

不同倍性罗汉果果实的生长与甙类含量动态变化规律的研究

黄夕洋^{1*}, 梁 萍^{1,2}, 李 锋¹, 李典鹏¹, 蒋向军³, 蒋水元¹, 蒋剑刚³

(1. 广西壮族自治区 广西植物研究所, 广西 桂林 541006; 2. 广西师范大学 生命科学学院, 中国科学院 广西 桂林 541004; 3. 桂林亦元现代生物技术有限公司, 广西 桂林 541004)

摘要: 对不同倍性罗汉果果实的生长动态、甙类含量动态及其变化规律的研究。结果表明:多倍体与二倍体果实的生长和甙类动态变化规律基本一致。果实的生长动态均可分为 3 个时期:迅速生长期(1~20 d)、缓慢生长期(20~30 d)、停止生长期(30~90 d),80 d 时果实的形态达到最大值, $4x > 2x > 3x$, 多倍体表现出巨大性。而甙类含量的动态随日龄的增长均表现为:苦味的甙 II E 转化为甙 III, 两者依次出现和消失;最终都转化为高甜度的甙 V, 即成熟罗汉果以甙 V 为主;80 d 时甙 V 的含量达到最大, $4x > 3x > 2x$;多倍体的甜甙含量显著提高,特别是三倍体还具有无籽的特性。

关键词: 多倍体; 二倍体; 罗汉果果实; 生长; 甙类含量

中图分类号: Q945 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2009)06-0875-06

Dynamic change rules in fruit growth and mogrol glycoside content of *Siraitia grosvenorii* with different ploidies

HUANG Xi-Yang^{1*}, LIANG Ping^{1,2}, LI Feng¹, LI Dian-Peng¹,
JIANG Xiang-Jun³, JIANG Shui-Yuan¹, JIANG Jian-Gang³

(1. Guangxi Institute of Botany, Guangxi Zhuang Autonomous Region and Chinese Academy of Sciences, Guilin 541006, China; 2. Guangxi Normal University, Guilin 541004, China;
3. Guilin Sunnlylife Modern Bio-Tech INC., Guilin 541004, China)

Abstract: The dynamic process of fruit growth and mogrol glycoside content and their change rules were investigated. The results showed that: the dynamic change rule of the fruit growth and mogrol glycosides content of *S. grosvenorii* with both polyploid and diploid were similar. The growth process of the fruit could be divided into three period: rapid growth period(1—20 d), slow growth period(20—30 d) and stop growth period(30—90 d). When the fruits grew for 80 days, their morphology were the largest and followed in the pattern of $4x > 2x > 3x$, the polyploidy *S. grosvenorii* also showed larger. And with the day-old growth, the bitter component, mogroside II E, converted into the mogroside III, then both of them emerged and disappeared respectively, and converted into mogroside V with high sweetness. So the ripe fruits of *S. grosvenorii* were full of mogroside V. And when growing for 80 days, the content of mogroside V reached the highest and followed $4x > 3x > 2x$, so the content of mogroside V in polyploidy *S. grosvenorii* was markedly improved and in particular triploid *S. grosvenorii* had seedless characteristics. So the best time for

收稿日期: 2009-06-15 修回日期: 2009-10-08

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2006BAI06A11-01); 广西科技攻关项目(桂科攻 5-2-2); 桂林科技攻关项目(20080103-1)[Supported by National Key Technology R & D Program(2006BAI06A11-01); Key Technologies Research and Development Program of Guangxi(5-2-2); Key Technologies Research and Development Program of Guilin(20080103-1)]

作者简介: 黄夕洋(1981-), 女, 广西南宁人, 硕士, 主要从事药用植物学和分子生物学研究, (E-mail) xiyang0687@163.com。

harvesting the fruit of different ploidy *S. grosvenorii* was 80 days after pollination.

