

刘春雪,李叶芳,关文灵. 大丁草属 2 种植物花粉萌发与贮藏特性研究[J]. 江苏农业科学,2019,47(11):173-176.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.11.039

大丁草属 2 种植物花粉萌发与贮藏特性研究

刘春雪,李叶芳,关文灵

(云南农业大学园林园艺学院,云南昆明 650201)

摘要:以野生大丁草、钩苞大丁草花粉为材料,采用离体培养法,研究大丁草属 2 种植物花粉萌发的最适条件以及适合花粉保存的贮藏方法。结果表明,大丁草和钩苞大丁草花粉萌发最适宜的培养基相同,均为部分 ME3 + 600 g/L PEG200,最高萌发率分别为 47.11% 和 44.40%。2 种植物花粉萌发最适合的温度差别较大,最适合大丁草花粉萌发的温度为 30 ℃,萌发率为 51.09%;而最适合钩苞大丁草花粉萌发的温度为 25 ℃,萌发率为 51.90%。2 种植物花粉自然条件下的离体寿命均较短,仅可维持 48 h。4 ℃低温干燥贮藏有利于延长 2 种植物花粉的寿命,贮藏 15 d 后萌发率均高于 10%,而室温贮藏、-20 ℃冷冻贮藏 15 d 后萌发率均低于 10%。

关键词:大丁草属;花粉萌发力;适宜条件;离体寿命;贮藏方式

中图分类号: Q945.34 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)11-0173-04

大丁草属(*Gerbera*)植物是菊科(Compositae)帚菊木族中的一属,全世界有近 80 种,主要分布于非洲,次为亚洲东部及东南部。我国有 20 种,除个别种遍及于南北各地外,绝大部分集中于西南地区,云南有 16 种,占全国种类的 80%^[1]。

该属最常见的植物非洲菊(*Gerbera jamesonii*)观赏价值和经济价值较高,是一种应用广泛的切花材料^[2]。本属其他植物在国内多作民间用药^[3],如大丁草(*Gerbera anandria*)可用于清热利湿、解毒消肿、止咳、止血^[4];钩苞大丁草(*Gerbera delavayi*)可清热利湿、消积杀虫,也可作为我国西南少数民族人民编织火草服饰的原料^[5-6]。

大丁草和钩苞大丁草为大丁草属的 2 个野生种。经过野外调查以及田间观察,2 个种对白粉病抗性较强。将大丁草、钩苞大丁草与非洲菊进行种间远缘杂交,有望培育出抗病性较强的非洲菊新品种。因此需要充分了解大丁草、钩苞大丁

草花粉生活力和贮藏特性。目前,对大丁草、钩苞大丁草的研究主要集中于化学成分及药理活性^[3-4,7]、环境胁迫对种子萌发的影响^[8-10]、组织培养及快繁技术^[11-12]、遗传多样性^[5-6,13]、基因测序分析^[14-15]等,花粉萌发方面的研究未见报道。本试验以野生大丁草、钩苞大丁草为材料,采用液体培养基萌发法来筛选适合大丁草花粉萌发的培养基和培养温度,并探讨不同贮藏条件对大丁草、钩苞大丁草花粉生活力的影响,旨在为其远缘杂交提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

于 2015 年 11 月从云南省禄丰县采集生长健壮野生大丁草、钩苞大丁草种苗,并栽于云南农业大学园林苗圃大棚内。栽植株行距为 16 cm × 16 cm,栽后进行常规田间管理。大丁草于 2016 年 9 月开始陆续开花,钩苞大丁草于 2016 年 12 月开始陆续开花。于晴天 08:00—09:00 采集盛花期花粉。

1.2 试验时间及地点

试验于 2016 年 9 月至 2017 年 1 月在云南农业大学园林园艺学院实验室进行。

收稿日期:2018-02-03

基金项目:云南省现代农业花卉苗木产业技术体系建设项目(编号:2017KJTX0010)。

作者简介:刘春雪(1992—),女,河北秦皇岛人,硕士研究生,主要从事园林植物资源利用与创新研究。E-mail:306143396@qq.com。
通信作者:关文灵,博士,教授,主要从事园林植物种质资源及植物造景研究。E-mail:158066692@qq.com。

[11]蔡金桓,都成林,薛立,等. 盐胁迫对 4 种园林植物光合特性的影响[J]. 西南林业大学学报(自然科学),2017,37(2):30-34.

