

两种石蒜属植物种子生物学特性与发芽研究*

齐凤坤 张越 林秀灵 麦任娣
张煜林 赵秀娟

(广东生态工程职业学院, 广东广州 510520)

摘要 以换锦花 *Lycoris sprengeri* 和忽地笑 *L. aurea* 为试材, 观察种子形态, 测试种子千粒重、含水量、活力、发芽势和发芽率的特性, 测定种子吸水曲线, 并研究不同温度、光照和赤霉素浓度的处理对种子萌发的影响。结果表明: 换锦花和忽地笑千粒重分别为 1 008.10 g 和 757.10 g, 含水量分别为 58.20% 和 54.36%, 种子活力分别为 66.67% 和 60.67%, 发芽率分别为 10.00% 和 8.67%。不同光照条件下, 换锦花和忽地笑的种子发芽率、发芽势和萌芽时间均没有显著差异, 温度对种子萌发影响相对较大, 在 15 ℃ 以下, 两种石蒜属植物的发芽率均显著低于其它温度。20 ~ 25 ℃ 适合石蒜属植物种子萌发, 25 ℃ 为最佳。不同浓度的 GA3 浸种处理对换锦花和忽地笑石蒜种子发芽率有较大的影响, 随着 GA3 浓度的增加, 种子的发芽率逐渐增加。其中 GA3 浓度为 0.05 g/L 时, 种子的发芽率最高, 分别为 17% 和 13%。

关键词 石蒜属植物; 种子; 萌发特性

中图分类号: S723.1 文献标志码: A 文章编号: 2096-2053 (2022) 02-0120-07

Studies on Seed Biological Characteristics and Germination Test of Two *Lycoris* Species

QI Fengkun ZHANG Yue LIN Xiuling MAI Rendi
ZHANG Yulin ZHAO Xiujuan

(Guangdong Eco-Engineering Polytechnic, Guangzhou, Guangdong 510520, China)

Abstract *Lycoris sprengeri* and *L. aurea* seeds were used as experimental material. The morphological characteristics of the seeds were observed and the biological characteristics including 1 000-seed weight, water content, viability, germination characteristics were studied. In addition, determination of seed water suction curves and the effects of temperature, light and gibberellin concentration on seed germination were studied. The result indicated that the 1 000-seed weight of *L. sprengeri* and *L. aurea* were 1 008.1 g and 757.1 g, and water content were 58.2% and 54.36%, and seed viability were 66.00% and 60.67%, and germination percentage were 10.00% and 8.67%, respectively. Under different strength of illumination, there were no significant differences in germination percentage, seed viability and germination time between *L. sprengeri* and *L. aurea*. The effect of temperature on seed germination was relatively obvious, below 15 ℃. Germination percentage of two *Lycoris* plants were significantly lower than other temperatures. Which in 20-25 ℃ was suitable for *Lycoris* seed germination, and in 25 ℃ was the best. The seed germination rate of *L. sprengeri* and *L. aurea* were significantly affected by GA3 treatment. With the

* 基金项目: 广东省林业科技创新项目 (2017KJCX041), 省级质量工程项目《花木栽培技术》省级精品在线开放课程建设 (gdsjyt[2018]194-jpkc41)。

第一作者: 齐凤坤 (1983—), 男, 副教授, 主要从事花卉栽培及遗传育种研究, E-mail: 313198355@qq.com。

通信作者: 赵秀娟 (1969—), 女, 教授, 主要从事花木、林下经济作物研究, E-mail: 744606714@qq.com。

increase of GA3 concentration, the germination rate of seeds increased gradually. When the concentration of GA3 was 0.05 g/L, the germination rate was the highest, 17% and 13%, respectively.

