

罗汉果组培苗生物学特性研究

蒋水元, 李 锋, 李 虹, 王满莲, 黄夕洋

(广西壮族自治区广西植物研究所, 广西 桂林 541006)
中国科学院

摘要: 对罗汉果组培苗生育周期、生长发育习性以及生态适应性进行观测, 结果表明: 年全生育期为 240~260 d, 定植当年即可正常开花结实。根系与块茎有两个增长高峰期, 分别为开花结果期(7 月上、中旬)、枯苗期(11 月上旬~12 月上旬); 茎蔓在定植 20 d 内生长较缓慢, 之后逐步加快, 其中主蔓和一级侧蔓构成植株空间骨架结构, 二级侧蔓和三级侧蔓为主要结果蔓; 开花座果盛期在 7 月下旬至 8 月中旬, 花、果着生位置以二级侧蔓的 6~15 节和三级侧蔓的 3~18 节为主, 点花授粉宜在雌雄花开放的当天上午进行, 果实的生长膨大均在座果后的 30 d 内完成, 但果实发育成熟约需 80 d。生长发育的适温为 22~28 ℃, 其中旬温 25~28 ℃ 时对花果生育最为适宜; 生长过程中应保持土壤湿润和 80% 以上的空气湿度; 全生育期对氮和钾的吸收量较大, 但在生殖生长期, 尤其在结果盛期与果实发育期, 对磷、钾的需求增加。

关键词: 罗汉果组培苗; 生育周期; 生长发育习性; 生态适应性

中图分类号: Q949 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2008)05-0640-05

Biological characteristics of tissue cultured plantlets of *Siraitia grosvenorii*

JIANG Shui-Yuan, LI Feng, LI Hong, WANG Man-Lian, HUANG Xi-Yang

(Guangxi Institute of Botany, Guangxi Zhuang Autonomous Region and the Chinese Academy of Sciences, Guilin 541006, China)

Abstract: Growth stages, growth and development habits and ecological adaptabilities of tissue cultured plantlets of *Siraitia grosvenorii* were observed, the result showed: The all-year growth stage was approximately from 240 d to 260 d, and flower and fruit were produced normally in the same year of planting. In the process of growing, the root and tuber had two fastigiums, the first peak was the flowering and fruiting stage in the first or middle ten days of July, the second peak was the withered seedling stage from the first ten days of November to the first ten days of December. The vine grew slowly in 20 d after planting, and then quickly. The main vine and the first order vine made up of spatial skeleton structure, and the second order vine and third order vine composed of the primary fructification vine. The full flower and fruit setting stage was between the last ten days of July and the middle ten days of August, the attachment modes located from the sixth node to fifteenth node of the second order vine and from the third node to eighteen node of the third order vine. The feasible time of pollination was in the intraday morning when male and female flowers were open-bud, the fruit became intumescence after fruit setting and finished in 30 d, but fruit grew about 80 days to become mature. The feasible temperature of growth was about from 22 ℃ to 28 ℃, and the optimum temperature of a period of ten days was from 25 ℃ to 28 ℃ for becoming flower and fruit. The feasible water condition was keeping soil wet and air humidity was above 80%. The optimum light intensity was approximately from 800 to 1 200 μmol

收稿日期: 2006-12-10 修回日期: 2007-04-05

基金项目: 广西自然科学基金(0542040); 广西科技攻关项目(0630002-3F); 桂林市科技攻关项目(20040111-3)[Supported by Natural Science Foundation of Guangxi(0542040); Key Technologies Research and Development Program of Guangxi(0630002-3F); Key Technologies Research and Development Program of Guilin City(20040111-3)]

作者简介: 蒋水元(1972-), 男, 广西全州人, 副研究员, 从事中药材规范化种植研究。

$\cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, light saturation point was $1\ 212\ \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, and light compensation point was $26.3\ \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. In growth stage, the absorption amount of nitrogen and potassium were more, but in reproductive growth stage, the requirement amount of phosphorus and potassium were increasing especially in full fruit setting and development stage.

