

2 个果梅品种雌蕊分化进程及相关生化指标分析

侍 婷, 张其林, 高志红^①, 章 镇, 庄维兵

(南京农业大学园艺学院, 江苏 南京 210095)

摘要: 为了解果梅(*Prunus mume* Sieb. et Zucc.)雌蕊分化进程及其败育机制, 采用石蜡切片法观察了不同时期果梅品种‘龙眼’(‘Longyan’)和‘大嵌蒂’(‘Daqiandi’)花芽纵切面的解剖结构, 并对 2 个品种不同时期花器官发育状况、花芽百分率、花芽纵径和横径以及花芽中的可溶性糖、可溶性蛋白质和淀粉含量进行了测定分析。结果显示: 雌蕊分化期、雌蕊分化末期及盛花期, 品种‘龙眼’的不完全花比例均显著小于品种‘大嵌蒂’, 其中, 盛花期‘龙眼’不完全花比例仅为 5.0%, 而‘大嵌蒂’不完全花比例高达 76.3%。品种‘龙眼’雌蕊分化过程经历未分化期、分化初期、分化期及分化末期 4 个阶段, 且最终有 95.0% 的花芽在分化末期能顺利形成完全花; 品种‘大嵌蒂’雌蕊分化过程则包含未分化期、分化初期、分化期、解体期、解体后修复期和分化末期 6 个阶段, 且仅有 23.7% 的花芽能形成完全花。雌蕊分化的不同阶段 2 个品种花芽纵径和横径的变化与其分化进程基本一致。品种‘龙眼’完全花的可溶性糖和可溶性蛋白质含量均高于品种‘大嵌蒂’的完全花和不完全花, 淀粉含量则低于后两者; 品种‘大嵌蒂’不完全花的可溶性糖和可溶性蛋白质含量最低、淀粉含量则最高, 与 2 个品种的完全花有显著差异。综合分析结果表明: 品种‘大嵌蒂’的花芽在 12 月中上旬停止伸长生长、雌蕊分化停滞直至逐渐解体, 这一时期即为品种‘大嵌蒂’雌蕊败育的关键时期; 导致果梅雌蕊选择性败育的原因可能与花芽中大分子营养物质的分解代谢有关。

关键词: 果梅; 雌蕊; 分化进程; 败育; 生化指标

中图分类号: Q944.58; Q945.6⁺4; S662.4 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2011)04-0035-07

Analyses on pistil differentiation process and related biochemical indexes of two cultivars of *Prunus mume* SHI Ting, ZHANG Qi-lin, GAO Zhi-hong^①, ZHANG Zhen, ZHUANG Wei-bing (College of Horticulture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2011, 20(4): 35–41

Abstract: In order to understand the pistil differentiation process of *Prunus mume* Sieb. et Zucc. and its abortion mechanism, the anatomical structure of longitudinal section of flower bud of two cultivars ‘Longyan’ and ‘Daqiandi’ of *P. mume* at different stages was observed by paraffin method. The development state of flower organ, percentage of flower bud, longitudinal and horizontal diameters of flower bud at different stages, and contents of soluble sugar, soluble protein and starch in flower bud of two cultivars were determined and analyzed. The results show that imperfect flower rate of cultivar ‘Longyan’ is significantly lower than that of cultivar ‘Daqiandi’ at pistil differentiation, late differentiation and full flowering stages, in which, that of cultivar ‘Longyan’ is only 5.0% while that of cultivar ‘Daqiandi’ is up to 76.3% at full flowering stage. The pistil differentiation process of cultivar ‘Longyan’ goes through four stages including pre-differentiation, early differentiation, differentiation and late differentiation stages, and finally, 95.0% flower buds can smoothly form perfect flower at late differentiation stage. That of cultivar ‘Daqiandi’ goes through six stages including pre-differentiation, early differentiation, differentiation, disintegration, repair after disintegration and late differentiation stages, and only 23.7% flower buds can form perfect flower. At different stages of pistil differentiation, the change of longitudinal and horizontal diameters of flower buds of two cultivars is basically consistent with pistil differentiation process. Contents of soluble sugar and soluble protein in perfect flower of

收稿日期: 2011-03-16

基金项目: 国家农业部公益性行业专项(201003058)

作者简介: 侍 婷(1986—), 女, 江苏东海人, 硕士研究生, 研究方向为果树生理及分子生物学。

^①通信作者 E-mail: gaozhihong@njau.edu.cn

cultivar ‘Longyan’ are higher than those in perfect and imperfect flowers of cultivar ‘Daqiandi’, and its starch content is lower than that of the latter two flowers. While contents of soluble sugar and soluble protein in imperfect flowers of cultivar ‘Daqiandi’ all are the lowest and its starch content is the highest with significant difference to those in perfect flower of two cultivars. Comprehensive analysis results indicate that during the first and second ten days of December, flower bud of cultivar ‘Daqiandi’ does not continue to elongate, its pistil differentiation stagnates until gradual disintegration, which is the key stage of pistil abortion of cultivar ‘Daqiandi’. The factors leading to selective abortion of *P. mume* pistil may relate to catabolism of macromolecule nutrients in flower bud.

