

不同处理方法对溪黄草种子萌发的影响

王吉文^{1,2}, 黄燕俊^{1,2}, 胡倩倩^{1,2}, 杨联林^{1,2}, 唐初红³, 马宏亮^{1,2,4*}

(1. 中山市中智药业集团有限公司, 广东中山 528437; 2. 中药破壁饮片国家地方联合工程研究中心, 广东中山 528437; 3. 灵川县灵兴鱼腥草种植专业合作社, 广西桂林 541200; 4. 甘肃中智顺和中药材有限责任公司, 甘肃定西 748400)

摘要 [目的]研究不同处理及贮藏方式对溪黄草种子活力的影响,为溪黄草规范化生产提供技术依据。[方法]以发芽势、发芽率为评价指标,考察种子颜色、光照、化学方法、贮藏条件对溪黄草种子萌发的影响。[结果]褐色溪黄草种子为成熟种子,萌发率高;光照对种子发芽无显著影响;0.05%高锰酸钾处理组可明显提高溪黄草种子发芽势,4 d内发芽势高达78.67%,发芽率为84.00%;溪黄草种子室温贮藏条件下发芽率迅速降低,贮藏180 d基本失活,发芽率仅为1.33%。-4℃与-20℃条件下,溪黄草种子贮藏360 d过程中发芽率基本稳定。[结论]溪黄草在实际生产过程中,应选择褐色成熟的种子,采用0.05%高锰酸钾浸种12 h。若需贮存至隔年种植,宜放入-4℃进行冷藏。

关键词 溪黄草;种子萌发;光照;高锰酸钾;处理方法;贮藏条件

中图分类号 S567 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2022)21-0179-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.21.044

开放科学(资源服务)标识码(OSID):

**Effects of Different Treatments on Seed Germination of *Rabdosia lophanthoides* var. *graciliflora***WANG Ji-wen^{1,2}, HUANG Yan-jun^{1,2}, HU Qian-qian^{1,2} et al (1. Zhongshan Zhongzhi Pharmaceutical Group Co., Ltd., Zhongshan, Guangdong 528437; 2. China National and Local Joint Engineering Research Center for Ultrafine Granular Powder of Herbal Medicine, Zhongshan, Guangdong 528437)

Abstract [Objective] To study the effects of different treatments and storage methods on the vitalities of *R. lophanthoides* seeds, and to provide technical basis for the standardized production of *R. lophanthoides*. [Method] The effects of seed color, light, chemical method and storage conditions on seed germination were investigated by measuring the germination potential and germination rate of *R. lophanthoides* seeds. [Result] The brown seeds of *R. lophanthoides* were matured, with a higher germination rate; light had no significant effect on germination of the seed; soaking seeds with 0.05% $KMnO_4$ could improve the germination potential significantly, the germination potential was 78.67% within 4 days and the germination rate was 84.00%. The vitalities of *R. lophanthoides* seeds decreased rapidly under room temperature storage, and the seed germination rate was just 1.33% after 180 days storage. However, the germination rate of seed was basically stable during 360 d' storage at -4℃ or -20℃. [Conclusion] In the good agricultural practice of *R. lophanthoides* brown mature seeds should be selected and soaked with 0.05% $KMnO_4$ for 12 hours before sowing. If seeds need to be stored for a long time, they should be refrigerated at -4℃.

Key words *Rabdosia lophanthoides* var. *graciliflora*; Seed germination; Light; $KMnO_4$; Treatment method; Storage conditions