Key words: tissue cultured plantlets of *Siraitia grosvenorii*; growth stages; growth and development habits; ecological adaptabilities

罗汉果(*Siraitia grosvenorii*)是葫芦科罗汉果属藤本植物,分布于我国广西、广东、江西、湖南及贵州等亚热带气候区(常放箐等,1981)。其果实性味甘、凉,具有清热润肺、滑肠通便等功效(国家药典委员会,2005),是我国著名传统中药材;富含葫芦烷型三萜甙类成分,甜度为蔗糖的250~300倍,热量仅为蔗糖的1/50,是十分理想的天然甜味剂(竹本常松等,1983)。罗汉果组织培养研究始于20世纪80年代(林荣等,1980;邹琦丽等,1989),20世纪90年代后,随着茎尖脱毒培养技术的突破(杭玲等,1999;林治良等,1995),罗汉果组培苗逐步试用于种植生产。与传统压蔓繁殖相比,组培快繁既能生产大量优质种苗,又能解决幼苗携带病毒病的难题;同时,罗汉果组培苗相对于压蔓薯苗具植株生长势强、适应性广、产量高以及当年种植当年丰收等优势。因此,罗汉果组培苗的推广应用被视为由传统生产模式向现代化、规模化发展的有力支撑。目前,罗汉果组培苗年种植面积已发展到3 000 hm^2 ,种植区域由原来永福和临桂两县山区扩展至整个桂东北及其周边地区的低丘、平原,年产罗汉果果实达20 000余万个,从而使广西罗汉果传统特色产业焕发出新的生机。

由于通过繁殖材料的优选与脱毒,优良种性得以提纯与复壮,从而使罗汉果组培苗的农艺特性和栽培要求均与传统种苗有所不同(杭玲等,2003,2005)。对其生育周期、生长发育习性和生态适应性等生物学特性进行了系统观测,不但补充完善了对罗汉果的理论认识,而且为罗汉果适宜生产区的规划和种植管理模式的规范提供了相关依据。

1 研究地点自然地理条件概况

研究地点在广西植物研究所引种栽培试验基地,地处桂林市南郊, $110^{\circ}17' \text{E}$, $25^{\circ}01' \text{N}$,海拔167 m。属中亚热带季风气候类型,年均气温 $19.1\ ^{\circ}\text{C}$,年降雨量约1 900 mm,年日照时数约1 700 h。在罗汉果基本生育期内(4~11月)月均气温 $23.2\ ^{\circ}\text{C}$,最热月(7月)平均气温 $28.3\ ^{\circ}\text{C}$,极端最高温 $38\ ^{\circ}\text{C}$;

月均降雨量194 mm,其中前5个月(4~8月)月均降雨量261 mm,后3个月(9~11月)月均降雨量82 mm;月均日照时数171 h,为全日照时数的42%。试验地土壤因多年耕作而与原地带性桂林红壤有所差别,经抽样检测,0~30 cm土层的混合土壤肥力特征为:pH5.3,有机质2.70%,全氮1.62 g/kg,全磷1 180.0 mg/kg,全钾0.58%,水解氮110.0 mg/kg,有效磷90.2 mg/kg,速效钾60.0 mg/kg。

2 研究材料与方法

实验用种苗由桂林高新区伯林生物技术有限责任公司提供,品种为青皮果组培苗。种苗高8 cm以上,具3张以上功能叶,叶色浓绿,顶芽健壮,根系发达,无病虫害及机械损伤。

(1)采用网室种植方法:网室利用大棚架,全封闭盖上防虫网,网目密度为30目;实验种苗于4月中旬定植,株行距2 m \times 2.5 m;搭棚、施肥、灌溉、修剪以及点花授粉等管理照常进行。(2)采用标准株定期或不定期观测法:共选择30株生长正常、个体中等的植株,茎蔓生长每7 d用卷尺测量一次,块茎生长每7 d用卡尺测量一次,叶片生长每3 d用卷尺测量一次,果实生长每天用卡尺测量一次;叶片氮素含量采用蒸馏法测定,叶片磷素含量采用钼锑抗比色法测定,叶片钾素含量采用火焰光度法测定;光合特性采用LI-6400便携式光合测定系统(Li-Cor Inc., USA)测定。

