

海南荔枝种质资源研究进展

王家保¹ 杜中军² 陈业渊² 金志强¹ 王向社¹ 赖建勋¹

(¹中国热带农业科学院热带生物技术研究所, 热带作物生物技术国家重点实验室, 海南海口 571101; ²中国热带农业科学院热带作物品种资源研究所, 海南儋州 571737)

摘 要: 综述了海南荔枝资源的研究历史与主要成就、野生与栽培资源的分布、遗传多样性及资源保护概况, 探讨了存在的问题, 并对今后的研究工作提出了展望。

关键词: 荔枝; 海南; 种质资源; 综述

中图分类号: S 667.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2006) 06-1377-06

Advances in Research of Litchi Germplasm s Native to Hainan

Wang Jiabao¹, Du Zhongjun², Chen Yeyuan², Jin Zhiqiang¹, Wang Xiangshe¹, Lai Jianxun¹

(¹ Institute of Tropical Biotechnology, State Key Laboratory of Biotechnology for Tropical Crops, Chinese Academy of Tropical Agriculture Sciences, Haikou, Hainan 571101, China; ² Institute of Tropical Crop Germplasm, Chinese Academy of Tropical Agriculture Sciences, Danzhou, Hainan 571737, China)

Abstract: The paper made an overview of the research history and the main achievements, the distribution, genetic polymorphisms and preservation of wild and cultivated litchi. The existing problems and research prospects were also discussed.

Key words: Litchi; *Litchi chinensis* Sonn.; Hainan; Germplasm; Review

我国南部是荔枝 (*Litchi chinensis* Sonn.) 的原产地之一, 在广东雷州半岛^[1]、广西六万大山^[2]、海南霸王岭^[3~5]、云南西双版纳^[6]等地均发现了野生荔枝林和老龄荔枝树。历史上, 栽培荔枝的传播是以广东为中心向四周辐射的, 各地栽培的许多优良品种均是由广东省古老的荔枝资源驯化或经实生选种而来, 在两千多年的栽培过程中, 已培育了数以百计的栽培品种和品系^[7]。对于荔枝资源的研究, 也是以这些栽培品种进行得较为深入, 对其它荔枝资源则研究较少。然而, 近几十年的调查研究发现, 海南荔枝具有更丰富的荔枝资源^[8~11]: 海南荔枝传统上以实生繁殖为主, 荔枝的异花授粉造成了丰富的实生变异; 海南岛内具有特殊的自然、地理条件, 形成了复杂多样的生态环境, 荔枝由于生存适应可能发生各种芽变, 其性状表现极为复杂。现有的资料表明: 海南荔枝无论在野生资源的分布广度、植物学性状的多样性程度还是在栽培资源的多样性上, 都大于我国其它荔枝生态区, 并具有许多海南荔枝生态区特有的资源^[7]。本文仅就海南荔枝种质资源的研究进展作一综述, 以期为其进一步研究利用提供参考。

1 研究历史与主要成就

历史上有关海南荔枝栽培的记载出现较晚。迄今可见最早的记载约见于元代大德年间的《南海志》, 书中记载了几个荔枝良种^[12]。此后的记载并不多见。1921年, 陈焕镛^[13]提出海南岛存在野生荔枝。解放后, 分别针对海南荔枝进行了几次大规模调查。海南省琼山市农业局于 1957 ~ 1976 年间在琼山永兴、石山等地反复调查, 选出优良单株 27 个, 定名为琼山荔枝 1 ~ 27 号, 并对选出的荔枝