溪黄草为唇形科植物线纹香茶菜 [*Rabdosia lophanthoides* (Buch. -Ham. ex D. Don) H. Hara] 及其变种纤花香茶菜 [*Rabdosia lophanthoides* (Buch. -Ham. ex D. Don) Hara var. *graciliflora* (Benth.) H. Hara] 或溪黄草 [*Rabdosia serra* (Maxim.) H. Hara] 的干燥地上部分,其作为岭南地区特色中草药,具有清热解毒、凉血散瘀的功能,常被用作清肝利胆的药物^[1]。根据实地调查及文献研究^[2]显示,岭南地区溪黄草药用资源以纤花香茶菜为主流品种。溪黄草主要繁殖方式有种子繁殖、分株繁殖和扦插繁殖3种;研究表明,3种繁殖方式以种子繁殖最好,种子实生苗具有抗性好、病虫害少、生长发育快等优点^[3]。药用植物种子采收、贮藏及播前处理对保持和提高种子活力有较大影响,为中药材GAP生产实践奠定基础^[4]。目前,有关溪黄草种子处理及贮藏方面相关研究鲜见报道。笔者通过对溪黄草种子采收、贮藏及播前处理开展研究,以期为该味药材规范化生产提供技术支持。

1 材料与方法**1.1 试验材料** 2019年1月在位于广东省的中智溪黄草生

态种植基地采集成熟褐色的溪黄草果穗。原植物由中国科学院华南植物园叶华谷教授鉴定为纤花香茶菜 [*Rabdosia lophanthoides* (Buch. -Ham. ex D. Don) Hara var. *graciliflora* (Benth.) H. Hara]。将果穗晒干,敲打出种子,筛去杂质,放入纸质信封备用。

RTOP-260 智能人工气候箱(浙江托普仪器有限公司); DW-YL270 医用低温箱(中科美菱低温科技有限责任公司); HYC-260 医用冷藏箱(青岛海尔特种电器有限公司); 赤霉素(纯度99%,木木生物); 激动素(纯度99%,广州市林国化肥有限公司); 高锰酸钾(纯度99.5%,国药集团化学试剂有限公司); 水为纯化水。

1.2 处理方法**1.2.1 种子形态、千粒重测定。**观察记录溪黄草种子外观形态,从溪黄草种子样品中随机取8个重复,每个重复100粒,分别称重,计算平均重量和标准差^[5]。**1.2.2 不同颜色种子处理。**将从褐色果穗中敲打出的溪黄草种子按照种皮颜色不同分为淡黄色、褐色两组,分别用纯水浸泡12 h,晾干表面水分备用。**1.2.3 不同光照处理。**选择褐色溪黄草种子,纯水浸泡12 h,取出晾干种子表面水分,分为两组放入不同培养皿,一组放入套有黑色不透光袋的避光培养皿,一组放入正常透光的培养皿。**基金项目** 广东省省级科技计划项目(2018B020207008); 国家地方联合工程研究中心项目(发改办高技(2019)180号)。**作者简介** 王吉文(1989—),男,湖北武汉人,主管中药师,从事中药资源评价与开发利用研究。*通信作者,高级工程师,博士,从事中药资源研究。**收稿日期** 2022-04-11

1.2.4 不同试剂处理。选择褐色溪黄草种子,分别采用不同浓度试剂浸泡12 h,取出纯水洗净种子表面试剂,晾干水分备用。不同浓度试剂浸泡12 h具体方法分别为①纯水浸种;②10、50、200 mg/L赤霉素浸种;③2.5、10.0、50.0 mg/L激动素浸种;④0.05%、0.10%、0.50%高锰酸钾浸种。

1.2.5 不同贮藏方式处理。选择褐色溪黄草种子,装入纸质信封,分别采用室温、4℃、-4℃、-20℃冰箱进行贮藏,在贮藏0、90、180、270、360 d,取出测定种子萌发数量。