[12]王雨,马立敏,周睿颖,等. 盐胁迫对 5 个产地菰蓝幼苗光合特性及抗逆指标的影响[J]. 南京农业大学学报,2017,40(3):416-424.

[13]周丹丹,刘德玺,李存华,等. 盐胁迫对朴树和速生白榆幼苗光合特性及叶绿素荧光参数的影响[J]. 西北植物学报,2016,36(5):1004-1011.

[14]夏阳,林杉,张福锁,等. 淋洗对盐胁迫下大豆生长和矿物质营养基因型差异的研究[J]. 土壤学报,2003,40(1):155-159.

[15]王玉祥,刘静,乔来秋,等. 41 个引种树种的耐盐性评定与选择[J]. 西北林学院学报,2004,19(4):55-58,128.

[16]陈松河,黄全能,郑逢中,等. NaCl 胁迫对 3 种竹类植物叶片光合作用的影响[J]. 热带作物学报,2013,34(5):910-914.

[17]王丹,万春阳,侯俊玲,等. 盐胁迫对甘草叶片光合色素含量和光合生理特性的影响[J]. 热带作物学报,2014,35(5):957-961.

[18]张璐颖,文笑,林勇明,等. 盐胁迫对台湾桉木幼苗光合作用和荧光特性的影响[J]. 福建林学院学报,2013,33(3):193-199.

[19]邢庆振,郁松林,牛雅萍,等. 盐胁迫对葡萄幼苗光合及叶绿素荧光特性的影响[J]. 干旱地区农业研究,2011,29(3):96-100.

[20]王素平,李娟,郭世荣,等. NaCl 胁迫对黄瓜幼苗植株生长和光合特性的影响[J]. 西北植物学报,2006,26(3):455-461.

1.3 试验方法

采用离体萌发法^[16],花粉萌发培养基参考赵宏波等的方法^[17],以部分 ME3 培养基 (MgSO₄ · 7H₂O 370 mg/L、KNO₃ 950 mg/L、CaCl₂ · 2H₂O 880 mg/L、H₃BO₃ 50 mg/L) 为基础,将液体培养基滴于凹面载玻片,把花粉散播于培养基,放于装有湿滤纸的培养皿中,根据试验需要培养。花粉离体萌发率统计以花粉管长于花粉直径为标准,每次每个处理分别取 3 个固定大小的视野统计,单次统计的花粉数不少于 50 个,重复 3 次^[2]。

1.4 试验设计

1.4.1 不同浓度的 PEG200 对花粉萌发的影响 采集新鲜的大丁草、钩苞大丁草花粉,分别撒播在添加了不同浓度的 PEG200 的部分 ME3 培养基上(表 1),置于 25 ℃ 的智能光照培养箱中培养。24 h 后在生物显微镜下观察每种培养基上花粉萌发的情况。根据结果筛选出最适于花粉萌发的 PEG200 浓度。

表 1 培养基各因子水平组合情况

培养基	基础培养基	PEG200 浓度 (g/L)
1	部分 ME3 培养基	无
2	部分 ME3 培养基	100
3	部分 ME3 培养基	200
4	部分 ME3 培养基	300
5	部分 ME3 培养基	400
6	部分 ME3 培养基	500
7	部分 ME3 培养基	600
8	部分 ME3 培养基	700
9	部分 ME3 培养基	800
10	部分 ME3 培养基	900
11	部分 ME3 培养基	原液

