

## 山杜英种子品质检验及催芽技术研究

容仁立<sup>1</sup>, 黄永芳<sup>2\*</sup>, 王溢<sup>3</sup>, 张晖<sup>3</sup>, 王明祖<sup>3</sup>, 李珊珊<sup>3</sup> (1. 台山市森林病虫害防治站, 广东台山 529000; 2. 华南农业大学广东省森林植物种质创新与利用重点实验室, 广东广州 510642; 3. 仲恺农业工程学院, 广东广州 510225)

**摘要** [目的]检测山杜英种子品质及种子发芽势, 筛选优良种质, 提高山杜英在园林和经济方面的利用率。[方法]以台山市红岭种子园提供的山杜英种子作为试验材料, 从山杜英种子的优良程度、含水量、生活力 3 个方面进行了品质检验试验, 并通过不同浓度的赤霉素(GA)对山杜英种子进行催芽处理, 比较其发芽率、发芽势与常温温水浸处理(CK)的差别。[结果]山杜英种子品质优良, 含水量为 23.46%, 平均生活力为 80%, 经过 600 mg/L GA 浸泡的种子发芽率及发芽势有明显提升, 与 CK 相比发芽率提高 18.75 百分点, 发芽势提高 10.75 百分点。[结论]GA 浸种对山杜英种子发芽有一定促进作用。

**关键词** 山杜英; 种子品质; 发芽势; 发芽率

中图分类号 S 722 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2022)22-0100-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.22.024



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

### Study on Seed Quality Inspection and Vernalization Technology of *Elaeocarpus sylvestris*

RONG Ren-li<sup>1</sup>, HUANG Yong-fang<sup>2</sup>, WANG Yi<sup>3</sup> et al (1. Taishan Forest Pest Control Station, Taishan, Guangdong 529000; 2. Guangdong Provincial Key Laboratory of Forest Plant Germplasm Innovation and Utilization, South China Agricultural University, Guangzhou, Guangdong 510642; 3. Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou, Guangdong 510225)

**Abstract** [Objective] In order to detect the seed quality and seed germination potential of *Elaeocarpus sylvestris*, screen excellent germplasm, and improve the utilization rate of *Elaeocarpus sylvestris* in landscape and economy. [Method] Taking the seeds of *Elaeocarpus sylvestris* provided by Hongling Seed Garden in Taishan City as materials, the quality inspection experiment was carried out from the three aspects of the quality, water content and viability of *Elaeocarpus sylvestris* seeds, and the germination rate, germination potential and the difference between normal temperature water immersion treatment were compared at the germination site of *Elaeocarpus sylvestris* seeds with different concentrations of GA. [Result] The quality of the seeds was excellent, the water content was 23.46%, and the average viability was 80%. The germination rate and germination potential of the seeds soaked with 600 mg/L GA increased significantly, compared with CK, the germination rate increased by 18.75%, and the germination potential increased by 10.75%. [Conclusion] GA soaking has a certain promoting effect on the germination of *Elaeocarpus sylvestris* seeds.

**Key words** *Elaeocarpus sylvestris*; Seed quality; Germination potential; Germination rate

山杜英(*Elaeocarpus sylvestris*), 是杜英科(Elaeocarpaceae)杜英属常绿阔叶速生树种, 俗名羊屎树、羊仔屎。产于我国浙江、福建、台湾、江西、广东、广西、贵州等省份。在越南、日本等国家也有分布。其具备良好的生态价值和观赏价值, 是我国南方主要用材树种, 也是景观和生态公益林树种<sup>[1]</sup>。山杜英对土壤要求不高, 适应性强, 在中性、微酸性和微碱性土壤上均能生长, 适宜于排水良好的酸性黄壤土和红黄壤土中生长。山杜英四季苍翠, 枝叶茂密, 树冠圆整, 霜后部分变红色, 红绿相间, 适作园景树、行道树。坡地、林缘、庭前、路口丛植, 也可栽作其他花木的背景树, 或列植成绿墙起隐蔽作用。因对二氧化硫抗性强, 可选作工区绿化和防护林带树种。山杜英以播种繁殖为主, 也可以扦插育苗, 一般于采种后随即播种, 也可将种子用湿沙层积至翌年春播。先以层积或温汤处理或用 GA 浸种, 有助发芽。一般扦插多选用 3 年生山杜英为母树(枝条丰富), 选取母树上生长良好、无病虫害的粗壮冠外枝为宜<sup>[2]</sup>。

