

◆植物科学◆

珍稀濒危植物元宝山冷杉种实特征及种子萌发特性研究*

王莹^{1,2}, 文淑均², 罗定明³, 覃延闯³, 丁涛^{1,2**}, 刘世男^{1**}

(1. 广西大学林学院, 广西南宁 530004; 2. 广西壮族自治区中国科学院广西植物研究所, 广西喀斯特植物保育与恢复生态学重点实验室, 广西桂林 541006; 3. 融水苗族自治县元宝山国家级自然保护区管理中心, 广西柳州 545300)

摘要:元宝山冷杉(*Abies yuanbaoshanensis*)是广西特有的珍稀濒危植物,为进一步探究元宝山冷杉的种实特征以及种子萌发特性,本研究分析了其果实和种子特征,采用发芽对照试验测定种子的萌发力。元宝山冷杉种实特征结果显示:球果长(9.44 ± 1.10) cm,球果重(35.88 ± 4.10) g,单果种子数 531–711 粒,球果重与单果种子数及单粒种子重之间存在显著的正相关关系;种子长度为(17.02 ± 1.16) mm,宽度为(8.86 ± 0.60) mm,厚度为(1.97 ± 0.17) mm,种翅长为(6.99 ± 0.66) mm,种翅宽为(5.30 ± 0.55) mm,千粒重为(19.3 ± 2.5) g;元宝山冷杉种子败育率较高,空粒占 53.7%。元宝山冷杉种子萌发特性结果显示:种子最适萌发温度为 25 °C 恒温,低于 15 °C 时基本不萌发,在 15–25 °C 变温下发芽势显著降低($P < 0.01$);浸种有利于元宝山冷杉种子的萌发,浸种 24 h 的种子发芽率极显著高于浸种 48 h 的种子($P < 0.01$);种翅对元宝山冷杉的种子萌发无抑制作用,但去翅后的种子发芽能力更强;纸床更适宜元宝山冷杉种子的萌发;低温贮藏可以保持元宝山冷杉种子的活性,延长种子寿命。因此,元宝山冷杉的种子在去翅条件下浸种 24 h 后放置在 25 °C 恒温的纸床上更利于其萌发。

关键词:元宝山冷杉;种子萌发;种实特性;濒危植物;环境因子

中图分类号:Q945.53 文献标识码:A 文章编号:1002-7378(2023)02-0161-08

DOI:10.13657/j.cnki.gxkxyxb.20230517.006

元宝山冷杉(*Abies yuanbaoshanensis*)为松科(Pinaceae)冷杉属(*Abies*)常绿乔木,是中国特有的古老濒危孑遗植物,仅存在于广西融水苗族自治县元宝山境内,属于我国一级重点保护野生植物。元宝山冷

杉是国内目前分布纬度最低的冷杉属树种之一,对研究我国南方植物区系的发生、演变以及第四纪冰川时期气候变化有较高的价值^[1,2]。近年来,随着全球气候持续变暖,元宝山冷杉的生境也不断被压缩和破碎

收稿日期:2022-09-26

修回日期:2022-10-31

* 广西青年科学基金项目(2021GXNSFBA196062)资助。

【第一作者简介】

王莹(1998–),女,在读硕士研究生,主要从事植物保育生物学研究,E-mail:3161921472@qq.com。

【**通信作者】

丁涛(1980–),男,副研究员,主要从事森林植物多样性保护与利用研究,E-mail:dingtiao@gxib.cn。

刘世男(1985–),女,博士,讲师,主要从事森林培育研究,E-mail:lsn_smile8866@126.com。

【引用本文】

王莹,文淑均,罗定明,等.珍稀濒危植物元宝山冷杉种实特征及种子萌发特性研究[J].广西科学院学报,2023,39(2):161-168.

WANG Y, WEN S J, LUO D M, et al. Study on the Seed Characteristics and Seed Germination Characteristics of the Rare and Endangered Plant *Abies yuanbaoshanensis* [J]. Journal of Guangxi Academy of Sciences, 2023, 39(2): 161-168.

化,再加上其在野外的自然更新能力较差、结实周期长、种子发芽率低等因素,使得该种群数量不断缩小。欧祖兰等^[3]发现元宝山冷杉野外现存种群数量不足900株,分布范围极度狭窄。元宝山冷杉种群大小级结构呈现出老龄树比例最大,幼龄树和中龄树比例较小,尤其是中龄树更为少见,许多老龄树生长情况糟糕,存在空心和枯顶的现象^[4,5]。目前元宝山冷杉种群已处于极度濒危的状态,亟须采取措施来保护和扩大种群,否则种群衰退,极易走向灭亡^[6]。