Key words: polyploidy and diploid; *Siraitia grosvenorii* fruit; growth; mogrol glycoside content

罗汉果(*Siraitia grosvenorii*)为葫芦科罗汉果属的多年生藤本植物(路安民等,1984;李锋等,2003),是我国特有的药用植物;其果实可入药,味甘甜,有润肺、祛痰、消渴之效,也可作清凉饮料、煎汤代茶(中国植物志编委会,1986),深受消费者的喜爱。果实是罗汉果最主要的经济产量和食用、药用部位,含有甜度极高的葫芦素烷三萜类物质—甜甙,其中甜甙V是主要成分,约为蔗糖甜度的300倍(苏小建等,2005)。甜甙是一种综合性状极佳的天然甜味剂,最大的优点是甜度高、热量低、无毒、安全,而且具有较强的保健功能,能广泛添加于食品、保健品和药品中,适合所有人群长期食用,尤其适合糖尿病人、肥胖者、高血压等忌食糖类病患者(李锋等,2003;农毅清,2008;林硕,2007)。因而,罗汉果甜甙在国际甜味剂市场备受重视,具有广阔的市场发展空间。

作为新兴的甜味物质,由于甜甙主要集中在果皮和果肉中,而种子在提取过程中增加了纯化的难度和生产成本,影响了巨大的潜在市场的开发。为了提高甜甙含量、降低提取成本和进一步大力开发来满足市场的需求,同时鉴于多倍体育种技术可提高植株有效成分的含量;因此,目前已成功培育出了多倍体罗汉果,其中三倍体罗汉果的果实还具有无籽的特性,大大提高了整果的利用率和甜甙提取收得率,无籽罗汉果的出现对于罗汉果产业具有里程碑的意义,在提取加工行业的应用前景是十分可观的(李锋等,2008)。

多倍体罗汉果作为一个新的热点和目前正在发展的新方向,在栽培和选育过程中对不同倍性植株、特别是三倍体无籽罗汉果植株果实的研究是迫切需要的;而且不同生长时期罗汉果果实甙类成分不一致(李典鹏等,2006)。因此,本文针对多倍体和二倍体罗汉果的果实,研究其在相同生长环境下的生长动态情况和甙ⅡE、甙Ⅲ、甙V等三种甙类成分的含量动态变化,以了解和阐明不同倍性罗汉果果实的生长和甜甙积累的变化规律,为今后多倍体罗汉果植株的种植推广、科学确定不同倍性罗汉果果实的采收、多倍体罗汉果果实的品质和质量、优良多倍体罗汉果品种(品系)的选育奠定扎实的理论基础和提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

来自广西植物研究所和桂林亦元生现代生物技术有限公司共同培育的不同染色体倍性的罗汉果组培苗和无菌苗,为青皮果品系,雌株。四倍体(4x)由二倍体(2x)染色体加倍培育而成;三倍体(3x)由四倍体与二倍体雄株杂交,待果实发育成熟后,获取三倍体种子并通过组织培养技术培育成无菌苗。于2008年4月下旬种植于桂林兴安县漠川乡广西植物研究所和亦元生现代生物技术有限公司共建的罗汉果种植基地,栽培管理措施相同。

1.2 实验方法

1.2.1 果实生长动态的测定 于盛花期期间选择晴朗的天气,随机选取不同倍性(2x、3x、4x)罗汉果雌株的发育完整、花期相同的雌花各150朵,采集同一雄株的花于当天上午的8:00~10:00时进行人工点花授粉,挂牌标记。

对已授粉并挂牌标记的雌花中,选取不同倍性植株的雌花(子房)各20个,从授粉当日起至果实发育成熟的90d内,每间隔10d,使用游标卡尺固定测量这各20个果实的纵径(即果柄基部到果底处的长度)、横径(即果实最宽处的长度),并计算果形指数(即果实纵径与横径的比值)。

1.2.2 果实甙类成分动态的测定 由1.2.1实验中已授粉并挂牌标记的不同倍性罗汉果的雌花(子房)中,从授粉当日起至果实发育成熟的90d内,每间隔10d,随机采集足够多的果实并在当日内送至广西植物研究所植物化学研究室,采用HPLC法进行甙类成分(甙ⅡE、甙Ⅲ、甙V)含量的测定(李典鹏等,2006)。

1.2.3 数据的统计分析和绘图 以上实验数据均应用SPSS11.5(SPSS Inc., USA)软件进行统计分析,并应用Excel2003软件绘图。

2 结果分析

2.1 不同倍性罗汉果果实的生长动态规律

不同倍性罗汉果果实的纵径和横径的具体测量

值和生长动态图见表 1、图 1、图 2，结果显示，不同倍性罗汉果果实的生长趋势是一致的，1~10 d，2x、3x、4x 罗汉果果实的纵径和横径增长最快(图 1、2 中的折线显著上升)，分别相应增长了 2.55 cm 和 2.00 cm、2.26 cm 和 1.90 cm、2.55 cm 和 1.91 cm，纵径比横径增长快；从果型指数上看，子房在授粉前和授粉后 10 d 的果型指数均大于 1.0，是各时期中最大的，为显著的长圆形果。