1.4.2 花粉萌发最适温度筛选 采集新鲜大丁草、钩苞大丁草花粉,使用“1.4.1”节所得的最适培养基,在不同温度的智能光照培养箱中培养 24 h 后观察不同温度对花粉萌发的影响,设置处理温度为 15、20、25、30、35、40 ℃。统计并计算萌发率,根据结果筛选出最适合花粉萌发的温度。

1.4.3 贮藏方法对花粉寿命的影响 采集新鲜大丁草、钩苞大丁草花粉,不经过任何处理放于室温下,分别于 0、1、2、4、6、12、24、30、48 h 后测定花粉活力,培养 24 h 后观察花粉萌发情况。使用“1.4.1”节所得的最适培养基,“1.4.2”节所得的最适温度。记录并统计萌发率(萌发率 = 萌发的花粉数/总的花粉数 × 100%)。

测定出室温条件下花粉的寿命。同时测定贮藏方法对花粉寿命的影响。采集新鲜大丁草、钩苞大丁草花粉,首先放置于装有硅胶干燥剂的干燥器内干燥 24 h,然后分三部分贮藏:(1)室温贮藏。将干燥后的花粉用封口膜封口,放入密闭、装有硅胶干燥剂的自封袋中,将自封袋封口,置于室温环境贮藏。(2)4 ℃ 冷藏贮藏。将干燥后的花粉用封口膜封口,放入密闭、装有硅胶干燥剂的自封袋中,将自封袋封口,置于 4 ℃ 冰箱内冷藏贮藏。(3) -20 ℃ 冷冻贮藏。将干燥后的花粉用封口膜密封封口,放入密闭、装有干硅胶燥剂的自封袋中,将自封袋封口,置于 -20 ℃ 冰箱内冷冻贮藏。分别在 5、10、15 d 后测定不同贮藏方式下的花粉萌发力。使用“1.4.1”节

所得的最适培养基,“1.4.2”节所得最适温度,记录并统计萌发率,并根据结果得出花粉最适贮藏温度。

1.5 数据处理

通过 Excel 2007、SPSS 18.0 对试验记录的相关数据进行处理分析。

2 结果与分析

2.1 不同浓度的 PEG200 对花粉萌发的影响

将采集的大丁草属 2 种植物花粉在添加了不同浓度 PEG200 的部分 ME3 培养基中培养,花粉萌发率结果见表 2。随 PEG200 浓度的升高,2 种植物花粉萌发率均呈现先上升后下降的趋势。加入 600 g/L PEG200 时,2 种植物花粉萌发率均达到最大值,大丁草为 47.11%,钩苞大丁草为 44.40%。之后随 PEG200 浓度的增加,2 种花粉的萌发率均迅速下降,过量的 PEG 抑制花粉的萌发。由此可以看出,在培养基里添加 PEG 可以改善花粉的萌发,但浓度要适宜。

表 2 2 种植物花粉在添加不同浓度 PEG200 的 ME3 液体培养基上的萌发率

培养基	花粉萌发率(%)	
	大丁草	钩苞大丁草
1	6.33 ± 0.94hi	4.34 ± 2.32i
2	15.57 ± 1.54ef	6.40 ± 0.67hi
3	22.84 ± 12.77c	10.08 ± 3.53gh
4	34.52 ± 3.60b	20.57 ± 7.68cd
5	42.90 ± 1.94a	24.14 ± 5.02c
6	43.81 ± 5.71a	30.89 ± 6.81b
7	47.11 ± 4.60a	44.40 ± 7.50a
8	35.61 ± 2.45b	25.37 ± 2.46c
9	22.15 ± 4.14cd	17.45 ± 7.88de
10	11.85 ± 1.60fg	8.64 ± 0.81ghi
11	3.56 ± 0.76i	5.46 ± 0.94hi

