℃/15℃ 时, 萌发率很低, 仅为 (12±12.29)%; 变温为 30℃/35℃ 时, 萌发率达最大, 为 (81±13.7)%。土壤含水量为 30%~40% 时, 萌发率为 (79±15.9)%; 土壤含水量为 90%~100% 时, 萌发率为 (56.67±19.36)%。青冈栎种子萌发呈现出迅速萌发和推迟萌发的特点; 温度对青冈栎幼苗的苗高、叶长和叶宽影响显著, 对幼苗的地径、叶片数量影响不显著。恒温下, 不同梯度土壤含水量处理对幼苗的苗高、地径、叶长、宽影响不显著。

**关键词:** 青冈栎; 种子萌发; 温度; 土壤含水量

中图分类号: Q948 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2013)03-0306-07

## Influence of temperature and soil moisture on seed germination of *Cyclobalanopsis glauca*

ZHANG De-Nan<sup>1,2</sup>, LUO Ai-Ying<sup>1,2</sup>, XU Guang-Ping<sup>1</sup>, GU Da-Xing<sup>1</sup>, HUANG Yu-Qing<sup>1</sup>, HE Cheng-Xin<sup>1\*</sup>

(1. Guangxi Institute of Botany, Guangxi Zhuang Autonomous Region and the Chinese Academy of Sciences, Guilin 541006, China; 2. College of Life Sciences, Guangxi Normal University, Guilin 541004, China)

**Abstract:** In order to explore the influence of temperature and soil moisture on seed germination of *Cyclobalanopsis glauca*, the direct seeding, controlling the temperature and soil moisture content in the growth cabinet were used. The results were as follows: seeds germination rates of *C. glauca* were very low with (12±12.29)% at the temperature 10℃/15℃ in the 12-hour lighting, and their maximal germination rates was (81±13.7)% at the temperature of 30℃/35℃. Seeds germination rates were (79±15.9)% under soil moisture content about 30%—40%, and (56.67±19.36)% at soil moisture content about 90%—100%. There were rapid germination and delayed germination countermeasures of seed germination for wild *C. glauca*. It was shown that temperature affected the seedling height, blade length and blade width of *C. glauca* seedlings significantly. On the contrary, effects on the ground diameter and leaf number of seedlings were insignificant. The different gradient of soil moisture content also affected the seedling height, ground diameter, blade length and blade width insignificant at a constant temperature.

**Key words:** *Cyclobalanopsis glauca*; seed germination; temperature; soil moisture content

收稿日期: 2012-12-10 修回日期: 2013-03-03

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2012BAC16B01); 岩溶动力学重点实验室基金(KDL2011-09); 广西自然科学基金(2012GXNSFBA053074); 广西植物研究所基本业务费(桂植业 11004)

作者简介: 张德楠(1984-), 男, 广西临桂人, 硕士研究生, 主要从事植物生态学的研究, (E-mail) DeNanZhang@126.com。

\*通讯作者: 何成新(1965-), 研究员, 主要从事植物生态学研究, (E-mail) hecx@gxib.cn。

种子萌发是植物生活史中的一个重要过程, 种子库在自然状态下的萌发数量和质量对种群的更新和群落的稳定具有重要的影响 (Augustoa *et al.*, 2001; Gómez-Aparicio *et al.*, 2007)。作为种群更新演替的起点, 种子的萌发在自然状态下受多种环境因子的共同影响 (Canossa *et al.*, 2008)。我国南方岩溶区的季节性干旱和冬季低温的特殊生境, 可能对区域种子库的萌发和幼苗建群形成制约作用 (何师意等, 2001; 刘伟玲, 2003)。因此开展大气温度和土壤水分等环境因子对岩溶区特征群落, 特别是群落中建群种和先锋种种子萌发和幼苗建群的影响等研究, 对促进岩溶区植被恢复和群落的自然更新具有重要意义。

青冈栎 (*Cyclobalanopsis glauca*) 为壳斗科 (Fagaceae) 栎属 (*Cyclobalanopsis*) 植物, 属阳性树种, 喜生于微碱性、中性至微酸性土壤, 是我国亚热带东部常绿阔叶林的主要优势树种之一 (陈秋夏等, 2011); 青冈栎为岩溶生态系统顶级群落的建群种, 可作为岩溶区植被恢复与重建的先锋树种, 具有良好的生态功能和经济价值 (李先琨等, 2003; 万福绪等, 2003)。目前, 青冈栎的研究受到越来越多国内学者的关注, 学者们对青冈栎果实的抗癌活性 (甘耀坤等, 2010)、群落数量 (胡刚等, 2007) 及其结构特征 (姚贻强等, 2008), 青冈栎的种内竞争 (胡刚等, 2007)、树干液流特性 (张中峰等, 2008a) 及光合速率 (张中峰等, 2008b), 干旱胁迫下有关青冈栎的水分生理 (邓艳等, 2006) 和幼苗形态与生理特性 (陈秋夏等, 2011) 等进行了深入研究; 同时, 对青冈栎种子的耐脱水性 (喻方圆等, 2006) 及温度和光照对其种子萌发的影响 (王素娟等, 2012) 等也进行过较深入的探讨。而种子萌发是一个很重要的过程, 有关温度和土壤含水量对青冈栎种子萌发的研究很少见报道。温度对种子的发芽率会产生强烈作用, 适宜的温度能促进种子的萌发和幼苗生长; 同时, 种子的萌发也需要适宜的水分, 水分是影响种子萌发的主导因子。在桂北喀斯特林地, 青冈栎的成熟种子数量多但其萌发率较低, 本文拟通过室内人工气候箱控制温度和土壤含水量对青冈栎种子进行研究, 探讨其对青冈栎种子萌发的影响, 了解青冈栎种子对温度和土壤含水量变化的响应机制, 对培育青冈栎幼苗及加快亚热带地区常绿阔叶林的植被恢复提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

