

一品红 27 个品种花粉量、花粉活力 及 3 种测定方法的比较

李 畅, 苏家乐*, 刘晓青, 陈尚平, 何丽斯

(江苏省农业科学院 园艺研究所, 江苏 南京 210014)

摘要: 以一品红 27 个品种为试材, 探讨其单药花粉量及其花粉离体萌发特性差异; 并从中选择花粉相对活力低、高组 4 个品种(“双喜”和“威望”、“金奖”和“金多利”)的花粉, 以花粉离体萌发法为对照, 对 I-KI 染色法、TTC 染色法、过氧化物酶染色法 3 种染色测定花粉活力法进行比较筛选。结果表明: 测试品种单药花粉量变化范围为 817~3 867 粒, 花粉萌发率 18.04%~82.07%, 花粉管长度 0.20~1.52 mm; 品种间存在明显差异。花粉量、花粉萌发率、花粉管长度 3 指标间极显著正相关。对上述各因子聚类分析表明供试品种中可萌发花粉量(花粉量×花粉萌发率)少且花粉管生长速度慢的品种相对较多, 占 40.74%。过氧化物酶染色法测定值与对照不存在显著性差异, 可用于一品红花粉活力快速测定。

关键词: 一品红; 花粉量; 花粉萌发率; 花粉管长度; 聚类分析

中图分类号: S685.23 文献标志码: A 文章编号: 1000-2286(2012)06-1130-06

Cluster Analysis for the Pollen Quantity and Viability of 27 *Euphorbia pulcherrima* Cultivars and Comparison of Testing Methods

LI Chang, SU Jia-le*, LIU Xiao-qing, CHEN Shang-ping, HE Li-si

(Institute of Horticulture, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China)

Abstract: Variation analysis for the quantity and germination characteristics of pollens was carried out *in vitro* on 27 *Euphorbia pulcherrima* cultivars. ‘Carri Red’ and ‘Prestige Red’, ‘Premium Red’ and ‘Capri White’ were chosen as the experimental materials for determining their different pollen viability. Comparison of three testing methods, including TTC coloration, I-KI coloration, peroxide enzyme coloration, were used. The result showed that significant variations in the pollen quantity, germination rate and length of the pollen tubes were observed among the different cultivars, which were estimated to be 817-3867 grains per anther, 18.04%~82.07% and 0.20-1.52 mm respectively. There was significant positive correlation among the pollen quantity, germination rate and length of the pollen tubes. Further investigation on the pollination value of different *E. pulcherrima* cultivars was performed based on cluster analysis on the above data. The population of the cultivars with low germinated pollen quantity and shorter pollen tube length was relatively larger, accounting 40.74% of the total tested cultivars. The statistic data from peroxide enzyme coloration differed little from the germination rate testing method, so it is believed this method may be the better one for testing *E. pulcherrima* pollen viability.

收稿日期: 2012-06-28 修回日期: 2012-09-24

基金项目: 江苏省农业科技自主创新资金项目(cx(10)411)

作者简介: 李畅(1982—), 女, 助理研究员, 硕士, 主要从事花卉遗传育种研究, E-mail: lichang529@yahoo.com.cn;

* 通讯作者: 苏家乐, 研究员, E-mail: suj166@yahoo.com.cn。

Key words: *Euphorbia pulcherrima*; pollen quantity; pollen germination rate; pollen tube length; cluster analysis