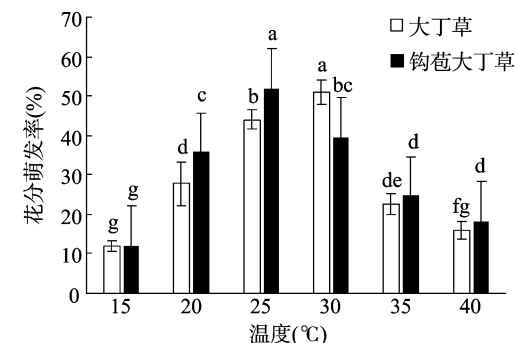
注:同列数据后不同小写字母表示不同培养基间差异显著(P < 0.05)。

2.2 花粉萌发最适温度筛选

2 种大丁草属植物花粉在不同温度下的萌发情况见图 1,可见温度对花粉萌发有显著性影响。2 种植物花粉萌发率均呈现先上升后下降的趋势,但不同植物花粉适宜的温度不同。大丁草花粉萌发率在 30 ℃ 条件下最高,为 51.09%;钩苞大丁草花粉萌发率在 25 ℃ 条件下最高,为 51.90%。大丁草花期为春、秋 2 季,而钩苞大丁草花期为 11 月至翌年 2 月^[1],自然条件下大丁草的开花时期的气温高于钩苞大丁草。本试验结果比较符合大丁草、钩苞大丁草的自然生物学特征。

2.3 花粉离体寿命的测定及温度对花粉贮藏寿命的影响

常温下 2 种植物花粉活力随离体时间的变化如图 2 所示。2 种植物的花粉活力随离体时间延长均有明显降低,且下降速度较快。大丁草刚采集的新鲜花粉萌发率为 51.48%,不经任何处理室温下放置 24 h 后降至 25.28%;24 ~ 48 h 下降速度较快,48 h 后的萌发率已低至 6.96%。钩苞大丁草刚采集的新鲜花粉萌发率为 59.11%,前 24 h 活力下降较快,不经任何处理室温下放置 24 h 后花粉活力为 10.89%,之后维持在 10% 左右,48 h 后的花粉萌发率为 9.7%。



柱上不同小写字母表示处理间差异显著($P < 0.05$)。图 3 同
图1 2种植物花粉在不同温度下的萌发率

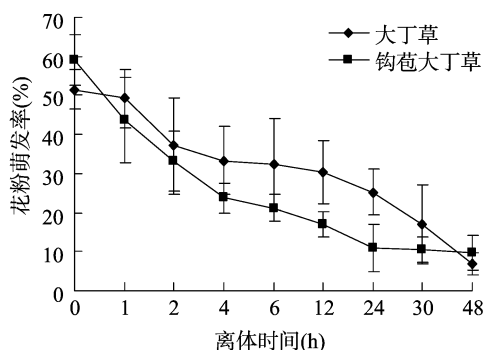


图2 2种植物离体不同时间后的花粉萌发率

上述结果表明,大丁草、钩苞大丁草花粉离体后寿命均比较短,仅可持续 48 h 左右。

不同贮藏条件下 2 种植物的花粉活力如图 3 所示。花粉萌发率不但随时间延长明显降低,且与贮藏温度有密切关系。3 种贮藏条件相比,室温条件下 2 种植物的花粉萌发率均下降得最快,贮藏 10 d 后大丁草花粉活力为 9.81%,钩苞大丁草花粉活力为 10.55%;15 d 后大丁草花粉活力仅为 5.55%,钩苞大丁草花粉活力仅为 4.99%,均不可用于杂交。在 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冷冻条件下贮藏时,花粉活力下降速度也较快,贮藏 10 d 后大丁草花粉活力为 8.61%,钩苞大丁草花粉活力为 11.24%;15 d 后 2 种植物的花粉萌发率均低于 10%。在 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冷藏条件下贮藏时,2 种植物的花粉萌发率也随贮藏时间延长呈逐渐下降的趋势,但花粉活力下降速度比室温条件和 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冷冻条件下缓慢,在贮藏 15 d 后 2 种植物的花粉活力均为 11.53%。以上结果说明,大丁草和钩苞大丁草花粉贮藏的最佳方式均为 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 低温贮藏。

