

龙眼种质资源亲缘关系的研究进展

钟凤林^{1a,1b}, 林琳^{1a}, 潘东明^{1a,1b*}, 郭志雄^{1a},
郑诚乐^{1a,1b}, 曾长明^{1a,2}, 蓝志福^{1a,3}

(1. 福建农林大学, a. 园艺学院; b. 园艺产品贮藏保鲜研究所, 福州 350002; 2. 漳州芫城区
林业局, 福建漳州 363000; 3. 漳州职业技术学院, 福建漳州 363000)

摘要: 龙眼(*Dimocarpus longana* Lour.)种质资源是龙眼育种研究的基础。种质资源的研究将为探讨龙眼起源、进化、分类、育种和资源保护与利用提供科学依据。从形态学、孢粉学、同工酶和分子生物学等方面综述了龙眼种质资源亲缘关系的研究进展,探讨了龙眼亲缘关系的研究现状、前景及尚待解决的问题,并分析了今后开展龙眼种质资源亲缘关系研究的方向与重点。

关键词: 龙眼; 种质资源; 亲缘关系

中图分类号: S667.202.4

文献标识码: A

文章编号: 1005-3395(2007)06-0554-05

Advances in the Genetic Relationship of Longan Germplasm Resources

ZHONG Feng-lin^{1a,1b}, LIN Lin^{1a}, PAN Dong-ming^{1a,1b*}, GUO Zhi-xiong^{1a},
ZHENG Cheng-le^{1a,1b}, ZENG Chang-ming^{1a,2}, LAN Zhi-fu^{1a,3}

(1a. College of Horticulture; 1b. Institute of Storage Science and Technology of Horticultural Products, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China; 2. Forestry Bureau of Xiangcheng, Zhangzhou 363000, China; 3. Zhangzhou Institute of Technology, Zhangzhou 363000, China)

Abstract: Longan germplasm resources are very important for the breeding study. The genetic relationships of germplasm resources are the scientific basis for longan's origin, evolution, classification, breeding and application. The research advances in genetic relationships of longan germplasm are reviewed in the following aspects: morphology, palynology, biochemistry and genetics. The prospects of longan germplasm resources are also discussed.

Key words: Longan; Germplasm resources; Genetic relationship

龙眼(*Dimocarpus longana* Lour.)是无患子科(Sapindaceae)龙眼属植物。该属中的栽培种龙眼具有约2000年的栽培历史。由于生态环境适宜,龙眼经自然演化与人工栽培,产生了丰富的种质,据不完全统计,龙眼有400多个品种,分布在中国、印度、菲律宾、泰国和越南等地。我国是龙眼的原产地之一,龙眼的栽培面积和产量居世界首位。其食用价值和药用价值一直声誉卓著^[1]。然而,龙眼生产上存在大小年结果和单产低、品种良莠不一等主要问题,严重限

制了龙眼生产的发展^[2]。种质资源是现代育种和生物技术研究的基础,是龙眼价值的重要体现。有关龙眼种质资源的研究将为探讨龙眼的起源、进化、分类、育种和资源保护、利用提供科学依据。对于龙眼种质资源亲缘关系的研究主要集中在形态学、孢粉学、同工酶和分子生物学等方面。近年来,有关方面曾就此花大力气进行了多方面研究,均取得显著成绩,并建立了国家果树种质福州龙眼圃。本文对龙眼种质资源亲缘关系的相关研究进展进行综述。

收稿日期: 2007-04-23 接受日期: 2007-07-19

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2007BAD07B01)资助

* 通讯作者 Corresponding author

1 龙眼种质资源亲缘关系的研究现状

中国拥有丰富的龙眼遗传资源, 种类多, 分布广, 野生、半野生变种多。在我国的云南和海南分布有野生龙眼。云南野生龙眼的自然分布区, 西南部南起孟连县南垒河流域及其分支水系, 北到施甸县波多河流域, 已发现野生龙眼大树 7 万多株, 其中孟连县约有 2 万多株, 临沧县澜沧江流域约有 3 万多株, 耿马县、镇康县各约有 1 万多株, 施甸县、永德县共约有 5 000 株。海南野生龙眼分布在岛的中部、南部、西南部的五指山区、尖峰岭、万盖岭、坝王岭等热带半落叶季雨林中^[1]。龙眼种质亲缘关系研究经历了形态学、孢粉学、同工酶和分子生物学 4 个阶段。