一品红(*Euphorbia pulcherrima* Willd.)为我国秋冬季主要的节日用花之一,其应用品种和种苗大多来自国外,我国自主选育一品红品种极少且未见大面积推广应用^[1-2]。杂交育种是新品种选育的一种行之有效的办法,在一品红中开展杂交育种亦具可行性^[3-4]。花粉在杂交育种中扮演着重要角色,其花粉量多少和花粉活力强弱是杂交成功与否的重要条件。故了解一品红花粉量及其活力,对于杂交育种过程中亲本选配等问题具有重要意义。诸多研究表明花粉量和花粉活力在品种间存在较大差异^[5-8],但在一品红上鲜见报道。室内常用花粉活力的测定方法有:I-KI染色法、TTC染色法、过氧化物酶染色法和离体萌发法等,其中离体萌发法稳定可靠但耗时费工^[9],而染色法则快速简便,但在梨^[10]、百合^[11]、山茶^[12]等花粉活力测定中同种花粉不同染色法获得的结果也有很大差别。故本文测定比较了市场上主栽的27个一品红品种的花粉量及其花粉萌发率和花粉管生长特性,旨在为一品红杂交育种及生殖发育研究提供依据;并从中选择不同生活力花粉为代表,比较了3种染色法间的差异,以期选择适合一品红花粉活力快速测定的方法,为生产应用和理论研究提供参考。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

供试材料为种植于江苏省农业科学院园艺研究所荷兰 Venlo 型现代化玻璃温室中的 27 个 1 年生,株龄、修剪一致的一品红品种(表 1)。

表 1 一品红 27 个品种花粉量比较

Tab. 1 Comparison of pollen quantity of 27 *Euphorbia pulcherrima* cultivars

品种 Cultivar	单药花粉量/粒 Pollen number per anther	品种 Cultivar	单药花粉量/粒 Pollen number per anther
彼得之星 Peterstar Red	3 867 ± 163 aA	科蒂兹红葡萄	2 033 ± 288 fghGHI
科蒂兹红 Cortez Red	3 717 ± 172 abAB	柠檬雪	1 933 ± 266 ghHI
圣诞快乐 Happy Christmas	3 583 ± 117 bBC	圣诞天使	1 917 ± 133 hI
金奖 Premium Red	3 567 ± 186 bBC	探戈红	1 883 ± 147 hIJ
金多利 Capri White	3 350 ± 138 cCD	千禧	1 617 ± 98 iJK
旗帜 Royal Red	3 133 ± 308 dDE	火焰	1 600 ± 141 iK
火星 Mars	3 083 ± 232 dDE	早生千禧	1 567 ± 163 iK
毕加索 Picaso	3 033 ± 273 dE	索诺拉飞雪	1 267 ± 121 jL
天鹅绒 Red Velvet	2 317 ± 172 eF	威望	1 250 ± 138 jLM
早生天鹅绒 Red Velveten	2 300 ± 141 eF	玛丽	1 033 ± 121 kLMN
中国红 Eternity Red	2 283 ± 194 eFG	双喜	1 017 ± 116 kLMN
圣诞感觉 Christmas Feelings	2 200 ± 167 eFGH	白星	983 ± 133 kLMN
富贵星 Nobelstar	2 133 ± 242 efgFGHI	福星	817 ± 147 lN
德国小姐 Novia	2 067 ± 225 fghFGHI	平均值	2 206

同一列中大写字母不同表示两者间差异达到 0.01 显著水平,小写字母不同表示两者间差异达到 0.05 显著水平。

Different capital indicate significance at 0.01 level, and different low ercase indicate significance at 0.05 level in the same row.

1.2 试验方法

1.2.1 花粉量的测定 采用血球计数板法。取每品种未开裂花药 200 枚,置于 10 mL 离心管中,50 ℃ 烘箱干燥,待花药完全开裂散粉后,加 2 mL 1% (NaPO₃)₆ 溶液,涡旋振荡器上震荡摇匀成悬浮液,0-lympus BX41 相差显微镜下血球计数板观察计数,数取计数板上 400 个小方格的花粉粒数。重复 6 次,取平均值,以单个花药的花粉粒数作为该品种的花粉量。

$$\text{单个花药花粉粒数} = (\text{400 个小方格内总花粉粒数} \times 10\,000 \times 2) / 200 \quad (1)$$