目前对元宝山冷杉的研究相较于秦岭冷杉(*A. chensiensis*)和巴山冷杉(*A. fargesii*)等较少,且研究时间间隔较长,许多关于其群落^[7,8]、种群^[9,10]以及濒危机制^[1,11]的探讨多集中在2002年,而遗传多样性^[12,13]方面近年来研究较多,但始终少有种子生物学方面的研究。唐润琴等^[14]曾探究了元宝山冷杉的结实特性和种子繁殖力,发现元宝山冷杉的结实具有大小年现象,初步进行发芽试验后发现该树种种子生活力极低,室内恒温培养箱的种子发芽率为18.9%,室外盆播的种子发芽率仅为6.8%。种子萌发往往是种群自然更新的基础,关系到种群的发展、生存以及繁衍,当幼苗更新数量不足以补充种群中衰老的数量,种群就极易衰退并逐渐走向灭亡。元宝山冷杉自然更新能力较差、结实周期长、结实量较低、野外人工干预困难,要想突破种群繁殖难关,扩大种群规模,深入探究其种子的萌发特性是关键。本研究对元宝山冷杉的种实特性及不同条件下元宝山冷杉种子的萌发特性进行探讨,以期获得该种子的最适萌发条件,为深入开展元宝山冷杉种子繁殖研究奠定基础,为进一步实现大规模人工培育元宝山冷杉实生幼苗提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 材料采集

2019年10月,在广西元宝山国家级自然保护区冷杉坪(元宝山冷杉集中分布地)进行采种。由于元宝山冷杉是濒危植物,数量稀少,还具有结实间隔期,需要适当留存以自然萌发种子,因此需严格把控采摘球果的数量。本试验选择元宝山冷杉群体中13株结实母树作为采集对象,在球果变为黄色且种鳞微微张开时采下28个完整球果。摘取球果后,根据母树编号对球果进行编号,将球果用信封单独贮藏在通风透气的地方自然阴干,使球果内种子自行脱落保存。在后续解剖过程中发现,不少球果存在虫蛀,严重影响

了球果质量,其中只有11个球果是完整的,因此本试验数据来源于9株母树共11个完整球果。

1.2 种实特征测定

测定球果阴干后脱落的种子重、种鳞重以及中轴重,并统计出单果种子数。采用百粒法来测量元宝山冷杉种子的千粒重,将11个球果中的纯净种子混合后,随机取出100粒为1组,重复8次,计算种子的平均值、标准差以及变异系数,得出种子的千粒重。随机取出100粒种子,使用游标卡尺测量每颗种子的长度、宽度、厚度、种翅长度、种翅宽度等指标,重复3次。

1.3 种子萌发特性测定

在恒温25℃、80%相对湿度(RH)的人工培养箱中进行萌发试验,试验过程中每隔24h观察1次,检查水分状况和发芽状况,发芽的标志是种子胚根达到种子长度的一半,取出已萌发的种子并记录每日萌发数量。选用发芽率(GR)、发芽势(GP)、萌发时滞(GTL)、萌发持续时间(GD)4个指标来衡量元宝山冷杉的种子萌发特性。

在种子日发芽数达到高峰时计算种子的GP;在发芽末期连续5d发芽数量低于种子总数的1/100时计算种子的GR;萌发试验开始到第1粒种子发芽的时长为GTL;第1粒种子萌发到试验结束的间隔时长为GD。发芽率与发芽势的计算公式如下:

发芽率(%) = 正常发芽种子粒数 / 参试种子的总粒数 × 100%。

发芽势(%) = 达到高峰时的正常发芽种子粒数 / 参试种子的总粒数 × 100%。

1.3.1 温度对元宝山冷杉种子萌发的影响

温度梯度分别设置为25℃恒温、20-30℃变温、15-25℃变温、10-20℃变温,共计4个梯度,每个梯度重复3次,每次选取饱满种子50粒,放置在垫有两层湿润滤纸的培养皿中进行发芽试验。

1.3.2 浸种时间对元宝山冷杉种子萌发的影响

将元宝山冷杉种子浸泡于25℃恒温水浴中,浸种时间分别设置为0(对照)、24、48h,3个梯度各重复3次,每次选取饱满种子50粒,将处理好的种子放入恒温25℃、80%RH的培养箱中培养观察。

1.3.3 种翅对元宝山冷杉种子萌发的影响

选用浸种24h的元宝山冷杉种子,对种子进行保留原有翅和物理去翅两个处理,每个处理各重复3次,每次选取饱满种子50粒,将处理好的种子放入恒温25℃、80%RH的培养箱中培养观察。

1.3.4 置床基质对元宝山冷杉种子萌发的影响

选用物理去翅浸种 24 h 的种子, 分别放置在垫有两层湿润滤纸的培养皿和放有湿沙(经过 0.8 mm 孔径后灭菌处理)的盆中, 试验期间保持滤纸和细沙始终湿润并 3 d 更换 1 次滤纸, 将培养皿和沙盆放在恒温 25 °C、80% RH 的培养箱中培养观察。