表 1 不同倍性罗汉果果实的生长动态
Table 1 Growth dynamics of different ploidy *S. grosvenorii* fruits

染色体 Genome	果实生长 日龄(d) Fruit growth days	果实纵径 值(cm) Fruit vertical diameter	果实横径 值(cm) Fruit horizontal diameter	果型指数 Index shape
2x	1	1.50	0.72	2.03
	10	4.05	2.72	1.49
	20	5.42	4.65	1.17
	30	5.94	5.26	1.13
	40	5.99	5.33	1.12
	50	6.00	5.37	1.12
	60	6.00	5.40	1.11
	70	6.01	5.42	1.11
	80	6.02	5.44	1.11
	90	6.02	5.44	1.11
3x	1	1.54	0.74	2.08
	10	3.80	2.64	1.44
	20	5.28	4.44	1.19
	30	5.34	4.60	1.16
	40	5.39	4.72	1.14
	50	5.39	4.74	1.14
	60	5.39	4.77	1.13
	70	5.39	4.80	1.12
	80	5.39	4.82	1.12
	90	5.39	4.82	1.12
4x	1	1.66	0.76	2.18
	10	4.21	2.67	1.58
	20	6.01	4.97	1.21
	30	6.52	5.50	1.19
	40	6.57	5.56	1.18
	50	6.59	5.59	1.18
	60	6.59	5.61	1.17
	70	6.59	5.64	1.17
	80	6.60	5.68	1.16
	90	6.60	5.68	1.16

10~20 d，2x、3x、4x 的纵径和横径的增长是迅速的(图 1、2 中的折线明显上升)，分别相对应增长了 1.37 cm 和 1.93 cm、1.48 cm 和 1.80 cm、1.80 cm 和 2.30 cm，果实的横径在此期间的增长变快，开始超过了纵径的增长；所以，果型指数在 20 d 时显著变小但仍比 30~90 d 的大，均大于 1.0，为明显

的长圆形果。
20~30 d，2x、3x、4x 果实的增长速度减慢、生长变得缓慢(图 1、2 中的折线上升减缓)，但纵径和横径仍有所增加，分别相对应增长了 0.52 cm 和 0.61 cm、0.06 cm 和 0.16 cm、0.51 cm 和 0.53 cm；仍然是横径的增长快过纵径，但此时三倍体无籽罗汉果果实的纵径变化已经非常小了；果型指数变得更小，仍均大于 1.0，为长圆形果。

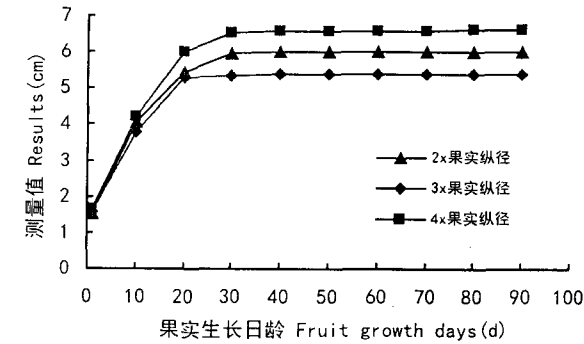


图 1 不同倍性罗汉果果实的纵径生长动态
Fig. 1 The changes of vertical diameter of different ploidy *S. grosvenorii* fruit

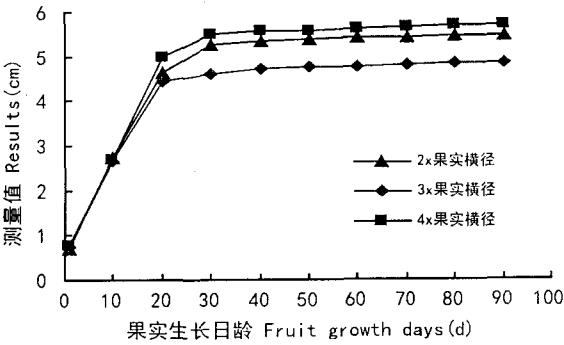


图 2 不同倍性罗汉果果实的横径生长动态
Fig. 2 The changes of horizontal diameter of different ploidy *S. grosvenorii* fruit