Key words *Lycoris* plant; seed; germination characteristics

石蒜属为多年生鳞茎草本, 全世界分布约 20 个种^[1], 中国境内有 17 个种, 主要分布于山东、河南、浙江、福建、广西、四川等省份, 其中长江以南几个省份种类最多^[2]。石蒜属植物既可以作为药材入药^[3-4]也可以作为观赏类植物^[5-6], 还可用作盆花、地被植物^[7], 其鳞茎中含有多种生物碱, 可以治疗食物中毒、重症肌无力、淋巴结核、风湿性关节炎等^[8-9]; 其花型多样、花色艳丽, 具有很高的观赏价值, 深受人们的喜爱。有些石蒜属植物不能正常结实, 如石蒜(三倍体), 而换锦花 *Lycoris sprengeri* 和忽地笑 *L. aurea* 则可以产生大量有活力的种子。种子繁殖是观赏植物种质资源多样性、遗传变异的重要途径, 在自然生长环境下, 换锦花和忽地笑的形态变化多, 色彩变异丰富, 这可能与其种子实生繁殖后代的实生苗性状分离有关。最近几年, 有关石蒜属植物分类鉴别、药用成分分析、无性繁殖的研究报道很多^[10-17], 但有关石蒜属种子生物学特性研究的相关报道不多。本文从影响种子发芽的相关因素为切入点, 对两种石蒜属植物的种子的萌发特性展开研究, 以期对石蒜属植物观赏新类型的形成、种质资源筛选和提高该属植物种子繁殖效率提供有力依据。

1 材料与方法

1.1 材料及采集

2020 年 11 月 1 日, 从乐昌市龙山林场采回换锦花和忽地笑种子。其后, 选择完全成熟、无病虫害的种子, 并在 4℃ 条件下, 避光贮存以备用, 于 2020 年 12 月进行试验。

1.2 种子生物特性研究

1.2.1 种子形态观察 挑选籽粒饱满, 种皮完整的两种种子各 100 粒, 观察种子的形状、种皮颜色、质地和光滑程度并拍照; 用游标卡尺测量 100 粒种子的长度(种子缝合线方向)、宽度(垂直子叶方向)和厚度(平行于子叶方向), 采用均值法和极值法记录。

1.2.2 种子千粒重测定 采用百粒重法, 3 次重

复。每次称量, 样品质量差不超过 5%, 分别记作 W_1 、 W_2 、 W_3 。

$$\text{千粒重 (g)} = 10 \times (W_1 + W_2 + W_3) / 3$$

1.2.3 种子水分含量的测定 采用加热烘干法测定种子水分含量。将待测样品装入预先烘至恒重(W_1)的称量瓶中, 加盖, 在分析天平上准确称取其重量(W_2)。揭开瓶盖, 置 103 ± 2 °C 的恒温干燥箱中连续烘 4 h, 取出后, 盖上瓶盖, 放入装有活化硅胶的干燥器中冷却 15 ~ 20 min, 在分析天平上准确称取其质量。再揭开瓶盖, 置 103 ± 2 °C 的恒温干燥箱中连续烘 2 h, 再上法称重, 记下读数。直到前后 2 次的质量之差小于 0.01 g 时, 即已达到恒重(W_3), 每种石蒜种子各一组, 每组实验重复 3 次, 结果取平均值。

$$\text{含水量} = (W_2 - W_3) / (W_2 - W_1) \times 100\%$$

式中: W_1 为称量瓶的质量(g); W_2 为称量瓶和样品的烘前质量(g); W_3 为称量瓶和样品烘后恒重(g)。

1.2.4 种子活力测定 采用四唑染色法(TTC)测定种子活力^[18]。挑选饱满的种子 50 粒, 室温条件下在蒸馏水中浸泡 24 h 后剥取种胚, 将种胚置于以 $w(\text{KH}_2\text{PO}_4) : w(\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 2 : 3$ 为缓冲液的 0.5% 的 TTC 溶液中, 然后置于 25 °C 下无光照的恒温箱中, 5 h 后取出, 吸去胚表面的 TTC 溶液, 统计被染色的胚的数(N)。每组实验重复 3 次, 结果取平均值。

$$\text{种子活力} = N / 50 \times 100\%$$

1.2.5 种子发芽率测定 随机抽取两种石蒜种子各 3 份, 每份 100 粒, 用 0.1% K_2MnO_4 溶液灭菌, 均匀摆放在培养皿中, 底部垫有滤纸并润湿, 加盖置 25 ± 1 °C 恒温光照培养箱中培养, 早晚分别冲洗一次种子并剔除霉变粒, 从开始发芽起, 连续一周无发芽, 视为发芽完全。