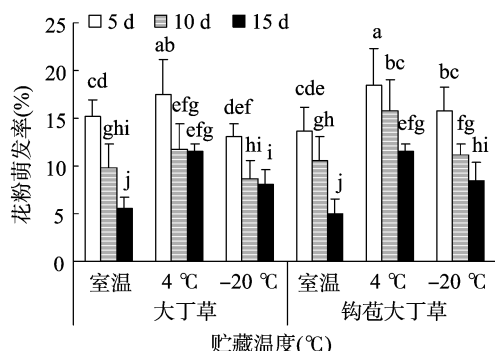


图3 不同贮藏条件下 2 种植物花粉萌发率的变化

3 讨论

3.1 不同浓度的 PEG200 对花粉萌发的影响

有研究表明,PEG 是一种惰性物质,不参与花粉的代谢活动,亦不能进行跨膜交换,从而有利于保证培养基的稳定^[18-19]。PEG 还有较大的黏度,比较接近柱头表面的物理状态,能使花粉缓慢水合,较长久地维持花粉膨压^[20]。也有研究表明,在没有 PEG 的培养基中,培养一段时间后花粉大部分集中在培养基底部,而在加入 PEG 的培养基中,花粉一般浮于表面,有利于其呼吸作用^[21-22]。PEG 还有使花粉内膜结构发生变化,改变膜表面电荷,使膜的柔软程度和通透性提高,从而促进花粉萌发和花粉管生长的作用^[23]。本研究支持上述观点,试验结果表明,在培养基内添加适当浓度的 PEG200 可促进大丁草、钩苞大丁草花粉的离体萌发,最适合的浓度为 600 g/L,与未添加 PEG200 相比大大增加了 2 种植物的花粉萌发率。但随着 PEG200 浓度进一步地增加,花粉萌发率受到了抑制,因此添加 PEG 的浓度需适宜。也有研究表明,不同分子量的 PEG 对花粉萌发的影响不同^[2,21,24-25],在一定范围内分子量较大的能更好地促进花粉的萌发^[21,25]。本试验只研究了 PEG200 对大丁草属 2 种植物花粉萌发的影响,其他分子量的 PEG 对其影响还有待进一步研究。

3.2 花粉萌发最适温度筛选

温度条件是影响植物花粉活力的重要因素之一。大量研究表明,高温抑制菊科植物花粉的萌发。孙强等的研究认为 $22\sim 28\text{ }^{\circ}\text{C}$ 比较有利于非洲菊花粉萌发^[2];赵宏波等认为在 $8\sim 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 培养温度,随着温度升高,南京野菊、毛华菊和几个品种的栽培小菊的花粉萌发率均有所增加^[17];吕晋慧等研究表明 $10、15、20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 是地被菊花粉萌发的适宜温度,超过 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 花粉萌发率随温度升高而降低^[24]。在本研究中,钩苞大丁草在 $15\sim 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 花粉萌发率逐渐升高,在 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下花粉萌发率达到最大值,为 51.90%,超过 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 后花粉萌发率明显受到抑制。但大丁草花粉需要的萌发温度较高,在 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下比较适宜萌发。菊科植物中也有少数植物与大丁草相似,需要较高的花粉萌发温度,如赵剑颖等研究发现最适宜万寿菊花粉萌发的温度为 $25\sim 30\text{ }^{\circ}\text{C}$,低于 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 或高于 $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 均不利于万寿菊花粉萌发^[26]。由此看出,菊科不同物种其花粉萌发的适宜温度是不同的,其原因可能是由基因控制,并且不同地域的植物适应各自区域特殊的气候,导致花粉萌发对温度的响应不同。在实际育种过程中,大丁草、钩苞大丁草分别在接近 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时进行杂交,可望提高花粉萌发率和杂交成功率。