1.1 形态学和孢粉学研究

形态学标记是根据植物的外部特征, 如枝干、叶片、花器、果实、种子等的差异对种质资源进行分类。形态学标记具有简单直观的特点, 形态特点便于观察和获取, 形态变化复杂多样, 长期以来为分类学、育种学和栽培学工作者所采用, 研究历史最长。至今, 形态学标记仍是辨别、鉴别种类和品种最基本的依据, 目前龙眼的种质鉴定仍依据最鲜明的形态特征进行区分、分类和命名^[2]。而花粉学标记是用花粉的形态特征来辨别的方法, 花粉的形态特征受植物基因型控制而不受外界条件影响, 是探讨植物起源、演化及亲缘关系的重要特征之一。在应用孢粉学方法进行龙眼种质鉴定分类时要注意即使同一品种花粉粒之间也存在个体差异, 所以仅以个别花粉性状的差异作为分类鉴定依据有时并不可靠, 必须结合其它指标进行综合考察。花粉显微镜观察虽然能区分部分品种, 甚至芽变, 但总体上其变异较小且规律性不明显。细胞学标记是一种利用染色体核型、分带带型、减数分裂的行为分析等进行植物分类的方法。染色体研究的实验条件相对简单、快捷, 尤其是结合分带技术可以揭示出大量染色体结构的变异, 但是由于染色体制片技术和分辨率的限制, 核型分析应用于品种鉴定还有一定的难度, 随着植物染色体制片技术的日益成熟和各种分带技术、染色体原位杂交技术等的发展和运用, 细胞学方法将来可能成为龙眼品种资源鉴定的有效手段。

龙眼是常绿乔木, 树皮茶褐色, 有纵裂。羽状复叶, 互生, 小叶 2-5 对, 革质, 椭圆形至卵状披针形, 长 5-15 cm, 先端短尖或稍钝, 基部偏斜, 叶背面沿

中脉和侧脉微被星状绒毛, 脉腋常有腺体。花小, 直径 4-5 mm, 花瓣 5、匙形, 黄白色, 内面有毛, 雄蕊 6-10 枚, 柱头 2 裂, 反卷。果皮黄褐色, 粗糙, 具有不明显的小疣体。假种皮白色, 肉质, 内有褐色种子 1 颗, 无胚乳, 富含淀粉。染色体 $2n=30$ 。

利用龙眼的形态学特征对龙眼种质资源的亲缘关系、起源、进化和分类进行了大量的研究^[3-5]。李永清^[6-7]对云南野生龙眼和栽培龙眼进行了研究, 认为花器官性状在野生龙眼与当代栽培品种中基本相似, 是最为稳定的遗传性状; 果肩平或无果肩者属原始特征, 果肩一高一低, 凸出显著者是进化特征; 叶型较大者是原始特征, 叶型趋小者是进化特征; 长尾状叶尖是原始特征, 渐尖、短尖是中间型特征, 圆钝、乃至凹陷者是进化特征; 小叶柄长、排列稀是原始特征, 小叶柄短、排列密集重迭是进化特征; 其认为龙眼的进化规律是从大叶龙眼进化到龙眼(小叶)进而到钝叶龙眼。黄金松^[8]根据龙眼复叶中小叶形态和叶片大小将龙眼分为 3 种类型: 大叶型、小叶型和圆叶性。该方法有一定意义, 但叶片大小受生长环境影响非常大, 因此该方法有待进一步改进。李金珠^[9]对龙眼的双受精过程进行了详细观察, 为探讨受精过程和胚胎发育等的不同提供胚胎学资料。柯冠武等^[10-11]以龙眼种子的顶面观形态为第一级分类标准, 结合胎座束的形状和突起显隐程度为第二级标准, 雌花柱头开裂状及叶形为第三级标准, 提出福建龙眼分为 3 个品种群 6 大类。董文升^[12]也用电子显微镜摄影测量技术对龙眼花粉形态进行了研究。