$$\text{发芽势} = (M_1 / M) \times 100\%$$

$$\text{发芽率} = (M_2 / M) \times 100\%$$

其中: M_1 为日发芽种子数达到最大时发芽数; M_2 为发芽总数; M 为共试种子数。

1.2.6 种子吸水曲线测定 用自然风干 35 d 后的

种子进行吸水曲线测定, 在规定时间点称量吸胀的种子质量, 每份 100 粒, 3 次重复, 每 4 h 测定 1 次, 共 208 h。

1.3 光照对种子萌发的影响

待测石蒜种子均匀置于培养皿中, 底部垫有滤纸并润湿, 培养箱温度设置为 $25 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$, 光照时间为 12 h / d, 光照强度分别为 0、2 000、3 000 lx。采用水选法, 选取籽粒饱满的种子各 100 粒, 3 次重复。

1.4 温度处理对种子萌发的影响

先用 0.1% HgCl_2 溶液对种子进行表面杀菌 10 min, 再用蒸馏水冲洗 5 次, 将消毒后的种子均匀置于培养皿中, 底部垫有滤纸。每个培养皿内放石蒜种子 100 粒, 加入 10 mL 蒸馏水, 3 次重复, 分别置于 10、15、20、25、30 和 35°C 恒温培养箱内。

1.5 不同赤霉素处理对种子萌发的影响

每个培养皿内放种子 100 粒, 分别加入浓度为 0、0.01、0.02、0.05、0.08、0.1、0.2、0.5、0.8、1.0 g / L 的赤霉素溶液浸泡种子 24 h, 3 次重复, 以清水处理为对照。培养箱温度设置为 $25 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$, 光照时间为 12 h / d, 光照强度为 3 000 lx。种子萌发以胚根突破种皮为标志, 每天统计种子发芽情况并剔除霉变粒, 连续一周无种子萌发则表明发芽过程结束。

2 结果与分析

2.1 种子生物学特性

2.1.1 种子形态观察 换锦花和忽地笑果实都为蒴果, 桔瓣形, 也有类球形, 具有 1~2 个棱, 种皮黑色有光泽, 革质, 一端为种孔, 种子大小个体间差别较大, 干燥种子皱缩干瘪, 呈不规则形 (表 1)。

2.1.2 种子千粒重测定、含水量及活力测定结果 千粒重是衡量种子质量的一项重要指标。一般种子千粒重大, 其内部贮藏的营养物质多, 发芽迅速整齐, 出苗率高, 幼苗健壮。结果表明两种种子在草本植物石蒜类是较重的, 这一特性在一定程度上限制了其种群的远距离传播和拓展繁殖, 也对其生存空间有影响 (表 2)。

种子含水量的高低与种子的寿命密切相关, 在一定范围内, 种子含水量越大, 呼吸作用越旺盛, 种子寿命越短, 反之亦然。经测定, 换锦花和石蒜的含水量分别为 58.20% 和 54.36% (表 3), 两个种子可能是短命种子。

种子活力是种子潜在发芽能力的一个指标。经测定, 换锦花和石蒜的种子活力分别为 66.67% 和 60.67% (表 4), 结果表明换锦花和石蒜种子发芽潜力一般, 这可能是由于保存条件过于干燥,

表 1 换锦花和忽地笑种子形态观察

Table 1 Observation on seed morphology of *Lycoris sprengeri* and *L. aurea*

项目 Item	换锦花 <i>Lycoris sprengeri</i>			忽地笑 <i>Lycoris aurea</i>		
	长 Length	宽 Width	厚 Thickness	长 Length	宽 Width	厚 Thickness
平均值 /mm Average value	6.11	5.92	4.52	5.81	5.30	3.92
极值 /mm Extremum value	2.57	3.77	2.47	3.33	2.80	2.67

表 2 换锦花和忽地笑种子千粒重比较

Table 2 Comparison of 1000-seed weight of *Lycoris sprengeri* and *L. aurea*

物种 Species	百粒重 /g 100 grain weight			千粒重 /g 1 000 grain weight
	W_1	W_2	W_3	
换锦花 <i>Lycoris sprengeri</i>	99.78	102.49	100.16	1 008.1
忽地笑 <i>Lycoris aurea</i>	75.98	74.76	76.38	757.1