目前, 对山杜英的工作主要集中在育苗、苗木栽培、移植和造林方面<sup>[3]</sup>, 对其种子品质检验方面的研究较少。笔者以广东省台山市红岭种子园提供的山杜英种子作为试验材料, 对山杜英种子进行品质检验<sup>[4]</sup>和催芽技术研究, 旨在为山杜

英种子的经营、调运、贮存提供理论依据。

## 1 材料与方法

**1.1 试验材料** 山杜英种子由广东省台山市红岭种子园提供。

## 1.2 试验方法

**1.2.1 种子生活力。**从纯净种子中随机提取山杜英种子 4 组, 每组 25 粒, 将山杜英剪开一小口后去除种皮, 取出种仁后备用。种仁先放入盛有清水或湿滤纸器皿, 种子全部处理完后将种仁放入 2, 3, 5-三苯基氯化四唑溶液中后置于恒温培养箱, 温度设置在 30~31 °C, 24 h 后取出种子切干, 根据染色的部位和比例逐粒判断种子的生活力<sup>[5-6]</sup>, 对种子分为有生活力(红色)和无生活力(未染色)2 类。

**1.2.2 种子含水量。**称 2 份独立分取的重复样品, 重量为 5 g。对称切成 4 片后放入铝盒进行称重, 放入烘箱中 130~131 °C 烘干, 时间为 4 h<sup>[6-7]</sup>。

含水量 = (容器和测定样品原重量 - 容器和样品烘干后重量) / 测定样品原重量 × 100%

**1.2.3 种子优良度。**从纯净种子中随机提取山杜英种子 4 组, 每组 25 粒, 观察种子外部情况, 然后逐粒剖开, 观察种子内部情况。凡种粒饱满, 胚和胚乳发育正常, 呈该树种新鲜种子特有颜色、弹性和气味的为优良种子; 种仁萎缩或干瘪, 有异味的, 为劣质种子。并对空粒、涩粒、无胚粒、腐烂粒和虫害粒进行记录<sup>[8]</sup>。测定结果以优良种子的百分率表示, 分

别计算各重复的百分率,各重复之间的差距在最容许差距之内就以 4 组重复的算术平均值作为该批种子的优良度<sup>[9]</sup>。

**1.2.4 赤霉素(GA)催芽处理。**参考文献资料[9]采用 3 种浓度的 GA 对种子进行催芽,浓度分别为 200、400、600 mg/L,浸种时间为 24 h,每重复 100 粒。同时以常温水浸种处理作为对照(CK)。将用沙布包好的种子放入高锰酸钾溶液中消毒 30 min,然后用蒸馏水对种子进行冲洗,直至洗去高锰酸钾溶液的颜色后进行沙床培养。层积种子时使用河沙基质作为发芽床,播种后置于室外,发芽床保持一定含水量,每天记录发芽数<sup>[10]</sup>。

### 1.3 发芽率的统计

种子发芽能力指标:

$$\text{发芽率} = (n/N) \times 100\%$$

式中, $n$  为正常发芽粒数, $N$  为供试种子数。发芽势为种子发芽达到高峰时正常发芽种子数与供试种子数的百分比。

**1.4 数据处理** 采用 Office Excel 2010 进行试验数据整理,利用 SPSS 26.0 软件进行数据分析和显著性检验。所有分析显著性水平平均设定为  $\alpha=0.05$ 。

## 2 结果与分析

**2.1 种子生活力** 由表 1 可知,4 个重复山杜英种子的平均生活力为 80%,无生活力的种子占比为 15%,占比较大,生理成熟后的种子在贮藏过程中质量会不可逆地逐渐下降,这种变化称为老化或劣变<sup>[10]</sup>。种子因老化活力会降低,在储存环境较差的条件下,种子内部会发生一系列有害变化,最终导致种子活力丧失。受生长环境影响,成熟度不同,种子休眠情况可能会有差别。此外,未染色的种粒主要为腐烂粒。