但形态学标记易受到环境条件影响, 形态特征标记数量少, 常与有害或不利的性状连锁, 数量性状基因等位常需要严格控制实验环境, 因此使用其鉴别的结果有很大的误差, 同时在使用过程中主观因素较多, 分类上存在着较多的分歧。因此, 形态学还需要其它的方法进行辅助鉴别。

1.2 生化标记研究

生化标记主要是指同工酶和贮藏蛋白质等方法。同工酶作为基因的分子表型, 是一个比较灵敏的遗传指标, 在植物生长发育过程中随着基因的表达, 引起酶和同工酶的变化, 进而指示形态建成。同工酶标记是目前果树品种鉴定、雌雄株鉴别、研究系统与演化的一项重要手段^[13]。同工酶标记在分析生物繁殖、体细胞杂交、染色体倍性、基因分化和表达、生物多样性保护等方面有着重要意义。果树同工酶研究

几乎涉及到所有种类的树种^[4]。同工酶作为遗传标记对果树品种进行鉴定在 20 世纪 80 年代已是一项成熟的技术,已被广泛应用。陈熹等^[5]对福建 32 个主要龙眼品种(系)、石硖和泰国的苗翘进行过氧化物酶同工酶分析,共产生 6 条酶带,2 条在慢区,4 条在中区,根据酶谱的差异把供试的品系分为 14 个表现型,分成 3 大类。李建光等^[6]运用过氧化物酶、多酚氧化酶、儿茶酚氧化酶、细胞色素氧化酶、过氧化氢酶和超氧化物歧化酶等 6 种同工酶技术对广东的 39 个龙眼品种进行了分类研究,通过模糊聚类方法进行分析,将 39 个品种(系)分成 13 类,同类之间亲缘关系较近,不同类之间亲缘关系较远。苏伟强等^[7]对广西主要龙眼品种的过氧化物酶同工酶进行分析,12 个品种共得到 6 条基本谱带,认为 $P_2R_1=0.22$ 是龙眼的特征酶谱带,把 12 个品种分为 3 组。肖艳^[8]对广东 6 个主栽品种进行过氧化物酶分析,与李建光的分析结果相似。柯冠武等和刘舒芹等^[9-20]采用同工酶法研究龙眼的品种分类,结果存在较大的差异,而且品种群较少。苏伟强等^[21]利用植物学特征及同工酶分析了龙眼新株系细核脆香,认为它是不同于目前主栽龙眼品种的一个新单株。

同工酶作为龙眼品种鉴定、雌雄株鉴别、系统研究的重要手段,在种质资源的研究上发挥了很大的作用,但也有弱点:1. 可供分析的酶种有限,而且容易受组织器官发育阶段的影响,不能对一些性状相近的品种做出完全正确的鉴定;2. 存在信息量不足的问题;3. 同工酶的谱带型式会因构成该酶的多态数目、编码基因位点数目及个体基因组组成而变化,这种电泳表型既有它的遗传背景,凝胶上的酶谱会受生理和人为等因素的影响,并不能直接反映 DNA 水平的情况。

1.3 分子标记

分子标记是检测种质资源遗传多样性的有效工具。果树上应用的 DNA 分子标记方法主要有 RFLP、RAPD、SSR、ISSR、SPAR、AFLP、VNTR、STS、SCAR 等。这些分子标记方法各有优缺点,在特定的研究领域中有不可替代的作用。果树中存在许多天然杂种,有些品种是经过实生选种或采用混合花粉杂交选育而成,分子标记可以判断这些品种或类型的亲本,进行品种的亲系鉴定。在果树育种上,早期选择更有意义。分子标记辅助选择可大大提高选择的准确性和育种效率。应用 DNA 分子标记来构建遗传连锁图谱,比基于性状分离的传统作图方式速度快、效率高^[22-30]。