3 结果与分析

3.1 生育周期

罗汉果为多年生宿根植物,组培苗种植当年即可开花结实,整个年生育过程可分为幼苗期、开花座果期、盛果期和枯萎期。

(1)幼苗期:由种苗定植后至二、三级侧蔓形成,需70~80 d。此期是进行营养器官的生长和陆续分化花芽的时期。应创造良好条件,促进根系良好的

发育和茎叶的健壮生长,减低营养物质的消耗,增强积累,以利于花芽的正常分化和形成,控制茎蔓的徒长,为早实丰产奠定基础。(2)开花结果期:从现蕾到点花授粉,为30~40 d。此期茎蔓持续伸长,花芽连续或间歇性形成,花数不断增加。应防止茎叶徒长,促使根系充分发育,以保持地上部与地下部、营养生长与生殖生长的均衡发展。(3)盛果期:从果实大量形成至成熟,一般80~90 d。此期果实与营养器官生长达最高峰,光合作用制造的营养物质主要向果实输送,是决定产量和质量的关键时期。应加强肥水管理,以提高座果率,促进果实膨大和内含成分的转化。(4)枯萎期:由果实大量采收后至地上部茎叶枯死,为40~50 d。此期由于冬季低温影响,植株生长逐步停滞,继而叶片、藤蔓随着营养回流而干枯、死亡。但地下块茎及主根群在土壤覆盖下可安全越冬,翌年气温回升后萌发新株。在当前实际生产管理上,由于宿根植株病害往往大量发生,且难以控制,所以对于罗汉果组培苗的种植一般采用一年一种的耕作制度。

3.2 生长习性

3.2.1 根与地下块茎 罗汉果组培苗主根不明显,侧根较发达,垂直根入土深度30~40 cm,但主要根群一般均分布在20 cm以上的土层中;水平伸展范围较大,周径可达2~3 m或更广。根系易木栓化,再生能力较弱,育苗移栽与中耕施肥时需保护好根系。在年生长过程中,随着根系的不断扩展,地下块茎也相应地膨大,且其与植株的生育阶段有着较为明显的关系。通过动态观测,地下块茎在膨大过程中呈现“S”型变化曲线(图1),而曲线拐点相对应的时间正是罗汉果不同生长发育阶段的转折期。从曲线看,在定植后的2~9周内,即从4月中旬至6月下旬,块茎增长平稳,但增长速率较低,其横径平均每周增量约为0.11 cm;10~12周,即7月上、中旬,块茎进入第一个生长高峰,其横径平均每周增量达0.23 cm;13~24周,即从7月下旬至10月中旬,处于盛果期的块茎生长极为缓慢,其横径几乎无明显增大;25~29周,即从10月下旬到12月上旬,随着地上茎叶逐渐枯萎衰落和营养回流,地下块茎达到第二个生长高峰,其横径平均每周增量为0.24 cm。由此说明,罗汉果组培苗的根和地下块茎的生长呈快慢相间的节律,并与地上部分具有密切的相互依赖和相互制约关系。

3.2.2 茎 为草质蔓性,分枝能力很强,全生长期

240 d以上。主蔓在定植初期生长较为缓慢,约3周后,由于营养物质积累和气温提升,生长迅速增加,6周时,高度可达1.8~2.0 m(图2)。主蔓上棚后,当旬温升至25.0~28.4 °C时,茎蔓旺盛生长,腋芽迅速萌发,形成各级侧蔓。主蔓和不同的侧蔓,生长与发育具有不同的特点:主蔓和一级侧蔓长势强健,有利于迅速形成植株营养空间骨架;二、三级侧蔓长势中庸,是开花结实的主体枝蔓;四级侧蔓则往往在营养生长过旺而出现“跑苗”现象的植株上通过人为促控形成并取代二、三级蔓作为结果枝蔓,如植株出现徒长,则可能在三、四级侧蔓以后才能形成花果。各级枝蔓的粗细、节间的长短等性状受栽培管理条件的制约,并对植株的开花结实有重要影响,因而是诊断植株是否健壮的重要依据之一。

