



## 研究报告

## Research Report

# 34 个龙眼品种的果实性状指标遗传多样性分析

郭栋梁<sup>✉</sup>, 韩冬梅<sup>✉</sup>, 潘学文<sup>✉</sup>, 李荣<sup>✉</sup>, 李建光<sup>✉</sup>

广东省农科院果树研究所, 农业部南亚热带果树生物学与遗传资源利用重点实验室, 广州, 510641

✉ 通讯作者: 550777196@qq.com ✉ 作者

分子植物育种, 2013 年, 第 11 卷, 第 1 篇 doi: 10.5376/mpb.cn.2013.11.0001

这是一篇采用 Creative Commons Attribution License 进行授权的开放取阅论文。只要对本原作有恰当的引用, 版权所有人允许并同意第三方无条件的使用与传播。

引用格式(中文):

郭栋梁等, 2013, 34 个龙眼品种的果实性状指标遗传多样性分析, 分子植物育种(online), 11(1): 1001-1007 (doi: 10.5376/mpb.cn.2013.11.0001)

引用格式(英文):

Guo et al., 2013, Genetic Diversity of 34 Longan Germplasm (*Dimocarpus longan* Lour) Based on Fruit Morphological Traits, Fenzi Zhiwu Yuzhong (online) (Molecular Plant Breeding), 11(1): 1001-1007 (doi: 10.5376/mpb.cn.2013.11.0001)

**摘 要** 本研究调查分析了 34 份龙眼种质资源果实的 14 个质量性状和 11 个数量性状指标, 以期了解其果实性状的多样性差异, 为龙眼果实性状的遗传分析提供依据。结果表明: 14 个龙眼果实质量性状指标的多样性指数差异较大, 表现较明显的多样性, 尤其是果实颜色、果肉颜色、果肉风味和种子颜色等性状指标的多样性最为明显。各数量性状表现出较高的遗传多样性, 其中单果重、横径和 TSS 含量的多样性最高。主成分分析结果表明, 各性状间的相关性较差。利用所调查的性状指标进行品种聚类分析, 当遗传距离为 4.35 时, 34 个品种聚为 7 类, 聚类结果和前人利用分子标记的部分结果一致。

**关键词** 龙眼; 种质资源; 表型性状; 多样性; 主成分分析

## Genetic Diversity of 34 Longan Germplasm (*Dimocarpus longan* Lour) Based on Fruit Morphological Traits

Guo Dongliang<sup>✉</sup>, Han Dongmei<sup>✉</sup>, Pan Xuewen<sup>✉</sup>, Li Rong<sup>✉</sup>, Li Jianguang<sup>✉</sup>

Key Laboratory of South Subtropical Fruit Biology and Genetic Resource Utilization, Ministry of Agriculture, Institute of Fruit Tree Research, Guang Dong Academy of Agriculture Science, Guangzhou, 510641, P.R. China

✉ Corresponding author, 550777196@qq.com; ✉ Authors

**Abstract** A Longan fruits of 34 varieties were investigated and analyzed based on the 14 fruit quality traits and 10 quantitative characters in order to clarify the diversities difference of fruit traits and provide scientific basis for the genetic analysis of fruit traits, The results showed 34 longan germplasm presented abundant phenotypic diversities in fruit quality traits, especially, The trait of fruit color, pulp color, fruit flavor and seed color had high variation. The phenotypic diversities of 10 quantitative characters had the great difference, the high variation was the trait of weight per fruit, fruit transverse diameter, TSS. By performing a factor analysis based on the principal component, there was no correlation among all traits, The results of cluster analysis showed that 34 longan germplasm were divided into the seven groups when the genetic distance index was 4.35. The part of result were concordant with the preiously result.

**Keywords** Longan; Germplasm; Morphological traits; Genetic Diversity; Main factor analysis

龙眼是我国热带、亚热带地区名优水果之一, 原产于我国华南地区, 在长期的自然进化过程中形成了丰富的资源库。目前我国拥有 300 多个品种(系), 占龙眼种质资源的 75%左右, 分布在广东、福建、广西、海南、四川、台湾等省(邱武陵和章恢