目前,开展龙眼分子标记研究主要有 RAPD 标记与 AFLP 分析^[31-33]。林同香等^[34]用 RAPD 从 DNA 水平分析了龙眼品种间的亲缘关系,对 31 个品种或单株进行分类,把龙眼分为 6 大类:水涨乌龙岭类、赤壳处暑本类、东壁类、立冬本类、南湖焦核类、荔枝本类。陈有志等^[35]应用 RAPD 技术对热引 17 号、石硖、储良、大乌眼、广眼 5 个品种进行了分析,澄清了热引 17 号与其它 4 个品种为同物异名的可能。钟伟等^[36]应用 RAPD 分析了热带龙眼四季蜜与常规龙眼品种的遗传差异。Yoshimi 等^[37]对 22 份龙眼资源应用 26 条随机引物进行遗传多样性和亲缘关系分析,共扩增出 190 个位点,其中多态性位点 102 个,聚类分析结果认为台湾的“Fungkok”、中国的“Fukuyan”、马来西亚的“Malay”比较独特,各为一组,而其他的 19 个品种分为 2 组。易干军等^[38]用 AFLP 对 46 份龙眼 DNA 材料进行遗传多样性及亲缘关系分析,根据各材料之间的相似系数构建亲缘关系树状图。在相似系数 0.76 水平上将供试材料分为 11 个品种群。林同香^[39]应用 AFLP 标记和部分 *rbcl* 基因系列分析中国龙眼的遗传多样性,表明所有的龙眼品种与荔枝的遗传距离都比较远;9 条引物对 41 份龙眼资源分析共获得 66 个 AFLP 标记,“Miaoqiao”与中国的 40 个品种不同;4 个红核子品种存在着多态性;3 个东壁龙眼存在着变化。钟凤林^[40]对 95 份龙眼遗传资源和 1 份元红荔枝材料进行 RAPD 扩增分析,选用 18 条引物共产生 197 条扩增带,每条引物产生 10.944 条带;其中最多的 S207 产生 15 条带;最少的是 S234 产生 7 条带,根据 RAPD 表型数据矩阵建立亲缘关系聚类树状图,以结合距离 $D=0.75$ 为界,将 95 个龙眼遗传资源分为中国龙眼和泰国龙眼两大品种群;以结合距离 $D=0.6$ 为界,又将 89 份中国龙眼遗传资源分为红核子类、储良-东壁类、福眼-乌龙岭类 3 大类;以 $D=0.4$ 为界,把供试的 89 份中国龙眼遗传资源分为 11 组。钟凤林^[41]还将 POD 同工酶与 RAPD 结合起来进行研究,克服了单一标记的不足,确立了以分子标记为主,同工酶标记辅助的分析方法。王心燕^[42]用双引物 RAPD 成功鉴定了“石硖”龙眼芽变系。高慧颖等^[43]对不同地域有代表性的 16 个基因型龙眼进行遗传分析,表明龙眼有丰富的遗传多样性。

分子标记是检测种质遗传多样性的有效工具,分子标记技术的优点是快速、准确,多态性高,不受

组织类别、发育时期和环境影响,它克服了传统研究方法的许多不足,更能反映龙眼品种的遗传特点。但是 RAPD 标记在绝大多数情况下是显性标记,不能区分显性纯合基因型和杂合基因型;RAPD 对反应条件极为敏感;RAPD 技术通用性较差。因此需要多种标记相结合及进一步发展分子标记的先进方法,从而提高分析的准确率,克服主观因素,使其更加完善,在龙眼种质资源的研究利用上发挥更大的作用。