收稿日期: 2005 - 12 - 25; 修回日期: 2006 - 06 - 20

基金项目: 国家自然科学基金项目 (30460085); 海南省自然科学基金项目 (30236); 热带作物生物技术国家重点实验室开放基金项目

优株按果皮颜色进行了初步分类^[9]。海南农垦局组织科研人员于 1961~1965 年在琼山永兴、石山、美安地区作了详细资源普查,筛选出优良单株 191 株,其中 26 个果实品质特优,命名为海垦 1~26 号,同时记录了这些株系的俗名^[14]。此外,部分学者也对海南荔枝进行了大量调查研究。如徐祥浩等^[13,15]多次调查后确认了海南存在野生荔枝,并将野生荔枝命名为新变种;袁沛元等^[8]考察了海南的栽培及野生荔枝资源,收集资源 60 份,发表优良单株(株系) 19 个;傅伶俐等^[5]也在海南进行过数次考察,并对野生荔枝进行了分类;1987~1994 年,苗平生等^[9]从琼山水果所引入了 10 个株系定名为农美系列,并进行了详细的生物学学习性观察。近年来,中国热带农业科学院热带作物品种资源研究所、热带生物技术研究所等单位对海南野生荔枝重新进行了调查,陈业渊等^[16]、王家保等^[17]、姚庆荣^[18]、李明芳^[19]分别用不同的分子标记技术对部分海南荔枝资源进行了详细研究,初步鉴定了部分同物异名和同名异物品种,并根据研究结果提出了划定海南野生荔枝保护区的建议,取得了较大进展。

2 野生资源

自 20 世纪 20 年代提出海南存在野生荔枝后,先后多批学者在海南调查发现了野生荔枝,并在霸王岭发现了千年以上的野生荔枝树,证实海南是荔枝的原产地之一^[7]。

海南野生荔枝广泛分布在海南省的霸王岭、吊罗山、尖峰岭、黎母山、金鼓岭等地海拔 500~900 m 的热带雨林中^[13]。在徐祥浩等调查的样方中,野生荔枝平均高度 18~25 m,最高可达 32 m,胸高直径最大的可达 140 cm,是一种高大乔木^[3]。野生荔枝常与龙脑香科、大戟科、梧桐科、番荔枝科等科的植物混生^[13],在一些山坡的原始林中,野生荔枝可占 50%~60%,是构成热带山地雨林的优势树种之一^[4]。

野生荔枝具有多种优良的园艺学性状,如果实早熟、植株抗旱等^[7],也具有丰富的植物学性状,如果实的形状、大小、色泽、龟裂片、裂片峰、缝合线、种子性状等均具有多种类型^[5,8,13]。整体上,海南野生荔枝果小、假种皮较薄、核大且味酸,多奇数羽状复叶,与果大、假种皮较厚、味甜、多偶数羽状复叶的栽培品种有一定的区别^[8,13]。

傅伶俐等^[5]曾按照龟裂片性状将霸王岭的野生荔枝分为 3 种类型:1) 果皮龟裂片突起,裂片峰尖型;2) 果皮龟裂片隆起或微隆起,裂片峰乳头状突起或带少许微尖型;3) 果皮龟裂片平坦,裂片峰平或微凹型。这种分类方式与现在较通用的按照果实龟裂片性状分类的体系相同。按照野生荔枝的群落特征和植物学性状,徐祥浩^[15]曾将海南野生荔枝定做荔枝的新变种,命名为 *Litchi chinensis* var. *eupotanea* Hsue,但这一分类和命名一直没有得到更多的证据支持。

在分子水平上,李明芳^[19]用在栽培荔枝上开发的 34 对 SSR 引物对野生荔枝模板进行扩增,仅 3 对引物扩增出了弱带,说明野生荔枝在遗传组成上与栽培荔枝有着较大的区别。姚庆荣^[18]研究发现,半野生荔枝与野生荔枝亲缘关系较近,二者与栽培荔枝关系较远。野生荔枝具有最高的 Shannon 多样性指数,其次为半野生荔枝,最小是栽培荔枝,说明野生荔枝具有更丰富的遗传多样性。作者认为,由于野生荔枝长期处于一个相对复杂而独立的自然生态条件,外来物种入侵少,无人选择,在自然条件下形成了特色各异的遗传变异类型,具有丰富的遗传多样性。半野生荔枝群体有人为选择的介入,淘汰了原来野生荔枝林中经济和农艺性状较差的部分个体,选择保留了一些具有较好结果习性的植株,使得群体的遗传多样性呈下降趋势。而栽培品种或类型源自少数优系,经过多年长期的无性繁殖和引种驯化选择,基因型逐渐趋于单一,遗传多样性丰富程度亦降低。37 个采自霸王岭的野生单株聚为明显的 5 类,表明野生荔枝群体内存在或正在发生着明显的遗传分化^[18]。