实验材料为 2011 年 11 月在广西桂林市南郊大埠乡甘棠村 ( $110^{\circ}18' \sim 110^{\circ}22' \text{E}$ ,  $25^{\circ}01' \sim 25^{\circ}03' \text{N}$ ) 喀斯特山区采集的青冈栎成熟种子, 种子经水浮法处理后, 摒弃浮于水面及悬浮水中的种子, 挑选出生长均匀一致、饱满的种子, 用清水洗净平铺于实验室干净的实验台上, 自然风干后装入塑料封口袋中, 储藏于  $5^{\circ}\text{C}$  的冰箱中备用。

### 1.2 种子的物理特性

实验前随机抽取 100 粒青冈栎种子, 用电子天平 (DT-200A, 精度 0.01 g) 测百粒重, 重复 3 次; 随机抽取 50 粒种子, 用数显游标卡尺 (精度 0.01 mm) 准确测定种子的大小 (包括长、宽), 6 次重复; 种子的含水量测定采用烘干法, 随机抽取种子 100 粒, 在  $105^{\circ}\text{C}$  的烘箱中烘至恒重后用电子天平 (DT-200A, 精度 0.01 g) 称量, 然后计算种子水分含量, 6 次重复。

### 1.3 种子活力的测定

种子活力测定采用 2, 3, 5-氯化三苯四氮唑 (TTC) 法 (张志良等, 2002), 将 50 粒成熟种子置于  $38 \sim 40^{\circ}\text{C}$  温水中浸泡 24 h 后去种皮, 然后将胚浸于  $38^{\circ}\text{C}$  的 0.1% 的 TTC 溶液中浸泡 12 h, 取出观察并记录结果, 染色程度深的为高活力种子, 实验共设 4 个重复。

### 1.4 不同温度条件下青冈栎种子的萌发试验

本实验在室内人工气候箱 (HP300GS) 中进行, 分变温和恒温两部分。人工气候箱变温实验分别于 2011 年 12 月和 2012 年 4 月进行, 变温温度设置为 ( $10^{\circ}\text{C}/15^{\circ}\text{C}$ 、 $20^{\circ}\text{C}/25^{\circ}\text{C}$ 、 $30^{\circ}\text{C}/35^{\circ}\text{C}$ ), 变温的时间 12 h 夜/12 h 昼, 相对湿度控制在 75%~85%, 每天给光 3 000 lx、给光时间 6:00~18:00, 其余时间无光。把经电子天平 (DT-200A, 精度 0.01 g) 准确称量, 用水反复淘洗干净后经  $110^{\circ}\text{C}$  烘箱烘干的细沙 500.00 g 装于上口口径 20 cm、下口径 15 cm、高 10 cm 的塑料盆中; 经过 0.1% 高锰酸钾浸泡消毒 20 min 后, 用蒸馏水洗净种子, 然后种脐朝下均匀地埋于细沙中, 种子下方覆盖一层 5 mm 细沙, 每个塑料盆 10 粒种子; 每天用土壤水分测定仪 (HH2 Delta-T Devices Moisture Meter, 英国 Delta 公司) 测定 1 次土壤水分相对含量, 定量加水以保持细沙的相对含水量为 70%~80%, 每个变温处理设 10 个重复。

本实验中恒温处理设定为 25 ℃,除土壤的含水量与变温的不同外,对种子的各项处理都与变温的处理相同。每天观察记录一次,胚根伸出则视为萌发,当供试种子连续 5 d 无新胚根萌发时视为实验结束,累计种子萌发数,统计发芽率,并在发芽数达到最高峰时计算发芽势。种子发芽率(%)=( $n/N$ )×100%,其中  $n$  为发芽的种子数, $N$  为供试种子总数(孙时轩,1985);发芽势(%)=(种子发芽最高峰时的发芽总数/供试种子数)×100%(刘乐等,2007)。

1.5 不同土壤含水量条件下青冈栎种子的萌发试验

实验于 2012 年 8 月在人工气候箱中进行,温度设置为恒定 25 ℃,种子的处理、播种方式、塑料盆的大小规格、细沙含量、人工气候箱湿度设定、光照时间及强度与前面人工气候箱的实验完全相同,设置了 4 个梯度的细沙相对含水量(30%~40%、50%~60%、70%~80%、90%~100%),每天检查并记录萌发的种子,萌发的标志为胚根伸出,连续 5 d 不萌发则视为实验结束。