30~90 d，2x、3x、4x 果实的纵径和横径变化都很小(图 1、2 中的折线近似成直线)，分别相应只增长了 0.08 cm 和 0.18 cm、0.05 cm 和 0.22 cm、0.08 cm 和 0.19 cm；可以说：横径仍稍微的增长，纵径可看成几乎无变化，即 40 d 后果实大小基本定型；所以，果型指数在此期间的变动也很小、基本稳定。当果实发育到 80~90 d 期间，纵径和横径均达到最大值，分别为：6.02 cm 和 5.44 cm、5.39 cm 和 4.82 cm、6.60 cm 和 5.68 cm；由于罗汉果的果实是按其横径的大小划分等级(大、中、小果)，所以根据

李锋等(2003)的研究实践和报道,大果的横径范围在 5.3~5.7 cm、中果的横径范围在 4.8~5.2 cm、小果的横径范围在 4.5~4.7 cm,所以 4x 和 2x 的果实横径>5.3 cm,属于大果;3x 无籽罗汉果的果实横径在 4.8~5.2 cm 之间,属于中果;而且此时的不同倍性罗汉果果实间的果形差别不大,果型指数分别为 1.11、1.12、1.16,仍为长圆形的果,但 3x 和 2x 植株的果实形态更相似。

表 2 不同倍性罗汉果果实的甙类含量动态变化
Table 2 The changes of mogrol glycoside content of different ploidy *S. grosvenorii* fruit

染色体 Genome	果实生长 日龄(d) Fruit growth days	甙ⅡE 含量(%) Content of mogroside ⅡE	甙Ⅲ含量 Content of mogroside Ⅲ (%)	甙Ⅴ含量 Content of mogroside Ⅴ (%)
2x	1	—	—	—
	10	3.50	—	—
	20	1.63	—	—
	30	1.30	—	—
	40	0.70	0.24	—
	50	0.16	0.32	0.32
	60	—	—	0.58
	70	—	—	0.72
	80	—	—	0.82
	90	—	—	0.78
3x	1	—	—	—
	10	2.51	—	—
	20	2.42	—	—
	30	1.35	—	—
	40	0.90	0.15	—
	50	0.48	0.25	0.25
	60	—	—	0.46
	70	—	—	0.89
	80	—	—	0.99
	90	—	—	0.77
4x	1	—	—	—
	10	3.30	—	—
	20	1.92	—	—
	30	1.63	—	—
	40	1.46	0.28	—
	50	1.16	0.68	—
	60	0.79	0.84	0.11
	70	0.16	0.30	1.24
	80	—	—	1.26
	90	—	—	0.95

因此,从整个动态过程上看,不同倍性罗汉果果实的生长动态变化可分为三个时期:(1)迅速生长期(1~20 d),授粉后子房显著膨大,其中 1~10 d 间果实的生长比 10~20 d 的快。(2)缓慢生长期(20~30 d),果实体积的增长变缓。(3)停止生长期(30 d

后),授粉 30 d 以后从 40d 起果实基本停止增长;在 80~90 d 时,2x、3x、4x 罗汉果果实已经可以达到其生长形态的最大值,果实大小表现出:4x>2x>3x,可结合该阶段的甙类成分含量值,从而确定不同倍性罗汉果果实的形态特征和最佳采收期。

2.2 不同倍性罗汉果果实的甙类含量动态变化规律

从表 2、图 3、图 4、图 5 中可看出变化规律为:2x、3x 的动态变化是相同的,4x 则和它们相似;总的来说,不同倍性间的变化规律还是基本一致的。

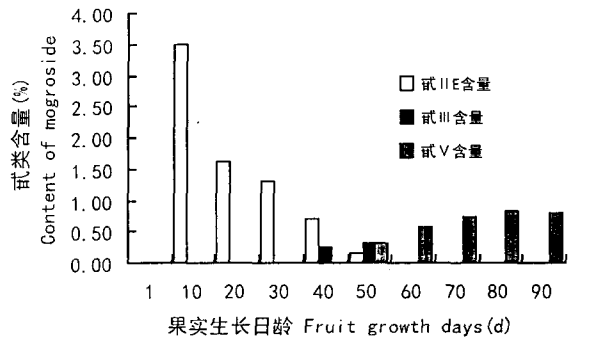


图 3 二倍体罗汉果果实的甙类含量动态变化
Fig. 3 The changes of mogrol glycoside content in diploid *S. grosvenorii* fruit