3.3 花粉离体寿命的测定及温度对花粉贮藏寿命的影响

花粉的寿命因植物种类和所处环境条件的不同而有差异。如相似生境条件下刺五加长花丝植株的花粉活力比中花丝植株的高,但不同生境下花粉活力下降速度及寿命有所差异^[27];不同生境、不同花期的多枝怪柳植株花粉寿命均为 48 h^[28];海枣的花粉活力可维持数月至 1 年,是花粉寿命最长的植物^[29];非洲菊的花粉在自然条件下寿命仅为 24 h^[30]。本试验结果表明,自然条件下大丁草、钩苞大丁草花粉的寿命均较短,仅可维持 48 h 左右。因此在杂交育种工作中尽可能采取成熟的新鲜花粉进行授粉,以增加花粉在柱头上的萌发

概率。

在父本、母本花期不遇时,需对花粉进行妥善贮藏。在室温条件下,大丁草属 2 种植物的花粉活力均下降最快,15 d 后 2 种植物的花粉萌发率均低于 10%。对地被菊^[24]、小菊花^[31]等菊科植物花粉的贮藏研究也表明,室温条件不利于花粉活力的保持和寿命的延长。原因可能是室温环境下酶活性强,花粉的呼吸作用等生理代谢活动活跃,使活力下降迅速。有研究表明,低温可降低花粉呼吸作用及其他生理功能,有利于花粉较长时期保存活力^[32]。尾叶紫薇花粉在干燥 6~8 h 后,在 4℃ 条件下贮藏 25 d 后仍然保持较高的萌发率和较长的花粉管^[33];菠萝蜜花粉在干燥 3 h 后,在 4℃ 的环境条件下生命力可延长 20 d^[34]。本研究显示,大丁草属 2 种植物的花粉在 4℃ 低温干燥贮藏条件下的活力变化趋势与其他植物一致,可有效延长花粉寿命,在贮藏 15 d 后 2 种植物的花粉活力均高于 10%。-20℃ 低温冷冻条件与室温条件相比,2 种植物的花粉活力也维持在较高水平,但与 4℃ 储藏相比没有显著优势。因此大丁草属 2 种植物花粉最好的贮藏方法是 4℃ 低温干燥冷藏,但贮藏时间不宜超过 15 d。

影响花粉寿命的因子还有许多,如花粉含水量、干燥时间、贮藏环境的相对湿度以及超低温等^[35-36],它们对大丁草属 2 种植物花粉生活力的影响以及更好的贮藏方法还有待于进一步研究。

参考文献:

- [1]中国科学院中国植物志编辑委员会.中国植物志[M].北京:科学出版社,1996:73.
- [2]孙强,芦建国,沈永宝,等.非洲菊花粉和柱头生物学学习性初步研究[J].上海交通大学学报(农业科学版),2008,26(1):78-80,90.
- [3]肖瑛,丁怡.大丁草属植物的化学成分和药理活性研究[J].天然产物研究与开发,2002,14(6):51-57.
- [4]He F, Wang M, Gao M H, et al. Chemical composition and biological activities of *Gerbera anandria*[J]. *Molecules*, 2014, 19(4):4046-4057.
- [5]徐晓丹.钩苞大丁草的纤维特性及遗传多样性研究[D].武汉:华中农业大学,2016.
- [6]欧成川.钩苞大丁草的叶片形态多样性研究及优异纤维种质发掘[D].昆明:昆明理工大学,2016.
- [7]谷黎红,李铄,陈英杰,等.大丁草中抗菌活性成分的研究:人肠道微生物对大丁甙及其类似物的代谢产物[J].药学报,1988(7):511-515.
- [8]姜云天,李玉梅,顾地周,等. Na₂CO₃ 胁迫对野生大丁草种子萌发的影响[J].种子,2014,33(6):86-88.
- [9]姜云天,沈红梅,顾地周,等. NaCl 胁迫对长白山区野生大丁草种子萌发的影响[J].现代农村科技,2014(17):59-59,60.
- [10]姜云天,顾地周,周繇,等.盐胁迫对野生大丁草种子萌发的影响[J].中国园艺文摘,2014(8):25-27.
- [11]凌杰,宁淑香.大丁草愈伤组织及试管苗培养的研究[J].安徽农业科学,2012,40(5):2671-2673.
- [12]黄玉玲,朱跃珍,李永平,等.火草组培快繁技术研究[J].林业调查规划,2016,41(4):72-74,79.