以上不同温度和土壤含水量条件下青冈栎种子萌发实验,待实验进行到第 50 d 时,应用数显游标卡尺(精度 0.01 mm)和普通卷尺(精度 0.1 mm)对青冈栎幼苗形态参数中的苗高、地径、叶片数量、叶长和叶宽进行测量。

1.6 数据分析

采用 SPSS13.0 软件对数据进行单因素方差分析(One-way ANOVA)。作图在 Microsoft Excel 2003 中完成。

2 结果与分析

2.1 种子的百粒重及形态特征

从表 1 看出,青冈栎种子活力为 97.50%,种子含水量 35.31%,青冈栎成熟种子百粒重( $247.93\pm9.63$ )g,长( $17.12\pm1.09$ )mm,宽( $15.23\pm1.13$ )mm,较之于浙江采集的青冈栎种子大、长而且宽(千粒重 1132.8 g,长 12.9 mm,宽 10.3 mm)。

表 1 青冈栎种子大小、百粒重、含水量和种子活力

Table 1 Seed size,hundred-grain weight, seed water content and seed vitality of *Cyclobalanopsis glauca*

| 项目 Item                          | 平均值<br>Mean value | 重复数<br>Replicate | 标准差<br>Standard deviation | 变异系数(%)<br>Coefficient of variation |
|----------------------------------|-------------------|------------------|---------------------------|-------------------------------------|
| 种子大小(长×宽)Seed size (mm)          | 17.12×15.23       | 6                | 1.09~1.13                 | 0.06~0.07                           |
| 种子百粒重 Hundred - grain weight (g) | 247.93            | 3                | 9.63                      | 0.04                                |
| 种子含水量 Seed water content (%)     | 35.31             | 6                | 0.15                      | 0.004                               |
| 种子活力 Seed vitality (%)           | 97.5              | 4                | 1.0                       | 0.01                                |

2.2 温度对种子萌发的影响

由表 2 可知,温度对青冈栎种子发芽率有显著影响。在 3 个不同变温处理(10℃/15℃、20℃/25℃、30℃/35℃)条件下,2011 年 12 月播种的青冈栎种子的发芽率和发芽势均随温度升高而升高,2012 年 4 月播种的青冈栎种子的发芽率和发芽势则随温度升高呈先升高后下降的趋势,这可能是由于种子在 4 月播种,种子已经历了一定温度范围的后熟,随着温度的升高种子萌发过程中代谢反应不是很活跃,逐渐下降,导致种子萌发进程缓慢。与王素娟等(2012)的研究结果相似。随温度的升高,种子起始发芽的时间和种子发芽达到高峰期时间提前、种子萌发持续时间随之缩短,与张庆霞(2009)对苦参(*Sophora flavescens*)及韦春强(2012)对飞机草(*Eupatorium odoratum*)种子萌发研究的结果相似。

变温条件下,随温度变化青冈栎种子的萌发率发生显著变化( $P<0.05$ ),变温 10℃/15℃时种子萌发率很低,仅为( $12\pm12.29$ )%;30℃/35℃时种子萌发率

因播种时间不同而出现不同的结果,分别为 2011 年 12 月播种的( $81\pm13.7$ )%和 2012 年 4 月的( $42\pm19.32$ )%,相差近 1 倍,可能的原因是种子萌发的起始时间存在差异性,种子本身的活性也不一样。起始萌发时间提前,种子萌发持续的整个过程随温度的升高而缩短,2011 年 12 月播种在变温 30℃/35℃时起始萌发时间需 13 d 与 2012 年 4 月播种需 9 d 差异不显著;变温 10℃/15℃条件下起始萌发时间 2011 年 12 月播种需 65 d 与 2012 年 4 月播种需 36 d 差异显著( $P<0.05$ );不同播种时间下,种子萌发持续的整个过程变温 10℃/15℃分别需 102 d、98 d 与变温 30℃/35℃分别需 57d、60 d 差异显著( $P<0.05$ )。

恒温 25 ℃条件下,青冈栎种子的起始萌发时间均在 10 d 内(表 3),与变温 20℃/25℃、30℃/35℃起始萌发时间需要的 22 d 和 16 d、13 d 和 9 d 差异显著,这主要是不同播种时间引起的差异;青冈栎种子萌发持续的整个过程在 50 d 内完成,与变温 10℃/15℃所需的 102 d、98 d 相比时间明显缩短 1 倍,与变

温 30℃/35℃所需 57 d、60 d 接近；恒温下，青冈栎种子的萌发率最高达(79±15.9)%，最低为(56.67±19.36)%，均远高于变温的(12±12.29)%和(27.27±27.96)%。说明，青冈栎种子较适合的萌发温度在 25~28℃之间，与王素娟等(2012)青冈栎最适宜萌发温度为 25℃的研究结果一致。