表 1 种子生活力测定结果

Table 1 Determination results of seed viability

重复 Repeat	测定种子粒数 Determine the number of seeds	腐烂粒 Putrefactive granules	种子解剖结果 Seed dissection results			无生活力 Inanimate		有生活力 Viable	
			涩粒 Astringent granules	病虫粒 Diseased grain	空粒 Empty grain	数量 Quantity	百分比 Percentage//%	数量 Quantity	百分比 Percentage//%
①	25	0	0	0	0	3	12	22	88
②	25	2	0	0	0	2	8	21	84
③	25	1	0	0	0	5	20	19	76
④	25	2	0	0	0	5	20	18	72
平均 Mean	25	1.25	0	0	0	3.75	15	20	80

**2.2 种子含水量** 各重复山杜英种子含水量间的差距为 0.11%,在容许差距 0.80%内,因此直接取 2 次测定的平均值为该种子的含水量,含水量平均值为 23.46%,说明该批种子的含水量较高,种子饱满<sup>[11]</sup>。

**2.3 种子优良度** 种子优良度即种子的良种率是研究种子材料中优良种子数量与供检种子总数的百分比,是反映种子

良种情况的重要指标<sup>[12]</sup>。由表 2 可知,各组种子优良度在 84%~96%,①、④组的种子优良度最小,为 84%;③、②组的种子优良度分别为 88%、96%。该试验测得的山杜英种子优良度平均为 88%。由此可知,山杜英种子的优良度较高,劣质种子较少,劣质种子以腐烂粒为主。

表 2 种子优良度测定结果

Table 2 Determination results of seed excellence

重复 Repeat	测定种子粒数 Determine the number of seeds	优良粒 Fine grain	腐烂粒 Putrefactive grain	空粒 Empty grain	涩粒 Astringent granules	病虫粒 Diseased grain	优良度 Excellent degree//%
①	25	21	4	0	0	0	84
②	25	24	1	0	0	0	96
③	25	22	3	0	0	0	88
④	25	21	4	0	0	0	84
平均 Mean	25	22	3	0	0	0	88

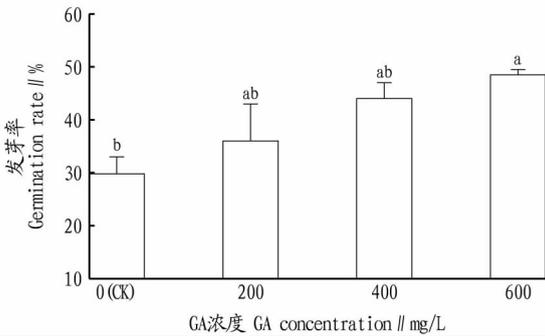
注:实际差距 12%,最大容许差距 13%

Note:The actual difference is 12%,and the maximum allowable difference is 13%

**2.4 GA 对种子发芽的影响** 从图 1、2 可见,与 CK 相比,3 个 GA 浓度处理的发芽率和发芽势均有所提高,600 mg/L GA 处理山杜英种子发芽率与 CK 差异显著,说明一定浓度 GA 对山杜英种子发芽有促进作用<sup>[12]</sup>。用常温水浸种 24 h (CK),种子发芽率为 29.75%,发芽势为 17.75%,经 GA 溶液处理的山杜英种子发芽率和发芽势均得到提高,以 600 mg/L GA 处理的种子发芽率最高,为 48.50%,较 CK 提高了 18.75