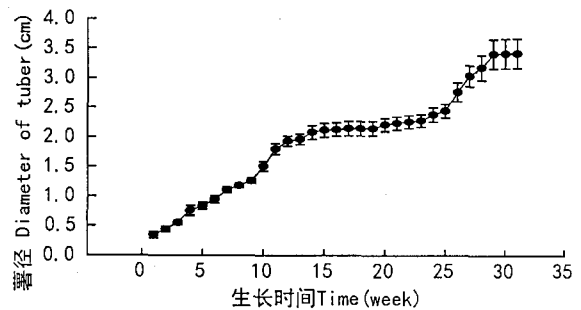


图1 薯径生长动态曲线图
Fig. 1 Growth curve of tuber diameter

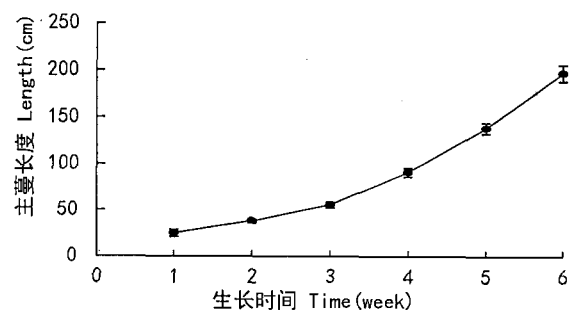


图2 主蔓生长动态曲线图
Fig. 2 Growth curve of the leading vine

3.2.3 叶 单叶互生,卵状三角形,长10~25 cm,宽8~20 cm,自萌动展开至定型需20 d左右,前6~8 d生长较快,后期增长缓慢,叶长与宽的增长同步,但增长量叶长大于叶宽(图3)。一般在环境适宜、肥水充足的条件下,叶片肥大且色泽浓绿;反之,叶片较小、颜色较浅。因而其叶片大小和颜色是鉴别植株营养丰缺的标志之一。

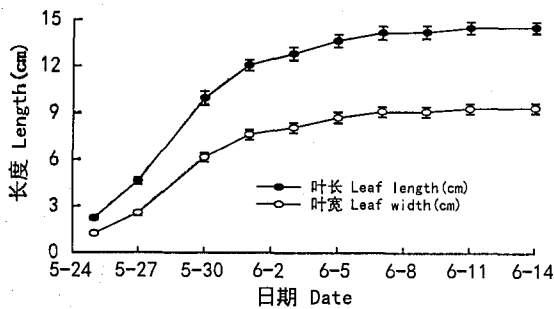


图 3 叶片生长动态曲线图
Fig. 3 Growth curve of the leaf

3.2.4 花与果实 罗汉果组培苗雌雄异株, 是异花授粉植物。雄花呈腋生的总状花序, 雌花单生于叶腋, 或 2 朵簇生于一总花梗上。花果期长, 进入花期后便随着藤蔓的延伸而持续或间歇现蕾、开花, 但由于受自然气温下降胁迫, 一般在 9 月下旬后幼果不能正常发育成熟。花果的着生位置以二、三级侧蔓为主, 在二级侧蔓上的 4~26 节均有分布, 但以 6~15 节为主, 且着果率较高, 果型较大; 在三级侧蔓上, 花果的着生节位更为靠前, 多分布于 3~18 节, 但着果率稍低, 果型较小。三级侧蔓的条数与二级侧蔓的条数比例一般为 3~4:1, 因此就整个植株而言, 正常情况下三级侧蔓的果实产量要高于二级侧蔓。

雌花与雄花一般于上午 6:30~7:00 开始开花, 至 8:30 开放花朵占当天开花总量的 70.0%~73.3%。开花时间主要受温度和光照条件影响, 如遇低温、阴雨或多雾天气, 开花时间有不同程度的推迟。雄花的花药开裂与开花时间大体一致或稍迟, 花粉寿命较短, 在自然条件下开药的第二天后即迅速丧失生活力。雌花在开花的当天上午柱头分泌粘液多, 粘着力较强, 有利于授粉受精; 至下午, 柱头分泌粘液减少, 粘着力降低, 授粉受精能力减退; 而第二天后, 花瓣开始脱落, 授粉受精能力基本丧失。

雌花受精成功后, 幼果快速膨大。在前 10 d 内, 果实增长速度不断变化, 其中纵径前 1~3 d 增长最快, 而后减慢, 而横径的增长速度一直加快; 10~20 d, 果实的生长速度趋于稳定; 20~30 d 果实生长速度逐渐减慢直至停止。至 80 d 左右, 果皮转呈淡黄色, 果柄始趋黄褐色, 果实成熟。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, 其还原糖、总糖以及甜甙