表 2 不同变温对青冈栎种子萌发的影响

Table 2 Effects of different variant temperatures on seed germination rate of *Cyclobalanopsis glauca*

| 播种时间<br>Sowing time | 温度 (℃)<br>Temperature | 开始萌发时间 (d)<br>Initiation of<br>germination time | 发芽高峰期<br>Germination peak<br>(d) | 萌发持续时间<br>Germination duration<br>(d) | 发芽势<br>Germinability<br>(%) | 发芽率<br>Germination rate<br>(%) |
|---------------------|-----------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| 2011 年 12 月         | 10/15                 | 65                                              | 93                               | 102                                   | 6                           | 12±12.29b                      |
|                     | 20/25                 | 22                                              | 50                               | 94                                    | 34                          | 48±32.25a                      |
|                     | 30/35                 | 13                                              | 33                               | 57                                    | 71                          | 81±13.7a                       |
| 2012 年 4 月          | 10/15                 | 36                                              | 80                               | 98                                    | 34                          | 27.27±27.96b                   |
|                     | 20/25                 | 16                                              | 56                               | 73                                    | 44                          | 60±20a                         |
|                     | 30/35                 | 9                                               | 25                               | 60                                    | 35                          | 42±19.32a                      |

注：同一列相同字母表示 0.05 水平上差异不显著，不同字母表示 0.05 水平上差异显著。下同。  
Note: Data with different letters in the same row are significantly different at 0.05 levels, respectively. The same below.

表 3 恒温 25℃下不同土壤含水量对青冈栎种子萌发的影响

Table 3 Effects of different soil water contents on seed germination of *Cyclobalanopsis glauca* at constant temperature 25℃

| 播种时间<br>Sowing time | 土壤含水量 (%)<br>Soil moisture<br>content | 开始萌发时间 (d)<br>Initiation of<br>germination time | 发芽高峰期<br>Germination peak<br>(d) | 萌发持续时间<br>Germination duration<br>(d) | 发芽势<br>Germinability<br>(%) | 发芽率<br>Germination rate<br>(%) |
|---------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| 2012 年 8 月          | 30~40                                 | 8                                               | 18                               | 46                                    | 27                          | 79±15.95a                      |
|                     | 50~60                                 | 8                                               | 19                               | 46                                    | 25                          | 66±15.78a                      |
|                     | 70~80                                 | 10                                              | 19                               | 49                                    | 27                          | 71±20.25a                      |
|                     | 90~100                                | 7                                               | 22                               | 48                                    | 23                          | 56.67±19.36b                   |

不同变温条件下，变温 20℃/25℃青冈栎种子的起始萌发时间介于变温 10℃/15℃、30℃/35℃之间(图 1、图 2)。温度越高，种子萌发出现急剧增长的情况越明显，完成萌发的时间越短；无论是 10℃/15℃、20℃/25℃变温还是 30℃/35℃变温，青冈栎种子的萌发均会出现一个相对平缓的萌发过程，即种子在萌发的过程中不会连续性的每天有新种子萌发，而是经过一个短暂 1~3 d 的停顿后再有新的种子萌发，直到整个萌发过程的结束。

2.3 土壤含水量对种子萌发的影响

如表 3 所示，在恒温 25℃和土壤相对含水量 30%~40%时，青冈栎种子的萌发率最高(79±15.9)%，起始萌发时间最短(8 d)；随着土壤含水量由 50%~60%升高至土壤含水量的 90%~100%，青冈栎种子萌发率呈先升高后下降的趋势，其起始萌发时间及萌发持续时间也呈先延长后缩短的规律；土壤含水量的增大对青冈栎种子的萌发反而不利，这是由于高的土壤含水量可能导致青冈栎种子长时间处于水的浸泡下易于霉烂，影响种子萌发，在一定程度上抑制了青冈栎种子的萌发。其它的可能原因是青冈栎种子自身含水量较高为(35.31±0.15)%，种子的种壳厚不易失水，具有较强的持水能力且青冈栎种子的耐

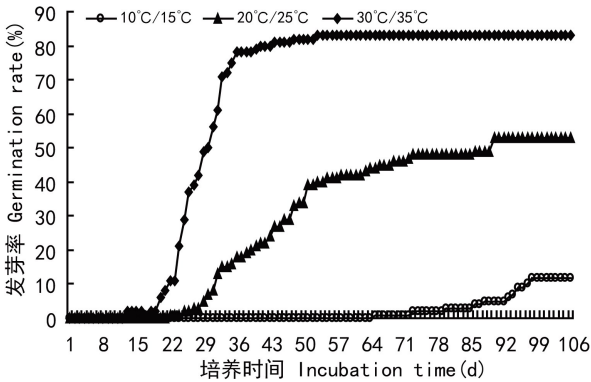


图 1 不同温度处理下青冈栎种子的萌发过程  
(2011 年 12 月播)

Fig.1 Seed germination process of *Cyclobalanopsis glauca* at the different temperatures  
(December, 2011)