1982 年,经广东省人民政府批准并专门发文,在霸王岭的金鼓岭建立了 46.7 hm² 的野生荔枝保护区^[20]。目前,在海南省的 17 个省级或国家级自然保护区中,大部分保护区都有野生荔枝分布,野生荔枝资源得到了一定的保护。

3 栽培资源

目前海南栽培的荔枝资源有两大类: 一类是从广东、广西等地引进的大陆品种; 另一类是原产于海南本地的品种^[21]。前者多是一些优良的早熟品种, 如三月红、妃子笑、白蜡、白糖罂等, 从 20 世纪 80 年代开始引入, 在海南表现良好, 已成为海南的荔枝主栽品种。后者则是从多次资源普查中发现的荔枝优株中选育而来。

海南原产的栽培荔枝资源分布范围较广。由于传统上的实生繁殖, 许多荔枝单株呈半野生状态, 散布在海南各地的村头巷尾, 以琼山区的石山镇、永兴镇分布最为集中, 在儋州、昌江等地也有分布^[8,9,14]。有大量的实生单株树龄已在百年以上, 如在海垦 1~26 号中, 树龄在 300 年以上的实生母树就有好几株^[11]。

栽培荔枝性状表现极其丰富, 已从中筛选出许多具特殊性状的品种(系)和单株, 如特大果型资源、无核荔枝等。大果型荔枝资源是海南特有的一类荔枝资源, 共同特点是果实特大。已报道的单果质量超过 45 g 的特大果型资源就有润玉、香熟丸、风霜、鹅蛋、琼山-1-5^[8]、海垦荔 26 号^[14]等品系, 其中以风霜、鹅蛋栽培较广。与其它中小果型荔枝品种相比, 大果型荔枝品种果实发育过程中细胞分裂素含量较高, 能为果实发育征调更多营养, 且发育前期库强较高, 可以使果皮发育充分, 为假种皮发育提供充足的空间, 从而促进大果的形成^[22]。

无核荔枝是珍贵的荔枝资源, 在儋州、琼山均发现过实生无核荔枝单株^[13]。已筛选出了若干无核或焦核品种(系), 如小丁香、南岛无核、A4 无核、荔 13 号等, 其中以南岛无核、A4 无核栽培最广。南岛无核在自然结实下 75% 果实完全无核, 果实品质上乘, 是世界罕见的天然无核荔枝资源。无核荔枝果实的假种皮发育与正常果实基本相同^[23], 但在胚胎发育过程中部分小孢子发育不正常, 大孢子在各个发育阶段多数都出现败育, 因此无法形成胚^[24]。无核荔枝的胚胎发育受温度影响: A4 无核荔枝授粉后, 在并粒期夜间温度低于 22℃, 种胚退化, 形成无核果; 22~24℃ 则结焦核果; 24℃ 以上则结大核果^[25]。造成这种现象的原因可能是: 受精过程中, 由于低温影响, 精子不能进入卵膜或进入卵后雌雄核不融合, 导致卵受精失败并退化。次生核虽正常受精, 但到授粉后一定时间也完全退化, 导致胚珠极早败育, 然而假种皮仍能正常发生发育, 最终单性结实形成无核果实^[26]。这也可能是无核荔枝引入广东后自然结果的无核率高于海南^[27]的重要原因, 因为花期广东平均夜间温度低于海南。此外, 研究者还从激素平衡^[28]、转录组学^[29]、蛋白质组学^[30]等角度对无核荔枝的胚败育进行了深入研究, 取得了较大进展, 为人工诱导焦核荔枝及荔枝无核化育种提供了一定的理论依据。