志, 1996, 中国林业出版社, pp.3-13)。丰富的资源储备是我们选育种的基础, 而对种质资源的综合评价则是选育种的首要工作。

表型多样性是在形态水平上对遗传多样性的阐述, 是遗传多样性与环境多样性的综合体, 是生物多样性的重要研究内容(王利松, 2009)。果树资源表型多样性研究逐渐受到育种家的重视, 研究的相关树种有苹果、杏、沙棘等(王昆等, 2008, 中国果树, 5: 20-25; 刘静等, 2004; 曾斌等, 2008; 吴琼等, 2007)。

收稿日期: 2012 年 11 月 30 日

接受日期: 2012 年 12 月 25 日

发表日期: 2013 年 03 月 01 日

基金项目: 广东省现代产业技术体系岭南水果专项龙眼栽培与耕作创新团队岗位体系项目(LNSG2011-09)

Copyright © 2013 5<sup>th</sup> Publisher



朱建华等(2006)应用主成分分析法和聚类分析法对广西的主要龙眼种质资源进行了遗传多样性研究,陈秀萍等(2006)连续 3 年对国家果树种质(福州)龙眼圃内不同基因型的 40 份龙眼种质果实性状进行测定与稳定性评价。

2009 年,本课题组对 19 个龙眼品种成熟果实的表现性状和品质指标进行了详细观察和记载,运用聚类分析法对其果实性状指标进行分类,并用主成分分析法简化了龙眼果实品质的评价指标(李建光等,2009)。

遗传多样性作为种质评价和利用的基础,可为基因资源的发掘提供必要的信息,表型多样性是遗传多样性的重要组成部分,对表型性状的评价是进行育种研究的重要依据。表型和基因型之间存在着基因表达、个体发育、调控等复杂的中间环节,利用表型差异来反映基因型差异具有重要的意义。在龙眼种质资源研究中,果实表型性状指标一直都是品种选育的重要衡量指标,对相关的表型性状指标的分析 and 探讨对指导龙眼遗传育种具有积极的意义。本研究中利用两季的龙眼果实表型性状数据分析 34 份龙眼资源的果实性状的遗传多样性,以期探讨果实性状的遗传规律。

## 1 结果和分析

### 1.1 14 个质量性状的多样性分析

从表 1 可以看出,34 份供试材料中,果形性状指标有圆形,扁圆形和心形三种类型,分别占到 44.1%,50.0%和 5.9%;果皮颜色性状分为五个级别,绿褐色为 41.2%,黄褐色为 44.1%,赤褐色为 2.9%,灰褐色为 8.8%,锈褐色为 2.9%;果肩性状分为耸肩和平肩两种类型:分别占 38.2%和 61.8%;龟裂片分明显和不明显,各占 70.6%和 32.4%;疣状突有明显和不明显,各占 29.4%和 67.6%;果肉分透明、半透明和不透明三个级别,各占 20.6%、67.6%和 11.8%;果肉颜色性状分四个级别,乳白色占 38.2%,蜡白色占 29.4%,黄白色占 17.6%,腊黄色占 14.7%;果肉风味性状分三个级别,淡甜占 17.6%,清甜占 58.8%,浓甜占 23.5%;果肉质地性状有中脆肉和软肉两种,各占 70.6%和 29.4%;果肉化渣性状中化渣占 85.3%,不化渣占 14.7%;果肉流汁性状中流汁占 41.2%,不流汁占 58.8%;果肉离核性状中离核占 91.2%,不离核占 8.8%;果实种子颜色性状分三个级别,红褐色占 26.5%,棕褐色占 23.5%,黑褐色占 50.0%;种子形状性状分三个级别,

中圆形占为 38.2%;扁圆形占为 58.8%;椭圆形占为 2.9%(表 1)。Shannon-Weinner 多样性指数(H')表明 14 个表型性状多样性指数差异较大,变化范围在 0.3 (化渣)和 1.32 (疣状突)之间(表 1),总体上表现出较高的遗传多样性,特别是疣状突、果肉质地、果肉透明度等性状的多样性最高。