脱水能力高(喻方圆等, 2006)。  
土壤含水量不同的条件下，最先萌发的是土壤含水量为 90%~100%的处理(图 3)，但这个处理条件下的种子并不是最早完成种子萌发过程和达到最高的萌发率；相反，土壤含水量为 30%~40%的处理下，青冈栎种子最先完成种子萌发过程，并达到最高的种子萌发率(79±15.9)%。



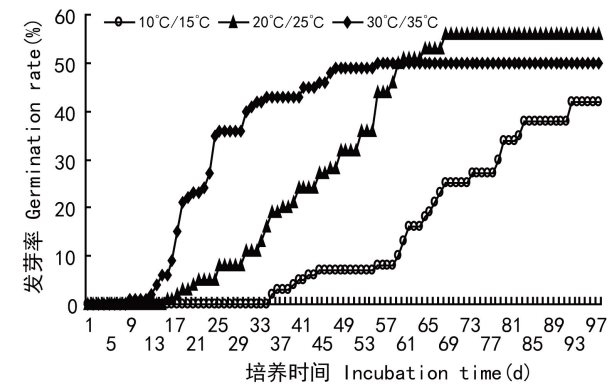


图 2 不同温度处理下青冈栎种子的萌发过程(2012 年 4 月播)  
Fig.2 Seed germination process of *Cyclobalanopsis glauca* at the different temperatures (April,2012)

2.4 温度和土壤含水量对幼苗生长的影响

不同的变温条件下,从实验开始到实验的第 50 天对在人工气候箱中经种子萌发成苗的青冈栎幼苗进行形态指标测量,结果如表 4 和 5 所示,由于 2011 年 12 月播种的青冈栎种子在变温 10℃/15℃ 条件时起始萌发时间为实验开始后的第 65 天,还没有萌发,所以无法对其进行形态指标测量;随温度升高,青冈栎幼苗的苗高、叶长和宽呈上升趋势,变温

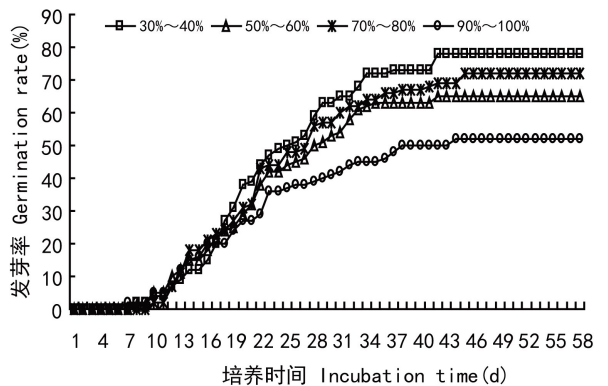


图 3 不同土壤含水量处理下青冈栎种子的萌发过程  
Fig.3 Seed germination process of *Cyclobalanopsis glauca* with different soil moisture contents

30℃/35℃ 苗高及叶长、叶宽为 10℃/15℃ 苗高及叶长、宽的 2 倍,差异显著;幼苗的地径、叶片数量随温度升高差异性不显著。

受土壤含水量的影响,苗高随土壤含水量的增大而减小,各处理间的差异不显著;地径随土壤含水量升高有略微增加,各处理间的差异不显著;叶长、叶宽则随土壤含水量的升高呈先减后增再减的趋势,各处理间的差异也不显著。

表 4 不同变温处理对青冈栎幼苗形态参数的影响  
Table 4 Effects of different variant temperatures on seedling morphological parameters of *Cyclobalanopsis glauca*

| 形态指标<br>Morphological parameters | 2011 年 12 月播种 Seeding in December, 2011 |              |              | 2012 年 4 月播种 Seeding in April, 2012 |              |              |
|----------------------------------|-----------------------------------------|--------------|--------------|-------------------------------------|--------------|--------------|
|                                  | 10℃/15℃                                 | 20℃/25℃      | 30℃/35℃      | 10℃/15℃                             | 20℃/25℃      | 30℃/35℃      |
| 苗高 Seedling heigh (cm)           | —                                       | 13.85±7.18a  | 18.57±7.98a  | 9.5±2.12b                           | 15.60±7.23a  | 19.15±7.94a  |
| 地径 Basal diameter (mm)           | —                                       | 1.81±0.27a   | 1.89±0.34a   | 1.81±0.37a                          | 1.54±0.25a   | 1.71±0.33a   |
| 叶片数 Leaf number (piece)          | —                                       | 1.62±1.42a   | 2.33±1.46a   | 3.5±0.71a                           | 2.34±1.59a   | 3.35±1.48a   |
| 叶长 leaf length (mm)              | —                                       | 44.74±16.87a | 48.25±17.64a | 22.43±6.07b                         | 49.00±17.03a | 49.08±14.57a |
| 叶宽 Leaf width (mm)               | —                                       | 23.60±7.9a   | 26.58±7.70a  | 11.42±3.04b                         | 25.69±10.57a | 24.11±6.13a  |