1.3 测定方法 试验设置每个处理50粒溪黄草种子,3次重复。将不同处理组种子放入垫有双层滤纸培养皿中,滴入适量纯化水保湿,置于人工气候箱中进行萌发试验,人工气候箱温度25℃,光照12 h/黑暗12 h,光照强度5 500 lx。每日统计发芽数量,并及时补充纯化水保持滤纸湿润。种子发芽以胚根突破种皮的长度为种子长度50%为计数标准,规定放入培养箱后第4天计算发芽势,发芽率、发芽势计算公式如下:

$$\text{发芽率} = (\text{正常发芽种子数} / \text{供试种子数}) \times 100\%$$

$$\text{发芽势} = (4 \text{ d内已正常发芽种子数} / \text{供试种子数}) \times 100\%$$

1.4 统计分析 数据结果采用SPSS 22.0处理,不同处理组间均值分析采用完全随机设计单因素方差分析中LSP多重比较。

2 结果与分析

2.1 种子形态特征 溪黄草种子极小,呈卵圆形,种皮淡黄色至褐色(图1)。淡黄色种子千粒重为(102.00±5.29)mg,褐色种子千粒重为(118.00±3.57)mg。

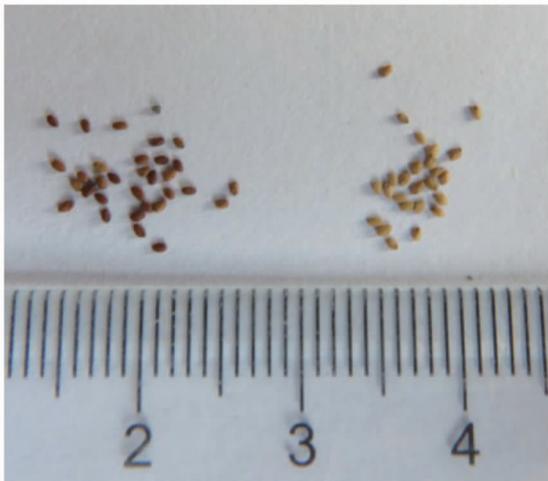


图1 溪黄草种子形态特征

Fig. 1 Morphological characteristics of *R. lophanthoides* seeds

2.2 不同颜色种子萌发比较 从表1可以看出,褐色种子与淡黄色种子发芽率、发芽势均差异显著,褐色种子发芽率和发芽势均明显高于淡黄色种子。

2.3 不同光照处理对种子萌发的影响 从表2可以看出,光照和黑暗2种处理条件下溪黄草种子发芽率、发芽势均无显著差异,表明是否光照对溪黄草种子发芽无显著影响。

2.4 不同试剂处理对种子萌发的影响 从表3可以看出,

不同浓度赤霉素处理与空白组对比,10、50 mg/L赤霉素处理与空白组种子萌发结果无显著差异,200 mg/L赤霉素处理组种子发芽率、发芽势降低明显,对溪黄草种子萌发有明显抑制作用。不同浓度激动素处理与空白组对比,各激动素处理组种子发芽率均有明显降低,表明激动素对溪黄草种子萌发有显著抑制作用,高浓度激动素抑制种子发芽作用更强。不同浓度高锰酸钾处理与空白组对比,种子发芽率结果无明显差异,其中0.05%高锰酸钾处理组可明显提高溪黄草种子发芽势,4 d内发芽势高达78.67%,发芽率为84.00%。

表1 不同颜色种子发芽率、发芽势比较(n=3)

Table 1 Comparison of germination rate and germination potential of seeds with different colors %

种子颜色 Seed color	发芽率 Germination rate	发芽势 Germination potential
褐色 Brown	84.00±2.00 a	69.33±3.06 a
淡黄色 Faint yellow	16.00±2.00 b	8.00±3.46 b

注:不同小写字母表示差异显著(P<0.05)

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

表2 不同光照处理种子发芽率、发芽势比较(n=3)

Table 2 Comparison of seed germination rate and germination potential under different light treatments %

光照处理 Light treatment	发芽率 Germination rate	发芽势 Germination potential
光照 Light	84.00±2.00 a	69.33±3.06 a
黑暗 Dark	83.33±3.06 a	72.00±3.46 a

注:不同小写字母表示差异显著(P<0.05)

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

表3 不同浓度与种类试剂对溪黄草种子发芽的影响(n=3)