2 问题与展望

长期以来,龙眼品种间存在着伪劣假苗、严重的同物异名和同名异物现象,但是,利用形态指标进行品种鉴定时,一般要涉及到果实的经济性状,在结果之前或未挂果时难以准确鉴定。大多数龙眼品种在幼苗期无法用常规的形态学方法鉴别,导致伪劣假苗屡禁不止,多年生的龙眼等到结果后才发现品种有误,造成惨重的损失。因此了解龙眼遗传多样性可为龙眼遗传资源的科学利用提供强有力的证据^[44-46]。通过研究物种的遗传结构,有助于阐明自然条件下植物变异性质与环境之间的关系以及物种形成的机理,对物种的系统与进化生物学问题及种质资源的保存、利用具有重要的意义^[47]。龙眼分类经历了形态学、孢粉学、同工酶和分子生物学4个阶段。这4种方法在分类目的上具有一致性,在分类结果上有一定的延续性,表现出合理性。龙眼种质资源库的建立,确立了中国是龙眼的起源中心之一的地位。朱建华等^[47]总结了广西龙眼种质资源的特点,综述了广西龙眼种质资源调查、亲缘关系和引种、品种选育研究进展,并提出进一步开展研究利用的建议。但是龙眼种质资源亲缘关系的研究仍存在许多急待解决的问题:1. 龙眼分类仍然是按照形态指标为主,存在极大的主观因素,分类结果有许多分歧;2. 龙眼种质资源亲缘关系的研究仍有争议;3. 关于龙眼的起源和进化至今仍无定论;4. 龙眼种质资源的研究中所用的材料和种类不完全相同,且没有代表龙眼的全部资源;5. 龙眼分类学、遗传学关系很模糊,对龙眼的系统发育关系及分类情况仍缺乏完整的了解。

形态学、孢粉学、同工酶等研究方法存在信息量不足,主观影响大的问题,而分子标记技术有较大的优点。今后龙眼种质资源亲缘关系的研究将是

充分利用我国的资源优势,以分子标记为主,不断提高和完善分子标记技术、基因组测序技术,重点研究种质资源的鉴定分类、亲缘关系分析和遗传多样性检测、指纹图谱的构建及遗传作图、目标基因定位及其连锁图谱绘制等方面的内容,为科学合理开发利用龙眼资源提供指导。

参考文献

- [1] 邱武陵. 中国果树志(龙眼枇杷卷) [M]. 北京: 中国林业出版社, 1996:3-13.
- [2] Ke G W(柯冠武), Lin J B(林经波), Chen X(陈熹), et al. A preliminary study on group classification of major Fujian longan varieties [J]. Fujian Acad Agri Sci(福建农科院学报), 1988, 3(2): 63.(in Chinese)
- [3] 曲泽洲, 孙云蔚. 果树种类论 [M]. 北京: 农业出版社, 1990:323-327.
- [4] 庄卫东, 林文忠, 郑金水, 等. 早熟龙眼品种比较研究初报 [J]. 福建农业科技, 2001(5):20-23.
- [5] Lin W Z(林文忠), Zhuang W D(庄卫东), Chen Q X(陈清西), et al. A preliminary study on germplasm comparison experiment of medium mature longan [J]. Subtrop Plant Sci(亚热带植物科学), 2003, 31(4):21-25.(in Chinese)
- [6] Lee Y Q(李永清). An investigation on wild longan (*Dimocarpus longana* Lour.) in Yunnan [J]. Acta Hort Sin(园艺学报), 1985, 12(4):223-226.(in Chinese)
- [7] Lee Y Q(李永清). On genetic evolution and population ecology of *Dimocarpus longana* Lour. [J]. J Yunnan Agri Univ(云南农业大学学报), 1989, 4(1):47-51.(in Chinese)
- [8] 黄金松. 龙眼 [M]. 福州: 福建人民出版社, 1980:40-60.
- [9] Li J Z(李金珠). Studies on fertilization of *Dimocarpus longana* [J]. Acta Hort Sin(园艺学报), 1984, 11(4):243-247.(in Chinese)
- [10] Ke G W(柯冠武), Wang C C(王长春), Tang Z F(唐自法). Palynological studies on the origin of longan cultivation [J]. Acta Hort Sin(园艺学报), 1994, 21(4):323-328.(in Chinese)
- [11] Ke G W(柯冠武), Huang J H(黄进华), Shao X H(邵小华). Pollen morphology and systemetic position on different varieties of *Dimocarpus longana* Lour. [J]. Acta Hort Sin(园艺学报), 1988, 15(2):109-110.(in Chinese)
- [12] 董文升, 邵小华. 龙眼花粉形态扫描电子显微镜摄影测量的研究 [J]. 中国科学, 1988, 9:944-953.
- [13] 赖德 C C, 泰勒 C B. 同工酶 [M]. 北京: 科学出版社, 1987:8.
- [14] Chen G L(陈国梁), Chen Z L(陈宗礼), Feng X D(冯晓东). Investigation on the conception of isozyme [J]. J Yanan Univ (Nat Sci)(延安大学学报: 自然科学版), 2003, 22(2):67-69.(in Chinese)
- [15] 陈熹, 柯冠武. 应用过氧化物酶同工酶分析对福建龙眼品种的分类初探 [J]. 中国果树, 1989(1):18-21.
- [16] 李建光, 潘学文, 胡桂兵, 等. 广东龙眼主要品种的同工酶分析及分类 [J]. 广东农业科学, 1997(3):21-23.