海南荔枝资源的果实成熟期也不相同。极早熟资源如昌江 86-1-1 成熟期可在 4 月上中旬, 晚熟品种如琼山-87-1 却在 7 月中旬成熟^[8]。另外, 荔枝果实的颜色表现多种多样, 有红、紫红、粉红、黄、黄绿及青绿色, 曾被分为红皮系、青皮系、紫皮系和黄皮系^[9]。果实龟裂片性状差异较大, 吴淑娴^[7]曾按照龟裂片性状把部分海南部分荔枝资源归入 3 个类群。栽培荔枝资源的树冠大小不一, 发现了中国唯一的矮生型资源——矮荔, 17 年生自然树高仅 3.6 m, 冠径 3.85 m, 为对照品种黑叶荔枝的 48%^[9]。此品系不仅可直接推广, 而且对于荔枝矮化密植、荔枝矮砧育种具有重要意义。

李明芳^[19]用 SSR 技术研究了 34 份荔枝资源, 共检测到了 46 个等位基因的变异, 研究得出的资源间遗传相似系数集中在 0.400~0.700 之间, 平均为 0.567, 低于易干军等^[31]、刘成明等^[32]、丁晓东等^[33]得出的其它地区荔枝品种间的遗传相似系数, 说明海南栽培荔枝资源间具有较大的遗传差异。RAPD 分析结果也证实了这一点^[16,17]。

海南栽培荔枝资源存在较严重的同物异名和同名异物现象。如品种紫娘喜别名就有农美 5 号、海垦 13 号、紫娘鞋、蟾蜍红、风霜、永秀 62-15、琼山水果所 16 号、荔枝王等, 大丁香也有榆林丁香、建群大丁香、农美 2 号、面包荔、儒林丁香、琼山水果所 17 号、建群 61-16 等, 小丁香曾用名有榆

东丁香、海垦 8 号、荣玉 1 号等。姜成东等^[34]用同工酶技术检测到牛心荔、南岛无核、紫娘喜 3 个品种存在同名异物,王家保等^[17]用 RAPD 分析证实大丁香、小丁香、香荔也存在同名异物现象。而李明芳^[19]用 SSR 分析证实大丁香与榆林丁香、小丁香与海垦 8 号之间分别存在明显的遗传差异,说明大丁香和小丁香中各地不同命名的资源可能存在遗传差异。同名异物和同物异名导致了资源引种过程中的混乱,不利于优良品种的培育与推广。

上述研究结果填补了我国荔枝研究的一些空白,丰富了荔枝种质资源库,筛选出了多个优良品种如南岛无核、大丁香、紫娘喜等并进行了推广,对于我国荔枝生产的发展起了重要作用。出于对栽培和半野生荔枝资源重要性的认识,海南省有关科研机构收集保存了一批资源,如中国热带农业科学院、海南省农业科学研究院及琼山水果研究所等单位共种植保存荔枝资源 100 余份,但资源的重复保存现象严重。在一些国营农场和私营种植公司,出于筛选新品种的需要,也收集保存了若干资源。如国营海南大丰农场、美万新村等,分别收集保存了几十份海南岛内外的品种(系)。

4 存在问题与研究展望

4.1 加强荔枝资源的保护

由于土地开发遍及全岛,曾被认为经济价值不大的老龄荔枝树因材积量大、价格高便成了砍伐的首要对象,致使资源迅速减少。1986 年调查时,海垦 1~26 号的 26 个母株中仅存 16 株,许多其它优株亦不复存在^[8]。海南霸王岭、尖峰岭的野生荔枝也由于木材价格上涨而遭滥伐,加速了资源破坏消失^[11]。因此,政府有必要加强对现有资源的保护,在原有保护区的基础上新建野生荔枝保护区,对具有特殊性状的半野生和栽培荔枝单株进行单株保护。对各科研单位的种质资源圃进行规范化管理,对优良资源实施迁地保存,以抢救优异荔枝资源,最大程度上保证荔枝资源遗传多样性不被破坏。