1.3.5 种子贮藏条件对元宝山冷杉种子萌发的影响

选取大小一致、颗粒饱满的种子进行去翅处理后, 分别放置于室温贮藏 100 d、低温(4 °C)冰箱贮藏 100 d 和 365 d 后, 取出进行种子发芽试验, 将贮藏后的种子浸种 24 h 后放在垫有两层湿润滤纸的培养皿中, 置于恒温 25 °C、80% RH 的培养箱中培养观察。

1.4 数据处理

采用 SPSS 18.0 软件对不同处理下种子萌发特性差异进行单因素方差分析(ANOVA), 统计结果以平均值 ± 标准差(Mean ± SD)表示。

2 结果与分析

2.1 元宝山冷杉球果特征

元宝山冷杉的球果呈圆柱形, 成熟时球果从黄绿

表 1 元宝山冷杉球果特征

Table 1 Cone characteristics of *A. yuanbaoshanensis*

统计指标 Statistical indicators	球果长/(cm) Cone length/(cm)	球果重/(g) Cone weight/(g)	种鳞重/(g) Seed scale weight/(g)	中轴重/(g) Middle axle weight/(g)	单粒种子重/(g) Single seed weight/(g)	单果种子数/(粒) Number of seeds per cone/(grain)
Range	7.86 - 10.65	28.72 - 44.08	20.32 - 28.78	1.56 - 3.38	0.012 - 0.018	531 - 711
Average value	9.44 ± 1.10	35.88 ± 4.10	23.87 ± 2.36	2.47 ± 0.51	0.015 ± 0.002	616
Coefficient of variation	0.11	0.11	0.10	0.11	0.14	0.09

由表 2 可知, 元宝山冷杉的球果重与单果种子数及单粒种子重之间存在显著的正相关关系, 表明元宝山冷杉中比较重的球果会产出更多数量的种子以及更大粒的种子。

表 2 元宝山冷杉球果特征之间的相关性

Table 2 Correlation between cone characteristics of *A. yuanbaoshanensis*

	球果重 Cone weight	单粒种子重 Single seed weight	单果种子数 Number of seeds per cone
Cone weight	1	0.928**	0.916**
Single seed weight	0.928**	1	0.711*
Number of seeds per cone	0.916**	0.711*	1

Note: * indicates significant difference ($P < 0.05$), ** indicates extremely significant difference ($P < 0.01$).

色变为黄色(图 1)。由表 1 可知, 球果长为 7.86 - 10.65 cm, 均值为(9.44 ± 1.10) cm; 风干后球果重为 28.72 - 44.08 g, 均值为(35.88 ± 4.10) g; 种鳞重为 20.32 - 28.78 g, 均值为(23.87 ± 2.36) g; 中轴重为 1.56 - 3.38 g, 均值为(2.47 ± 0.51) g; 单粒种子重为 0.012 - 0.018 g, 均值为(0.015 ± 0.002) g; 单果种子数为 531 - 711 粒, 平均为 616 粒, 球果的出种数差异小, 变异系数仅为 0.09。

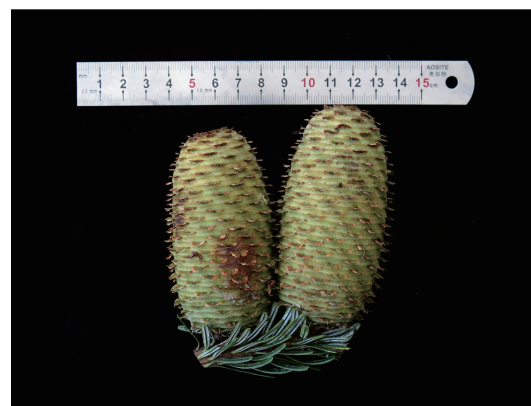


图 1 元宝山冷杉球果形态

Fig. 1 Cone morphology of *A. yuanbaoshanensis*

2.2 元宝山冷杉种子特征

元宝山冷杉的种子扁平, 呈黄褐色, 具有倒三角形的宽大膜翅(图 2), 有利于远距离传播。由表 3 可知, 元宝山冷杉的种子长度为 14.14 - 19.51 mm, 均值为(17.02 ± 1.16) mm; 宽度为 7.23 - 10.21 mm, 均值为(8.86 ± 0.60) mm; 厚度为 1.66 - 2.52 mm, 均值为(1.97 ± 0.17) mm; 种子千粒重为 15.2 - 23.3 g, 均值为(19.3 ± 2.5) g; 种翅长为 5.17 - 8.53 mm, 均值为(6.99 ± 0.66) mm; 种翅宽为 3.94 - 6.66 mm, 均值为(5.30 ± 0.55) mm。



A indicates seeds, B indicates seed scale, C indicates axis.