Key words: *Prunus mume* Sieb. et Zucc.; pistil; differentiation process; abortion; biochemical index

果梅(*Prunus mume* Sieb. et Zucc.)原产中国,其果实营养丰富,主要用于加工果脯和梅酒等,具有净血杀菌的作用,为“保健食品”,也是深受人们喜爱的休闲食品;研究结果表明:梅果实浸提液中的B-1成分具有抑制癌细胞增殖的功效^[1]。在中国的广东和云南等地民间都有用梅做菜的传统;在日本,梅是佐餐的必需品,梅酒和饮料也很畅销,因此,每年对梅果实的需求量很大;梅果实也是中国梅产区重要的出口创汇果品之一。但果梅产量偏低,严重制约了其产业化发展。

造成果梅产量低的主要原因之一是花器官发育不良,主要表现为花器官中缺少雌蕊,形成空心花或子房枯萎、花柱短缩或弯曲、子房瘦小,这样的畸形花统称为不完全花(也称为雌蕊败育花)^[2]。不完全花没有受精能力,均于开放后脱落,造成雌蕊败育。果树雌性不育现象较为广泛。苟剑英等^[3]的研究结果表明:在果梅的子房形成和柱头花芽形态分化结束时期,只能看到雄蕊性器官的形成并出现花粉粒,而雌蕊的性器官却未形成,只能看到胚珠原始体,要形成成熟的胚囊还需要雌蕊内部组织的进一步分化。Beppu等^[4]认为:在甜樱桃(*Prunus avium* L.)花芽由萼片原基向花瓣原基分化的过程中,若遭遇高温则会导致双雌蕊的发生。王宏国^[5]的研究结果显示:在龙眼(*Dimocarpus longan* Lour.)的花性别分化过程中,由于雌蕊和雄蕊发育至等长时,雄蕊迅速生长,雌蕊出现败育并不断萎缩,从而产生雄花;龙眼性别分化决定过程在萼片开裂前已经完成。张小方^[6]认为:文冠果(*Xanthoceras sorbifolia* Bunge)雄花雌蕊的败育属于选择性败育,发生在大孢子母细胞减数分裂Ⅰ的双线期。李勃等^[7]认为:上海地区甜樱桃畸形花量增多的原因可能与萼片原基向花瓣原基分化时遭遇7月底至8月初的高温有关。也有一些学者对梅雌蕊发育及影响因素进行了初步研究,结果表明:在南

京地区,10月上旬是雌蕊心皮原基分化高峰期,是梅雌蕊发育调控的关键时期^[8-9];影响梅雌蕊发育的主要因素有营养、植物激素和钙调素水平^[10-11]等;雌蕊原基分化期梅雌蕊畸形率明显低于花期,说明梅的不完全花可能主要是在雌蕊结构分化期由于雌蕊发育异常而形成的^[8]。王珊等^[12-13]利用蛋白质双向电泳技术在果梅开花期鉴定出4个差异表达蛋白,这些蛋白质与糖代谢、淀粉代谢以及光合作用有关。但根据现有研究资料还不能完全说明造成果梅雌蕊败育的原因以及败育的关键时期。

鉴于此,作者采用石蜡切片法对果梅品种‘龙眼’和‘大嵌蒂’雌蕊发育过程中花芽的纵切面解剖结构进行了比较观察,并对完全花和不完全花的可溶性糖、可溶性蛋白质及淀粉含量进行了测定分析,旨在寻找果梅雌蕊败育的关键时期、比较不完全花的生理指标差异,以期为进一步揭示果梅雌蕊败育机制提供实验依据。

1 材料和方法

1.1 材料

供试的果梅品种‘龙眼’和‘大嵌蒂’均为株龄5 a以上的实生苗,以株距4 m、行距5 m栽植于南京农业大学国家果梅种质资源圃,采取常规栽培管理方法。分别于2009年10月至2010年3月和2010年10月至2011年3月进行2次实验,数据为2次实验的平均值。