表 5 不同土壤含水量处理对青冈栎幼苗形态参数的影响  
Table 5 Effects of different soil moistures on seedling morphological parameters of *Cyclobalanopsis glauca*

| 形态指标<br>Morphological parameters | 土壤含水量 Soil moisture content |              |              |              |
|----------------------------------|-----------------------------|--------------|--------------|--------------|
|                                  | 30%~40%                     | 50%~60%      | 70%~80%      | 90%~100%     |
| 苗高 Seedling height (cm)          | 15.32±5.41a                 | 15.57±5.41a  | 14.92±5.84a  | 13.33±1.94a  |
| 地径 Basal diameter (mm)           | 1.57±0.29a                  | 1.62±0.22a   | 1.68±0.26a   | 1.65±0.23a   |
| 叶片数 Leaf number (piece)          | 2.36±1.33a                  | 2.25±1.55a   | 2.25±1.49a   | 2.28±1.65a   |
| 叶长 leaf length (mm)              | 50.32±14.20a                | 46.79±19.16a | 54.13±16.59a | 44.15±18.43a |
| 叶宽 Leaf width (mm)               | 26.18±6.36a                 | 23.56±8.42a  | 26.43±7.16a  | 23.32±7.86a  |

3 结论与讨论

3.1 种子的重量、形态特征与种子萌发

植物种子萌发受种子大小、形状和表面附属物

影响。本试验青冈栎种子为圆锥形,利于种子从母株脱落时弹跳、滚动,对青冈栎的扩散有一定帮助;种子种壳厚且硬,种胚和子叶不易损伤,利于形成种子库;种子百粒重(247.93±9.63)g,种子中储藏有大量的营养物质为种子萌发准备充足的先决条件。

### 3.2 青冈栎种子的萌发的适宜条件

休眠与萌发是种子生活史中两个极为重要的阶段(贾永华, 2006), Cohen(1996)认为, 种子内在的休眠机制是抵御环境不稳定性的一种有益的应对策略。本实验结果表明: 在适宜的环境条件下(表 2 中 2011 年 12 月播种的变温 30℃/35℃ 处理), 新鲜采集回来的青冈栎种子可不经过程而直接萌发, 起始萌发仅在播种后的第 13 天便开始, 具有迅速萌发的特点, 整个萌发过程持续时间为 57 d; 与 2012 年 4 月播种的相同变温处理的结果相比, 起始萌发时间仅晚 4 d, 完成萌发的整个过程却缩短了 3 d。在环境条件不适宜, 尤其是在温度很低的情况下(如 2011 年 12 月播种的变温 10℃/15℃ 处理), 青冈栎种子的起始萌发时间和萌发持续时间分别较高温条件(30℃/35℃ 处理)下推迟和延长, 说明青冈栎种子的萌发先经过一个休眠过程而后萌发, 待环境条件适宜, 种子的萌发率可高达(81±13.7)%。陈巧巧等(2012)对滇中喀斯特地区 19 科 35 种植物的种子萌发和休眠类型进行了研究, 结果表明, 休眠物种比不休眠物种多, 休眠的物种以生理休眠的居多, 物理休眠的植物种子明显大于不休眠和生理休眠的种子, 滇青冈(*Cyclobalanopsis glaucoides*)属于物理休眠。而我们研究发现, 青冈栎种子大, 长并且宽, 是属于物理休眠? 还是生理休眠? 微环境是否驱动了其休眠方式的转变? 还有待进一步研究。

### 3.3 温度与种子萌发

种子要想在瞬息万变的自然生境中萌发, 最容易满足的温度条件是变温, 而不是恒温。适宜的温度促进种子的吸水速度, 加强酶促过程和呼吸作用、加速转化储藏物为可供利用的可溶性状态(冯世鑫等, 2007), 进而促进种子萌发和幼苗生长; 温度过高或过低均对种子的萌发产生明显影响(秦勇等, 2006)。本试验结果表明, 低温 10℃/15℃ 和高温 30℃/35℃ 处理的青冈栎种子萌发率分别为(12±12.29)%、(42±19.32)%, 均低于 20℃/25℃ 处理的(60±20)%。实际上, 在自然环境条件下, 青冈栎种子的成熟期在 9~11 月份之间, 此时正是秋冬交接际, 温度较高, 但此时种子萌发率并不高, 可能主要是昼夜温差较大不适宜青冈栎种子的萌发, 而种子则主要以藏入落叶、灌丛或石缝形成种子库形式越冬, 待来年气温回升和水分充足时后萌发。