图2 元宝山冷杉种子形态

Fig. 2 Seed morphology of *A. yuanbaoshanensis*

2.3 元宝山冷杉种子萌发特性

2.3.1 温度对元宝山冷杉种子萌发的影响

由表4可知,温度对元宝山冷杉的种子萌发影响显著,其萌发温度范围较广,在15–30℃均能萌发,最适萌发温度为25℃恒温。4种温度处理下,10–20℃变温处理下种子的发芽率与其他3个温度处理之间呈极显著差异($P < 0.01$),在该变温处理下整个发芽周期内种子都未萌发,说明该温度过低不利于种子萌发。15–25℃变温处理下的发芽势与其他3种呈极显著差异($P < 0.01$),且该环境下的种子有3d的萌发时滞,前期萌发数量少,也不适宜种子的萌发。在整个发芽周期中,25℃恒温的发芽情况相对更加稳定,前期发芽数量多,整体发芽率高,因此25℃恒温更适合元宝山冷杉种子的萌发。

表3 元宝山冷杉种子特征

Table 3 Seed characteristics of *A. yuanbaoshanensis*

统计指标 Statistical indicators	种子 Seed				种翅 Seed wing	
	长度/(mm) Length/ (mm)	宽度/(mm) Width/ (mm)	厚度/(mm) Thickness/ (mm)	种子千粒重/(g) Thousand seed weight/(g)	长度/(mm) Length/(mm)	宽度/(mm) Width/ (mm)
Range	14.14–19.51	7.23–10.21	1.66–2.52	15.2–23.3	5.17–8.53	3.94–6.66
Average value	17.02 ± 1.16	8.86 ± 0.60	1.97 ± 0.17	19.3 ± 2.5	6.99 ± 0.66	5.30 ± 0.55
Coefficient of variation	0.07	0.07	0.09	0.13	0.10	0.10

表4 温度对元宝山冷杉种子萌发的影响

Table 4 Effects of temperature on seed germination of *A. yuanbaoshanensis*

温度 Temperature	发芽率/(%) GR/(%)	发芽势/(%) GP/(%)	萌发时滞/(d) GTL/(d)	萌发持续时间/(d) GD/(d)
Constant temperature of 25℃	35.60 ± 2.40 A	30.40 ± 2.23 A	1	18
Change temperature at 20–30℃	33.20 ± 3.61 A	28.40 ± 3.06 A	0	19
Change temperature at 15–25℃	33.40 ± 5.74 A	15.60 ± 5.08 B	3	16
Change temperature at 10–20℃	0 B	0 C	19	0

Note: different uppercase letters in the same column indicate extremely significant difference ($P < 0.01$).

2.3.2 浸种时间对元宝山冷杉种子萌发的影响

浸种时间对元宝山冷杉种子的萌发有显著影响(表5)。相较于CK组,浸种处理后的种子发芽能力均有所上升,且种子的萌发时滞随着浸种时间的增加而延长。其中,浸种24h的种子发芽率极显著高于其他两组($P < 0.01$),且种子萌发持续时间最长,发芽数量最多;浸种48h的种子在3组处理中发芽最高,说明在播种初期延长浸种时间可以促进种子迅速萌发。因此,浸种24h更有利于元宝山冷杉种子的萌发。

2.3.3 种翅对元宝山冷杉种子萌发的影响

无翅、有翅两个处理的种子发芽率和发芽势差异不显著,并且两者的萌发时滞和萌发持续时间相同(表6),均在第6天开始萌发,说明元宝山冷杉的种翅不含抑制物质,对种子的萌发没有抑制作用。但去翅处理后的种子发芽率比有翅的高12%,并提前8d达到最大发芽率的90%,说明在去翅条件下种子发芽更为迅速,日发芽率更高。因此,去翅处理更利于元宝山冷杉种子的萌发。

表5 浸种时间对元宝山冷杉种子萌发的影响

Table 5 Effects of soaking time on seed germination of *A. yuanbaoshanensis*

浸种时间/ (h) Soaking time/(h)	发芽率/(%) GR/(%)	发芽势/(%) GP/(%)	萌发时 滞/(d) GTL/ (d)	萌发持续 时间/ (d) GD/(d)
0 (CK)	35.60 ± 2.40 B	30.40 ± 2.23 A	1	18
24	62.00 ± 4.43 A	31.20 ± 6.89 A	3	31
48	38.20 ± 4.41 B	41.20 ± 4.50 A	4	22

Note: different uppercase letters in the same column indicate extremely significant difference ($P < 0.01$).

表6 种翅对元宝山冷杉种子萌发的影响

Table 6 Seed wings on seed germination of *A. yuanbaoshanensis*

种翅处理 Treatment of seed wings	发芽率/(%) GR/(%)	发芽势/(%) GP/(%)	萌发时 滞/(d) GTL/ (d)	萌发持续 时间/ (d) GD/(d)
No seed wings	43.20 ± 2.64 A	15.60 ± 2.20 A	5	33
With seed wings	31.20 ± 2.99 A	10.40 ± 1.20 A	5	33

Note: different uppercase letters in the same column indicate extremely significant difference ($P < 0.01$).