- [17] 苏伟强, 黄海滨, 陆玉英, 等. 广西主要龙眼品种过氧化物酶同工酶分析初报 [J]. 广西农业科学, 1997(3):121-128.
- [18] Xiao Y(肖艳), Huang J C(黄建昌), Chen Z S(陈赞盛), et al. Studies on isozymes of peroxidase of 6 main cultivars of longan [J]. J Zhongkai Agrotechn Coll(仲恺农业技术学院学报), 1998, 11(3):34-38.(in Chinese)
- [19] Xiao Y(肖艳), Huang J C(黄建昌), Gao P F(高平飞), et al. Research into the relationship between isoperoxidase and grafting affinity in longan (*Euphoria longana*) [J]. J Southwest Agri Univ(西南农业大学学报), 2001, 23(1):70-72.(in Chinese)
- [20] Liu S Q(刘舒芹), Shen D X(沈德绪), Lin B N(林伯年). Analysis of the isoenzymes of peroxidase and polyphenol oxidase of 52 cultivars of longan (*Dimocarpus longana* Lour.) and their taxonomic relationships [J]. Acta Hort Sin(园艺学报), 1988(4):217-221.(in Chinese)
- [21] 苏伟强, 刘业强, 彭宏祥, 等. 龙眼新株系细脆香的植物学特征及同工酶分析 [J]. 中国南方果树, 2004, 33(1):27-28.
- [22] 邹喻苹. RAPD 分子标记简介 [J]. 遗传多态性, 1995, 3(2):104-108.
- [23] 李汝刚. 分子标记在苹果品种鉴定中的应用 [J]. 生物技术通讯, 1997(1):17-20.
- [24] 李发芳, 罗正荣, 蔡礼鸿. RAPD 技术在果树上的应用 [J]. 果树科学, 1998, 15(3):256-260.
- [25] Zhang T P(张太平). Molecular markers and the application in ecology [J]. Ecol Sci(生态科学), 2000, 19(1):51-58.(in Chinese)
- [26] 李钧敏, 边才苗. RAPD 技术在生物遗传多样性研究中的应用 [J]. 生物学通报, 2001, 36(12):31-32.
- [27] Peng J Y(彭建营), Shu H R(束怀瑞), Sun Z X(孙仲序). Application prospects of molecular markers in the research of fruit germplasm resources [J]. J Shandong Agri Univ(山东农业大学学报), 2001, 32(1):103-106.(in Chinese)
- [28] Du D L(杜道林), Su J(苏杰), Zhou P(周鹏), et al. RAPD technique and its application in plant germplasm and genetic breeding [J]. J Hainan Norm Univ (Nat Sci)(海南师范学院学报:自然科学版), 2002, 15(3/4):220-224.(in Chinese)
- [29] Liu X L(刘雄伦), Li X(李楠). Application of RAPD in plant genetics and breeding [J]. Progr Biotechn(生物工程进展), 2000, 20(5):21-24.(in Chinese)
- [30] Wu S H(吴少华), Zhang D S(张大生). A review of RAPD and its application to fruit trees [J]. Subtrop Plant Sci(亚热带植物科学), 2002, 31:1-6.(in Chinese)
- [31] Xiao X(肖璇), Sun M(孙敏), Wang X Y(王心燕), et al. Study on genomic DNA extraction from recalcitrant *Dimocarpus longana* Lour. [J]. Biotechnology(生物技术), 2005, 15(1):44-47.(in Chinese)
- [32] Xiao X(肖璇), Sun M(孙敏), Wang XY(王心燕), et al. Identification of large fruit and sweet osmanthus flavour sport from 'Shixia' longan using RAPD marker [J]. Acta Hort Sin(园艺学报), 2005, 32(4):684-687.(in Chinese)
- [33] 林同香. 龙眼分子生物学基础研究 [D]. 福州: 福建农业大学, 1998:40.