### 3.4 土壤含水量与种子萌发

植物种子的萌发和成苗只有在适宜的水分条件

下才能完成。在一定的范围内, 植物种子的发芽率随土壤含水量的增加呈逐渐增加的趋势。青冈栎种子在恒温(25℃), 土壤含水量为 30%~40% 条件下, 萌发率最高为(79±15.95)%, 起始萌发时间最短(8 d); 土壤含水量升高会抑制青冈栎种子的萌发, 这一结果与张风娟关于黄顶菊(*Flaveria bidentis*)土壤含水量为 100% 时的种子萌发率低于土壤含水量为 50% 的萌发率的结果类似; 长时间的高含水量可能会使种子霉变腐烂, 从而降低种子的萌发率, 这也是青冈栎能分布在高温干旱、保水能力很差的岩溶区的一个原因。而我们在野外也发现, 在雨季, 岩溶区降雨分布不均, 时间过于集中, 在大雨或暴雨后, 极易形成涝灾, 部分林地地下水浸泡(土壤含水量为 100%, 接近淹水)的种子, 基本已经失去活力, 很难萌发。

本研究认为, 温度和土壤含水量深刻影响青冈栎种子的萌发, 青冈栎种子能在条件不适宜萌发的情况下, 启动休眠机制, 推迟萌发, 进而度过困难生境, 待条件适宜时便迅速进入萌发状态, 防止种子在适宜萌发但不利于幼苗建植的环境条件下萌发, 从而确保种群在风险环境中延续。这一适应机制有利于植物在条件复杂、各项环境因子变化迅速的自然条件生存和繁衍, 在温湿条件时空异质性较大的喀斯特地区, 这似乎有利于促进青冈栎种群的自然更替, 也是青冈栎成为岩溶生态系统顶级群落的建群种和先锋种的主要原因之一。自然环境条件下, 植物种子会受到温度、土壤含水量及空气湿度等综合因素的交互作用影响。本实验, 主要考虑了温度、土壤含水量单因素对青冈栎种子萌发的影响, 土壤含水量和温度的交互作用, 种皮的限制对青冈栎种子萌发的影响均有待进一步研究。

### 参考文献:

- 孙时轩. 1985. 林木种苗手册(上册)[K]. 北京: 中国林业出版社  
张志良, 翟伟菁. 2002. 植物生理实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 206: 307  
Augustoa L, Dupoueyb J-L, Picardb J-F, et al. 2001. Potential contribution of the seed bank in coniferous plantations to the restoration of native deciduous forest vegetation[J]. *Acta Oecol* 22 (2): 87-98  
Canossa RS, Oliveira RS, Constantin J, et al. 2008. Effect of temperature and light on joyweed(*Alternanthera tenella*) seed germination[J]. *Plant Dan*, 26, 745-750  
Chen QX(陈秋夏), Liao L(廖亮), Zhen J(郑坚), et al. 2011. Effects of light intensities on growth and physiological characteristics of potted *Cyclobalanopsis glauca* seedlings(光照强度对青