百分点,与 400 mg/L GA 处理的种子发芽率仅相差 4.50 百分点,与 200 mg/L GA 处理相差 12.50 百分点,说明高浓度(400、600 mg/L)GA 对山杜英种子的促进作用较为明显。但各 GA 浓度处理间的发芽率无显著差异。发芽势相对于发芽率的提高幅度小,以 600 mg/L GA 处理的种子发芽势最高,为 28.50%,较 CK 提高了 10.75 百分点,较 400 mg/L GA 处理的种子发芽势提高了 2.50 百分点,较 200 mg/L GA 处理

的种子提高 4.00 百分点,各浓度处理间的发芽势无显著差异。由此可见,GA 能打破山杜英种子休眠,从而提高发芽率,且随着浓度的升高,发芽率和发芽势均呈递增趋势。

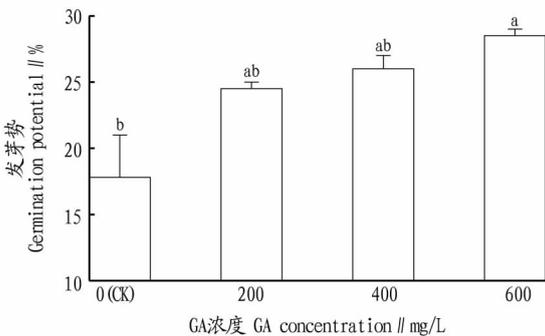


注:不同小写字母表示处理间差异显著( $P < 0.05$ )

Note: Different lowercase letters indicate significant differences between treatments ( $P < 0.05$ )

图1 不同浓度 GA 处理后的种子发芽率

Fig.1 Germination rate of seeds treated with GA at different concentrations



注:不同小写字母表示处理间差异显著( $P < 0.05$ )

Note: Different lowercase letters indicate significant differences between treatments ( $P < 0.05$ )

图2 不同浓度 GA 处理后的种子发芽势

Fig.2 Germination potential of seeds treated with GA at different concentrations

### 3 结论与讨论

种子优良度是评价种子品质的重要指标之一。该试验主要分为 2 个部分,即山杜英种子品质检验和种子催芽。从试验过程和结果来看,得出的结果比较可信,这也为种子的经营、调运、贮存提供理论依据,为合理利用山杜英种子资源打下基础。从检验的结果来看,山杜英种子除生活力比较低外,种子品质优良,含水量较高。该试验中山杜英种子无生活力表现可能与种子的休眠有关。种子休眠是生物界普遍存在的现象,休眠时间长短与其生长习性、所处气候条件有关<sup>[13]</sup>。从催芽试验结果可知,GA 能打破山杜英种子休眠,从而提高发芽率。大量研究表明,适量的 GA 浓度浸种后可以显著提高种子活力,促进种子萌发,而过低或过高的 GA 浓度浸种对促进种子萌发效果不明显或抑制种子萌发<sup>[12-19]</sup>。该试验结果表明,随着 GA 浓度的增加,山杜英种子的发芽率与发芽势均呈逐渐增加的趋势,GA 600 mg/L 浓度与 CK 差异显著。黄宁等<sup>[20]</sup> 研究结果表明,枫香在 GA 浓度为

100 mg/L 时,种子萌发率、发芽势和萌发指数逐渐上升,达到高峰后下降。这说明低浓度(50、100 mg/L)GA 对枫香种子发芽有促进作用,而高浓度(200、300 mg/L)GA 具备不同的抑制作用。色木槭种子使用 200 mg/L GA 浸种后,萌发率、发芽势和发芽指数均显著提高,但是随着 GA 浓度的升高,色木槭种子萌发率显著下降。因此,GA 对种子萌发的影响因树种不同而异,同时也会受到其他环境因素的影响。

该试验共尝试了 200、400、600 mg/L 3 种浓度的 GA 溶液处理山杜英种子,结果表明,促进了山杜英种子的发芽,发芽率和发芽势均有较大程度的提高。随着 GA 浓度的增大,发芽率越高,600 mg/L GA 处理的种子发芽率提高 18.75 百分点。发芽势的上升趋势虽不明显,但总体来说也提高了 4.00~10.75 百分点。同时,GA 是种子萌发所必须有的物质,外加适量 GA 能促进多数种子萌发,具备增强发芽能力的作用,但是其作用机制至今尚无统一的说法。各种种子适用 GA 的剂量都不同,一般有效作用幅度较广,只要浸种方法、激素浓度适当,掌握好用药时机,一般可取得良好的效果。山杜英种子的最佳 GA 催芽浓度仍有待进一步验证。