1.2 方法

1.2.1 花器官质量调查 参照文献^[9]的方法对果梅雌蕊发育时期进行划分,分别在12月初(雌蕊分化期)、12月末(雌蕊分化末期)及3月初(盛花期)对2个供试品种的花器官质量进行调查。采集短枝上的花,观察雌蕊发育状况,统计各类型花朵数,计算

完全花、不完全花(空心花和花柱不发育花)的比例,每个时期每个品种随机观察200朵花,重复3次。

1.2.2 花芽形态及纵切面解剖结构观察 从10月初开始每隔7 d取样1次,12月开始每隔2 d取样1次,直至开花。随机从短枝上采集30个大小一致的花芽,用游标卡尺对花芽纵径及横径进行测量。

采用常规石蜡切片法^[14]制片。花芽先用FAA固定液固定24 h,经乙醇和二甲苯系列梯度脱水后用石蜡进行包埋,切片厚度10 μm,铁矾苏木精染色;用Axio Lab A1 MAT显微镜(德国卡尔·蔡司公司生产)观察拍照。雌蕊分化时期参照李勃等^[7]的方法划分为未分化期、分化初期、分化期和分化末期。

1.2.3 生化指标测定 在确定雌蕊败育发生时期后,取败育发生期‘龙眼’的完全花、‘大嵌蒂’的完全花和不完全花各10 g,液氮中研磨后,测定分析可溶性糖、可溶性蛋白质和淀粉含量,重复3次测定,结果取平均值。参照文献^[15],采用MDA法测定可溶性糖含量、采用考马斯亮蓝G-250法测定可溶性蛋白质含量、采用蒽酮比色法测定淀粉含量。

1.3 数据处理

采用Excel 2003 软件进行标准差分析;采用SPSS 18.0 软件进行方差分析。

2 结果和分析

2.1 花器官发育状况分析

雌蕊分化时期不同阶段2个果梅品种的不完全花比例见表1。由表1可知:各个阶段品种‘龙眼’的不完全花比例远低于品种‘大嵌蒂’;随着雌蕊分化的进行,不完全花比例显著增加。从雌蕊分化期到雌蕊分化末期,品种‘大嵌蒂’不完全花比例由56.0%

增加至67.9%,盛花期时增加至76.3%;而品种‘龙眼’的不完全花比例也由雌蕊分化期的3.2%增加至盛花期的5.0%。显示雌蕊分化期果梅雌蕊畸形率远低于盛花期,说明果梅的不完全花可能主要是在雌蕊分化过程中由于雌蕊发育异常而形成的。

2.2 雌蕊分化进程分析

雌蕊分化进程中果梅品种‘龙眼’和‘大嵌蒂’花芽纵切面的解剖结构变化见图1。从9月30日至3月11日2个品种处于雌蕊分化不同阶段的花芽百分率见表2;花芽的纵径和横径的测定结果见表3。

由图1和表2可见:品种‘龙眼’的雌蕊未分化期大约在9月底,此时期雌蕊原基还没有萌动,萼片及花瓣分化已经较为完整,雄蕊处于分化过程中(图1-1);雌蕊分化初期约在10月中下旬,此时期雌蕊原基开始萌动(图1-2);11月下旬至12月上旬进入雌蕊分化期(图1-3),雌蕊原基细胞分裂旺盛,同时分化成花柱和柱头;最后在雌蕊分化末期(即12月中旬以后)开始胚珠的分化(图1-4),至此,品种‘龙眼’的雌蕊分化基本完成,形成具有雄蕊和雌蕊的完全花。在品种‘大嵌蒂’雌蕊分化过程中,前、中期与品种‘龙眼’雌蕊分化进程基本一致,均经历了雌蕊未分化期、分化初期和分化期(图1-5~7);但进入分化期的约65%的花芽(表2),在分化期停留了近3个月(11月至翌年1月)却没有进行相应的伸长生长,而是保留最初的发育状况;然而到了2月份以后,已经分化出的雌蕊最终发生解体,此时期为解体期(图1-8),细胞界限开始变得不明显,此时雌蕊可能发生了选择性败育;此后,进入解体后修复期(图1-9),此时期雄蕊正常发育,最终产生成熟的花粉粒(图1-10)。