4.2 加强实生选种

现在推广的海南荔枝品种基本上是由 20 世纪 60 年代普查时发现的优株选育而来,但之后海南荔枝普查工作几乎中断,未开展过新的大规模无性系鉴定推广工作^[11],这可能导致散落在各地的优良资源得不到开发利用。因此,应加强对现存栽培荔枝资源调查研究的力度,从中选出新的优良无性系进行推广或为育种提供优良种质。

4.3 优良品种的提纯与应用

前已述及,海南荔枝品种存在严重的同物异名和同名异物问题。有几个原因:首先,荔枝的命名是海南人民根据果实性状命名的,而果实性状的相似性极有可能使不同的资源命名为同一名称;其次,在普查过程中,由于取样的限制,对某优良单株命名时也不可能与其它相似单株进行详细对比,导致同一资源命名为不同名称;再者,种植者在相互引种过程中可能发生品种混淆。应该对各地记载为同一物种而命名不同和命名相同而分布不同的荔枝株系从分子水平上进行详细研究,鉴别同物异名和同名异物品种,对优良品种进行提纯后推广。应加强各品种生态学习性、生物学习性及栽培技术的研究,为优良品种推广提供理论与技术支撑。同时从细胞学、分子生物学等层次对荔枝特殊性状的形成机制进行深入研究,为人工调节荔枝生产和培育新品种提供依据。

4.4 加强荔枝资源的分子进化植物学研究

从分子水平上研究海南荔枝遗传多样性的报道较少。鲜有对海南荔枝演化规律的研究报道,也缺少海南荔枝与中国其它生态区荔枝资源遗传多样性的比较研究。海南荔枝资源遗传多样性与其它荔枝生态区相比有何不同,海南荔枝在中国荔枝资源多样性的演化过程中所处地位如何,至今也未见报道。由于海南与广东、广西、云南之间存在着各种地理条件上的隔阻,加上历史上海南经济文化较落后,各种植物的演化受到人为干扰较少,海南荔枝遗传多样性的演化应该具有独特规律,这种规律可能是中国荔枝从野生到驯化、从单一到复杂的演化规律的缩影。有研究指出,在龟裂片的性状表型

上, 荔枝资源是按照从尖突到隆起再到平坦的顺序进化的^[7], 但仅用龟裂片 3 种表型显然不能揭示所有荔枝资源的演化规律, 并且由于野外调查研究中取样的局限性, 仅从少量的植物学性状入手很难对这些问题做出详细解答, 而从分子水平对这些问题进行研究, 则可望从根本上得出海南荔枝遗传多样性的规律, 确定海南荔枝在荔枝进化中的地位, 进而揭示我国荔枝的起源、演化、分布的一般规律, 揭示荔枝资源遗传多样性的分子本质, 推动荔枝相关科研的进一步发展。

参考文献:

