

人工授粉对火龙果果实发育的影响

梁桂东¹, 胡子有^{2*}, 李立志¹, 唐志鹏³, 邓俭英¹,
Sommay CHANTHAVILATH^{3,4}

(1. 广西现代农业科技示范园, 南宁 530007, 中国; 2. 广西农业职业技术学院, 南宁 530007, 中国;
3. 广西大学农学院, 南宁 530007, 中国; 4. 老挝占巴塞省农林厅, 老挝)

摘要: 于开花期对红皮红肉类型火龙果进行人工授粉与自然授粉处理, 并对不同发育阶段的子房或果实进行解剖观察, 以研究人工授粉对果实发育的影响。结果表明: 人工授粉可提高火龙果的平均单果重和商品果率, 平均单果重与果实内种子数呈显著正相关关系; 火龙果子房为多胚珠结构, 子房内有若干“珠柄-胚珠”单元, 胚珠在开花后发育成种子, 珠柄则发育成肉质种柄, 果实的主要食用部分是由若干个“肉质种柄-种子”单元构成; 人工授粉处理使“珠柄-胚珠”单元发育成“肉质种柄-种子”单元的数量增加从而提高单果重。

关键词: 火龙果; 人工授粉; “肉质种柄-种子”单元; 果实发育; 单果重

中图分类号: Q944 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2011)06-0813-05

Effects of artificial pollination on fruit development of Pitaya (*Hylocereus polyrhizus*)

LIANG Gui-Dong¹, HU Zi-You^{2*}, LI Li-Zhi¹, TANG Zhi-Peng³,
DENG Jian-Ying¹, Sommay CHANTHAVILATH^{3,4}

(1. Guangxi Modern Agricultural Science & Technology Demonstration Park, Nanning 530007, China; 2. Guangxi Vocational and Technical College of Agriculture, Nanning 530007, China; 3. College of Agriculture, Guangxi University, Nanning 530007, China; 4. Agriculture and Forestry Department of Champasak Province, Lao P. D. R.)

Abstract: To study effects of pollination on fruit development of Pitaya (*Hylocereus undatus*), artificial pollination and natural pollination were treated to flowers as well as ovary and fruit in different development phases were dissected and sliced for observation. Results suggested that artificial pollination treatment made average single fruit weight and marketable fruit percentage raised while average single fruit weight was positively correlated with seed quantity in the fruit. Ovary of Pitaya were comprised of numbers of ‘PodospERM-Ovule’ structure inside. Ovules grew into seeds after flowering while podospERM into succulent seed stalk. Main edible part of fruit were comprised of numbers of ‘succulent seed stalk-seed’ structure. Artificial pollination might increase the numbers of ‘PodospERM-Ovule’ developing into ‘succulent seed stalk-seed’ that gave help to fruit enlargement against natural pollination group.

Key words: Pitaya; artificial pollination; ‘succulent seed stalk-seed’ structure; fruit development; single fruit weight

火龙果 (*Hylocereus undatus*) 为仙人掌科 (Cactaceae) 量天尺属 (*H. undatus*) 植物, 常见英文名为 Pitaya, Dragon fruit 等。火龙果含有丰富的矿物

质、植物白蛋白、水溶性膳食纤维、不饱和脂肪酸、维生素、黄酮和黄酮醇物质, 在预防心脑血管疾病、调节机体免疫功能、调节激素水平等方面具有较好的

收稿日期: 2010-11-27 修回日期: 2011-05-16

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2007BAD68B04); 广西农科院基本科研业务专项(200831(基)); 广西农科院科技发展基金(200905Z)[Supported by the National Key Technology R & D Program(2007BAD68B04); Basic R & D Special Fund Program of GXAAAS(200831); Science and Technology Fund of GXAAAS(200905Z)]

作者简介: 梁桂东(1977-), 男, 广西贵港市人, 硕士, 主要从事果树栽培研究与示范推广, (E-mail) liangguidong2005@126.com.