### 1.2 11 个数量性状的多样性分析

8 项数值型指标的调查结果显示:各数量性状指标的遗传多样性差距不大,但都表现出丰富的遗传多样性。34 个品种的平均单果重为 11.63 g,其中陕西脆肉的单果重最低为 6.52 g,青壳宝圆的单果重最高为 16.07 g;34 个品种的平均可溶性固形物为 20.4%,青山接种最低为 14.75%,东壁最高为 26.00%;34 个品种的平均果皮厚度为 0.81 mm,其中沙梨木的果皮厚度最薄为 0.52 mm,大鼻龙的果皮厚度最厚为 1.21 mm;34 个品种的平均可食率为 65.37%,其中大鼻龙的可食率最低为 57.05%,龙优的可食率最高为 72.12%;34 个品种的平均果核重为 2.03 g,其中陕西脆肉的果核重最低为 0.97 g,公妈本的果核重最高为 2.77 g。Shannon-Weinner 多样性指数(H')表明 11 个数量表型性状多样性指数差异较大,变化范围在 0.61 (皮厚和肉厚)和 1.05 (单果重)之间(表 2),可见龙眼果实的 8 项数值型指标表现丰富的遗传多样性,特别是单果重、长横径、TSS 等性状的多样性指标最高。

### 1.3 依据数量性状指标进行品种聚类分析

依据单果量、纵径、横径指标进行果实大小聚类,依据肉厚率和可食率指标值进行果肉指标聚类,依据皮重率和皮厚率指标进行果皮指标聚类,依据果形指数进行果形指数聚类,依据 TSS 指标进行 TSS 聚类(表 3)。

34 个品种中大型果(1 类)有 12 个,占 35.3%;中型果(2 类)14 个,占 41.2%;小型果(3 类)有 8 个,占 23.5%。肉厚可食率高的品种有 23 个,占 67.6%(2 类);肉薄可食率低的品种有 11 个,占 32.4%(1 类);果皮薄的品种有 11 个,占 32.4%(1 类),果皮厚的品种有 23 个,占 67.6%(2 类);大核的品种有 20 个,占 58.8%(1 类),小核的品种有 14 个,占 41.2%(2 类);可溶性固形物(TSS)高的品种有 9 个,占 26.5%(1 类),可溶性固形物(TSS)中的品种有 17 个,占 50%(3 类),可溶性固形物(TSS)低的品种有 8 个,占 23.5%(2 类);果形近圆形的品种有 18 个,占 52.9%(1 类),果形椭圆形的品种有 16 个,占 47.1%(2 类)。

表 3 基于 11 个数量性状指标对 34 个龙眼品种进行聚类的结果

Table 3 The clustering results of 34 varieties according to the 11 quantitative characters

品种 Varieties	果实大小 Fruit	皮厚指标 Fruit skin thickness index	TSS Soluble sugar content	核重率 Seed weight rate	果肉指标 Pulp index	果形指数 Fruit shape index
1	2	1	3	1	1	2
2	3	2	2	2	2	2
3	3	2	3	2	2	2
4	2	1	1	1	1	2
5	2	2	2	1	1	1
6	2	2	3	1	2	2
7	2	1	1	1	1	1
8	2	2	2	2	2	2
9	2	1	3	1	1	2
10	3	2	2	1	1	2
11	3	2	1	1	2	1
12	3	1	3	2	2	1
13	1	1	2	1	1	1
14	3	1	1	2	1	1
15	2	2	3	2	2	2
16	2	1	3	1	1	1
17	1	2	3	2	2	1
18	1	2	1	1	2	2
19	3	2	1	2	2	2
20	3	2	3	2	2	1
21	2	2	3	2	2	1
22	2	2	2	1	2	1
23	1	2	3	1	2	1
24	2	2	1	1	2	1
25	3	1	3	2	2	2
26	3	1	2	1	1	1
27	1	1	3	1	1	1
28	3	2	2	1	2	1
29	1	2	3	1	2	1
30	2	2	1	1	2	2
31	1	2	3	2	2	2
32	1	2	1	2	2	1
33	2	2	3	1	2	2
34	3	2	3	2	2	2

#### 1.4 果实表型性状品种聚类分析

利用主成分分析法对龙眼果实的 20 个性状进行分析, 结果表明, 调查的 20 个果实性状间的相关性不明显。利用已调查的 14 个果实质量性状和 6 个数量性状对 34 个品种进行了聚类分析, 结果表明: 当遗传距离在 4.35 时, 34 个品种共聚为 7 类: 1、早熟一号、鸡蛋龙眼、草铺种聚为一类; 2、双仔木、赐合种、古山二号、巨龙聚为一类; 3、青山接种、公妈本聚为一类; 4、泸丰、泸早、沙梨肉聚为一类; 5、水眼、罗伞木、水南 1 号、普明

庵聚为一类; 6、东壁、乌龙岭、松风本、九月乌、青壳宝园聚为一类; 7、石碇、蜀冠、后壁埔、实生迟熟、龙优、储良、陕西脆肉、白花木、立冬本、顶圆、沙梨木、大鼻龙、处暑本聚为一类(图 1)。