等重要化学成分仍处于不同程度的转化中(表 1)。其中以生长 80 d、外观性状正好处于成熟状态的果实, 上述各化学成分的含量达到最高值。这表明提早或推迟采收, 均会对罗汉果品质产生不良影响。

表 1 不同生长时间的果实化学成分含量
Table 1 The content of composition of fruit in different growing ages

生长时间 Ages (d)	水分含量 Moisture (%)	甜甙含量 Mogrol glycosides(%)	还原糖含量 Deoxidized sugars(%)	总糖含量 General sugars(%)
70	72.34	2.55	3.39	3.95
80	72.90	2.93	10.45	13.27
90	72.15	2.82	7.99	13.66

3.3 生态适应性

3.3.1 温度 罗汉果组培苗喜温暖, 不耐寒冷。适宜温度 22~28 °C; 对低温的忍耐能力较弱, 低于 15 °C 植株可能遭受寒害, 15~21 °C 生长较为缓慢; 对高温的忍耐能力较强, 在极端最高温达 38 °C 的条件下, 叶片光合同化量仍略高于呼吸消耗。另外, 在不同生育期对温度要求有所不同, 幼苗前期适温偏低, 白天晴天温度不应超过 30 °C 和低于 24 °C, 而夜间保持 20 °C 左右, 不能低于 15 °C; 开花结果期适温较高, 旬温低于 22 °C 果实生长即受到影响, 但高于 36 °C 的高温会导致花果生育不良, 并可加速植株衰老, 在旬温 25~28 °C 时花果的生育最为适宜。

3.3.2 湿度 罗汉果组培苗根系浅, 叶片大而薄, 蒸腾量大, 在高温、强光和空气干燥的环境中, 易失水萎蔫, 影响光合作用。根据对花果期气体交换参数的测定, 在晴天高温天气, 早晨 8:00 左右, 随着光照逐渐增强, 叶片气孔开度也逐渐增大, 净光合速率呈上升趋势, 但蒸腾速率很低, 此时罗汉果的水分利用率最高; 随着气温上升, 空气相对湿度下降, 叶片气孔部分关闭, 导致净光合速率下降, 但蒸腾速率保持在较高水平, 水分利用率随之下降。因此, 罗汉果组培苗对土壤湿度和空气湿度的要求均较高, 应保持土壤湿润和 80% 以上的空气湿度, 但空气湿度大往往导致病虫害发生; 水分供应不足, 土壤和空气湿度偏低时, 植株生长不良, 果实不能正常膨大充实。

3.3.3 光照 对罗汉果组培苗叶片光响应特征进行测定, 发现其最适光照强度为 800~1 200 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 光饱和点 1 212 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 左右, 光补偿点为 26.3 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 光饱和光合速率为 12.8 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 表观量子效率为 0.045 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。可见罗汉果组培苗较为耐阴, 尤其是幼

苗忌强光而在半荫条件下生长较好,但就整个生育期而言,须有足够强度和作用时间的光照条件,才能满足其正常的生长发育要求。阴雨持续日久,光照不足,叶片中干物质含量下降,植株柔弱多病,开花少,坐果率低,对产量和质量均有一定影响。

3.3.4 营养 罗汉果组培苗需氧性较强,耐旱力和吸收养分的能力较弱,喜富含有机质、结构良好、透气、保水、保肥的土壤,pH值以4.5~6.0为好。整个生育期要求有较高的营养条件,且不同的生育阶段对养分的需求有所不同。根据对叶片矿质营养的分析,其一,在不同生育阶段,氮、磷、钾在叶片中的含量不同,其中以营养生长盛期含量最高,分别达5.0%、0.4%、3.0%,以果实发育基本成熟、生殖生长即将结束时含量最低,分别降至3.0%、0.2%、1.0%,且三要素随着现蕾、开花、结实和果实发育等各阶段的进程均呈逐渐下降的趋势;其二,在不同的生育阶段,叶片所含氮、磷、钾之间的比例也不相同,营养生长期氮、磷、钾的比值为10:1:6,开花座果期间,与氮相比磷、钾所占比例明显下降,三者比值为15:1:6,结果盛期与果实发育期间,磷、钾所占比例有进一步下降趋势,三者比值为16:1:5。可见,罗汉果组培苗随着植株的生长发育,对养分的需求不断增加,全生育期对氮和钾的吸收量较大,但在生殖生长期,尤其在结果盛期与果实发育期,必须提供充足的磷与钾,才能同时满足叶片的正常生长和果实的正常发育。