Table 3 Effects of different concentrations and types of reagents on the germination of *R. lophanthoides* seeds %

处理 Treatment	发芽率 Germination rate	发芽势 Germination potential
空白组 Blank group	84.00±2.00 ab	69.33±3.06 b
10 mg/L 赤霉素 10 mg/L gibberellin	84.00±2.00 ab	66.67±4.16 bc
50 mg/L 赤霉素 50 mg/L gibberellin	86.00±2.00 a	73.33±1.15 ab
200 mg/L 赤霉素 200 mg/L gibberellin	76.67±2.31 c	62.00±2.00 c
2.5 mg/L 激动素 2.5 mg/L kinetin	79.33±2.31 c	68.00±2.00 b
10.0 mg/L 激动素 10.0 mg/L kinetin	78.67±1.15 c	68.67±2.31 b
50.0 mg/L 激动素 50.0 mg/L kinetin	64.67±1.15 d	33.33±6.11 d
0.05%高锰酸钾 0.05% potassium permanganate	84.00±2.00 ab	78.67±2.00 a
0.10%高锰酸钾 0.10% potassium permanganate	82.00±2.00 bc	67.33±2.31 b
0.50%高锰酸钾 0.50% potassium permanganate	82.67±1.15 b	73.33±2.31 ab

注:同列不同小写字母表示差异显著(P<0.05)

Note: Different lowercase letters in the same column indicate significant differences (P<0.05)

2.5 不同贮藏方式对种子萌发的影响 从表4~5可看出,溪黄草在室温条件下,随贮藏时间的延长,发芽率直线降低,仅贮藏90 d发芽率就由84.00%降至30.00%,贮藏180 d溪

黄草种子基本丧失活力,发芽率降为 1.33%。4 ℃ 条件下溪黄草种子贮藏前 90 d 发芽率显著下降,由 84.00% 下降至 73.33%,而后 270 d 贮藏时间内,发芽率基本趋于稳定。-4 ℃ 与 -20 ℃ 条件下,溪黄草种子贮藏 360 d 过程中发芽率基本稳定。不同温度下溪黄草种子发芽势变化趋势与发芽

率变化趋势基本一致。由表 4~5 分析结果可知,溪黄草种子在 -4 ℃ 与 -20 ℃ 条件下发芽率、发芽势随贮藏时间延长变化规律不明显,种子在 -4 ℃ 与 -20 ℃ 贮藏条件下,随着贮藏时间延长,种子发芽率、发芽势显著高于 4 ℃ 贮藏。

表 4 不同贮藏方式对溪黄草种子发芽率的影响 ($n=3$)

Table 4 Effects of different storage methods on the germination rate of *R. lophanthoides* seeds

%

贮藏时间 Storage time//d	室温 Indoor temperature	4 ℃ 冷藏 4 ℃ refrigeration	-4 ℃ 冷藏 -4 ℃ refrigeration	-20 ℃ 冷藏 -20 ℃ refrigeration
0	84.00±2.00 aA	84.00±2.00 aA	84.00±2.00 bA	84.00±2.00 aA
90	30.00±0.00 bD	73.33±1.15 cC	88.67±1.15 aA	85.33±1.15 aB
180	1.33±2.31 cD	70.67±3.06 cC	87.33±1.15 aA	82.67±3.06 aB
270	0.00±0.00 cC	78.67±1.15 bB	88.00±2.00 aA	86.00±2.00 aA
360	0.00±0.00 cD	72.67±3.06 cC	85.33±3.06 abA	82.67±1.15 aB

注:同列不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$),同行不同大写字母表示差异显著 ($P<0.05$)

Note: Different lowercase letters in the same column indicate significant difference ($P<0.05$); different uppercase letters in the same line indicate significant difference ($P<0.05$)

表 5 不同贮藏方式对溪黄草种子发芽势的影响 ($n=3$)

Table 5 Effects of different storage methods on the germination potential of *R. lophanthoides* seeds