## 2 讨论

我们调查了龙眼果实的 14 个质量性状和 10 个数量性状, 并对其性状进行了主成份分析。结果表明, 在已调查的 24 个果实性状间相关性较差, 筛选出 12 个主成份信息可以代表原有性状 85% 以上的信息。12 个主成份的主导因子几乎涵盖了所有已

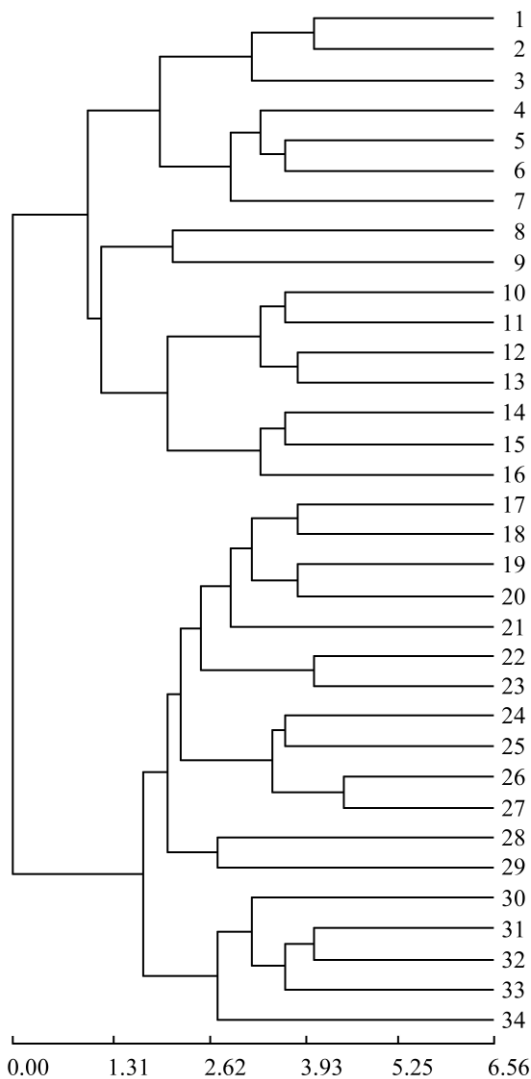


图1 基于表型性状的聚类分析

Figure 1 Dendrogram constructed by cluster analysis based on phenotypic traits

调查的 24 个果实的性状, 因此我们认为在龙眼果实性状的多样性评价指标中, 这 24 个性状指标起着重要的作用。

34 份龙眼种质资源的 14 个质量性状的变异系数较大, 其中果实颜色、果肉颜色的变异系数最大, 表明龙眼果实的表型性状的个体差异较大, 这便于我们对龙眼种质资源的鉴定评价和利用。11 个数量性状中, 其果皮重、果核重和单果重的极差最大; 果皮重、皮厚和单果重的变异系数较大, 表明在 34 个品种中, 果皮重和单果重指标的个体间差异较为明显。Shannon-Weinner 多样性指数(H')表明 14 个表型性状多样性指数差异较大, 表现出丰富的遗传多样性, 特别是疣状突、果肉质地、果肉透明度等性状的多样性最高。11 个数量表型性状多样性指数

差异较大, 表现出较高的遗传多样性, 特别是单果重、长横径、TSS 等性状的多样性最高。

分析聚类结果发现: 部分来源于同一原产地的龙眼品种被聚为了一类。比如: 福建莆田地区的水南 1 号、普明庵聚为一类; 福建长乐、仙游等地的东壁、乌龙岭、松风本、九月乌、青壳宝园聚为一类; 广东揭阳地区的双孖木、赐合种、古山二号聚为一类; 广东地区的石碇、实生迟熟、储良、陕西脆肉、白花木、顶圆、沙梨木聚为一类; 四川地区的泸丰、泸早为一类; 也有原产地并不相同的品种被聚为一类。比如: 来自广州潮阳的青山接种和来自福建莆田的公妈本被聚为一类。高慧颖、易干军、钟伟等人(高慧颖等, 2007; 易干军等, 2003; 钟伟等, 2006)用 ISSR 分子标记对龙眼品种的遗传多样性进行分析, 发现来源于同一原产地的品种其亲缘关系较近, 其结果将储良、石碇聚为一类; 水南一号、普明庵聚为一类(陈虎等, 2010), 这与我们的聚类结果较为一致。在本研究中, 龙眼果实表型性状不仅受到遗传基因的影响, 同时也受环境条件的影响, 因此在表型多样性的表现上, 并未按照来源地完全分开。