2.3.4 置床基质对元宝山冷杉种子萌发的影响

不同的置床基质对元宝山冷杉种子的发芽率有显著影响(表7)。在纸床上的元宝山冷杉种子提前2 d 萌发,发芽率为(55.60 ± 1.59)%,显著高于沙床上的种子($P < 0.05$)。纸床上的种子发芽更早,萌发持续时间更短,发芽势约为沙床的两倍,说明纸床上的种子前期发芽迅速、整齐,日发芽率较高,发芽数量更多,更利于元宝山冷杉种子的萌发。

表7 置床基质对元宝山冷杉种子萌发的影响

Table 7 Effects of bed substrates on seed germination of *A. yuanbaoshanensis*

置床基质 Bed substrate	发芽率/(%) GR/(%)	发芽势/(%) GP/(%)	萌发时 滞/(d) GTL/ (d)	萌发持续 时间/ (d) GD/(d)
Paper bed	55.60 ± 1.59 a	30.40 ± 2.74 a	5	22
Sand bed	44.40 ± 0.59 b	14.00 ± 1.21 a	7	31

Note: different lowercase letters in the same column indicate significant difference ($P < 0.05$).

2.3.5 种子贮藏条件对元宝山冷杉种子萌发的影响

由表8可知,不同的贮藏温度和时间对种子发芽率有影响,当年新采收的种子与室温贮藏100 d 的种子之间呈极显著差异($P < 0.01$),说明长期的室内贮藏会消耗种子养分,导致发芽率降低,严重的会导致

种子失活。而低温贮藏100 d 和365 d 的种子发芽率无显著差异,且低温贮藏365 d 的种子与室温贮藏100 d 的种子发芽率仅相差0.8%,说明低温贮藏相较于室温可以有效延长种子的寿命,保持种子的生命力。

表8 贮藏温度和时间对元宝山冷杉种子萌发的影响

Table 8 Effect of storage temperature and time on seed germination of *A. yuanbaoshanensis*

贮藏处理 Storage treatment	发芽率/(%) GR/(%)
Fresh seed of the year	55.60 ± 1.59 A
Store at room temperature for 100 d	35.60 ± 2.40 B
Store at 4 °C for 100 d	43.60 ± 7.25 B
Store at 4 °C for 365 d	34.80 ± 1.65 B

Note: different uppercase letters in the same column indicate extremely significant difference ($P < 0.01$).

3 讨论

3.1 元宝山冷杉种实特性与冷杉属其他植物的比较

大部分冷杉属植物的种子质量都很差,种子空粒率较高,这与其自身的生物学特性有关。冷杉会通过球果花期不遇(雄花成熟早于雌花成熟)或者授粉不良(花期多雨多雾,阻碍花粉粒飞散)来避免自交授粉,最终导致冷杉属植物往往没有足够的种子散播为种群补充后代,再加上很多冷杉属植物如西伯利亚冷杉(*A. sibirica*)、岷江冷杉(*A. faxoniana*)、秦岭冷杉等都存在不同程度的生理性休眠,使冷杉种群的更新更加困难^[15,16]。种子往往有两种生产策略,一是通过生产少量的大种子来获得竞争优势,如秦岭冷杉;二是通过生产大量的小种子来抢占生态位^[17],如巴山冷杉。秦岭冷杉的种子较大,单果出种数一般,但空粒率很高,达88%,饱满度很低,通常在10月成熟。因此,为了避开不良的环境,种子逐渐形成浅休眠。秦岭冷杉通常只有部分生长在光照充足的地区才能正常结实,但存在隔年结实现象,这些因素会导致秦岭冷杉自然更新不良^[18]。巴山冷杉往往通过风媒向外传播,因此其种子较小,结实量大,虽然种子小有利于传播,但是种子质量小既会影响其后续萌发,又会降低幼苗在不良环境的抗逆性,再加上巴山冷杉空粒率高达75.79%,往往会导致其败育率高,种子萌发困难,最终影响种群更新^[19]。

与同属的秦岭冷杉和巴山冷杉相比,元宝山冷杉的空粒率不高,仅53.7%,这可能与采摘的球果质量

有关,本试验所用的球果是完整的。种子重、种子活力等指标往往都能反应种子质量^[20],元宝山冷杉的单球果种子体积较大,与秦岭冷杉相近,平均千粒重为 (19.3 ± 2.5) g(表3),球果种子数量约是秦岭冷杉的2倍,但种子较轻,仅为秦岭冷杉种子的60%左右。大粒种子通常含有更多的营养和贮藏物质,可供种子发芽生长所需,元宝山冷杉的种子较轻则说明种内含有的贮藏物质不多,种粒不够饱满,种子质量不高,这可能是导致元宝山冷杉种子萌发能力弱的一项重要因素。