%

贮藏时间 Storage time//d	室温 Indoor temperature	4 ℃ 冷藏 4 ℃ refrigeration	-4 ℃ 冷藏 -4 ℃ refrigeration	-20 ℃ 冷藏 -20 ℃ refrigeration
0	69.33±3.06 aA	69.33±3.06 aA	69.33±3.06 abA	69.33±3.06 abA
90	13.33±3.06 bC	59.33±2.31 bB	67.33±4.16 abA	64.00±5.29 bAB
180	1.33±2.31 cD	53.33±1.15 cC	73.33±2.31 aA	60.00±0.00 bB
270	0.00±0.00 cC	60.00±5.29 bB	63.33±4.16 bB	74.00±5.29 aA
360	0.00±0.00 cC	59.33±2.31 bB	68.00±3.46 abA	64.00±2.00 bA

注:同列不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$),同行不同大写字母表示差异显著 ($P<0.05$)

Note: Different lowercase letters in the same column indicate significant difference ($P<0.05$); different uppercase letters in the same line indicate significant difference ($P<0.05$)

3 讨论

通过观察,溪黄草果穗转为深褐色后,果穗内种子种皮颜色仍存在较大差异,可分为淡黄色和褐色 2 种。该试验结果显示,淡黄色种子发芽率为 16.00%,显著低于褐色种子的发芽率 (84.00%),且淡黄色种子千粒重明显小于褐色种子,因此,可判断淡黄色种子并未完全成熟,褐色种子基本已成熟,萌发率高,应选择褐色种子进行实际生产。

光是影响种子萌发的诸多环境因素之一,根据种子萌发过程对光的不同响应,可将种子分为需光性、忌光性、光中性 3 类。需光性种子萌发需要光照,在黑暗下不能萌发或萌发率降低;忌光性种子在光照诱导下产生休眠;光中性种子萌发不受光照与否影响^[6-7]。该试验结果显示,是否光照对溪黄草种子发芽率及发芽势均无显著影响,说明溪黄草为光中性种子。溪黄草种子极小,大田春季直播于土壤表面易受天气影响,常被雨水冲走。虽其为光中性种子,覆厚土不影响其发芽并防止雨水冲刷,但因种子小,覆厚土严重阻碍其破土生长,故建议将种子与细土混合后撒于整好的土地表面,搭棚育苗后进行移栽。

溪黄草种子放入培养箱第 3 天开始萌发,第 4 天发芽达到高峰,为较容易发芽种子。该试验结果表明,常用植物激素如赤霉素、激动素不仅对溪黄草种子萌发无促进作用,高浓度甚至明显抑制其发芽。不同试剂处理对溪黄草种子萌

发影响试验表明,0.05%高锰酸钾处理组可明显提高溪黄草种子发芽势,促进种子快速、整齐发芽,该处理组放入培养箱第 4 天基本全部萌发。高锰酸钾溶于水后,可提高水中氧气浓度,释放出的钾离子可作为营养元素,促进实生苗生长,锰离子作为微量元素可以活化种子体内酶系统,促进种子萌发,同时可对种子进行消毒,具有药肥兼用特点^[8],因此,适合用作溪黄草播种前浸种处理。

种子劣变(衰老)是其伴随贮藏时间的增加而发生和发展的、自然的、不可逆的种子活性逐渐丧失的过程,其衰老机制复杂,分子水平上和线粒体变化密切相关^[9],种子含水量和贮藏温度则是影响种子衰老的 2 个关键外在因子^[10]。该研究从不同贮存方式的对比试验可看出,溪黄草种子在室温条件下劣变速度非常快,仅 180 d 种子基本完全失活,360 d 贮藏试验期内,溪黄草种子在 -4 ℃ 与 -20 ℃ 冷藏条件下活力无明显变化。考虑到溪黄草主产地为我国南方,气候温暖、湿度大,结果显示室温条件非常不利于其种子保存,-4 ℃ 为普通家用冰箱可达到控温条件,故实际溪黄草生产中推荐采用 -4 ℃ 冷藏方式贮藏其种子。