表 3 换锦花和忽地笑种子含水量
Table 3 Water content of *Lycoris sprengeri* and *L. aurea*

指标 Index	换锦花 <i>Lycoris sprengeri</i>			平均 Average	忽地笑 <i>Lycoris aurea</i>			平均 Average
	重复 1	重复 2	重复 3		重复 1	重复 2	重复 3	
鲜种重 /g Fresh weight	99.78	102.49	100.16	100.81	75.98	74.76	76.38	75.71
烘干重 /g Dry weight	43.76	42.71	41.36	42.61	33.95	34.47	35.24	34.55
含水量 /% Water content	56.14	58.33	58.71	58.20	55.32	53.89	53.86	54.36

表 4 换锦花和忽地笑种子活力测定
Table 4 Determination of viability of *Lycoris sprengeri* and *L. aurea*

指标 Index	换锦花 <i>Lycoris sprengeri</i>			平均 Average	忽地笑 <i>Lycoris aurea</i>			平均 Average
	重复 1	重复 2	重复 3		重复 1	重复 2	重复 3	
种子数 / 粒 Number of seeds	50	50	50	50	50	50	50	50
染色数 / 粒 Chromatic number	35	32	33	33.33	30	29	32	30.33
活力 /% Seed vigor	70.00	64.00	66.00	66.67	60.00	58.00	64.00	60.67

表 5 换锦花和忽地笑种子发芽势和发芽率统计
Table 5 Statistics of seed germination potential and rate of *Lycoris sprengeri* and *L. aurea*

种 Species	每次试验总粒数 / 粒 Total grains per test	发芽持续时间 /d Time of germination lasting	3 次重复总发芽数 / 粒 Total germination number of 3 times	发芽势 /% Germination potential	发芽率 /% Germination percentage
换锦花 <i>Lycoris sprengeri</i>	100	31	30	5.00	10.00
忽地笑 <i>Lycoris aurea</i>	100	16	26	4.67	8.67

导致含水量下降。

2.1.3 种子发芽率测定 换锦花和石蒜种子开始发芽的时间较长，换锦花在试验开始后第 14 天发芽，而忽地笑在发芽试验开始后 20 d 才陆续发芽；发芽整齐性极差，发芽势较低（表 5）。结果表明两种种子具有短暂的休眠性，发芽率和种子含水量密切相关。

2.1.4 种子吸水曲线测定 种子萌发是从吸水开始的，因此，吸水过程是种子萌发的重要一环，在自然条件下，干燥成熟的种子含水量不高，各项生理活动表现得极其微弱，原生质呈凝胶状态。一般情况下，种子吸水分 3 个阶段：首先通过吸胀作用急剧吸水，从而使种子含水量迅速增加；

其次吸胀作用减弱，吸水缓慢，开始进行代谢活动；最后饱和阶段，吸水结束。由图 1 可知，供试的两种石蒜属植物种子的吸水量随时间延长不断增加，最后停止，总体表现符合种子吸水的 3 个阶段的特点。