由表2还可见:10月中上旬,雌蕊原基开始分化,品种‘龙眼’与‘大嵌蒂’分别有71.6%和68.6%的花芽进入了雌蕊分化初期;10月中下旬以后,2个品种的花芽陆续进入雌蕊分化期,此时期,品种‘龙眼’只有2.3%的花芽继续停留在雌蕊未分化期,而品种‘大嵌蒂’仍有20.0%的花芽没有进入雌蕊分化期;同时,2个品种花芽的纵径和横径在10月份均有所增加,且品种‘大嵌蒂’花芽的纵径和横径均大于品种‘龙眼’(表3)。在随后的4周时间里,品种‘龙眼’有90.9%的花芽进入了雌蕊分化期,同时有2.0%的花芽进入了雌蕊分化末期,分化进程较为整齐;而此时品种‘大嵌蒂’只有59.4%的花芽进入了

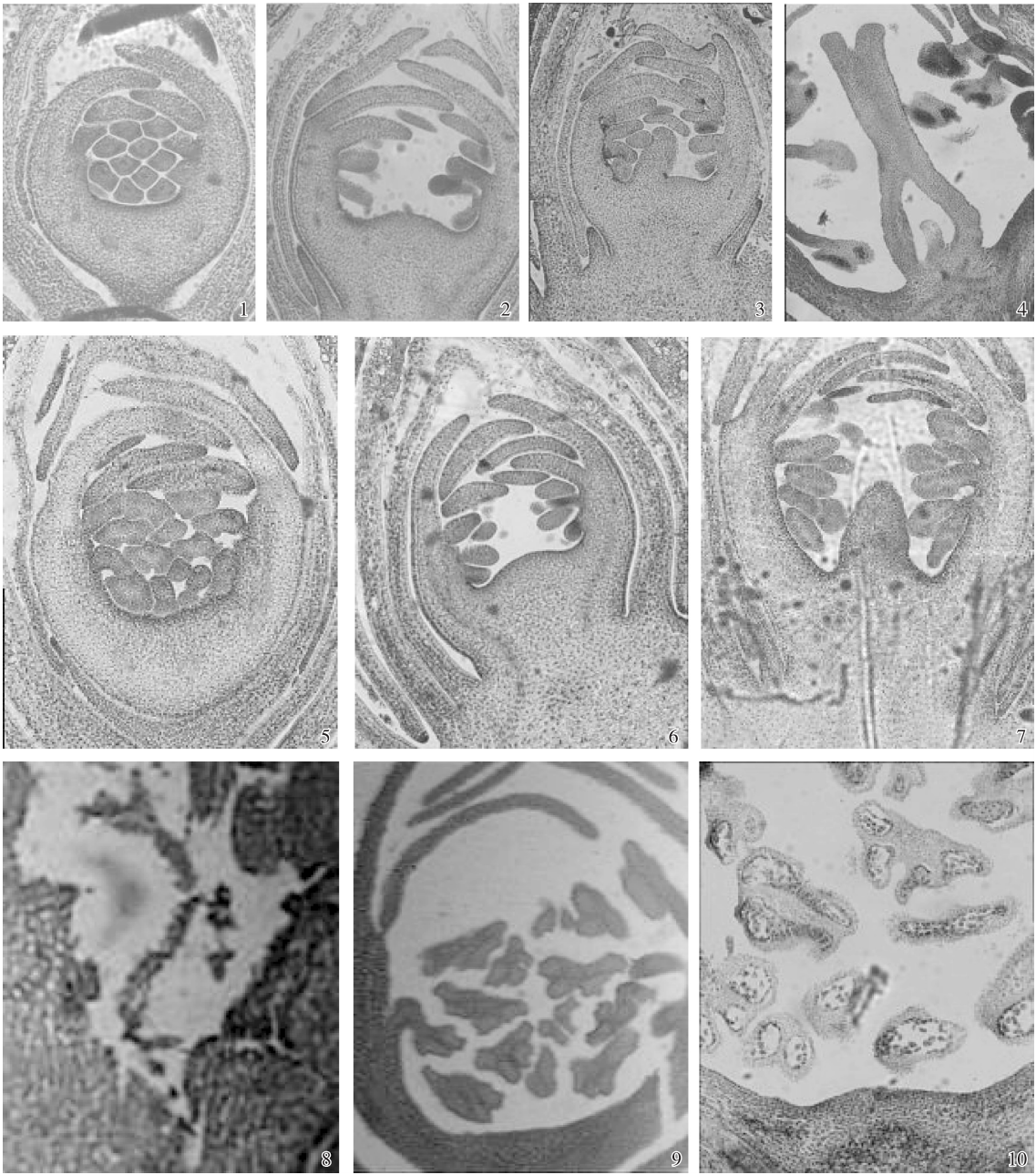
表1 雌蕊发育不同阶段2个果梅品种不完全花比例的比较¹⁾
Table 1 Comparison of imperfect flower rate between two cultivars of *Prunus mume* Sieb. et Zucc. at different stages of pistil development¹⁾