- [13]欧成川,郑伟,王谈笑,等.钩苞大丁草的叶片形态多样性研究[J].浙江农业科学,2016,57(2):194-197.
- [14]陈菁,郑伟,王谈笑,等.钩苞大丁草高通量转录组测序及差异表达分析[J].西北植物学报,2017,37(3):470-477.
- [15]王谈笑,郑伟,陈菁,等.基于 ITS 序列分析钩苞大丁草九个居群的亲缘关系[J].广西植物,2017,37(3):329-334.
- [16]胡适宜.植物学实验方法(一):花粉生活力的测定[J].植物学通报,1993,10(2):60-62.
- [17]赵宏波,陈发棣,房伟民.栽培小菊和几种菊属植物花粉离体萌发研究[J].南京农业大学学报,2005,28(2):22-27.
- [18]Zhang H Q, Croes A F. A new medium for pollen germination *in vitro*[J]. *Plant Biology*, 1982, 31(1/2):113-119.
- [19]Subbaiah C C. A polyethylene glycol based medium for *in vitro* germination of cashew pollen[J]. *Canadian Journal of Botany*, 1984, 62(12):2473-2475.
- [20]Roberts I N, Stead A D, Ockendon D J, et al. Pollen stigma interactions in *Brassica oleracea*[J]. *Theoretical and Applied Genetics*, 1980, 58(6):241-246.
- [21]宋红霞,吴旭艳,武喆,等. PEG 对胡萝卜花粉离体萌发的影响[J].长江蔬菜,2011(6):22-24.
- [22]何琪,何芳,刘鹏,等. PEG-4000、蔗糖及 pH 值对七子花花粉萌发的影响[J].湖北农业科学,2006,45(2):214-216.
- [23]Jamesl B, Beyoungh K. The essential role of calcium ion in pollen germination and pollen tube growth[J]. *American Journal of Botany*, 1963, 50(9):859-865.
- [24]吕晋慧,赵耀,任意,等.地被菊花粉生活力测定及影响因素研究[J].华北农学报,2011,26(4):189-193.
- [25]叶利民. PEG 和钙对梔子花粉萌发的影响[J].种子,2012,31(7):35-36,39.
- [26]赵剑颖,张华丽,张西西,等.万寿菊花粉活力及柱头可授性研究[J].中国农学通报,2012,28(19):159-163.
- [27]刘林德,张洪军,祝宁.刺五加花粉活力和柱头可授性的研究[J].植物研究,2001,21(3):375-380.
- [28]姬慧娟,尹林克,严成,等.多枝怪柳的开花动态及花粉活力和柱头可授性研究[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2009,37(5):114-118.
- [29]胡适宜.被子植物胚胎学[M].北京:人民教育出版社,1982:51-58.
- [30]孙强.非洲菊杂交育种技术及优良品系选育初步研究[D].南京:南京林业大学,2007.
- [31]王涛,祝朋芳,董玉芝.小菊花粉生活力及贮藏力的研究[J].辽宁林业科技,2010(1):8-11.
- [32]尹佳蕾,赵惠恩.花粉生活力影响因素及花粉贮藏概述[J].中国农学通报,2005,21(4):110-113,193.
- [33]王晓玉,徐婉,胡杏,等.尾叶紫薇开花及花粉萌发研究[J].浙江农林大学学报,2012,29(6):966-970.
- [34]余庆,李映志,汪永保,等.菠萝蜜花粉萌发及贮藏特性研究[J].广东农业科学,2014,41(8):60-64.
- [35]杨红,顾妍,张朝阳,等.不同辐射及温度处理对西瓜花粉生活力的影响[J].江苏农业科学,2017,45(2):111-113.
- [36]张婷,赵林,张梅,等.不同苹果品种花粉的生物学特性[J].江苏农业科学,2017,45(23):147-149.