2.2 光照对种子萌发的影响

由表 6 可知，不同光照处理条件下，供试两种石蒜种子发芽率、发芽势、萌芽时间均没有显著差异。

2.3 温度处理对种子萌发的影响

两种石蒜种子的萌发与温度关系很大，试验结果表明，15℃以下发芽率降低明显，与其它处理差异显著（表 7）。20~25℃两种石蒜发芽率相

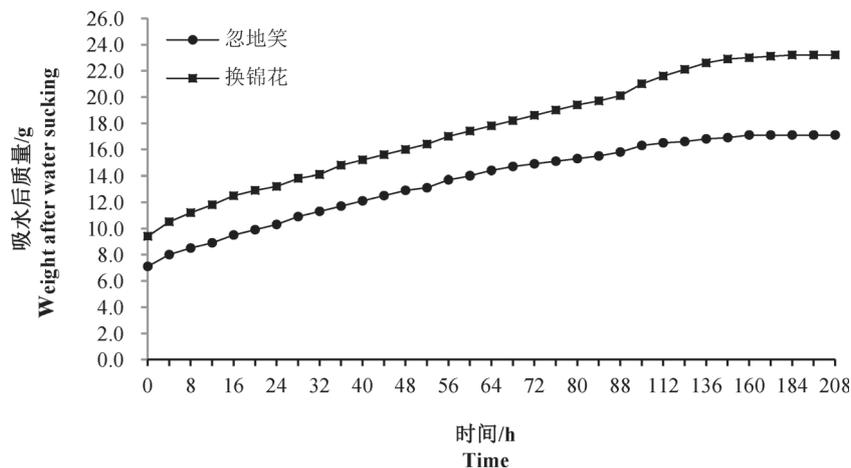


图1 换锦花和忽地笑种子吸水曲线

Fig. 1 Seed water suction curves of *Lycoris sprengeri* and *L. aurea*

表6 不同光照处理后换锦花和忽地笑发芽率测定

Table 6 Germination rate of *Lycoris sprengeri* and *L. aurea* after different light treatment

光照 /lx Illumination	换锦花 <i>Lycoris sprengeri</i>			忽地笑 <i>Lycoris aurea</i>		
	发芽势 /% Germination potential	发芽率 /% Germination percentage	萌发时间 /d Germination duration	发芽势 /% Germination potential	发芽率 /% Germination percentage	萌发时间 /d Germination duration
0	4.33 ± 0.00aA	9.00 ± 0.82aA	30.00 ± 0.52aA	4.33 ± 0.00aA	8.33 ± 0.47aA	15.00 ± 0.89aA
2 000	4.67 ± 0.00aA	9.67 ± 0.47aA	30.00 ± 0.49aA	4.33 ± 0.00aA	9.00 ± 0.82aA	16.00 ± 0.80aA
3 000	5.00 ± 0.00aA	10.00 ± 0.82aA	31.00 ± 0.83aA	4.67 ± 0.00aA	8.67 ± 0.47aA	16.00 ± 0.26aA

注: 同列中不同字母小写(大写)表示在5%(1%)水平上差异显著。

Note: the lowercases and capitals of different letters denoted significant differences at 0.05 and 0.01 level, respectively.

表7 不同温度处理下两个石蒜品种发芽率测定

Table 7 Germination rate of two *Lycoris* varieties under different temperature treatments

种 Species	温度 /°C Temperature	发芽率 /% Germination percentage
换锦花 <i>Lycoris sprengeri</i>	10	3.33 ± 0.47d
	15	4.67 ± 0.47d
	20	9.00 ± 0.82ab
	25	10.00 ± 0.82a
	30	8.33 ± 0.47b
	35	7.33 ± 0.47c
忽地笑 <i>Lycoris aurea</i>	10	2.33 ± 0.47d
	15	5.67 ± 0.47c
	20	8.33 ± 0.47a
	25	8.67 ± 0.47a
	30	7.33 ± 0.470b
	35	7.33 ± 0.47b

注: 同列中不同字母表示在5%水平上差异显著。

Note: the different letters in the same column indicate significant difference at 5% level.

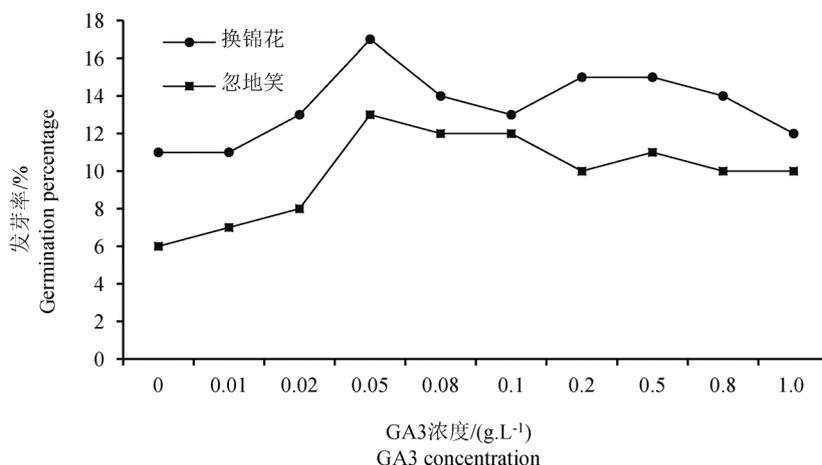


图2 不同 GA3 浓度处理下两个石蒜品种种子发芽率

Fig. 2 Effect of different GA3 concentration on germination rate of two *Lycoris* varieties