品种 Cultivar	不同阶段的不完全花比例/% Imperfect flower rate at different stages		
	雌蕊分化期 Pistil differentiation stage	雌蕊分化末期 Late stage of pistil differentiation	盛花期 Full flowering stage
龙眼 Longyan	3.2a	4.7b	5.0c
大嵌蒂 Daqiandi	56.0a	67.9b	76.3c

¹⁾同行中不同的小写字母表示经LSD检验差异显著(P=0.05)
Different small letters in the same row indicate the significant difference by LSD test (P=0.05).

雌蕊分化期,分化进程呈现多样化,且 2 个品种花芽横径均增加显著,但品种‘大嵌蒂’花芽纵径和横径逐渐小于品种‘龙眼’。12 月份,品种‘龙眼’的雌蕊分化较为旺盛,接近 98% 的花芽进入了雌蕊分化末

期,花芽的纵径和横径逐渐增加;此月份,品种‘大嵌蒂’的多数花芽仍处于雌蕊分化期,并且 12 月 10 日(2009 年为 12 月 4 日)测量的花芽纵径和横径分别为 0.40 和 0.28 cm,且整个 12 月份花芽横径变化幅



1-4. 品种‘龙眼’花芽的雌蕊分化过程 Pistil differentiation process in flower bud of cultivar ‘Longyan’: 1. 未分化期 Pre-differentiation stage; 2. 分化初期 Early differentiation stage; 3. 分化期 Differentiation stage; 4. 分化末期 Late differentiation stage. 5-10. 品种‘大嵌蒂’花芽的雌蕊分化过程 Pistil differentiation process in flower bud of cultivar ‘Daqiandi’: 5. 未分化期 Pre-differentiation stage; 6. 分化初期 Early differentiation stage; 7. 分化期 Differentiation stage; 8. 解体期 Disintegration stage; 9. 解体后修复期 Repair stage after disintegration; 10. 分化末期 Late differentiation stage.

图 1 雌蕊分化期 2 个果梅品种花芽纵切面解剖结构
Fig. 1 Anatomical structure of longitudinal section of flower bud of two cultivars of *Prunus mume* Sieb. et Zucc. during pistil differentiation period

表 2 不同测定日期 2 个果梅品种处于雌蕊分化不同阶段的花芽百分率¹⁾
Table 2 Percentage of flower bud at different stages of pistil differentiation of two cultivars of *Prunus mume* Sieb. et Zucc. at different determination dates¹⁾

日期 Date (MM-DD)	品种 Cultivar	处于雌蕊分化不同阶段的花芽百分率/% Percentage of flower bud at different stages of pistil differentiation			
		未分化期	分化初期	分化期	分化末期
		Pre-differentiation stage	Early differentiation stage	Differentiation stage	Late differentiation stage
09-30	龙眼 Longyan	100.0b	0.0a	0.0a	0.0a
	大嵛蒂 Daqiandi	100.0b	0.0a	0.0a	0.0a
10-15	龙眼 Longyan	28.4b	71.6c	0.0a	0.0a
	大嵛蒂 Daqiandi	31.4b	68.6c	0.0a	0.0a
10-29	龙眼 Longyan	2.3b	59.7d	38.0c	0.0a
	大嵛蒂 Daqiandi	20.0b	58.5c	21.5b	0.0a
11-26	龙眼 Longyan	2.1a	5.0a	90.9b	2.0a
	大嵛蒂 Daqiandi	8.6b	32.0c	59.4d	0.0a
12-03	龙眼 Longyan	1.9b	0.0a	33.7c	64.4d
	大嵛蒂 Daqiandi	5.4a	3.5a	87.1b	4.0a
12-10	龙眼 Longyan	1.9b	0.0a	12.6c	85.5d
	大嵛蒂 Daqiandi	5.0a	2.7a	69.1c	23.2b
12-17	龙眼 Longyan	1.5b	0.0a	3.3c	95.2d
	大嵛蒂 Daqiandi	5.2a	2.9a	67.0c	24.9b
12-24	龙眼 Longyan	1.5b	0.0a	2.9c	95.6d
	大嵛蒂 Daqiandi	5.9a	3.0a	65.5c	25.6b
12-31	龙眼 Longyan	1.4b	0.3a	0.5a	97.8c
	大嵛蒂 Daqiandi	5.5b	1.7a	67.0d	25.8c
01-14	龙眼 Longyan	1.7b	0.0a	0.0a	98.3c
	大嵛蒂 Daqiandi	5.0b	1.6a	67.9d	25.5c
01-28	龙眼 Longyan	1.3b	0.0a	0.0a	98.7c
	大嵛蒂 Daqiandi	5.6b	1.9a	66.0d	26.5c
02-11	龙眼 Longyan	2.5c	0.0a	1.2b	96.3d
	大嵛蒂 Daqiandi	66.0d	1.2a	7.8b	25.0c
02-25	龙眼 Longyan	2.4b	0.0a	0.0a	97.6c
	大嵛蒂 Daqiandi	70.5d	0.0a	3.1b	26.4c
03-04	龙眼 Longyan	3.4b	0.0a	0.0a	96.6c
	大嵛蒂 Daqiandi	71.9d	0.0a	2.0b	26.1c
03-11	龙眼 Longyan	5.0b	0.0a	0.0a	95.0c
	大嵛蒂 Daqiandi	72.5d	0.0a	3.8b	23.7c