4 结论

溪黄草在实际种子繁殖过程中,应选择褐色成熟种子,采用搭棚育苗后移栽的方式开展种植。春季播种前,采用

(下转第 198 页)

2.2 前处理条件的优化 分别采用石墨碳-氨基固相萃取法与 QuEChERS 法净化茶叶样品,石墨碳-氨基固相萃取法按“1.3.2”方法操作;QuEChERS 法净化茶叶样品,先称取 2 g 试样于 50 mL 塑料离心管中,加入 10 mL 水涡旋混匀,静置 30 min,加入 15 mL 1%乙酸的乙腈溶液及 1 颗陶瓷均质子,剧烈振荡 1 min,加入 6 g 无水硫酸镁、1.5 g 乙酸钠,剧烈振荡 1 min 后 4 200 r/min 离心 5 min,定量吸取上清液至内含除水剂和净化材料的提取管中(每 1 mL 提取液使用 150 mg 无水硫酸镁、50 mg C₁₈、50 mg PSA 和 25 mg GCB),涡旋混匀 1 min,4 200 r/min 离心 5 min,吸取上清液过微孔滤膜后测试。通过加标测试比较表明,相对于 QuEChERS 法,石墨碳-氨基固相萃取法提取回收率大于 95%,显著高于前者(80%)。因而采用石墨碳-氨基固相萃取法净化测定茶叶样品中邻苯二甲酰胺类杀虫剂氟苯虫酰胺。

2.3 方法学考察

2.3.1 线性范围、检出限和定量限。以氟苯虫酰胺质谱响应峰面积作为纵坐标、质量浓度(ng/mL)作为横坐标,计算线性回归方程,得出其线性回归方程 $y = 9.61491 \times 10^4 x + 7768.8073$ ($R^2 = 0.99936$),表明在 1.6~80.0 ng/mL 氟苯虫酰胺具有良好的线性关系,检出限为 0.007 1 $\mu\text{g}/\text{kg}$,定量限为 0.024 0 $\mu\text{g}/\text{kg}$,满足分析方法要求^[9-10]。

2.3.2 准确度与精密度。以茶叶样品为基质,进行 3 水平 3 平行的加标回收试验,结果发现(表 2),氟苯虫酰胺在不同加标水平的平均回收率在 95.4%~104.2%,RSD 在 0.7%~1.9%,表明该方法满足分析要求,适用于茶叶中氟苯虫酰胺的定量分析。

2.4 实际样品检测 分别选取 8 份福建省当地茶叶样品,武夷岩茶、安溪铁观音、福鼎白茶、坦洋工夫红茶各 2 份,采用该方法进行测定,每份样品平行测定 3 次,结果发现所有样品均未检出邻苯二甲酰胺类杀虫剂氟苯虫酰胺。

表 2 茶叶中氟苯虫酰胺测试的准确度、精密度和加标回收率

Table 2 Accuracy, precision and recovery rate of standard addition of flubendiamide in tea

加标水平 Spike level $\mu\text{g}/\text{kg}$	实测值 Measured value $\mu\text{g}/\text{kg}$	回收率 Recovery rate/%	RSD %
8.0	8.33	104.2	0.7
16.0	16.19	101.2	1.1
80.0	76.33	95.4	1.9

3 结论

该研究通过对茶叶样品的提取净化方法、色谱质谱参数的优化,建立了茶叶中邻苯二甲酰胺类杀虫剂氟苯虫酰胺的液质联用分析方法。该方法具有灵敏度高、分析速度快等特点,满足日常对茶叶中邻苯二甲酰胺类杀虫剂氟苯虫酰胺的快速测定要求,对提高茶叶品质具有重要的指导意义。