对较高, 适合种子萌发, 其中 25 °C 时发芽率为最佳, 超过 30 °C 以后发芽率开始下降。

2.4 不同赤霉素处理对种子萌发的影响

两种石蒜种子用不同浓度的 GA3 处理后, 种子发芽率变化明显, 当 GA3 浓度低于 0.05 g/L 时, 种发芽率随 GA3 浓度的增加而增加; 当 GA3 浓度超过 0.05 g/L 时, 发芽率随 GA3 浓度的增加而降低, 但差异不明显; 当 GA3 浓度为 0.05 g/L 时, 两种石蒜种子发芽率最高, 分别为 17.00 % 和 13.00%, 如图 2。

3 结论与讨论

换锦花和忽地笑干种子千粒重分别为 1 008.10 g 和 757.10 g, 种子体积差异大, 含水量一般, 分别为 58.20% 和 54.36%, 易发霉腐烂, 自然条件下发芽率和成苗率都不高, 目前大多数石蒜属植物以分球、鳞块基底切割和组织培养等方法繁殖, 以分球法为主。两种石蒜属植物的种子具有短暂的休眠性, 换锦花和忽地笑种子活力分别为 66.67% 和 60.67%, 分别于播种 14 d 和 20 d 后才开始发芽, 发芽持续时间约为 31 d 和 16 d, 发芽率较低分别为 10.00% 和 8.67 %。不同光照条件下, 换锦花和忽地笑的种子发芽率、发芽势、萌发时间均没有显著差异。两种石蒜种子的萌发与温度关系很大, 15 °C 以下发芽率降低明显, 与其它处理差异显著, 20~25 °C 两种石蒜发芽率相对较高, 其中 25 °C 时发芽率为最佳, 超过 30 °C 以后发芽率开始下降。两种石蒜种子用不同浓度的 GA3 处理后, 种子发芽率变化明显, GA3 浓度为 0.05 g/L 时,

种子的发芽率最高。

戴智慧^[19]研究表明换锦花种子的活力与含水量有关, 随着种子含水量的下降, 种子的活力也降低。在 -20 °C 塑料袋中贮藏, 种子的含水量变化不大, 可是活力却在降低, 这可能是由于种子受到了冻害。而 -80 °C 条件下, 由于种子新陈代谢几乎处于停滞状态, 使得种子仍保持一定的活力^[20]。因此, 4 °C 湿沙、4 °C 塑料袋和 -80 °C 塑料袋贮藏都可以保持种子的潜在的发芽力。南京林业大学王华宇^[21]研究表明石蒜属植物种子忌干藏, 对脱水极为敏感, 必须在较高含水量的条件下保存, 而本试验中所使用换锦花和忽地笑种子含水量一般, 可能是种子发芽率低的一个重要原因。因此, 有关保持种子的发芽能力的最佳贮藏方法, 如不同贮存条件下种子的发芽率、发芽势的影响等还需进一步研究。

忽地笑种子萌发方式属于子叶留土型^[22], 类似于毛百合种子萌发, 即随着鳞茎的生长, 子叶逐渐萎缩, 不萌发出土。通过试验, 证明了供试的两种石蒜种子都有不同程度的休眠特性, 处理后最早的 20 d 可以萌发, 这种休眠特性与石蒜属自身特点有关, 从进化角度考虑, 植物休眠是对外界不良环境条件的一种适应, 是一种自我保护机制^[23]。

GA3 是一种内源性的植物生长调节剂, 可以刺激细胞分裂, 促进植物细胞伸长; 还可以解除种子休眠诱导有丝分裂和开始, 促进种子萌发以及拮抗 ABA 的抑制效应^[24-25], 但不同种子对 GA3 敏感程度不同。曾昭佳等^[27]利用 GA3 对亮叶木

莲种子萌发特性进行研究,结果表明 GA3 溶液有利于提高其种子的发芽率,但高浓度的 GA3 对种子萌发具有抑制作用。薛志忠等^[28]在做盐胁迫下番茄种子发芽试验时得出,用低浓度 GA3 处理对种子发芽均有一定的促进作用。本试验中换锦花和忽地笑经 GA3 处理后发芽率有所增长,但增长不大,这可能与种子对 GA3 敏感程度不同有关,因此,我们下一步研究的重点是细化 GA3 浓度梯度和改试其它生长调节剂处理。