### 3 材料和方法

#### 3.1 材料

本研究所用 34 份龙眼品种资源分别来自福建、四川、广东等省市, 由广东省农科院果树研究所龙眼资源圃引入(表 4), 供试品种均种植于资源圃中, 其生长结果期间的管理水平较为相似。从 2007 年开始, 我们对其果实的表现性状和品质指标进行持续的观察和记载。本研究以 2009 和 2010 年两年数据作为分析依据, 两年共有的数据特征一致。

#### 3.2 方法

表观特征观察: 参照《热带作物种质资源数据标准》一书(陈业渊等, 2009)中对龙眼种质资源的描述标准, 我们课题组分别于 2009、2010 年调查了 34 份供试龙眼品种的果实单果重、长横径、短横径、纵径、果形指数、果皮厚度、果肉厚度、果皮重量、果核重量、可溶性固形物(TSS)等 10 项数值型性状指标并经计算得到了果实的可食率(%)、果形指数(%)、肉厚比例(%)、皮重比例(%)、皮厚比例(%)等指标, 同时还调查了果实形状、果皮颜色、果肩形状、龟裂片、疣状突、果肉颜色、透明度、质地、风味、化渣、流汁、离核、种子颜色、种子形状等 14 个质量性状指标。每个表型性状指标测量 30 个样品。

表 4 供试的 34 份龙眼种质资源

Table 4 A list of 34 longan germplasms and their original regions used in this research

编号 Code	品种 Varieties	原产地 Origin	编号 Code	品种 Varieties	原产地 Origin
1	早熟一号 Zaoshu No.1	广东广州 Guangdong Guangzhou	18	白花木 Baihuamu	广东高州 Guangdong Guangzhou
2	青山接种 Qingshanjiezhong	广东潮阳 Guangdong Chaoyang	19	双孖木 Shuangmaomu	广东高州 Guangdong Guangzhou
3	水南一号 Shuinan No.1	福建莆田 Fujian Putian	20	罗伞木 Luoshamu	广东高州 Guangdong Guangzhou
4	鸡蛋龙眼 Jidan longan	福建诏安 Fujian Zhaoan	21	泸丰 Lufeng	四川泸州 Sichun Luzhou
5	后壁埔 Houbiku	福建同安 Fujian Tongan	22	赐合种 Cihezong	广东揭阳 Guangdong Jieyang
6	泸早 Luzao	四川泸州 Sichun Luzhou	23	沙梨木 Shalimu	广东高州 Guangdong Gaozhou
7	东壁 Dongbi	福建泉州 Fujian Quanzhou	24	松风本 Songfengben	福建莆田 Fujian Putian
8	水眼 Shuiyan	广东中山 Guangdong Zhongshan	25	青壳宝园 Qingkebaoyuan	福建长乐 Fujian Changle
9	沙梨肉 Shalirou	广东高州 Guangdong Gaozhou	26	巨龙 Julong	福建莆田 Fujian Putian
10	公妈本 Gongmaben	福建莆田 Fujian Putian	27	处暑本 Chushuben	福建莆田 Fujian Putian
11	乌龙岭 Wulongling	福建仙游 Fujian Xianyou	28	九月乌 Jiuyuewu	福建莆田 Fujian Putian
12	普明庵 Pumingan	福建莆田 Fujian Putian	29	实生迟熟 Shishengchishu	广东广州 Guangdong Guangzhou
13	顶圆 Dingyuan	广东深圳 Guangdong Shenzhen	30	立冬本 Lidongben	福建莆田 Fujian Putian
14	蜀冠 Shuguan	四川泸州 Sichun Luzhou	31	草铺种 Caopuzhong	广东潮安 Guangdong Chaoan
15	龙优 Longyou	福建漳州 Fujian Zhangzhou	32	石碇 Shixia	广东南海 Guangdong Nanhai
16	大鼻龙 Dabilong	福建莆田 Fujian Putian	33	储良 Chuliang	广东高州 Guangdong Gaozhou
17	陕西脆肉 Shanxicuirou	广东中山 Guangdong Zhongshan	34	古山二号 Gushan No.2	广东揭阳 Guangdong Jieyang