¹⁾ 同行中不同的小写字母表示经 *LSD* 检验差异显著 ($P=0.05$) Different small letters in the same row indicate the significant difference by *LSD* test ($P=0.05$).

度较小,雌蕊发育基本停滞在雌蕊分化期,雌蕊大小约为 0.03 ~0.05 cm,另外约有 25% 的花芽进入了雌蕊分化末期,顺利完成雌蕊分化过程。在 1 月份至 3 月份的盛花期,品种‘龙眼’的绝大多数花芽顺利完成雌蕊分化过程,仅有 1.3% 的花芽仍然没有进行雌蕊分化;品种‘大嵛蒂’有 66% 以上的花芽停留在雌蕊分化期,且进入 2 月份后,原本停留在分化期的雌蕊几乎全部解体,但在 1 月底至 2 月上旬期间,品种‘大嵛蒂’花芽纵径增加显著(表 3)。

2.3 花的生化指标分析

由于果梅品种‘龙眼’不完全花的比例极低(5%

以下),而品种‘大嵛蒂’不完全花比例较高(56% ~ 76%),因此,为比较果梅不完全花与完全花的生化指标差异,对品种‘龙眼’的完全花及品种‘大嵛蒂’完全花和不完全花中的可溶性糖、可溶性蛋白质及淀粉含量进行了分析,结果见表 4。

由表 4 可见,品种‘龙眼’完全花中的可溶性糖含量最高,为 3.70 mmol · L⁻¹;品种‘大嵛蒂’不完全花中的可溶性糖含量最低,为 3.02 mmol · L⁻¹。2 个品种完全花的可溶性糖含量接近,差异不显著;而 2 个品种完全花的可溶性糖含量与品种‘大嵛蒂’不完全花之间均有显著差异。品种‘龙眼’完全花中可溶性

表 3 不同测定日期 2 个果梅品种花芽纵径和横径的比较($\bar{X}\pm SD$)
Table 3 Comparison of longitudinal and horizontal diameters of flower bud of two cultivars of *Prunus mume* Sieb. et Zucc. at different determination dates ($\bar{X}\pm SD$)

日期 Date (MM-DD)	纵径/cm Longitudinal diameter		横径/cm Horizontal diameter	
	龙眼 Longyan	大嵛蒂 Daqiandi	龙眼 Longyan	大嵛蒂 Daqiandi
09-30	0.12±0.01	0.16±0.01	0.07±0.00	0.09±0.02
10-15	0.15±0.01	0.18±0.00	0.10±0.02	0.12±0.01
10-29	0.16±0.02	0.20±0.02	0.12±0.01	0.15±0.01
11-26	0.32±0.02	0.36±0.03	0.24±0.03	0.24±0.03
12-03	0.40±0.01	0.36±0.09	0.28±0.06	0.24±0.02
12-10	0.48±0.02	0.40±0.02	0.36±0.02	0.28±0.07
12-17	0.60±0.03	0.44±0.01	0.40±0.01	0.28±0.02
12-24	0.60±0.12	0.48±0.02	0.44±0.02	0.28±0.04
12-31	0.60±0.08	0.52±0.00	0.52±0.11	0.30±0.02
01-14	0.63±0.03	0.56±0.01	0.52±0.03	0.34±0.08
01-28	0.68±0.11	0.60±0.03	0.55±0.02	0.36±0.01
02-11	0.75±0.06	0.69±0.07	0.57±0.10	0.36±0.15
02-25	0.80±0.15	0.78±0.02	0.62±0.02	0.44±0.02