元宝山冷杉的种子在低温少雨的10月中下旬逐渐成熟并开始脱落,虽然种翅有利于种子传播扩散,但是元宝山冷杉的种子体积较大,种子较重,导致其传播能力有限、扩张能力较弱、分布范围极度狭窄,再加上群落内枯枝落叶层较厚,林下箭竹密布,阻碍了种子落地,且经过雨水、凋落物、动物踩踏等使得部分种子埋入土壤,待次年春天时,随着温度升高和雨水增加,种子逐渐萌发,为种群补充后代。元宝山冷杉的生长十分缓慢^[1],进入生殖阶段的周期较长,结实株较少,往往存在隔年结实的现象。因此,研究元宝山冷杉种子的萌发特性是其种群更新的关键所在。除此之外,在种子成熟前期,可在树冠下采取整地措施,促进种子的落地生根和发芽。

3.2 影响元宝山冷杉种子萌发的因素

目前大多数濒危植物普遍存在的问题是种子产量低、质量差、发芽率低、种子向幼苗的转化率低等。自然条件下,种子向幼苗的转化往往是物种濒危的关键环节,如果没有足够数量的幼苗,就难以维持种群的持续发展^[21]。种子的萌发往往受温度、水分、光照、贮藏条件等环境因子的影响。

适宜的温度可以促进种子内酶的活化,改变种子的激素水平,有益于种子萌发^[22],及时抢占生态位,但过高或过低的温度往往容易导致种子失活或休眠^[23]。本研究设置4个温度梯度后发现,元宝山冷杉种子在 $15-30$ °C均萌发良好,低于 15 °C基本不萌发;在 25 °C恒温的环境下,种子生长最好,持续发芽率较高,达到最大发芽率的速度最快;而在 $10-20$ °C变温中,种子近乎失活,整个发芽周期都丧失发芽率,后期解剖发现腐烂粒占比较多,说明过低的温度会抑制元宝山冷杉种子的萌发,而 25 °C恒温更利于元宝山冷杉种子的生长。

水分是影响元宝山冷杉种子萌发最关键的因素,适宜的浸种处理既可以软化种皮,恢复种子原生的质

膜,又可以加强种子内外气体的交换,改善种子出苗不整齐的现象,进而加快种子萌发进程^[24,25]。为了探究元宝山冷杉种子适宜的浸种时间,本研究设置3个浸种时间梯度,结果表明,相较于CK组,浸种处理有利于元宝山冷杉种子的萌发,但并非浸种时间越长越利于种子萌发^[26,27],试验发现随着浸种时间的延长,元宝山冷杉的萌发时滞也在延长,虽然浸种48 h的种子播种初期发芽迅速、整齐,但是持续发芽率较低,而浸种24 h的种子整体发芽率更高,萌发持续时间长,因此浸种24 h更有利于元宝山冷杉种子的萌发。

秦惠珍等^[28]研究表明,种翅可能会影响种子吸水,且还含有抑制物质进而影响种子萌发。郭红超等^[29]研究发现,木地肤(*Kochia prostrata*)种子表面具有高分子吸水材料,种翅包裹后会抑制种子吸水,影响种子萌发。冷杉属的种子种皮较薄,且被种翅大面积包裹,为了探究种翅中是否含有抑制物质并影响元宝山冷杉种子萌发,本研究对种子进行人工去翅处理,以带翅种子作为对照,结果表明两者之间无显著差异,萌发时滞相同,说明种翅中无抑制物质。虽然去翅后的种子发芽率有一定程度的提升,日发芽速度变快,但是也存在缺陷:现阶段都仅在人工繁育条件下研究种翅对种子萌发的影响,无法应用于自然更新条件下,再加上种翅有利于种子的扩散,因此去翅处理仅有助于人工育苗时参考。

种子发芽试验通常将滤纸和细沙作为两种不同的置床基质,滤纸持水能力强,具有较好的通透性;细沙可以覆盖种子,使其充分吸收水分,而且沙粒之间空隙较大,通透性较好。本研究结果显示,纸床上的元宝山冷杉种子发芽更快,日发芽率高,达到最大发芽率的速度快,因此使用滤纸做置床基质更佳,可以促进元宝山冷杉的种子发芽迅速、整齐。

种子的活性往往与贮藏温度、时间以及种子含水量有关^[30],长期常温贮藏会严重影响种子活性,而相较于室温,低温环境下种子的呼吸作用降低,消耗养分较少^[31]。本研究将元宝山冷杉种子室温贮藏100 d后发现,种子的发芽率下降了约40%;而置于 4 °C低温的环境下贮藏100 d后发现,种子的发芽率下降了20%左右,说明低温环境有利于保持种子的活力;将种子在 4 °C低温贮藏365 d后发现,其发芽能力仅下降了不到9%,说明低温环境有利于延长元宝山冷杉种子的寿命,这在元宝山冷杉保护实践中具有指导意义。由于元宝山冷杉结实的间隔期是 $3-5$ a^[11],

再加上元宝山冷杉分布狭窄, 自然更新困难, 为了缓解元宝山冷杉的濒危现状, 自 20 世纪 90 年代以来, 广西元宝山国家级自然保护区与广西植物研究所共同合作建立了元宝山冷杉的幼苗保育基地, 开展元宝山冷杉监测保护及人工培育, 通过人工采种, 实生育苗, 培育了一大批的幼苗数量后进行野外回归, 成效较为明显, 促进了野外种群的恢复。因此, 在未来的实际育苗生产过程中, 相较于室内常温贮藏使得养分被消耗导致种子失活, 低温贮藏更适宜元宝山冷杉的种子保存, 但种子贮藏方法较多, 最适用于元宝山冷杉种子的方式仍需进一步探索。