采用 spss14.0 软件对表型性状数据进行统计分析, 其遗传多样性指数(H)的计算公式为:  $H' = -\sum P_i \ln P_i$  (i=1 到 s), 式中 s 为表型分类的数,  $P_i$  为该性状中的各个分类出现的频率。

按照《热带作物种质资源数据标准》对已调查的质量性状指标进行分级, 并根据表型给予赋值(表 5)。

### 3.3 数据处理

将所获得所有数量性状指标按照不同性质划分为果实大小、皮厚率、TSS 含量、核重率、果肉指标和果形指数等 6 个指标。采用 spss14.0 软件,

对这 6 个指标进行分级聚类(K-均值聚类分析法), 并按照不同的聚类结果进行赋值; 运用主成分分析的因子分析法对所有指标观测值进行分析(卢纹岱, 2002, 电子工业出版社, pp.311-365)。利用 DPS 软件采用欧氏-最长距离法对所有表型性状进行聚类分析(唐启义等, 2009)。

### 作者贡献

郭栋梁、韩冬梅和李建光是本研究的实验设计和实验研究的执行人, 并论文初稿的写作; 潘学文和李荣龙参与实验设计, 试验结果分析和数据分析; 潘学文是项目的构思者



表 5 非数值性性状分类及赋值

Table 5 Quantified value and classification of the nonnumeric type traits

性状	赋值
Traits	Quantified value
果形	圆形=1; 扁圆形=2; 心形=3
Fruit shape	Round=1; Elliptic=2; Cordate=3
果色	绿褐色=1; 黄褐色=2; 赤褐色=3; 灰褐色=4; 锈褐色=5
Fruit skin colour	Green-brown=1; Yellow-brown=2; Russet=3; Grayish-brown=4; Rust-brown=5
果肩形状	耸肩=1; 平肩=2
Fruit shoulders shape	Protruding=1; Smooth=2
龟裂片	明显=1; 不明显=2
Tubercles	Prominent=1; Weak=2
疣状突	明显=1; 不明显=2
Papilla	Prominent=1; Weak=2
果肉度透明	透明=1; 半透明=2; 不透明=3
Flesh transparency	Transparent=1; Translucent=2; Opaque=3
果肉颜色	乳白色=1; 腊白色=2; 黄白色=3; 蜡黄色=4
Pulp colour	Milk-white=1; Waxy-white=2; Yellow-white=3; Waxy-yellow=4
果肉风味	淡甜=1; 甜=2; 浓甜=3
Pulp flavour	Weak=1; Sweet=2; Strongly=3
果肉是否化渣	化渣=1; 不化渣=2
Whether or not Slag melting	Slag melting=1; Full of residues=2
果肉表面是否流汁	流汁=1; 不流汁=2
Whether or not Juice	Juice=1; Little=2
果肉是否离核	离核=1; 不离核=2
Whether or not Freestone	Freestone=1; Clingstone=2
果肉质地	脆=1; 软=2
Flesh texture	Firm=1; Soft=2
种子形状	圆形=1; 扁圆形=2; 椭圆形=3
Seed shape	Round=1; Oblate=2; Elliptic=3
种子颜色	红褐色=1; 棕褐色=2; 黑褐色=3
Seed colour	Red-brown=1; Brown=2; Black-brown=3

及负责人, 指导实验设计, 数据分析, 论文写作与修改。全体作者都阅读并同意最终的文本。

## 致谢

本研究由广东省现代产业技术体系岭南水果专项龙眼栽培与耕作创新团队岗位体系项目(LNSG2011-09)资助。

## 参考文献

- Chen H., He X.H., Zhu J.H., Luo C., and Jiang J.C., 2010, Genetic relationships analysis of 37 longan germplasm resources by using ISSR markers, *Jiyinzuxue Yu Yingyong Shengwuxue (Genomics and Applied Biology)*, 29 (2): 288-292 (陈虎, 何新华, 朱建华, 罗聪, 姜建初, 2010, 37份龙眼种质资源亲缘关系的ISSR分析, 基因组学与应用生物学, 29(2): 288-292)
- Chen X.P., Jiang J.M., Gao H.Y., and Zheng S.Q., 2006, Evaluation of stability of fruit economic traits of longan

germplasm, *Redai Zuowu Xuebao Chinese Journal of Tropical Crops*, 27(4): 9-13 (陈秀萍, 蒋际谋, 高慧颖, 郑少泉, 2006, 龙眼种质资源果实经济性状的稳定性评价, 热带作物学报, 27(4):9-13)