种子是大多数植物重要的遗传和繁衍载体,种子萌发对林木自然更新起着至关重要的作用<sup>[21]</sup>。目前,尚未建立山杜英的采种基地,生产上的种子主要来源于广东、广西等地,不同种源和批次的种子品质差别较大。因此,今后可对不同种源的山杜英进行种子品质检验,以了解不同山杜英种源的种子质量,为生产提供更多参考依据。

### 参考文献

- [1] 叶彤.山杜英的形态特征及栽培技术探究[J].乡村科技,2019(11):76-77.
- [2] 王均.乡土树种山杜英播种育苗技术[J].花木盆景(花卉园艺),2018(8):33-35.
- [3] 吴武彬,马化武,陈旭冬.乡土树种山杜英播种育苗技术[J].农业与技术,2017,37(12):196.
- [4] 于淑兰,陈幼生,赵德铭,等.林木种子检验规程:GB/T 2772—1999[S].北京:中国标准出版社,2000.
- [5] 蒙朝曦.山杜英扦插育苗技术及其造林效果[J].农家参谋,2018(13):95.
- [6] 程琳,李魁鹏,董利军,等.杉木不同无性系种子品质分析及综合评价[J].种子,2021,40(9):98-103,107.
- [7] 王志杰,董明.天女花种子品质检验和苗木生长规律的研究[J].河北林业科技,2000(2):13-14.
- [8] 黄国荣.山杜英种子发芽试验初探[J].青海农林科技,2019(2):23-27.
- [9] 甘玉亭.山杜英人工林生长特性及其改良土壤效果研究[J].林业调查规划,2016,41(3):33-36.
- [10] 姜孝成,周诗琪.种子活力或抗老化能力的分子机制研究进展[J].生命科学研究,2021,25(5):406-416.
- [11] 温晋强,温伟.山杜英的形态特征及栽培技术[J].现代农业科技,2012(20):169-170.
- [12] 朱江华,甘伟涛,欧斌,等.不同杉木半同胞家系种子品质比较分析研究[J].浙江林业科技,2020,40(1):17-22.
- [13] 潘学勤,赵硕,周浩伟,等.不同浓度赤霉素低温浸种对紫苏种子萌发的影响[J].上海蔬菜,2021(6):72-75.
- [14] 曾志光,肖复明,包国华,等.山杜英种源苗期性状和木材材性遗传变异的研究[J].江西农业大学学报,2003,25(6):815-818.
- [15] 陆奇丰,黄至欢,唐文秀,等.细胞分裂素和赤霉素对 3 种山茶科种子萌发特性的影响[J].种子,2019,38(2):25-30.
- [16] 陈艺芳,郭巧生,朱再标,等.赤霉素浓度和温度对沙氏鹿茸草种子萌发影响研究[J].中药材,2018,41(5):1040-1043.

(下转第 105 页)

**2.2 花的类型及特征** 芳樟为圆锥花序,直径 3.5~4.5 mm,花蕾期花苞呈白绿或淡黄色,外无毛或被微毛,由 1~2 mm 花梗连接于叶腋,花萼呈椭圆形。芳樟花蕾中包含 9 个雄蕊和 1 个雌蕊(图 1a)。雄蕊以圆环状对生排列在雌蕊外(图 1a、c),雄蕊 3 长 6 短,较长的处于内侧,较短的处于外侧(图 1a)。单个花药内共 4 个花粉囊(图 1d)。雌蕊未成熟时,二者高度相同。随着雌蕊先成熟并迅速伸出(图 1k、l),芳樟大部分花的雌蕊长于雄蕊,小部分雌蕊与雄蕊相平,即雌雄蕊异位。最后雄蕊成熟,柱头已授粉完成变为黑色。个别花内雌或雄蕊有异变现象,与正常雌雄蕊不同(图 1a、g),图 1 h 所示的雄蕊数超过 9,图 i、j 所示花内有 2 个雌蕊。