- 1 傅玲娟. 广东荔枝图谱. 广州: 广州科学普及出版社广州分社, 1985. 126页
Fu L J. Description for litchi in Guangdong. Guangzhou: Science Popularization Press, 1985. 126p (in Chinese)
- 2 吴仁山. 广西荔枝志. 广州: 广东科技出版社, 1986. 136页
Wu R S. Record of litchi in Guangxi. Guangzhou: Guangdong Science and Technology Press, 1986. 136p (in Chinese)
- 3 徐祥浩, 彭 浙. 关于野生荔枝的发现. 园艺学报, 1964, 3 (4): 415~416
Xu X H, Peng Z. Investigation of wild litchi. Acta Horticulturae Sinica, 1964, 3 (4): 415~416 (in Chinese)
- 4 徐燕千, 梁宝汉. 海南岛霸王岭林区森林综合调查报告. 华南农业科学, 1963 (3): 57~116
Xu Y Q, Liang B H. Investigation report on forest in Hainan, Bawangling area. South China Agriculture Sciences, 1963 (3): 57~116 (in Chinese)
- 5 傅玲娟, 袁沛元. 广东海南野生荔枝多种类型的发现. 中国果树, 1983 (4): 17~19
Fu L J, Yuan P Y. Investigation of various wild litchi in Guangdong, Hainan. China Fruits, 1983 (4): 17~19 (in Chinese)
- 6 裴胜基. 云南发现野生荔枝. 热带植物研究, 1974 (6): 36~40
Pei S J. Wild litchi was found in Yunnan. Tropical Plant Research, 1974 (6): 36~40 (in Chinese)
- 7 吴淑娴. 中国果树志·荔枝卷. 北京: 中国林业出版社, 1998. 1~68
Wu S X. Record of China fruits—volume litchi. Beijing: China Forest Press, 1998. 1~68 (in Chinese)
- 8 袁沛元, 卓辽志, 钟杨伟, 何铜昌. 海南岛荔枝种质资源考察报告. 见: 华南热带作物科学研究院, 中国农业科学院作物品种资源研究所主编: 海南岛作物(植物)种质资源考察文集. 北京: 农业出版社, 1992. 141~148
Yuan P Y, Zhuo L Z, Zhong Y W, He T C. Report of investigation on litchi germplasm in Hainan Island. In: Chinese Academy of Tropical Crops Sciences, Institute of Crop Cultivar Germplasm of Chinese Academy of Agriculture Sciences ed. Compus of investigation on crop germplasm in Hainan Island. Beijing: Agriculture Press, 1992. 141~148 (in Chinese)
- 9 荔枝资源课题组. 海南荔枝稀优种质资源的鉴定及筛选利用研究初报. 热带作物研究, 1995 (3): 28~31
Group of Litchi Germplasm. Primary report on identification, selecting and utility of rare and superior litchi germplasm in Hainan. Research on Tropical Crops, 1995 (3): 28~31 (in Chinese)
- 10 郑有诚. 海南荔枝栽培品种. 荔枝龙眼科技通讯, 1994 (4): 38~40
Zheng Y C. Cultivated litchi cultivars in Hainan. Communications on Science and Technology of Litchi and Longan, 1994 (4): 38~40 (in Chinese)
- 11 黄乃熙. 海南荔枝种质资源开发历史回顾与前瞻. 热带作物科技, 1994 (5): 27~29
Huang N X. Review and prospect on development of Hainan litchi germplasm. Science and Technology of Tropical Crops, 1994 (5): 27~29 (in Chinese)
- 12 王贵忱. 大德本《南海志》残卷跋. 广州师院学报(社会科学版), 1999, 20 (3): 43~45
Wang G C. Postscript to the remaining volumes of Nanhai Chronicles published in dade years of the Yuan dynasty. Journal of Guangzhou Normal University (Social Edition), 1999, 20 (3): 43~35 (in Chinese)
- 13 广东省农业科学院. 广东荔枝志. 广州: 广东科学技术出版社, 1978. 156页
Guangdong Agriculture Academy. Records of litchi in Guangdong. Guangzhou: Guangdong Science and Technology Press, 1978. 156p (in Chinese)
- 14 海南行署农垦局. 海南火山地区荔枝选种工作报告. 海南农垦科技, 1965 (增刊): 1~12
Farming Office of Hainan. Report on litchi selection breeding in Hainan volcano area. Science and Technology of Hainan Farming, 1965 (Suppl.): 1~12 (in Chinese)
- 15 徐祥浩. 荔枝的新变种——野生荔枝. 华南农学院学报, 1983, 4 (2): 32~34
Xu X H. A new variety of *Litchi chinensis* Sonn.—wild litchi. Journal of South China Agricultural College, 1983, 4 (2): 32~34 (in Chinese)
- 16 陈业渊, 邓穗生, 张 欣, 魏守兴, 高爱平, 王家保, 周 斌. 海南部分荔枝种质的 RAPD 分析. 园艺学报, 2004, 31 (2): 224~226
Chen Y Y, Deng S S, Zhang X, Wei S X, Gao A P, Wang J B, Zhou B. RAPD analysis of genetic relationship among partial litchi germplasm in Hainan Island. Acta Horticulturae Sinica, 2004, 31 (2): 224~226 (in Chinese)
- 17 王家保, 邓穗生, 刘志媛, 刘玲枝, 杜中军, 徐碧玉, 陈业渊. 海南主要荔枝 (*Litchi chinensis* Sonn.) 栽培品种的 RAPD 分析.