* 通讯作者 (Author for correspondence, E-mail: huziyou.ok@163.com)

保健功效,日渐受到消费者的追捧(马蔚红等,2002)。

到2006年为止,全国(不含台湾)火龙果种植面积已发展到3.5万亩(郑文武等,2008)。近年来在亚热带地区,火龙果规模化、标准化栽培发展势头强劲,新种植的品种以红皮红肉类型为主。然而,火龙果尤其是红肉类型火龙果的自然授粉存在座果率低、平均单果重小、商品率低和座果表现不稳定等问题,虽然通过人工辅助授粉可改善此问题,但目前人工辅助授粉的效果仍不稳定,授粉方法需进一步改良,授粉受精与果实发育之间的关系有待研究。

本试验选取红肉类型火龙果作为试验对象,处以不同授粉处理,对不同发育阶段的果实(子房、幼果、中果和熟果)进行解剖切片,观察果实的发育变化动态规律,比较不同授粉处理对果实发育的影响,旨在揭示授粉、果实单果重、种子数与果实结构及发育规律之间的联系,探索和改进人工辅助授粉方法以提高果实商品性及栽培效益。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

试验于2010年8~9月在广西现代农业科技示范园的火龙果园内进行。供试材料为三年生红皮红肉类型火龙果。采用立柱式种植,种植园土壤为红壤土,pH值5.0~5.5,管理水平中上。

1.2 试验方法

1.2.1 不同授粉处理试验 选择生长势一致的3株火龙果作为试验植株,于开花前3h左右,在植株外围选取同一枝条上同时长有2个花蕾(距离 ≤ 30 cm),且2个花蕾大小相当并将同时于当天晚上开放的花蕾进行挂牌。每个植株选取2个枝条,4个花进行挂牌。人工授粉处理于8月5日21:00时花冠充分开放后进行,处理时天气晴到多云,气温24~26℃。试验设置自然授粉(CK)和人工授粉(T)2个处理,每个处理1朵花,重复8次(其中6次用于种子数和单果重测定,2次将用于果实结构解剖观察)。同一重复中,自然授粉和人工授粉处理的2朵花,分布在同一个枝条上且位置随机分布。人工授粉方法是收集红皮白肉类型的花粉于盘内,用毛笔混匀并沾取花粉,将花粉涂抹到T处理花朵的柱头上,重复混匀沾取涂抹动作3次。自然授粉(CK)处理仅挂牌,不做任何授粉处理。

1.2.2 不同发育阶段果实解剖观察 分别于中蕾期、开花前10h、开花后15d(种子发育完全,果肉未转色)和果实充分转色后,取子房或果实进行解剖,直接用肉眼观察或用徒手切片法制成临时切片,于XSZ-8100显微镜下进行观察和拍照。

1.3 果实种子数测定方法

待果实成熟时(果皮完全变红),将全部的果实摘下,称单果重后。逐个将果皮去掉,再将果肉整个放进纱网袋内,绑紧袋口后于清水中反复揉搓冲洗直至果肉完全洗净,然后将种子倒出去除杂质,最后迅速晾干种子。计算每个果实的种子总重量(g)和千粒重(g),最后推算出种子数。计算公式:种子数(粒)=1000*种子总重量g/千粒重g。

1.4 数据的统计与分析

用Excel和DPS统计软件进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 不同授粉方式对火龙果单果重和种子数的影响

表1显示,人工授粉组火龙果平均单果重比自然授粉平均单果重高107.3%,人工授粉组的火龙果的平均单果重显著高于自然授粉组。若按单果重 <100 g为无食用价值果(败育果), $100\text{g}\leq$ 单果重 <200 g定为等外果(小果),单果重 ≥ 200 g定为红皮红肉类型火龙果的商品果的划分标准,人工授粉组所结果实的商品果率为66.7%,自然授粉组的商品果率为16.7%,人工授粉组比自然授粉组的商品果率高399.4%;自然授粉组的无食用价值果比率高达66.7%,小果和无食用价值果比率为83.3%。

从表1可知,人工授粉组比自然授粉组的火龙果平均种子数高331.4%。从图1相关分析显示,火龙果单果重与种子数之间的回归方程为: $Y=30.855x-1233.8$,相关系数 $R^2=0.9115$,经检验达极显著水平,表明火龙果单果重与种子数呈密切正相关关系。由此可见,人工授粉可显著提高红肉类型火龙果果实的单果重和种子数。

2.2 火龙果果实的发育动态变化

中蕾期(花蕾5~8cm),将子房纵切,可观察到胚珠和珠柄幼体在子房内整齐成排分布(图版I:1)。在开花前10h,将雌蕊纵切后放大切面,可观察到雌蕊的整个柱头直至柱头中心凹陷2~4cm的表面都分布着绒毡状细胞,表明雌蕊的整个柱头直至柱头中心凹陷处都可能具有接受花粉的能力(图