表 4 2 个果梅品种完全花和不完全花中可溶性糖、可溶性蛋白质和淀粉含量的比较¹⁾
Table 4 Comparison of contents of soluble sugar, soluble protein and starch in perfect and imperfect flowers of two cultivars of *Prunus mume* Sieb. et Zucc.¹⁾

品种 Cultivar	花类型 Flower type	可溶性糖含量/ $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ Soluble sugar content	可溶性蛋白质含量/ $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ Soluble protein content	淀粉含量/% Starch content
龙眼 Longyan	完全花 Perfect flower	3.70b	2.12c	8.87a
大嵛蒂 Daqiandi	完全花 Perfect flower	3.68b	1.80b	9.23a
大嵛蒂 Daqiandi	不完全花 Imperfect flower	3.02a	1.31a	9.71b

¹⁾ 同列中不同的小写字母表示经 *LSD* 检验差异显著 ($P=0.05$) Different small letters in the same column indicate the significant difference by *LSD* test ($P=0.05$).

3 讨论和结论

果梅品种‘龙眼’原产于福建永泰,为南方品种,其花期早于原产江苏吴县的品种‘大嵛蒂’^[2]。在雌蕊分化过程中,品种‘龙眼’的雌蕊分化稍早于品种‘大嵛蒂’,且分化进程稳定而快速;12月10日,品种‘龙眼’已有85.5%的花芽进入雌蕊分化末期,而品种‘大嵛蒂’只有23.2%的花芽进入雌蕊分化末期,并且进入雌蕊分化末期后形成完全花的花芽数量一直停留在25%左右。在12月份的1个月时间内,品种‘大嵛蒂’花芽横径几乎没有增加,雌蕊的发育也一直停留在雌蕊分化期;1月份,其花芽横径有所增加,但较早期花芽分化增幅仍较小;进入2月份,伴随雌蕊的解体及营养物质的转化,花芽横径显著增加。果梅萼片原基向花瓣原基分化的时期为8月中下旬至9月上旬^[2],此时南京气温较高,高温有可能导致果梅

蛋白质含量最高,为 $2.12\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$;品种‘大嵛蒂’不完全花中可溶性蛋白质含量最低,仅 $1.31\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$;品种‘大嵛蒂’完全花的可溶性蛋白质含量高于其不完全花,但低于品种‘龙眼’的完全花,三者间存在显著差异。品种‘龙眼’完全花的淀粉含量最低,仅为8.87%,与品种‘大嵛蒂’完全花的淀粉含量(9.23%)无显著差异;而品种‘大嵛蒂’不完全花的淀粉含量最高,达9.71%,与2个品种完全花的淀粉含量有显著差异。

综合分析可见:品种‘龙眼’完全花的可溶性糖和可溶性蛋白质含量均高于‘大嵛蒂’的完全花和不完全花,而淀粉含量则低于‘大嵛蒂’的完全花和不完全花;而在3个供试样品中,‘大嵛蒂’不完全花的可溶性糖和可溶性蛋白质含量均低于2个品种的完全花,淀粉含量则高于2个品种的完全花。

雌蕊发育异常。果梅雌蕊败育发生于雌蕊分化过程中,推测应属于选择性败育。在品种‘大嵛蒂’花芽分化过程中产生了大量的雌蕊败育花,并通过败育的雌蕊对养分进行重新分配和利用,为同一朵花的其他组织提供物质和能量。

徐汉卿等^[8]对梅树花芽组织和细胞中主要营养物质的积累及分布进行了组织化学研究,结果显示:蛋白质多分布于花原基、花器各部原基、造孢组织、花粉母细胞和单胞花粉粒中;而淀粉粒在这些部位却无分布,只存在于芽的基部、远离生长锥的部位,或陆续出现于由原基伸长而形成的幼小萼片和花瓣中;发育中的雄蕊和雌蕊则要到单胞花粉粒和胚囊出现时才有淀粉贮积的反应。张小方^[6]的研究结果显示:随着文冠果雌蕊败育的发生,雄花的雌蕊组织中没有出现淀粉粒且蛋白质含量逐渐下降,由此推测营养不足是影响文冠果雌蕊败育的重要原因之一;在雄花雌蕊败