**2.3 繁育系统的判断** 该研究发现,1 朵芳樟的花中平均含有 1 800 个花粉。经解剖发现,花期芳樟花内均只有 1 个胚珠。 $P/O$  为平均单花花粉数/平均单花胚珠数=1 800。根据文献[9]可知,芳樟属于兼性异交。

标准规定<sup>[8]</sup>,OCI = 0 为闭花受精;OCI = 1 为专性自交;OCI = 2 为兼性自交;OCI = 3 为自交亲和,有时需要传粉者;OCI  $\geq$  4 为部分自交亲和,异交,需传粉者。芳樟花直径 3.5 ~ 4.5 mm,属 2~<6 mm,记 2;观察发现,雌蕊先于雄蕊成熟,记 0;观察发现,柱头和花药空间分离,记 1。因此,芳樟 OCI 值为 2+0+1=3,繁殖系统属于自交亲和,有时需传粉者。

### 3 讨论与结论

该研究中,15 年生芳樟的各物候期均早于 8 年生芳樟,开花期约 24 d,15 年生芳樟比 8 年生长 9 d。这一结果与香果树类似,随着树龄的增加,单花花期增大,且始花期前移<sup>[10]</sup>。这可能是由于 15 年生芳樟各生理代谢趋于成熟且发达,而 8 年生芳樟体内用于转化的物质不足,需要更长的时间产生积累。因此,8 年生芳樟树的各物候期均比 15 年生延迟。

芳樟属于同型柱头探出式异位,柱头具有可授性时花药尚未成熟,待花药成熟时柱头可授性已经减弱,可有效避免自身的花粉过多落于柱头而大量自交授粉<sup>[11-12]</sup>。虽然会导致芳樟自然结实率低,但可减少芳樟因自交而产生近交衰退现象;且传粉者接触花时会先碰到柱头,柱头伸出可更多地接触风中花粉,这些都有利于异交。因此,芳樟的繁殖器官特征适于杂交试验。同时,受这种繁育系统的影响,芳樟种子园的选址应该尽量选择郊区,以减少人为因素对其周边虫媒种类和数量的影响,提高传粉率,从而提高结实率。

植物的结实率低与生殖器官发育异常有关。因雌雄配子体发育异常导致花药和卵细胞败育,宝华玉兰(*Yulania ze-*

*nii*)的结实率低<sup>[13]</sup>。北苍术(*Atractylodes chinensis*)柱头萎缩,使得 70%的种子没有胚,导致结实率极低<sup>[14]</sup>。该研究中,大量芳樟花中的雌蕊弯曲,可能是由于异常气候导致花的性器官形成异常<sup>[15-16]</sup>,使得种子发育不良,结实率低。而芳樟花的少量单花内雌雄蕊数量异常,且雌雄配子体本身就发育不同步,可能会使得在传粉者数量不足时自然小种群芳樟因传粉受阻而受精困难、结实率低。因此,如何避免或减少外部不适环境和内部生殖器官异常所带来的不良影响,提高芳樟结实率,仍有待进一步研究。

芳樟树开花、结实等各物候期时间分明且规律,雌雄蕊异位,适合杂交育种。但异常环境会导致芳樟花的性器官发育异常,影响芳樟的结实率。因此,关于芳樟生殖生理学的研究,有待结合气象因子,从分子、生理和发育等层面进行研究,以期为未来芳樟育种提供理论依据,为优良芳樟品种选育打下坚实基础。