版 I :2);将子房纵切后放大,可观察到子房内壁胎座上散生着许多白色丝状珠柄(图版 I :3-P),珠柄大多具有 2~3 个分枝,每个分枝的末端附着着一个淡黄色的饱满的长圆球状胚珠(图版 I :3),胚珠分散在子房中央呈游离状。图版 I :4 显示了一个“珠柄-胚珠”结构单元,这是火龙果果肉的基本结构单元的雏形幼体(图版 I :4)。

授粉后第 15 天,将人工授粉处理的果实纵切一裂缝后用手将幼果掰成两半,可观察到黑色的芝麻状种子均匀而不规则地散布在白色条絮状组织中,在果实胎座近果皮处的白絮状组织和缝隙中,分布着一些黄褐色的丝状物(图版 I :5)。将丝状物放大,可观察到干瘪萎缩的颗粒和与之相连的细丝(图版 I :6),它们是未受精或败育的“珠柄-若干珠柄分

表 1 不同授粉处理的火龙果单果重与种子数的影响

Table 1 Significance analysis to single fruit weight and seeds quantity of different pollination treatment on Pitaya

授粉方式 Pollination method	果实数 Fruit quantity	平均单果重 Mean single fruit weight(g)	与对照比 Comparing with CK(%)	平均种子数 Mean seeds quantity	与对照比 Comparing with CK(%)	商品果率 Marketable fruit percentage (%)
自然授粉(CK) Natural pollination	6	106.3Bb	100	1432Bb	100	16.7
人工授粉 Artificial pollination	6	220.3Aa	207.31	6177Aa	431.4	66.7

注:表中数据为 6 次重复的平均数。小写字母表示 $P < 5\%$ 差异显著性,大写字母表示 $P < 1\%$ 差异显著性。

Note: Data in the table was the mean value of 6 duplications. Different small letters indicate significant difference at $P < 5\%$, different capital letters indicate significant difference at $P < 1\%$.