1.2.2 花粉活力的测定 采用离体萌发法测定花粉活力。于晴天 11:00—12:00 采集开放当天的雄花花粉,置于离心管中,充分混合后将花粉均匀撒播于液体培养基 $ME_3 + 15\% PEG4000 + 10\%$ 蔗糖 (pH 6.0) 上,25 °C 暗培养 12 h 后统计花粉萌发率和花粉管长度。花粉萌发以花粉管长度大于花粉粒直径为标准。在 Olympus BX41 相差显微镜下计数,每品种取 5 个固定大小视野统计,每视野花粉粒总数不少于 50 粒,并随机测定 20 根花粉管长度,重复 3 次。

$$\text{萌发率} = \frac{\text{已萌发的花粉数}}{\text{花粉粒总数}} \times 100\% \quad (2)$$

1.2.3 花粉活力测定方法的比较 选择花粉活力低(“双喜”、“威望”)、高(“金多利”、“金奖”)的 4 个品种为材料。测定方法为 I-KI 染色法^[13]、TTC 染色法^[13]、过氧化物酶染色法^[14],离体萌发法为对照,观测方法同 1.2。

1.2.4 数据分析 试验结果取平均值 ± 标准差,数据通过 DPS 7.05 软件进行方差分析、聚类分析和相关性分析,图表采用 Excel 2003 绘制。

2 结果与分析

2.1 一品红 27 个品种花粉量的比较

一品红花粉量(平均单个花药的花粉粒数)因品种而异,测试品种变幅为 817 ~ 3 867 粒(表 1)。测试一品红品种均可观测到花粉粒,整体平均值为 2 206 粒,低于品种平均值的有 16 个品种,占测试总数的 59.26%。以花粉量为指标,采用系统聚类法进行聚类分析,当类间距离为 833.66 时,27 个一品红品种明显分成了 3 个类群: I 类群包括“彼得之星”、“毕加索”等 8 个品种,占测试总数的 29.63%,花粉量较多(3 033 ~ 3 867 粒); II 类群在测试品种中花粉量居中,1 567 ~ 2 317 粒,包括“天鹅绒”、“早生千禧”等 13 个品种,占测试总数的 48.15%; III 类群包括“索诺拉飞雪”、“福星”等 6 个品种,花粉量较少,为 817 ~ 1 267 粒,占测试总数的 22.22%; 3 类群间差异极显著。

2.2 一品红 27 个品种花粉活力的比较

2.2.1 一品红 27 个品种花粉萌发率的比较 测试 27 个一品红品种的花粉均具活力,其萌发率平均值为 47.82%,萌发率最高为 82.07%(“金多利”)最低为 18.04%(“探戈红”)极差为 70.29%,变异系数 CV 为 表 2 一品红 27 个品种花粉离体萌发率

Tab.2 Germination rate in vitro of pollen in 27 *Euphorbia pulcherrima* cultivars

品种 Cultivar	萌发率/% Germination rate	品种 Cultivar	萌发率/% Germination rate
金多利 Capri White	82.07 ± 4.64 aA	德国小姐	43.91 ± 3.83 iG
科蒂兹红 Cortez Red	79.83 ± 3.07 abAB	火焰	41.75 ± 4.41 iGH
金奖 Premium Red	75.98 ± 2.34 bcABC	柠檬雪	41.27 ± 2.70 ijGH
彼得之星 Peterstar Red	73.64 ± 2.81 cdBCD	玛丽	35.38 ± 0.76 jkHI
毕加索 Picaso	69.99 ± 2.36 deCDE	索诺拉飞雪	34.47 ± 2.49 kHI
旗帜 Royal Red	66.76 ± 6.28 efDE	福星	33.09 ± 0.91 kIIJ
科蒂兹红葡萄 Cortez Burgundy	63.46 ± 5.74 fgEF	圣诞天使	32.24 ± 4.09 kIIJ
圣诞快乐 Happy Christmas	63.15 ± 0.83 fgEF	早生千禧	31.87 ± 2.69 kIIJ
富贵星 Nobelstar	58.84 ± 3.49 ghF	千禧	30.33 ± 1.37 klmIJK
中国红 Eternity Red	56.40 ± 2.81 hF	威望	28.39 ± 2.02 lmnIJK
早生天鹅绒 Red Velveteen	46.80 ± 1.74 iG	白星	25.87 ± 1.87 mnJKL
火星 Mars	45.22 ± 5.59 iG	双喜	22.96 ± 1.47 noKL
天鹅绒 Red Velvet	44.71 ± 3.15 iG	探戈红	18.04 ± 1.20 oL
圣诞感觉 Christmas Feelings	44.62 ± 3.67 iG	平均值	47.82