参考文献

- [1] 胡一民,郭兴然.安徽野生石蒜属资源以及开发利用[J].中国花卉盆景,1996(11): 34-35.
- [2] 中国科学院中国植物志编辑委员会.中国植物志[M].第16卷.1分册.北京:科学出版社,1985: 16-17.
- [3] 林中箴,愈志洲,阮斌.石蒜属植物资源的开发利用[J].杭州植物园通讯,1988(1): 21-26.
- [4] 许荣彦.优良的地被植物:石蒜类[J].江苏林业科技,1989(4): 49-50.
- [5] 叶志伟,沈明山,陈春松,等.石蒜的观赏价值[J].厦门科技,1999(2): 35.
- [6] 季春峰.石蒜属资源开发与利用[J].中国野生植物资源,2002,21(6): 14.
- [7] 贺美.球根花卉在上海地区园林应用研究[D].济南:山东建筑大学,2013.
- [8] 徐建中,王志安,孙乙铭,等.“浙石蒜1号”新品种选育[J].中国中药杂志,2009,34(9): 2520-2522.
- [9] 王晓燕,黄敏仁,韩正敏.石蒜属植物中加兰他敏的分离提取及其应用[J].南京林业大学学报(自然科学版),2004,28(4): 79-83.
- [10] 张露,王光萍,曹福亮.石蒜类植物无性繁殖技术[J].南京林业大学学报(自然科学版),2002,26(4): 1-5.
- [11] 林纯瑛,马溯轩.金花石蒜之鳞片组织培养繁殖[J].中国园艺,1987,33(4): 255-264.
- [12] 朱锦,诸葛强,余水生,等.石蒜组培繁殖技术的研究[J].浙江林业科技,2002,22(4): 45-48.
- [13] 肖艳,彭菲,王清,等.黄花石蒜的组织培养研究[J].湖南中医学院学报,2006,26(1): 27-28.
- [14] 刘志高,童再康,储家森,等.乳白石蒜组织培养[J].浙江林学院学报,2006,23(3): 347-350.
- [15] 吕玉华,童晋,龚子端,等.两种观赏石蒜的离体快速繁殖[J].四川大学学报(自然科学版),2005,42(6): 1233-1237.
- [16] 林田,刘灶长,李天菲,等.不同激素对比对红花石蒜小鳞茎及茎尖的分化培养的影响[J].上海农业学报,2006,22(4): 45-47.
- [17] 姚丽娟,杨燕萍,徐晓薇,等.换锦花繁殖技术研究[J].北方园艺,2010(12): 83-85.
- [18] 郑光华.种子生理研究[M].北京:科学出版社,2004: 15-16,396-400.
- [19] 戴智慧,张晶,倪穗,等.换锦花种子的生物学特性和贮藏特性研究[J].中国野生植物资源,2015,34(5): 19-22.
- [20] 林富荣,顾万春.植物种质资源设施保存研究进展[J].世界林业研究,2004,17(4): 19-23.
- [21] 王华宇.中国石蒜种子特性和原生鳞茎形成的初步研究[D].南京:南京林业大学,2007.
- [22] 张学方,刘晓东,刘宏伟.毛百合繁殖生物学研究(IV)[J].东北林业大学学报,1994,22(5): 49-52.
- [23] 张波,袁娥.石蒜属植物的观赏价值及在环境美化中的应用[J].金陵科技学院学报,2006,22(1): 86-90.
- [24] 李保珠,赵翔,安国勇.赤霉素的研究进展[J].中国农学通报,2011,27(1): 1-5.
- [25] 李龙根,何丽萍.不同光照和赤霉素对高山红景天种子萌发与幼苗生长的影响[J].中药材,2011,34(3): 327-331.
- [26] 余启高.赤霉素对川续断种子发芽特性的影响[J].安徽农业科学,2020,38(26): 14348-14349.
- [27] 曾昭佳,邓演文,刘婷婷,等.亮叶木莲种子贮藏及萌发特性研究[J].林业与环境科学,2019,35(1): 61-66.
- [28] 薛志忠,吴新海.赤霉素对盐胁迫下番茄种子萌发特性的影响[J].北方园艺,2011(15): 59-61.