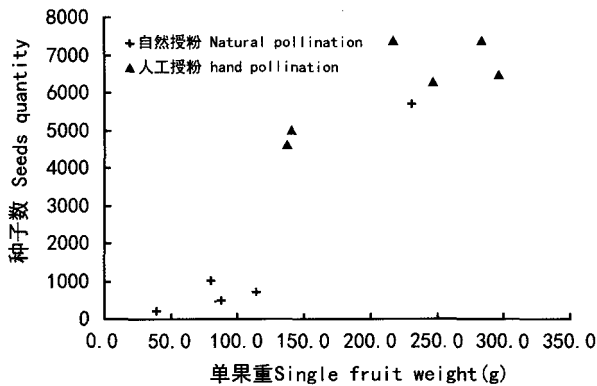


图 1 火龙果单果重与种子数的相关性

Fig. 1 Relativity between single fruit weight and seeds quantity of Pitaya

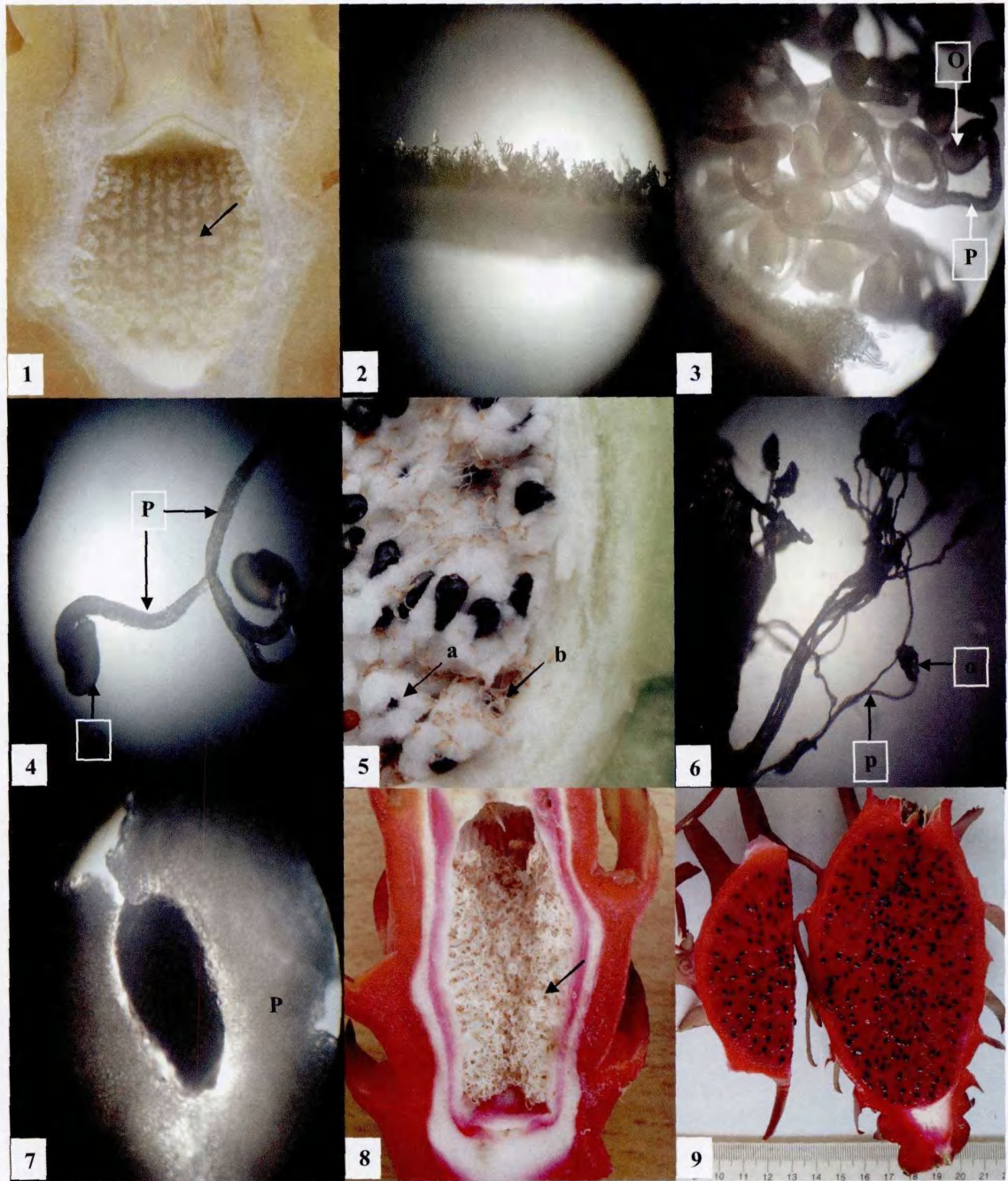
支-若干胚珠”单元退化萎缩后的残留体。将种子及周围白色组织放大,可观察到白色条絮状组织(图版 I :7)是由大量的薄壁细胞组成,黑色的种子是由受精后的胚珠发育而成,而白色条絮状组织则是由珠柄发育而成,这实际是一个果肉基本单元——“肉质种柄-种子”单元。

将自然授粉处理组中刚转成红色的败育果纵切后,可观察到果实中央是空心的,只有胚珠和珠柄退化萎缩后的残留体附着在内壁胎座上(图版 I :8)。整个果实仍基本保持开花前后的大小,果实中央由于没有大量薄壁细胞组成的絮状组织和种子填充,因而是空心的。这种败育果,已无食用价值。将已转色成熟的正常果纵切,可观察到大量黑色种子均匀而不规则地散布在已软化的紫红色果肉细胞中(图版 I :9)。

3 讨论

韦茜等(2004)发现,红皮红肉类型火龙果存在着自交不亲和现象,而异花授粉坐果率较高,且异花授粉果实一般比自花授粉大,故本研究设计采用红皮白肉类型火龙果的花粉点授红皮红肉类型花的柱头,通过解剖对比观察异花授粉与自然授粉果实在内部结构上的差异,结果发现人工授粉组火龙果的平均单果重显著高于自然授粉组,且人工授粉组比自然授粉组的火龙果平均种子数明显增多,这与 Donovan & Read(1991)和 Hopping(1990)在中华猕猴桃的研究发现猕猴桃果实大小、单果重和种子数目呈正相关的结果相一致。