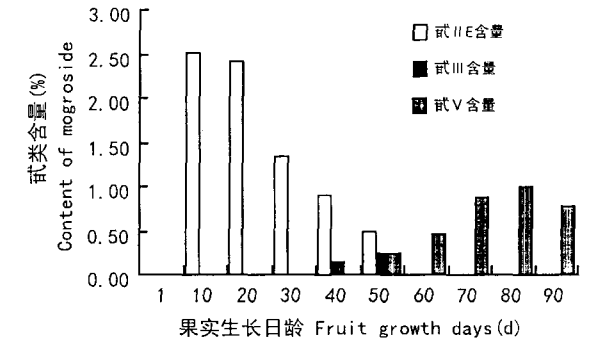


图 4 三倍体罗汉果果实的甙类含量动态变化
Fig. 4 The changes of mogrol glycoside content in triploid *S. grosvenorii* fruit

2x、3x 罗汉果果实的甙ⅡE 出现在 10~50 d,含量由最高(3.50%、2.51%)逐渐减低,到 60 d 时甙ⅡE 消失;甙Ⅲ出现在 40~50 d,其含量是逐渐升高的,到 50 d 时含量最大(0.32%、0.25%),并也在 60 d 时消失;甙Ⅴ从第 50 d 开始出现,至 90 d 中含量呈现出先高后降的过程。所以,2x、3x 罗汉果果实生长的 10~50 d 是甙ⅡE 出现并逐渐转化为甙Ⅲ、再转化为甙Ⅴ的过程;其中在 40~50 d 同时存在甙ⅡE、甙Ⅲ,第 50 天甙Ⅴ出现,即第 50 天同时

存在甙ⅡE、甙Ⅲ和甙V;到60d时果实中的甙ⅡE、甙Ⅲ完全转化至甙V而消失;此后到80d是甙V逐渐积累达到顶峰的过程,最大值分别为0.82%、0.99%,此时果实的外观开始黄熟,80d后甙V开始下降。

4x罗汉果果实的甙ⅡE出现在10~70d期间,含量也由最高(3.30%)逐渐减低,80d时消失;甙Ⅲ出现在40~70d期间,含量是先逐渐升高再降低,到60d时含量最大(0.84%),并也在80d时消失;甙V从第60天开始出现,至90d中含量同样呈现出先高后降的过程。可见,四倍体罗汉果果实的甙ⅡE、甙Ⅲ比二倍体、三倍体多存在20d(即到70d),甙V延后了10d开始出现(即到60d)。所以,四倍体罗汉果果实在10~70d是甙ⅡE出现并逐渐转化为甙Ⅲ、再转化为甙V的过程;在40~70d同时存在甙ⅡE、甙Ⅲ,第60天甙V出现,即60~70d同时存在甙ⅡE、甙Ⅲ和甙V;到80d时果实中的甙ⅡE、甙Ⅲ完全转化至甙V而消失了,并使甙V积累达到顶峰,最大值为1.26%,此时果实的外观也开始黄熟,80d后甙V也开始下降。

因此,总体上随着生长日龄的增加,不同罗汉果果实的甙ⅡE、甙Ⅲ、甙V含量一次被检出,但成熟的果实以甙V为主,其在80d时达最大值,4x>3x>2x。

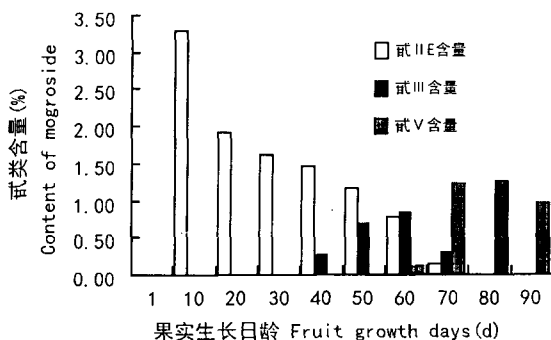


图5 四倍体罗汉果果实的甙类含量动态变化
Fig. 5 The changes of mogrol glycoside content in tetraploid *S. prosvenorri* fruit

3 讨论

巨大性效应是多倍性的普遍效应,特别是有一定生长方式的器官,所以可利用多倍体的巨大性获得大的果实或营养器官产品。本研究中,不同倍性的罗汉果授粉后,从子房开始膨大至果实完全定型,