- [34] Lin T X(林同香), Chen Z G(陈振光), Dai S L(戴思兰), et al. Taxonomic study of *Dimocarpus longana* by random amplified polymorphic DNA technique [J]. Acta Bot Sin(植物学报), 1998, 40(12):1159-1165.(in Chinese)
- [35] 陈有志, 刘成明. 龙眼品种 RAPD 鉴别及分析 [J]. 中国果树, 2001(4):28-29.
- [36] Zhong W(钟伟), Lin X D(林晓东), Zhu F D(朱芳德). Analysis of genetic difference of longan cultivars by random amplified polymorphic DNA [J]. Acta Sci Nat Univ Sunyatseni(中山大学学报:自然科学版), 2004(6):65-68.(in Chinese)
- [37] Yoshimi Y, Kashem C A, Hidenori K, et al. Cultivars identification and their genetic relationships in *Dimocarpus longana* subspecies based on RAPD markers [J]. Sci Hort, 2006, 109(2):147-152.
- [38] Yi G J(易干军), Tan W P(谭卫萍), Huo H Q(霍合强), et al. Studies on the genetic diversity and relationship of longan cultivars by AFLP analysis [J]. Acta Hort Sin(园艺学报), 2003, 30(3):272-276.(in Chinese)
- [39] Lin T X, Lin Y, Ishiki K. Genetic diversity of *Dimocarpus longana* in China revealed by AFLP markers and partial *rbcl* gene sequences [J]. Sci Hort, 2005, 103:489-498.
- [40] Zhong F L(钟凤林), Pan D M(潘东明), Guo Z X(郭志雄), et al. RAPD analysis of longan germplasm resources [J]. Chin Agri Sci Bull(中国农学通报), 2007, 23(7):558-563.(in Chinese)
- [41] Zhong F L(钟凤林). POD isoenzyme and RAPD analysis of longan (*Dimocarpus longana* Lour.) genetic resource [D]. Fuzhou: Fujian Agricultural and Forestry University, 2006:26-27.(in Chinese)
- [42] Wang X Y(王心燕), Xiao X(肖璇), Qiao A M(乔爱民), et al. RAPD studies on sport line of 'Shixia' longan with double primers [J]. Acta Hort Sin(园艺学报), 2006, 33(1):134-136.(in Chinese)
- [42] Gao H Y(高慧颖), Jiang F(姜帆), Chen X P(陈秀萍), et al. Random amplification polymorphic DNA (RAPD) analysis of the typical longan genotypes from different origins [J]. J Fujian For Sci Techn(福建林业科技), 2007, 34(1):67-73.(in Chinese)
- [43] Zhang C Y(张春叶), Zhu F L(朱凤林), Qiu Y H(邱煜辉), et al. Advances in variety resources, cultivation techniques and physiology of longan in China [J]. J Fujian Agri Univ(福建农业大学学报), 1999, 28(2):157-162.(in Chinese)
- [44] 李来荣, 庄伊美. 龙眼栽培 [M]. 北京: 农业出版社, 1983:52-58.
- [45] 柯冠武. 我国龙眼科技工作的进展与成就 [J]. 中国果树, 1989(4):6-8.
- [46] Pich U, Schubert I. Miniprep method for isolation of DNA from plants with a high content of polyphenolics [J]. Nucl Acids Res, 1993, 3(14):328.
- [47] Zhu J H(朱建华), Peng H X(彭宏祥), Su W Q(苏伟强), et al. Progress in germplasm resources and selective breeding of longan in Guangxi Province [J]. Subtrop Plant Sci(亚热带植物科学), 2002, 31:44-47.(in Chinese)