王庆亚等(2003)绞股蓝在开花受精以后,子房内常形成 2~3 个胚珠,可同时受精发育,但是幼小的种子发育一段时间后,其中一个或两个败育,部分种子败育有利于其它发育的种子获得足够的营养,发育充实饱满,有利于下一代孢子体的形成和发育。但与绞股蓝受精后形成的种子中途败育不同,火龙果在果实发育过程中出现种子败育主要是由于自然授粉组中因授粉媒介不足而导致的。在人工授粉组的果实内存在着数量众多的“肉质种柄-种子”单元和一些胚珠和珠柄退化萎缩后的残留体,而自然授粉处理组中出现的败育果果实内基本是“胚珠-珠柄”残余体附着在内壁上,据此可初步推断人工授粉可弥补授粉媒介不足,通过提高果实内胚珠受精机会,增加胚珠发育成种子的数量,同时连接胚珠与果



图版 I 1. 中蕾期子房纵切面(↑指示为“胚珠-珠柄”幼体), ×5; 2. 开花前雌蕊柱头中心凹陷内壁显微结构, ×40; 3. 开花前子房内胚珠和珠柄, ×40, (O-胚珠, P-珠柄); 4. 一个“胚珠-珠柄”单元, ×40, (O-胚珠, P-珠柄); 5. 授粉 15 d 后的果实纵切(剖)面(a-正常发育的“种子-种柄”结构单元, b-败育的“胚珠-珠柄”单元残留体), ×5; 6. 一个败育的“胚珠-珠柄”单元残留体, ×40, (O-胚珠, P-珠柄); 7. 一个正常发育的“种子-种柄”结构单元, ×40, (O-种子, P-种柄); 8. 败育果纵切面结构(↑指示为“胚珠-珠柄”结构残留体); 9. 正常成熟果纵切面结构。

Plate I 1. Longitudinal section of ovary in medium bud stage(↑ indicating juvenile 'Ovule-Podosperm' structure), ×5; 2. Microstructure of inner wall of stigma valley in pre-blossom stage, ×40; 3. Ovule and podosperm in ovary in medium bud stage, ×40, (O-Ovule, P-Podosperm); 4. A 'Ovule-Podosperm' structure, ×40, (O-Ovule, P-Podosperm); 5. Longitudinal section of ovary in the 15th days after blossom(a-normal developed 'seed-seed stalk' structure, b-remnants 'Ovule-Podosperm' structure), ×5; 6. A residual body of a abortive 'Ovule-Podosperm' structure, ×40, (O-Ovule, P-Podosperm); 7. A normal developed 'seed-seed stalk' structure, ×40, (O-seed, P-seed stalk); 8. Longitudinal section of an abortive fruit(↑ indicating remnants 'Ovule-Podosperm' structure); 9. Longitudinal section of a normal mature fruit.

实壁胎座的珠柄也得到发育的机会,其薄壁细胞得以正常发育并贮存大量营养物质,与种子一起成为火龙果果实的主要食用部分。这与王浩等(2008)、李含芬等(2009)和王彬等(2010)在苹果和火龙果人工授粉对种子和果实发育的影响方面的研究结果相类似。

自然授粉出现部分大果,但结果不稳定、商品果率低,其原因可能与授粉昆虫的活动有关。如果开花当时天气好,授粉昆虫数量多、活动活跃,自然授粉出现大果的机率就比较高。有的品种自花授粉亲和性较好,有时自然授粉和人工辅助授粉的效果差异也许不明显,自然授粉也能达到较理想的结果率、平均单果重。人工授粉组内的果实之间的单果重存在一定的差异,这可能与操作差异导致花粉与柱头的有效接触面积和数量存在差异有关。潘林娜等(1994)发现,中华猕猴桃果实大小和种子数目与接受授粉的柱头数目有关,果实重量随授粉的柱头数目增多而增加。开花前雌蕊柱头中心凹陷内壁显微结构(图版 I : 2)显示雌蕊的整个柱头直至柱头中心凹陷处内表面布满绒毡状细胞,令雌蕊的整个柱头直至柱头中心凹陷处都可能具有接受花粉的能力。不论人工授粉还是自然授粉,都是很难做到让所有的授粉面积都能够有机会接触花粉,而且尽可能大的授粉面积是否是火龙果最大单果重潜能的必要条件,仍需进一步探索。