育前夕和败育的胚珠细胞中均出现核仁分解、染色质凝集且边缘化现象,属于典型的细胞程序性死亡。在果梅的完全花中,3-磷酸甘油醛脱氢酶含量升高,推测与雌蕊发育需要更多的能量以及糖酵解和三羧酸循环加强有关; α -半乳糖激酶参与半乳糖的降解,在完全花小蕾期该酶的含量小于不完全花,推测雌蕊发育的前期需要糖的积累^[12-13]。

王珊^[13]认为:在果梅完全花发育后期尿苷二磷酸葡萄糖醛酸脱氢酶(UDPase)含量低于不完全花。UDPase具有促进碳水化合物生物合成、使蔗糖转化为淀粉的作用。本实验对雌蕊败育发生时‘大嵌蒂’不完全花和完全花以及‘龙眼’完全花的可溶性糖、可溶性蛋白质和淀粉含量进行了测定分析。结果表明:果梅品种‘龙眼’和‘大嵌蒂’完全花的可溶性糖和可溶性蛋白质含量均高于‘大嵌蒂’不完全花,淀粉含量显著低于‘大嵌蒂’不完全花,推测这可能与UDPase含量的变化有关。

综合分析结果表明:2个果梅品种完全花的可溶性糖及可溶性蛋白质含量均高于不完全花,淀粉含量低于不完全花,而品种‘大嵌蒂’的不完全花比例远高于品种‘龙眼’,推测品种‘大嵌蒂’不完全花比例高的原因可能是由于淀粉及其他大分子物质不能及时转化为可溶性的小分子物质,从而无法被雌蕊的其他分化组织吸收利用,导致雌蕊的选择性败育。但是,由于可溶性糖及淀粉代谢均属于动态反应,酶与各时期底物及生成物的量均处于动态变化中,不能简单地根据酶活性及淀粉等物质的含量确定雌蕊败育的真正原因。温度、光照、营养条件等外在因素在果梅花芽分化过程中均起着重要的作用,因而,引起果梅雌蕊败育的主导因素是什么?还需要结合果枝生长习性、物候期等进行进一步研究。

参考文献:

- [1] Jenog J T, Moon J H, Park K H, et al. Isolation and characterization of a new compound from *Prunus mume* fruit that inhibits cancer cells [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2006, 54(6): 2123-2128.
- [2] 褚孟娜. 中国果树志: 梅卷[M]. 北京: 中国林业出版社, 1999.
- [3] 苟剑英, 李焕秀, 石锦安. 梅树花芽分化研究[J]. 中国果树, 1990(1): 13-15.
- [4] Beppu K, Ikeda T, Kataoka I. Effect of high temperature exposure time during flower bud formation on the occurrence of double pistils in ‘Satohnishiki’ sweet cherry[J]. Scientia Horticulturae, 2001, 87(1/2): 77-84.
- [5] 王宏国. ‘龙眼’花性分化的细胞学机制研究[D]. 福州: 福建农林大学生命科学学院, 2008: 44-45.
- [6] 张小方. 文冠果雄花雌蕊选择性败育的细胞生物学观察[D]. 北京: 北京林业大学生物科学与技术学院, 2009: 20-29.
- [7] 李 勃, 李淑平, 谢兆森, 等. 上海和烟台地区甜樱桃生物学特性及花芽分化进程研究[J]. 果树学报, 2010, 27(3): 349-354.
- [8] 徐汉卿, 胡金良, 王庆亚, 等. 梅花芽形成的发育解剖学研究[J]. 北京林业大学学报, 1992, 14(增刊4): 18-22.
- [9] 徐汉卿, 王庆亚, 胡金良, 等. 梅雌蕊发育和受精作用的研究[J]. 云南植物研究, 1995, 17(1): 61-66.
- [10] 褚孟娜, 黄金城. 梅树花芽形态分化及其物质代谢的研究[J]. 北京林业大学学报, 1995, 17(增刊1): 68-74.
- [11] 孙文全, 褚孟娜. 梅树花芽生理分化期木质部液中赤霉素和细胞分裂素的变化[J]. 园艺学报, 1988, 15(2): 73-76.
- [12] 王 珊, 蔡斌华, 章 镇, 等. 果梅完全花与不完全花的差异蛋白分析[J]. 植物遗传资源学报, 2008, 9(4): 465-468.
- [13] 王 珊. 果梅完全花与不完全花相关性状的差异及其蛋白质组学的初步分析[D]. 南京: 南京农业大学园艺学院, 2008: 51-52.
- [14] 王庆亚. 生物显微技术[M]. 1版. 北京: 中国农业出版社, 2010.
- [15] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 1版. 北京: 高等教育出版社, 2000.

(责任编辑: 佟金凤)