4 结论

元宝山冷杉野外自然更新非常困难, 推测是种子萌发和幼苗存活困难等多方面原因共同造成的。本研究证实元宝山冷杉种子败育率较高, 低于 15 °C 时基本不能萌发; 且冬季降水较少, 随着干旱程度的加深, 种子发芽势和发芽率都会降低; 不良的生境条件会使存活长大的幼苗数量进一步减少, 这些都是导致元宝山冷杉濒危现状的原因。因此通过人工干预, 在合适的时机采集适量的种子进行人工种子繁育, 提高种子发芽率, 培育出更多的元宝山冷杉幼苗, 再进行就地回归, 增加元宝山冷杉的种群数量, 可能是一种可以用于缓解元宝山冷杉濒危状况的方案。与此同时, 还应及时改善元宝山冷杉的残存生境, 增加林内光照条件, 清理地面的枯枝落叶物, 以促进元宝山冷杉的生长。

参考文献

- [1] 黄仕训. 元宝山冷杉濒危原因初探[J]. 农村生态环境, 1998(1): 7-10.
- [2] 向巧萍. 中国的几种珍稀濒危冷杉属植物及其地理分布成因的探讨[J]. 广西植物, 2001(2): 113-117, 126.
- [3] 欧祖兰, 李先琨, 苏宗明, 等. 元宝山冷杉群落主要树木种群间联结关系的研究[J]. 生态学杂志, 2002, 21(1): 14-18.
- [4] 黄仕训, 王才明, 王燕. 元宝山冷杉群落特征的初步研究[J]. 广西植物, 1996, 16(3): 239-246.
- [5] 丁涛, 宁世江, 盘波, 等. 元宝山中山针阔叶混交林林窗特征及更新研究[J]. 广西科学, 2010, 17(4): 377-381.
- [6] 李晓笑, 陶翠, 王清春, 等. 中国亚热带地区 4 种极危冷杉属植物的地理分布特征及其与气候的关系[J]. 植物生态学报, 2012, 36(11): 1154-1164.
- [7] 欧祖兰, 苏宗明, 李先琨, 等. 元宝山冷杉群落学特点的研究[J]. 广西植物, 2002, 22(5): 399-407.
- [8] 李先琨, 苏宗明, 欧祖兰, 等. 元宝山冷杉群落种内与种间竞争的数量关系[J]. 植物资源与环境学报, 2002, 11(1): 20-24.
- [9] 李先琨, 苏宗明, 向悟生, 等. 濒危植物元宝山冷杉种群结构与分布格局[J]. 生态学报, 2002, 22(12): 2246-2253.
- [10] 李先琨, 向悟生, 唐润琴. 濒危植物元宝山冷杉种群生命表分析[J]. 热带亚热带植物学报, 2002, 10(1): 9-14.
- [11] 李先琨, 苏宗明. 元宝山冷杉种群濒危原因与保护对策[J]. 北华大学学报(自然科学版), 2002, 3(1): 80-83.
- [12] 王燕, 唐绍清, 李先琨. 濒危植物元宝山冷杉的遗传多样性研究[J]. 生物多样性, 2004, 12(2): 269-273.
- [13] 韦范, 张广荣, 覃永贤, 等. 梵净山冷杉和元宝山冷杉的叶绿体微卫星遗传多样性分析[J]. 广西植物, 2014, 34(5): 596-600.
- [14] 唐润琴, 李先琨, 欧祖兰, 等. 濒危植物元宝山冷杉结实特性与种子繁殖力初探[J]. 植物研究, 2001(3): 403-408.
- [15] 李庆梅. 秦巴山地两种冷杉种实特性研究与秦岭冷杉濒危原因探讨[D]. 北京: 北京林业大学, 2008.
- [16] 李晓笑. 中国 5 种冷杉属植物生态濒危机制研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2013.
- [17] 程福山, 周末, 吴蒙嘉, 等. 云冷杉针阔混交林枫桦种子雨时空分布及种子萌发特性研究[J]. 北京林业大学学报, 2020, 42(12): 32-39.
- [18] 孙玉玲, 李庆梅, 谢宗强. 濒危植物秦岭冷杉结实特性的研究[J]. 植物生态学报, 2005(2): 251-257.
- [19] 邹莉, 李庆梅, 谢宗强. 巴山冷杉的种实特性及其种子萌发力[J]. 生物多样性, 2008, 16(5): 509-515.
- [20] 赖江山, 李庆梅, 谢宗强. 濒危植物秦岭冷杉种子萌发特性的研究[J]. 植物生态学报, 2003(5): 661-666.
- [21] 韦小丽, 孟宪帅, 邓兆. 珍稀树种花榈木种子繁殖生态学特性与濒危的关系[J]. 种子, 2014, 33(1): 82-86.
- [22] 潘燕林, 郭伦发, 王新桂, 等. 岩黄连种子萌发特性研究[J/OL]. 广西植物, 2022; 1-10 (2022-09-22) [2022-10-04]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/45.1134.Q.20220921.1126.002.html>.
- [23] 贺一鸣, 李青丰, 贺晓, 等. 环境因子对蒙古莜种子萌发及幼苗建成的影响[J]. 生态学报, 2018, 38(13): 4724-4732.
- [24] 宋占丽, 秦德明, 刁永强, 等. 不同浸种时间对毛叶苕子种子吸胀作用及萌发的影响[J]. 种子科技, 2021, 39(13): 29-30.
- [25] 王红俊, 陈志飞, 张莹, 等. 浸种时间和浸种剂对草地早熟禾种子发芽的影响[J]. 草业科学, 2014, 31(11): 2095-2104.
- [26] 蹇黎, 杨婧, 秦小军, 等. 不同温度和浸种时长对紫苏种子萌发的影响[J]. 种子, 2019, 38(1): 93-95.
- [27] 宋会兴, 刘光立, 高素萍, 等. 四川牡丹种子浸提液内源抑制物活性初探[J]. 园艺学报, 2012, 39(2): 370-374.
- [28] 秦惠珍, 邹蓉, 柴胜丰, 等. 濒危植物东兴金花茶种子萌发及幼苗光合特性研究[J]. 种子, 2022, 41(8): 27-34.
- [29] 郭红超, 吾买尔夏提·塔汉, 高蕊, 等. 温度、盐分对木地肤 *Kochia prostrata* 种子萌发的影响[J]. 干旱区资