火龙果成熟的花粉粒为 3-细胞型,生活力比较弱,应随采随用(王鑫等,2008)。韦茜等(2004)研究人工点授法,将采集好的花粉充分混合均匀,用毛笔蘸花粉点授柱头,使花粉均匀涂抹在柱心处,对提高坐果率和增大果实有较好的影响,但尚未就花粉品种选择、授粉时间选择、授粉量、花粉与柱头的实际接触面积等方面进行研究。

本试验无论是授粉处理还是对照,本批次果实较其他批次的果实偏小,可能与该批次花和果的发育时间正好处于高温干旱时段,发育天数较其他批次短有关。本次人工授粉试验,授粉时间为 8 月 5 日,从开花授粉至果实成熟时间为 30 d。另外,可能还与本批次花果的数量为本年中最大的一次有关。花果数量大,导致了分配到每个单果中的营养相对减少。

4 结论

(1)人工授粉可显著提高火龙果的平均单果重和商品果率,平均单果重与果实内种子数呈显著正

相关关系。(2)火龙果子房为多胚珠结构,子房内有若干“珠柄-胚珠”结构单元,胚珠在开花后发育成种子,珠柄则发育成肉质种柄。(3)火龙果的主要食用部分是由许多个“肉质种柄-种子”结构单元构成。“肉质种柄-种子”结构单元的前身是子房内的“珠柄-胚珠”结构单元。(4)人工授粉可提高火龙果的单果重的原因在于人工授粉提高了胚珠受精机会,使得“珠柄-胚珠”结构单元得以正常发育成为“肉质种柄-种子”结构单元的数量增加,从而令果实增大。

参考文献:

- 马蔚红,陆军迎,高松峰. 2002. 火龙果西番莲 蛋黄果优质高效栽培技术[M]. Beijing 北京:中国农业出版社,3-5
- Donovan BJ, Read PEC 1991. Efficiency of honey bees as pollinators of kiwifruit[J]. Proc 6th Pollination Symp, Acta Hort. 288
- Hopping ME. 1990. Floral Biology, Pollination, and Fruit Set [M]//Warington IJ, Weston GC(eds). Kiwifruit: Science and Management
- Li HF(李含芬), Ma CH(马春晖), Yin XN(尹小宁). 2009. Effects of stigma numbers on seeds and fruits development in apple and pear(苹果梨柱头数目对种子和果实发育的影响)[J]. *Northern Hort*(北方园艺), (5): 71-73
- Pan LN(潘林娜), Qiu WL(邱武陵), Vaissiere B, et al. 1994. Correlative factors of fruit size and methods of pollination in kiwifruit(中华猕猴桃果实大小相关因素和授粉技术)[J]. *Adv Hort*(园艺学进展), 403-405
- Wang B(王彬), Zheng W(郑伟), Cai YQ(蔡永强). 2010. Change of fruit shape, dry weight and solute distribution of Qianlong 1(a Pitaya Variety) during fruit development(黔龙 1 号火龙果果实发育中果形、干重及溶质分配变化)[J]. *Guizhou Agric Sci*(贵州农业科学), 38(3): 154-156
- Wang H(王浩), Liu GC(刘国成), Lv DG(吕德国). 2008. Observation on the pollinated styles of Hanfu apple by fluorescence microscopy and its self-compatibility analysis(寒富苹果授粉花柱的荧光显微观察与自交亲和性分析)[J]. *J Fruit Sci*(果树学报), 25(2): 162-165
- Wang QY(王庆亚), Zhang SD(张守栋), Sun JY(孙建云). 2003. Observation on the pollinated styles of Hanfu apple by fluorescence microscopy and its self-compatibility analysis(纹胶蓝果实的发育解剖学研究)[J]. *Guihaia*(广西植物), 23(4): 323-326
- Wang X(王鑫), Xiao DX(肖德兴), Liu Y(刘勇), et al. 2007. Microsporogenesis and development of male gamete in *Hylocereus undatus* 火龙果的小孢子发生和雄配子形成[J]. *J Fruit Sci*(果树学报), 24(4): 541-544
- Wei Q(韦茜), Li SP(李仕品), Chen JL(陈家龙), et al. 2004. The method of pollination in *Hylocereus*(火龙果授粉技术)[J]. *Fujian Fruits*(福建果树), (4): 49-50
- Zheng WW(郑文武). 2008. The production statue and prospect of Pitaya(*Hylocereus undatus*) in China(我国火龙果生产现状及发展前景)[J]. *China Trop Agric*(中国热带农业), 3: 17