- 农业生物技术学报, 2006, 14 (3): 391~396
- Wang J B, Deng S S, Liu Z Y, Liu L Z, Du Z J, Xu B Y, Chen Y Y. RAPD analysis on main cultivars of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) in Hainan. Journal of Agriculture and Biotechnology, 2006, 14 (3): 391~396 (in Chinese)
- 18 姚庆荣. 用 SSR 标记对中国荔枝 (*Litchi chinensis* Sonn.) 野生种质资源的遗传多样性分析: 硕士学位论文 1 海口: 华南热带农业大学, 2004. 53页
- Yao Q R. Genetic polymorphism analysis on Chinese wild litchi germplasm by SSR markers [M. D. Dissertation] Haikou: South China University of Tropical Agriculture, 2004. 53p (in Chinese)
- 19 李明芳. 荔枝 SSR 标记的研究及其对部分荔枝种质的遗传多样性分析: 博士学位论文 1 海口: 华南热带农业大学, 2003. 85页
- Li M F. Development of SSR markers in litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) and application for analysis of genetic diversity within litchi varieties [Ph. D. Dissertation] Haikou: South China University of Tropical Agriculture, 2003. 85p (in Chinese)
- 20 柳建良. 荔枝种质多样性及其保护与发展. 韶关学院学报 (自然科学版), 2005, 26 (9): 76~80
- Liu J L. Analysis of litchi germplasm diversity, conservation and development. Journal of Shaoguan University (Natural Science), 2005, 26 (9): 76~80 (in Chinese)
- 21 陈业渊, 高爱平, 刘康德. 海南发展荔枝龙眼生产的现状、存在问题及对策探讨. 热带作物研究, 1997 (3): 9~14
- Chen Y Y, Gao A P, Liu K D. The present status, problems and strategy of litchi and longan industry in Hainan. Research on Tropical Crops, 1997 (3): 9~14 (in Chinese)
- 22 李建国, 黄旭明, 黄辉白, 周碧燕. 大果型和小果型荔枝品种果实发育细胞学和生理学比较. 果树学报, 2002, 19 (3): 158~162
- Li J G, Huang X M, Huang H B, Zhou B Y. A cytological and physiological study of large and small-sized litchi cultivars fruit. Journal of Fruit Science, 2002, 19 (3): 158~162 (in Chinese)
- 23 陈健辉, 杨俊慧, 潘坤清. 无核荔枝假种皮发育过程的研究. 广西植物, 2001, 21 (4): 362~366
- Chen J H, Yang J H, Pan K Q. Study on developmental process of aril of seedless litchi. Guihaia, 2001, 21 (4): 362~366 (in Chinese)
- 24 陈健辉, 杨俊慧, 潘坤清, 刘颂颂. 无核荔枝胚胎异常发育的研究. 植物学通报, 1998, 15 (增刊): 95~100
- Chen J H, Yang J H, Pan K Q, Liu S S. Study on abnormal development of embryo of seedless litchi. Chinese Bulletin of Botany, 1998, 15 (Suppl): 95~100 (in Chinese)
- 25 王廷标. 无核荔枝新株系的发现及温敏无核理论和无核技术研究. 热带作物科技, 1997 (5): 1~7
- Wang T B. Report on new seedless litchi varieties, theory of temperature-induced seedless and the development of seedless-fruitlet technology. Science and Technology of Tropical Crops, 1997 (5): 1~7 (in Chinese)