- 源与环境,2014,28(9):106-110.
- [30] 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.
- [31] 江海都,谢伟玲,柴胜丰,等.喀斯特地区珍贵树种黄枝油杉的种子萌发特性[J].广西植物,2022,42(6):951-960.

Study on the Seed Characteristics and Seed Germination Characteristics of the Rare and Endangered Plant *Abies yuanbaoshanensis*

WANG Ying^{1,2}, WEN Shujun², LUO Dingming³, QIN Yanchuang³, DING Tao^{1,2**}, LIU Shinan^{1**}

(1. College of Forestry, Guangxi University, Nanning, Guangxi, 530004, China; 2. Guangxi Key Laboratory of Plant Conservation and Restoration Ecology in Karst Terrain, Guangxi Institute of Botany, Guangxi Zhuang Autonomous Region and Chinese Academy of Sciences, Guilin, Guangxi, 541006, China; 3. Rongshui Miao Autonomous County Yuanbaoshan National Nature Reserve Management Center, Liuzhou, Guangxi, 545300, China)

Abstract: *Abies yuanbaoshanensis* is a rare and endangered plant endemic to Guangxi. In order to further explore the seed characteristics and seed germination characteristics of *A. yuanbaoshanensis*, this study analyzed the fruit and seed characteristics, and used germination control experiments to determine the seed germination ability. The results of seed characteristics of *A. yuanbaoshanensis* show that the cone length is (9.44 ± 1.10) cm, the cone weight is (35.88 ± 4.10) g, and the number of seeds per cone is 531–711. There is a significant positive correlation between cone weight and single fruit seed number and single seed weight. The seed has a length of (17.02 ± 1.16) mm, a width of (8.86 ± 0.60) mm, a thickness of (1.97 ± 0.17) mm, a wing length of (6.99 ± 0.66) mm, a wing width of (5.30 ± 0.55) mm, and a thousand-grain weight of (19.3 ± 2.5) g. The seed abortion rate of *A. yuanbaoshanensis* is relatively high, with empty seeds accounting for 53.7%. The results of the germination characteristics of *A. yuanbaoshanensis* seeds show that the optimum germination temperature is 25 °C constant temperature, and the seed does not germinate below 15 °C. The germination potential significantly decreases at 15–25 °C ($P < 0.01$). Soaking seeds is beneficial for the germination of *A. yuanbaoshanensis* seeds, and the germination rate of seeds soaked for 24 h are significantly higher than those soaked for 48 h ($P < 0.01$). The seed wing has no inhibitory effect on the seed germination of *A. yuanbaoshanensis*, but the seed germination ability is stronger after wing removal. Paper beds are more suitable for the germination of *A. yuanbaoshanensis* seeds. Low temperature storage can maintain the activity of *A. yuanbaoshanensis* seeds and prolong their lifespan. Therefore, the seeds of *A. yuanbaoshanensis* are soaked for 24 h under the condition of wing removal and placed on a paper bed at a constant temperature of 25 °C, which is more conducive to their germination.

Key words: *Abies yuanbaoshanensis*; seed germination; germination characteristics; endangered plants; environmental factor

责任编辑:唐淑芬