同一列中大写字母不同表示两者间差异达到 0.01 显著水平,小写字母不同表示两者间差异达到 0.05 显著水平。

Different capital indicate significance at 0.01 level, and different low ercase indicate significance at 0.05 level in the same row.

38.96% ,品种间萌发率差异很大(表 2)。聚类分析表明,当距离为 0.099 8 时,27 个一品红品种明显分成 3 类: I 类群包括“金多利”、“中国红”等 10 个品种,萌发率 56.40% ~ 82.07% ,为萌发率较高的品种; II 类群包括“早生天鹅绒”、“柠檬雪”等 7 个品种,萌发率(41.27% ~ 46.80%) 在测试品种中居中; III 类群包括“玛丽”、“探戈红”等 10 个品种,萌发率 18.04% ~ 35.38% ,为萌发率较低品种; I 类群占测试品种 37.04% ,与其它 2 个类群间存在极显著差异。

2.2.2 一品红 27 个品种花粉管生长长度的比较 如表 3 所示,不同一品红品种花粉管长度有明显差异,测试品种平均生长量为 0.77 mm ,最小值为 0.20 mm(“双喜”),最大值为 1.52 mm(“旗帜”),CV 为 56.25%。试验中花粉管的长度均为 12 h 的生长量,故测得的花粉管长度可反映花粉管的生长速度(表 3)。以花粉管长度为指标,系统聚类分析表明,当距离为 0.226 7 时,27 个测试品种可分为 4 个类群: I 类群包括“旗帜”、“富贵星”等 7 个品种,生长量 1.25 ~ 1.52 mm ,为花粉管生长快的品种,与其它类群差异极显著; II 类群为“天鹅绒”、“早生天鹅绒”、“彼得之星”3 个品种,花粉管生长较快,平均生长长度为 1.01 mm ; III 类群包括“科蒂兹红葡萄”、“圣诞感觉”等 6 个品种,长度 0.59 ~ 0.86 mm ,花粉管生长较慢; IV 类群为生长慢的品种,包括“千禧”、“双喜”等 10 个品种,花粉管生长长度显著低于其它 3 个类群,平均生长量为 0.31 mm。

表 3 一品红 27 个品种花粉管生长长度

Tab. 3 The length of pollen tubes of 27 *Euphorbia pulcherrima* cultivars in vitro