- 26 杨应华, 李 蕾, 余延年. 温敏无核荔枝的种子败育和果实发育研究. 海南师范学院学报 (自然科学版), 2002, 15 (2): 71~74
- Yang Y H, Li L, Yu D N. Research on the seed abortion and fruit development in a seedless litchi strain. Journal of Hainan Normal University (Natural Edition), 2002, 15 (2): 71~74 (in Chinese)
- 27 范仲先. 新型水果——无核荔枝. 资源开发与市场, 2000 (3): 30
- Fan Z X. New type of fruit—seedless litchi. Development and Marketing of Germplasm, 2000 (3): 30 (in Chinese)
- 28 周碧燕, 季作梁, 叶永昌, 招晓东, 叶耀雄. 荔枝果实发育期间内源激素含量的变化. 园艺学报, 1998, 25 (3): 236~240
- Zhou B Y, Ji Z L, Ye Y C, Zhao X D, Ye Y X. Changes of endogenous hormones in litchi fruits during fruit development. Acta Horticulturae Sinica, 1998, 25 (3): 236~240 (in Chinese)
- 29 襍维言. 无核荔枝花与果实发育相关基因的克隆和功能分析: 博士学位论文 1 海口: 华南热带农业大学, 2005. 91页
- Xuan W Y. Cloning and functional analysis of flower and fruit development related to genes of seedless litchi: [Ph. D. Dissertation] Haikou: South China University of Tropical Agriculture, 2005. 91p (in Chinese)
- 30 李 蕾. 无核荔枝胚败育相关蛋白的分离与鉴定及相关基因克隆: 博士学位论文 1 海口: 华南热带农业大学, 2006. 104页
- Li L. Isolation and identification of protein and cloning of genes both related to embryo-abortion of seedless litchi: [Ph. D. Dissertation] Haikou: South China University of Tropical Agriculture, 2006. 104p (in Chinese)
- 31 易干军, 霍合强, 陈大成, 黄自然, 蔡长河, 邱燕平. 荔枝品种亲缘关系的 AFLP 分析. 园艺学报, 2003, 30 (4): 399~403
- Yi G J, Huo H Q, Chen D C, Huang Z R, Cai C H, Qiu Y P. Studies on genetic relationship among litchi varieties by using AFLP. Acta Horticulturae Sinica, 2003, 30 (4): 399~403 (in Chinese)
- 32 刘成明. 荔枝 (*Litchi chinensis* Sonn.) 分子遗传图谱构建和种质资源分析: 博士学位论文 1 广州: 华南农业大学, 2001. 124页
- Liu C M. Construction of molecular genetic map and germplasm analysis of litchi: [Ph. D. Dissertation] Guangzhou: South China University, 2001. 124p (in Chinese)
- 33 丁晓东, 吕柳新, 陈晓静, 关 雄. 利用 RAPD 标记研究荔枝品种的亲缘关系. 热带亚热带植物学报, 2000, 8 (1): 49~54
- Ding X D, L ü L X, Chen X J, Guan X. Identifying litchi cultivars and evaluating their genetic relationships by RAPD markers. Journal of Tropical and Subtropical Botany, 2000, 8 (1): 49~54 (in Chinese)
- 34 姜成东, 王家保, 蔡胜忠, 卢业凌. 海南部分荔枝资源同工酶分析. 见: 彭 明. 中国热带作物学会遗传育种专业委员会 2005 年学术研讨会论文集. 海口: 海南出版社, 2005. 97~102
- Jiang C D, Wang J B, Cai S Z, Lu Y L. Isoenzyme analysis of some Hainan litchi germplasm. In: Peng M. ed. Copus of 2005 congress of genetic and breeding society, Chinese association of tropical crops. Haikou: Hainan Press, 2005. 97~102 (in Chinese)