4 结论

(1)组培苗当年种植当年结实,全生育期为240 d左右,种植70~80 d即进入开花结果期,相对于传统压蔓繁殖的薯苗和种子繁殖的实生苗种植第一、第二年部分植株少量结果,种植第3年才达到结果盛期(张碧玉等,1981;李锋等,1990),具有长势健旺、早实丰产、开花较集中、成熟较一致等特点。

(2)组培苗根系较为发达,地下块茎与根系的生长呈快慢相间的节律,并与植株整体的生育阶段有明显关系。幼苗期和开花结果期是形成良好根群的关键时期。茎叶长势健旺,其中主蔓和一级侧蔓主要构成植株的空间骨架,二、三级侧蔓为开花结实的主体枝蔓,因而合理的修剪、整枝对于早产、丰产有

重要促进作用。花果主要分布于二级侧蔓及三级侧蔓,但二级侧蔓上的座果率较高,果形较大。在栽培管理上应通过肥水调控,促进植株早花结实、防止茎蔓徒长。果实膨大期良好的环境条件与管理措施可提高大、中果比例;自座果至成熟约需80 d,成熟后宜及时采摘,提早或推迟采收对果实质量产生不良影响。

(3)组培苗适温为22~28℃;适宜水分条件是保持土壤湿润和80%以上的空气湿度;罗汉果组培苗较为耐阴,尤其是幼苗忌强光而在半荫条件下生长较好;全生育期对氮和钾的吸收量较大,但在生殖生长期,尤其在结果盛期与果实发育期,必须提供充足的磷与钾,才能同时满足叶片的正常生长和果实的正常发育。

参考文献:

- 中华人民共和国药典委员会. 2005. 中华人民共和国药典(一部)[M]. 北京:化学工业出版社
- 竹本常松,在原重信,中岛正,等. 1983. 罗汉果成分研究[J]. 药学杂志(日),103
- 张碧玉,周良才,覃良,等. 1981. 罗汉果生物学特性初步研究[J]. 广西植物,1(2):45-49
- 杭玲,苏国秀,黄卓忠,等. 2005. 广西罗汉果组培品种桂汉青皮1号特征特性及其栽培要点[J]. 中国南方果树,34(6):52-53
- 常放箐,李海泉. 1981. 罗汉果原植物及其资源概况、生态环境的初步调查研究[J]. 药学通报,16(4):161-163
- Hang L(杭玲),Chen LJ(陈丽娟),Chen SZ(陈少珍). 1999. A rapid propagation technique of de-virus shoot tip of *Thlacliantha grosvenorii*(罗汉果茎尖脱毒快繁技术)[J]. *Southwest China J Agric Sci*(西南农业学报),12(3):125-127
- Hang L(杭玲),Su GX(苏国秀),Xie YS(谢阳生),et al. 2003. Cultivation of tissue cultured seedlings of *Momordica grosvenori*(罗汉果组培苗栽培技术)[J]. *Guangxi J Agric Sci*(广西农业科学),6:70-72
- Li F(李锋),Jiang HM(蒋汉民). 1990. A study on propagation and cultivation of Luohanguo by seeds and seedlings(罗汉果种子繁殖及其栽培研究)[J]. *Guihaia*(广西植物),10(3):261-267
- Lin R(林荣),Wang RZ(王润珍). 1980. *In vitro* culture of *Siraitia grosvenorii*(罗汉果组织培养获得完整植株)[J]. *Guihaia*(广西植物),1:11
- Lin ZL(林治良),Chen ZG(陈振光). 1995. The culture of *Siraitia grosvenorii* Mosaic disease free plant(罗汉果无花叶病苗的培育)[J]. *J Fujian Agric Univ*(福建农业大学学报),24(2):162-166
- Zou QL(邹琦丽),Lin R(林荣). 1989. The callus and axillary shoot formation of Luohanguo *in vitro*(罗汉果组织培养愈伤组织和腋芽的形成)[J]. *Guihaia*(广西植物),9(2):103-104