品种 Cultivar	花粉管长度/mm Length of pollen tubes	品种 Cultivar	花粉管长度/mm Length of pollen tubes
旗帜 Royal Red	1.52 ± 0.09 aA	德国小姐 Novia	0.67 ± 0.08 hijGHI
毕加索 Picaso	1.47 ± 0.11 aAB	柠檬雪 Lemon Snow	0.64 ± 0.05 ijHI
金多利 Capri White	1.44 ± 0.15 abAB	圣诞感觉 Christmas Feelings	0.59 ± 0.02 jIJ
中国红 Eternity Red	1.34 ± 0.07 bcBC	千禧 Millenium	0.46 ± 0.03 kJK
金奖 Premium Red	1.33 ± 0.08 bcBC	圣诞天使 Christmas Angel	0.44 ± 0.03 kJK
火星 Mars	1.27 ± 0.10 cC	早生千禧 Early Millenium	0.42 ± 0.02 kKL
富贵星 Nobelstar	1.25 ± 0.10 cC	玛丽 Maren	0.35 ± 0.02 klKLM
天鹅绒 Red Velvet	1.06 ± 0.07 dD	探戈红 Tango Red	0.28 ± 0.04 lmLM
早生天鹅绒 Red Velveten	1.02 ± 0.08 dD	威望 Prestige Red	0.26 ± 0.03 lmM
彼得之星 Peterstar Red	0.97 ± 0.08 deDE	索诺拉飞雪 Sonora White Glitter	0.25 ± 0.02 lmM
科蒂兹红葡萄 Cortez Burgundy	0.86 ± 0.13 efEF	福星 Highlight Dark Red	0.23 ± 0.02 mM
科蒂兹红 Cortez Red	0.81 ± 0.03 fgFG	白星 Whitestar	0.22 ± 0.02 mM
火焰 Fiscor Fire	0.76 ± 0.07 fghFGH	双喜 Carri Red	0.20 ± 0.03 mM
圣诞快乐 Happy Christmas	0.72 ± 0.07 ghiFGHI	平均值 Average	0.77

同一列中大写字母不同表示两者间差异达到 0.01 显著水平,小写字母不同表示两者间差异达到 0.05 显著水平。

Different capital indicate significance at 0.01 level, and different low ercase indicate significance at 0.05 level in the same row.

2.3 一品红 27 个品种花粉量与花粉活力的相关性及其聚类分析

相关分析表明,花粉量、花粉萌发率、花粉管长度 3 指标之间均存在极显著正相关,花粉量与花粉萌发率、花粉萌发率与花粉管长度、花粉量与花粉管长度相关系数分别为 0.86、0.81、0.75。以可萌发花粉量(花粉量 × 花粉萌发率)和花粉管长度为指标进行系统聚类,当距离为 119.77 时,27 个一品红品种划为 5 类: I 类群可萌发花粉量最多,花粉管生长速度较快; II 类群可萌发花粉量较多,花粉管生长速度最快; III 类群可萌发花粉量中等,花粉管生长速度较快; IV 类群可萌发花粉量较少,花粉管生长速度较慢; V 类群有 11 个品种,占测试品种的 40.74% ,可萌发花粉量在测试品种中最少,花粉管生长速度亦最低,极显著低于其它 4 个类群;类群间平均可萌发花粉量差异显著。

2.4 一品红花粉活力测定方法的比较

3 种花粉活力测定方法测定一品红花粉活力结果差异明显(图 1)。不同花粉活力(高、低)的一品

表 4 一品红 27 个品种可萌发花粉量和花粉管长度的聚类结果
Tab.4 Classification of the pollen quantity of germination and length of pollen tubes of 27 *Euphorbia pulcherrima* cultivars

类群 Cluster	品种 Cultivar	品种数 Number of clusters	平均可萌发花粉量/粒 Average of germination pollen quantity	花粉管长度/mm Pollen tubes length
I	彼得之星 Peterstar Red、科蒂兹红 Cortez Red、金奖 Premium Red、金多利 Capri White	4	2 696.89 ± 307.75 aA	1.14 ± 0.30 aA
II	圣诞快乐 Happy Christmas、旗帜 Royal Red、毕加索 Picaso	3	2 078.47 ± 391.25 bAB	1.23 ± 0.45 aA
III	火星 Mars、中国红 Eternity Red、富贵星 Nobel-star、科蒂兹红葡萄 Cortez Burgundy	4	1 380.70 ± 253.50 cBC	1.18 ± 0.22 aA
IV	天鹅绒 Red Velvet、早生天鹅绒 Red Velveteen、圣诞感觉 Christmas Feelings、德国小姐 Novia、柠檬雪 Lemon Snow	5	1 046.51 ± 217.07 dCD	0.79 ± 0.22 bA
V	圣诞天使 Christmas Angel、探戈红 Tango Red、千禧 Millenium、火焰 Fiscor Fire、早生千禧 Early Millenium、索诺拉飞雪 Sonora White Glitter、威望 Prestige Red、玛丽 Maren、双喜 Carri Red、白星 Whitestar、福星 Highlight Dark Red	11	411.86 ± 144.82 eD	0.35 ± 0.16 cB