参考文献

- [1] 殷畅,毕莹莹,韩丽君,等.双酰胺类杀虫剂作用机制及其先导优化研究进展[J].世界农药,2021,43(2):15-33.
- [2] 王成花,孙诗晴,徐巨龙,等.抗氟苯虫酰胺小菜蛾差异表达基因及其通路[J].中国农业科学,2018,51(11):2106-2115.
- [3] 华乃震.水稻杀虫剂环保剂型应用现状和未来发展趋势[J].农药市场信息,2011(14):15-18.
- [4] 未来智库.杀虫剂市场回顾与展望双酰胺类杀虫剂发展潜力巨大[J].农药市场信息,2020(4):35.
- [5] 刘明雨,聂继云,沈友明,等.QuEChERS 结合超高效液相色谱-串联质谱法同时检测苹果中 11 种农药残留[J].农产品质量与安全,2022(3):54-60.
- [6] 孙程鹏,许娟雯,高娜,等.Sin-QuEChERS 结合超高效液相色谱-串联质谱法同时检测果蔬中 5 种双酰胺类杀虫剂[J].食品安全质量检测学报,2020,11(6):1784-1791.
- [7] 黄美玲,林毅楠,周杨,等.液相色谱-串联质谱法测定油料作物中 3 种双酰胺类杀虫剂残留量[J].食品安全质量检测学报,2020,11(15):5099-5106.
- [8] 何旭峰,黄小兰,肖琦,等.QuEChERS-超高效液相色谱-串联质谱法同时测定动物源性食品中 5 种双酰胺类杀虫剂的残留量[J].食品安全质量检测学报,2021,12(20):7977-7985.
- [9] 戴明,苏晓明,吴少明,等.UPLC-MS/MS 测定铁观音茶中 21 种游离氨基酸含量[J].化学研究与应用,2021,33(7):1410-1419.
- [10] 吴少明,蔡小明,周鹏,等.超高效液相色谱-串联质谱法同时测定水产品中 6 种丁香酚类物质的残留量[J].食品科学,2020,41(16):320-326.

(上接第 181 页)

0.05%高锰酸钾浸种 12 h,播种时,将种子与细土混合均匀撒播于苗床表面即可,浇水保湿。种子采集干燥后,若需贮藏至隔年种植,应放入-4℃进行冷藏。

参考文献

- [1] 广东省食品药品监督管理局.广东省中药材标准:第二册[M].广州:广东科技出版社,2011:347-353.
- [2] 邓乔华,王德勤,黄勇,等.溪黄草资源的调查与研究[C]//海峡两岸暨 CSNR 全国第十届中药及天然药物资源学术研讨会论文集.南京:中国自然资源学会天然药物资源专业委员会,2012:151-153.
- [3] 邓乔华,赵宇,王德勤,等.溪黄草规范化种植示范基地的建设[J].现代中药研究与实践,2011,25(1):10-12.

- [4] 张辰露,孙群,梁宗锁.药用植物种子生理特性及处理技术[J].现代中药研究与实践,2005,19(1):59-64.
- [5] 国家技术监督局.农作物种子检验规程其他项目检验:GB/T 3543.7-1995[S].北京:中国标准出版社,1995.
- [6] 张敏,朱教君,闫巧玲.光对种子萌发的影响机理研究进展[J].植物生态学报,2012,36(8):899-908.
- [7] 霍艳丽,曲婷,高凯,等.不同类型的少花蒺藜草种子萌发对水分和光照的响应[J].安徽农业科学,2022,50(4):51-56,63.
- [8] 孙鹏,周道顺,梁臣,等.高锰酸钾及植物激素对君迁子种子萌发的影响[J].东北林业大学学报,2014,42(6):19-23,82.
- [9] 田茜,辛霞,卢新雄,等.植物种子衰老与线粒体关系的研究进展[J].植物遗传资源学报,2012,13(2):283-287.
- [10] 张海波,杨桂娟,高卫东,等.香椿种子特定贮藏条件下活力变化的研究[J].林业科学研究,2019,32(2):152-159.