### 参考文献

- [1] HAO L Y, LV C Y, CUI X N, et al. Study on the composition and physiological activity of the essential oils and extracts of *Cinnamomum camphora* fruit[J/OL]. *Chemistry & biodiversity*, 2021, 18(11) [2021-06-28]. <https://doi.org/10.1002/cbdv.202100201>.
- [2] DONG Z, ZHAO Y, CHEN J L, et al. Enzymatic lipophilization of d-borneol extracted from *Cinnamomum camphora* chvar. *Borneol seed*[J]. *LWT*, 2021, 148: 1-8.
- [3] 肖祖飞, 张北红, 张海燕, 等. 樟树绿枝扦插生根影响因子[J]. *北华大学学报(自然科学版)*, 2020, 21(3): 393-397.
- [4] ZHANG G F, HUANG Q L, BI X Q, et al. Analysis of endophytic bacterial community diversity and metabolic correlation in *Cinnamomum camphora* [J]. *Arch Microbiol*, 2020, 202(1): 181-189.
- [5] 钟丽萍, 张北红, 邢梦雪, 等. IBA 对 8 种园林绿化树种扦插生根及生长量的影响分析[J]. *安徽林业科技*, 2020, 46(2): 13-17.
- [6] 肖祖飞, 张北红, 张琴, 等. 不同种源樟树叶片形态特征及生长差异分析[J]. *广西植物*, 2021, 41(2): 233-242.
- [7] 张国防, 于静波, 冯娟. 芳樟无性系叶精油及芳樟醇含量变异分析[J]. *植物资源与环境学报*, 2012, 21(2): 117-118.
- [8] DAFNI A. *Pollination ecology: A practical approach* [M]. Oxford, UK: Oxford University Press, 1992.
- [9] CRUDEN R W. Pollen-ovule ratios: A conservative indicator of breeding systems in flowering plants[J]. *Evolution*, 1977, 31(1): 32-46.
- [10] 郭连金, 李梅, 林盛, 等. 武夷山不同龄级香果树开花物候及其生殖特性[J]. *广西植物*, 2016, 36(9): 1093-1100, 1111.
- [11] 向文倩, 任明迅. 木棉黄花个体的适应意义[J]. *生物多样性*, 2019, 27(4): 373-379.
- [12] 刘淑娟, 杨爱红, 周华, 等. 樟树的开花特性及传粉生物学研究[J]. *安徽农业科学*, 2019, 47(1): 111-114.
- [13] 王姗, 沈永宝, 鲍华鹏, 等. 宝华玉兰大小孢子发生和雌雄配子体发育过程中解剖结构的变化[J]. *植物资源与环境学报*, 2021, 30(3): 46-53.
- [14] 李志军, 贾俊英, 陈晶, 等. 北苍术有性生殖特性研究[J]. *时珍国医国药*, 2021, 32(2): 447-449.
- [15] 张露露, 周艳芳, 王保全, 等. 10 个桃树品种雌雄蕊发育状况与自然坐果率调查[J]. *现代园艺*, 2021, 44(17): 45-46.
- [16] 韩光明, 蓝家祥, 陈金求, 等. 高温对棉花生殖生长及其生理生化过程的影响[J]. *棉花科学*, 2018, 40(3): 12-17.

(上接第 102 页)

- [17] 田琳琳, 宋奇, 李彦慧. 赤霉素对蓝光棘豆种子萌发的影响[J]. *种子*, 2018, 37(11): 87-89, 92.
- [18] 李文超, 许靛蕊, 宋敏丽. 赤霉素浸种对毛建草种子萌发的影响[J]. *现代农业*, 2021(6): 29-30.

- [19] 李佳, 周素华, 贾娜, 等. 不同浓度赤霉素处理对杜仲种子萌发的影响[J]. *安徽农业科学*, 2019, 47(3): 144-146, 185.
- [20] 黄宁, 刘革宁, 杨继生, 等. 赤霉素浓度和浸种时间对枫香种子萌发的影响[J]. *种子*, 2021, 40(3): 97-101.
- [21] 唐实玉, 崔宁洁, 冯云超, 等. 赤霉素浓度对色木槭(*Acer mono Maxim.*)种子萌发的影响[J]. *应用与环境生物学报*, 2021, 27(3): 555-559.