同一列中大写字母不同表示两者间差异达到 0.01 显著水平,小写字母不同表示两者间差异达到 0.05 显著水平。

Different capital indicate significance at 0.01 level, and different low ercase indicate significance at 0.05 level in the same row. 红品种 TTC 染色法的测定值极显著偏低; I-KI 染色法测定值对于花粉活力低的品种偏差值较大,极显著偏高; 过氧化物酶染色法测定值略低,但与对照(离体萌发法测定值)不存在显著性差异,故过氧化物酶法为较适宜的测定一品红花粉活力的染色法。

3 讨 论

植物花粉量及其生活力是开花植物生物特性研究中的一项重要内容,其花粉量多少和花粉活力强弱直接影响结实率。花粉量、花粉活力与品种关系最为密切^[8,15],同种内不同品种间花粉量差异很大,这在枣^[5]、梅花^[6]、油茶^[7]、桃^[8]、梨^[10]等植物中均有报道。测试的一品红品种的花粉量、花粉离体萌发率和花粉管生长长度 3 指标在品种间亦存在较大差异:单花药花粉量为 817 ~ 3 867 粒;花粉离体培养

12 h 后,花粉萌发率 18.04% ~ 82.07%,花粉管长度 0.20 ~ 1.52 mm。花粉直接反映雄配子的育性发育情况,而花粉育性是衡量植株育性最根本、最直接的指标。在花粉育性划分上,我国将可育率大于 50% 划为正常可育,31% ~ 50% 为低不育,6% ~ 30% 为半不育,小于 5% 为高不育,0 为全不育^[16]。按此标准,测试的 23 个一品红品种中,萌发率大于 50% (即正常发育)的品种占总数的 37.04%;低不育和

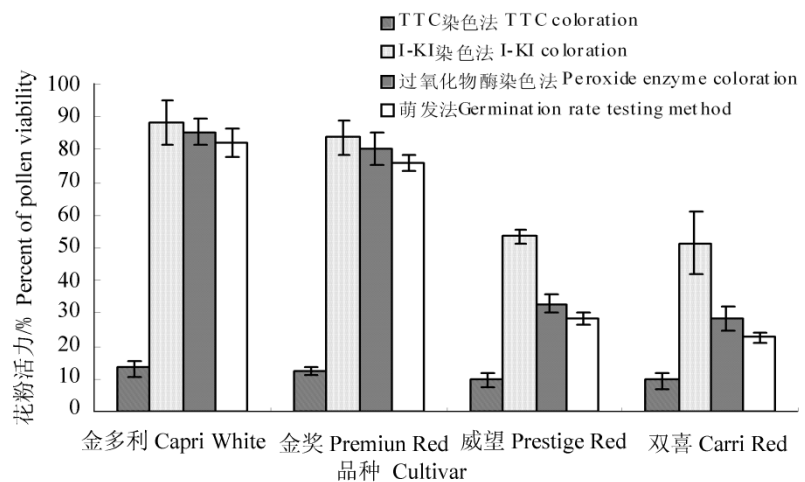


图 1 3 种花粉生活力测定方法对同一一品红品种花粉生活力测定比较
Fig. 1 Comparison of 3 testing methods on the viability of the *Euphorbia pulcherrima* pollen