均经过了迅速生长期、缓慢生长期和停止生长期;这三个时期中,2x、3x、4x果实大小的增长最主要的是在前20d的迅速生长期的快速生长,之后的增长幅度均是越来越小,所以在实际栽培中,多倍体和二倍体果实最需要关注和护理好形态体积的是在迅速生长期。停止生长后,果实大小最终为4x>2x>3x,多倍体中的4x表现出巨大性,3x则是由于果实中无种子而制约了其体积的增大,但是我们仍可通过进一步的研究与优良亲本的选育来增加和改善3x无籽罗汉果果实的体积大小,甚至达到大果的标准。此外,果型指数在整个果实生育期均呈由大变小、不断下降的趋势,这是由于果实的纵、横径生长速度不一致所导致的,当横径的增长快过纵径时果型指数就会变小。

在不同倍性罗汉果果实的甙类含量动态变化的研究中,甙类成分均是苦味的甙ⅡE转化为甙Ⅲ、再转化为高甜度的甙V的过程。甙V含量依次表现出4x>3x>2x,这是由于4x果实中的甙ⅡE、甙Ⅲ比2x、3x多存在20d,甙ⅡE转化为甙Ⅲ的含量也是最高的,所以4x的甙V含量最迟出现并比2x、3x高;三倍体无籽罗汉果则由于果实中没有种子,果肉饱满,而甜甙主要存在于果皮和果肉中,所以甙V含量相应增加仅次于4x,比2x的高,而且口感更醇香甘甜,从而增加了整果利用率,简化了加工鲜罗汉果的工艺,降低了难度和生产成本,价格优势明显,提高了罗汉果相关产品的核心竞争力。对于加工成传统的干果,由于3x和4x的果实分别具有甜甙含量高、果实大、果形好的特点,所以均优于二倍体;四倍体虽然甙V含量最高,但种子的存在而使其对加工产品来说不如三倍体无籽罗汉果有优势;这都体现了多倍体植株在提高果实营养成分和品质方面较二倍体优越的特性。此外,由于多倍体植株中染色体组数增加导致基因拷贝数增加,基因转录产物的量则会发生变化,性状和代谢物质的数量和质量也必然发生变化(张杰,2006);但是,基因拷贝数的增加和性状的变化不一定存在直线相关(Qin & Rotino, 1993)。甙类含量动态变化的研究结果也表明了基因的表达量并不始终与剂量呈正相关:甙V的含量是与基因的剂量(即倍性的增加)呈正相关,而甙ⅡE、甙Ⅲ的含量未随着剂量的增加而增加;这是因为转录水平既与染色体倍性有关,也与基因本身有关,随着转基因研究的进展和对基因相互作用的深入研究提出了基因沉默和共抑制假说,从另一个角

度解释了植物的性状并不一定随着倍性的增加而增大的原因(Bingham, 1968)。

本文的实验结果与李锋等(2003)、蒋水元等(2008)、周良才等(1981)对二倍体果实的生长发育,以及李典鹏等(2004, 2006)、刘金磊等(2007)、陈全斌等(2005)对二倍体果实的甙类成分的研究是相一致的。从不同倍性罗汉果果实的这两方面的共同研究中可知,即使在果实体积进入 40 d 后的停止生长期,但其内部的甜甙成分和含量仍处于不断的转化中。因此,在果实生长发育过程中,相对于外观形态的变化,其内含成分物质的转化更为深刻,即使是外观基本或完全成熟,水分与干物质含量基本恒定后,其甜甙等重要化学成分仍处于不同程度的转化、积累中。总之,在果实的生长发育过程中,前期注意其外部体积的增长,后期注意其内部甜甙成分转化和积累。根据研究结果,2x、3x、4x 罗汉果果实最佳采收期均为授粉后的 80 d,在 80 d 时果皮逐渐转呈淡黄色、果柄趋黄褐色,果实形态和甙 V 含量已达最大值。所以在生产实践中应注意多倍体果实成熟时间,特别是目前大量罗汉果鲜果用于加工提取甜味剂的,可以考虑采收授粉后 80 d 的罗汉果以有效提高罗汉果及其提取物的品质和商品价值;并注意在 80 d 之前做好采收果实的准备,以便按时顺利地采收到高品质的罗汉果实,实现较好的经济收入;提早或推迟采收,均会对罗汉果品质产生不良影响。