- 冈栎容器苗生长和生理特征的影响[J]. *Sci Silv Sin*(林业科学), **47**(12):53—59
- Chen QX(陈秋夏), Wang JW(王金旺), Zheng J(郑坚), *et al.* 2011. Effects of nitrogen on morphological and physiological characteristics of *Cyclobalanopsis glauca* container seedlings(不同施氮水平对青冈栎容器苗的形态和生理特性影响)[J]. *Chin Agric Sci Bull*(中国农学通报), **27**(28):28—35
- Cohen D. 1996. Optimizing reproduction in a randomly varying environment[J]. *J Theory Biol*, **12**:119—129
- Chen QQ(陈巧巧), Shen YX(沈有信), Yang G R(杨光荣), *et al.* 2012. Classification and ecological relationships of seed dormancy in shilin of karst region, Yunnan Province(云南石林地区喀斯特山地种子休眠分类和生态关系的初步研究)[J]. *Guihaia*(广西植物), **32**(6):736—742
- Deng Y(邓艳), Jiang ZC(蒋忠诚), Luo WQ(罗为群), *et al.* 2006. Study on water physiology of *Cyclobalanopsis glauca* on different karst drought stress(不同岩溶干旱胁迫下青冈栎水分生理对比研究)[J]. *Res Agric Mod*(农业现代化研究), **27**(3):238—240
- Feng SX(冯世鑫), Ma XJ(马小军), Shi LJ(施力军), *et al.* 2007. Primary study on germination character of *Flemingia philippinensis* seeds(蔓性千斤拔种子发芽特性的研究初报)[J]. *Seed*(种子), **26**(11):3—5
- Gan YK(甘耀坤), Chen XJ(陈旭健), Wei M(韦敏), *et al.* 2010. Experimental study on anti-cancer activity of the fruit *Cyclobalanopsis glauca*(青冈栎果实抗癌活性的实验研究)[J]. *Food Sci & Technol*(食品科技), **35**(3):227—229
- Gómez-Aparicio L, Gómez JM, Zamora R. 2007. Spatiotemporal patterns of seed dispersal in a wind-dispersed Mediterranean tree (*Acer opalus* subsp. *granatense*)[J]. *Ecography*, **30**(1):13—22
- He SY(何师意), Ran JC(冉景丞), Yuan DX(袁道先), *et al.* 2001. A comparative study on hydrological and ecological effects in different karst ecosystems(不同岩溶环境系统的水文和生态效应研究)[J]. *Acta Geosci Sin*(地球学报), **22**(3):265—270
- Hu G(胡刚), Liang SC(梁士楚), Zhang ZH(张忠华), *et al.* 2007. Quantitative analysis of *Cyclobalanopsis glauca* community on karst hills of Guilin(桂林岩溶石山青冈栎群落的数量分析)[J]. *Chin J Ecol*(生态学杂志), **26**(8):1 177—1 181
- Hu G(胡刚), Liang SC(梁士楚), Zhang ZH(张忠华), *et al.* 2007. Quantitative relationships of intraspecific and interspecific competition in *Cyclobalanopsis glauca* in karst hills in Guilin(桂林岩溶石山青冈栎种内与种间竞争的数量关系)[J]. *J Northwest For Univ*(西北林学院学报), **22**(5):32—36
- Jian YH(贾永华). 2006. Studies on methods of breaking dormancy and germination physiology of four types of flower seeds(四种花卉种子解除休眠及萌发生理的研究)[D]. *Northwest Agric Univ Sci Technol*(西北农业科技大学)
- Li XK(李先琨), Su ZM(苏宗明), Lü SH(吕仕洪), *et al.* 2003. The spatial pattern of natural vegetation in the karst regions of Guangxi and the ecological signal for ecosystem rehabilitation and reconstruction(广西岩溶植被自然分布规律及对岩溶生态恢复重建的意义)[J]. *J Mount Res*(山地学报), **21**(2):129—139
- Liu L(刘乐), Pan LJ(盘李军), Cai JR(蔡静如), *et al.* 2007. Germination conditions of several local species of rhododendron of Guangdong(广东省几种野生杜鹃花植物的种子发芽条件研究)[J]. *Guangdong Landsc Archit*(广东园林), (5):41—43
- Liu WL(刘伟玲), Xie SX(谢双喜), Yu LF(喻理飞). 2003. The effect of water stress on seed germination of several common forest tree in karst(几种常见喀斯特森林树种种子发芽对水分胁迫的反应)[J]. *Guizhou For Sci & Technol*(贵州林业科技), **31**(1):17—21
- QinY(秦勇), Yuan LH(原丽华). 2006. Study on germination of *Tarragon* (*Artemisia dracuncululus* L.) seeds(龙蒿种子发芽特性研究)[J]. *Seed*(种子), **25**(8):30—31
- Wan FX(万福绪), Zhang JC(张金池). 2003. Ecological characteristics and vegetation rehabilitation techniques in the karst mountain areas of Guizhou Province(黔中喀斯特山区的生态环境特点及植被恢复技术)[J]. *J Nanjing For Univ*(南京林业大学学报), **27**(1):45—49
- Wang SJ(王素娟), Lin XZ(林夏珍), Li Z(李珍), *et al.* 2012. Effects of temperature and light on seeds germination of *Cyclobalanopsis glauca* and *Cinnamomum chekiangense*(温度和光照对青冈栎和浙江樟种子萌发的影响)[J]. *J Anhui Agric Sci*(安徽农业科学), **40**(10):6 001—6 003
- Wei CQ(韦春强), Liu MC(刘明超), Tang SC(唐赛春), *et al.* 2012. Effects of light and temperature on seed germination of *Eupatorium odoratum*(光照和温度对飞机草种子萌发的影响)[J]. *Guihaia*(广西植物), **32**(4):527—530
- Yao YQ(姚贻强), Zhang ZH(张忠华), Liang SC(梁士楚), *et al.* 2008. Structure of *Cyclobalanopsis glauca* population on karst hills of Guilin(桂林岩溶石山青冈栎种群的结构特征)[J]. *J Zhejiang For Sci Technol*(浙江林业科技), **28**(4):8—11
- Yu FY(喻方圆), Shao L(邵岚), Yi YX(易永娴), *et al.* 2006. Studies on seed desiccation tolerance of six tree species(青冈栎等6种林木种子耐脱水性研究)[J]. *J Nanjing For Univ: Nat Sci Edit*(南京林业大学学报·自然科学版), **30**(1):17—20
- Zhang QX(张庆霞), Du YB(杜彦斌), Ji Y(纪瑛), *et al.* 2009. Effects of temperatures and illumination on germination of *Sophora flavescens* seeds(温度和光照对苦参种子萌发的影响)[J]. *Seed*(种子), **28**(12):52—54
- Zhang ZF(张中峰), Huang YQ(黄玉清), Li XK(李先琨), *et al.* 2008. Features of *Cyclobalanopsis glauca* sap flow and its relationship to environmental factors in karst terrain(岩溶区青冈栎树干液流特征及其与环境因子关系)[J]. *Carsol Sin*(中国岩溶), **27**(3):228—234
- Zhang ZF(张中峰), Huang YQ(黄玉清), Mo L(莫凌), *et al.* 2008. Preliminary study on the relation between photosynthetic rate and environment factors of *Cyclobalanopsis glauca* in Guilin karst area(桂林岩溶区青冈栎光合速率与环境因子关系初步研究)[J]. *Guihaia*(广西植物), **28**(4):478—482