半不育的品种 17 个,占总数的 62.96%,说明一半以上一品红品种发育存在问题。

对测试一品红品种花粉量、花粉离体萌发率和花粉管生长长度这 3 指标进行相关性分析表明这 3 指标间存在极显著正相关,说明各指标在品种间的差异取决于品种自身的遗传特性,在一品红上可利用花粉量的多少估测花粉活力高低。将 3 个测试指标分别聚类 and 将可萌发花粉量与花粉管长度指标结合进行系统聚类分析相比,结果存在一定差异。3 指标综合聚类分析将一品红测试品种分为 5 大类,分类更为精细,可萌发花粉量代表了有效花粉或可育花粉,故以后者聚类分析的结果为依据。杂交育种中,除观赏性、抗逆性、授粉亲和性外,花粉量和花粉活力亦是选择父本的重要因素。第 I、II 类群 7 个品种(“彼得之星”、“科蒂兹红”、“金奖”、“金多利”、“圣诞快乐”、“旗帜”、“毕加索”)具有较多的可萌发花粉量和较快的花粉管生长速度,故推荐为一品红杂交育种父本选择的主要对象。

利用染色法测定花粉活力快速简便,但因其直接反映的是花粉的代谢情况或营养物质含量,且受花粉壁厚薄等因素影响,不能直接表现花粉的萌发率,只有与花粉离体萌发试验结果相一致才可以应用^[10]。本试验结果表明,过氧化物酶法与离体萌发测定的花粉活力不存在显著差异,可用于一品红花粉活力的快速测定。此外,与前人在菊花^[9]、梨^[10]、山茶^[12]等植物上研究结果相似,TTC 染色法检测花粉活力多不着色,这可能因花粉外壁过厚所致,具体原因有待进一步研究。

参考文献:

- [1]李畅,苏家乐,刘晓青,等.一品红不同品种叶片叶绿素荧光特性比较[J].园艺学报,2009,36(10):1519-1524.
- [2]李畅,苏家乐,陶俊.现代温室一品红高效栽培技术及效益分析[J].江苏农业科学,2010(6):273-275.
- [3]黄子峰,王凤兰,周厚高,等.一品红盆花新品种“闪亮”[J].园艺学报,2011,38(12):2423-2424.
- [4]黄子峰,周厚高,王凤兰,等.一品红盆花新品种“红荷”[J].园艺学报,2012,39(1):199-200.
- [5]刘玲,王玖瑞,刘孟军,等.枣不同品种花粉量和花粉萌发率的研究[J].植物遗传资源学报,2006,7(3):338-341.
- [6]任广兵,房伟民,贾思振,等.梅花花粉量及离体萌发特性研究[J].上海农业学报,2007,23(4):42-46.
- [7]邹锋,谭晓风,袁德义,等.油茶花粉数量及 4℃ 贮藏萌发率特性研究[J].江西农业大学学报,2009,31(5):892-895.
- [8]叶正文,杜纪红,苏明申,等.桃 92 个品种的花粉量及其萌发特性的差异[J].园艺学报,2010,37(4):525-531.
- [9]赵宏波,陈发棣,房伟民.菊属植物花粉生活力检测方法的比较[J].浙江林学院学报,2006,23(4):406-409.
- [10]姜雪婷,杜玉虎,张绍铃,等.梨 43 个品种花粉生活力及 4 种测定方法的比较[J].果树学报,2006,23(2):178-181.
- [11]赵统利,周翔,朱朋波,等.百合花粉生活力测定方法的比较研究[J].江苏农业科学,2006(5):88,144.
- [12]赵鸿杰,乔龙巴图,殷爱华,等.3 种山茶属植物花粉活力测定方法的比较[J].中南林业科技大学学报,2010,30(3):105-107.
- [13]李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2000:207-210.
- [14]张志良.植物生理学实验指导[M].北京:高等教育出版社,2000:241-242.
- [15]Sedgley M, Griffin A R. Sexual reproduction of tree crops[M]. London: Academic Press, 1989:529-540.
- [16]朱国英.水稻雄性不育生物学[M].武汉:武汉大学出版社,2000:143-146.