总的来说,大多数植物诱导成多倍体以后由于染色体组成倍增长,植物的生理、功能、形态、发育和产量品质等都发生巨大变化,并且常出现可供人们利用的优良特性。因此,多倍体植物在植物育种和遗传学研究上有着重要的意义,多倍体植物产生的“巨大性”效应对于以收获营养体为主的作物还是特别有利,能够提高植物的营养成分、品质,并且可获得无籽或少籽的果实。

致谢 感谢广西师范大学 2007 级硕士研究生覃喜军及戴俊、广西大学 2007 级硕士研究生韦荣昌在实验材料的采集中给予协助。

参考文献:

- 中国植物志编委会. 1986. 中国植物志(第 73 卷,第 1 分册)[M]. 科学出版社,161—163
李锋,李典鹏,蒋水元,等. 2003. 罗汉果栽培与开发利用[M]. 北京:中国林业出版社

- 农毅清,蒋林. 2008. 罗汉果甜苷的提取与药理作用研究概况[J]. 广西中医药,31(1):6—8
周良才,张碧玉,覃良,等. 1981. 罗汉果品种资源调查研究和利用意见[J]. 广西植物,1(8):29—31
Bingham ET. 1968. Stomatal chloroplasts in alfalfa at four ploidy levels[J]. *Crop Sci*, (8):509—510
Chen QB(陈全斌), Yi XH(义祥辉), Yu LJ(余丽娟), et al. 2005. Study on the variation of mogrosides V and flavone glycoside in *Siraitia grosvenorii* fresh fruits in different growth periods(不同生长周期的罗汉果鲜果中甜甙 V 和总黄酮含量变化规律研究)[J]. *Guihaia*(广西植物), 25(3):274—277
Jiang SY(蒋水元), Li F(李锋), Li H(李虹), et al. 2008. Biological characteristics of tissue cultured plantlets of *Siraitia grosvenorii*(罗汉果组培苗生物学特性研究)[J]. *Guihaia*(广西植物), 28(5):640—644
Li DP(李典鹏), Chen YY(陈月圆), Pan ZH(潘争红), et al. 2004. Study on variation of mogrosides from fruits of *Siraitia grosvenorii* in different growing ages(不同生长日龄罗汉果甙类成分变化研究)[J]. *Guihaia*(广西植物), 23(6):576—579
Li DP(李典鹏), Huang YL(黄永林), Liu JL(刘金磊), et al. 2006. Quantitative determination of mogrosides II E and III in the fruit of *Siraitia grosvenorii* by HPLC(HPLC 法测定罗汉果中罗汉果苷 II E、III 的含量)[J]. *Nat Product Res Development*(天然产物研究与开发), 18(5):850—858
Li F(李锋), Jiang XJ(蒋向军), Jiang SY(蒋水元), et al. 2008. 无籽(少籽)罗汉果培育成功(简报)[J]. *Guihaia*(广西植物), (6):727
Lin S(林硕), Gao XL(高学玲), Yue PX(岳鹏翔). 2007. The progress in research on the effective components extraction of *Siraitia grosvenorii*(罗汉果有效成分提取的研究进展)[J]. *China Food Additives*(中国食品添加剂), (4):78—80
Liu JL(刘金磊), Li DP(李典鹏), Huang YL(黄永林), et al. 2007. Determination of mogrosides from fruits of *Siraitia grosvenorii* in different growing ages by HPLC(HPLC 法测定不同生长期罗汉果甙 II E、III、V 的含量)[J]. *Guihaia*(广西植物), 27(4):665—668
Lu AM(路安民), Zhang ZY(张志耘). 1984. The genus *Siraitia* merr. in China(中国罗汉果属植物)[J]. *Guihaia*(广西植物), 4(1):27—33
Qin X, Rotino GL. 1993. Chloroplast number in guard cells as ploidy indicator of *in vitro* grown androgenic pepper plantlets[J]. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 41:143—149
Su XJ(苏小建), Xu Q(徐庆), Liang RG(梁荣感), et al. 2005. Experiments studies on the non-toxicity action of mogrosides(罗汉果甜苷的毒性作用研究)[J]. *Food Sci*(食品科学), 26(3):221—224
Zhang J(张杰). 2006. Creation of autotetraploid broccoli and studies on its biological characteristics(同源四倍体青花菜的创制及其生物学特性研究)[D]. Nanjing Agric Univ(南京农业大学), 硕士学位论文