- Chen Y.Y., Li Q., and Li W.H., eds., 2009, *Tandard of data for tropical crops*, Agriculture Press, Beijing, China, pp.39-44 (陈业渊, 李琼, 李文化, 编著., 2009, 热带作物种质资源数据标准, 中国农业出版社, 北京., pp.39-44)
- Gao H.Y., Jiang F., Chen X.P., and Zhen S.Q., 2007, Random amplification polymorphic DNA (RAPD) analysis of the typical longan genotypes from different origins, *Fujian Nonglin Keji (Journal of Fujian Forestry Science and Technology)*, 34(1): 67-71 (高慧颖, 姜帆, 陈秀萍, 郑少泉, 2007, 不同地域的代表性基因型龙眼RAPD分析, 福建林业科技, 34(1): 67-71)
- Li J.G., Han D.M., Li R., Pan X.W., and Guo D.L., 2010, Evaluation and classification on fruitquality of 19 varieties

- of longan introduced to guangzhou, Redai Yaredai Zhiwu Xuebao (Journal of Tropical and Subtropical Botany), 18(4): 415-420 (李建光, 韩冬梅, 李荣, 潘学文, 郭栋梁, 2010, 广州地区19个引进龙眼品种果实品质的评价与分类, 热带亚热带植物学报, 18(4): 415-420)
- Liu J., Zhou Q., Sun H.W., Qiu Z.L., Wang Y.W., and Sun C.X., 2004, Study on phenotypic diversity of Xingjiang wild apples (*Malus sieversii*), Guoshu Xuebao (Journal of Fruit Science), 21(4): 285-288 (刘静, 周庆, 孙海伟, 邱治霖, 王玉文, 孙仲序, 2004, 新疆野生苹果表型多样性研究, 果树学报, 21(4): 285-288)
- Tang M.Y., and Feng M.G., 2002, DPS data processing system for practical statistics, Science Press, Beijing, pp.249-256 (唐启义, 冯明光, 2002, 实用统计分析及其DPS数据处理系统, 科学出版社, 北京, pp.249-256)  
PMid:11921- 453
- Wang L.S., Chen B., Ji L.Q., and Ma K.P., 2010, Progress in biodiversity informatics, Shengwu Duoyangxing (Biodiversity Science), 18(5): 429-443 (王利松, 陈彬, 纪力强, 马克平, 2010, 生物多样性信息学研究进展, 生物多样性, 18(5): 429-443)  
<http://dx.doi.org/10.1117/2.1201009.002581>  
<http://dx.doi.org/10.1117/2.1201003.002642>  
<http://dx.doi.org/10.1117/2.1201006.002961>  
<http://dx.doi.org/10.1117/2.1201002.002571>  
<http://dx.doi.org/10.1117/2.1200912.002540>  
<http://dx.doi.org/10.1117/2.1201006.003021>
- Wu Q., Sun K., Zhang H., Zhang W., Su X., and Chen X.L., 2007, Study on phenotypic diversity of natural populations of *Hippophae rhamnoides* subsp. *sinensis* in Shanxi province, Xibei Shifan Daxue Xuebao (Journal of Northwest Normal University (Natural Science)), 43(3): 78-84 (吴琼, 孙坤, 张辉, 张纹, 苏雪, 陈学林, 2007, 山西省中国沙棘天然居群表型多样性研究, 西北师范大学学报(自然科学版), 43(3): 78-84)
- Yi G.J., Tan W., Huo H.Q., Zhang Q.M., Li J., and Zhou B.R., 2003, Studies on the genetic diversity and relationship of longan cultivars by APLP analysis, Yuanyi Xuebao (Acta Horticultural Sinica), 30(3): 272-276 (易干军, 谭卫萍, 霍合强, 张秋明, 李建光, 周碧容, 2003, 龙眼品种(系)遗传多样性及亲缘关系的APLP分析, 园艺学报, 30(3): 272-276)
- Zeng B., Luo S.P., Li J., Nie W.K., Zhang F., and Li H.L., 2008, Study on phenotypic diversity of morphologic characteristic of *Amygdalus Ledebouriana* schlecht. leaves in Xinjiang, Xinjiang Nongye Kexue (Xinjiang Agricultural Sciences), 45(2): 221-224 (曾斌, 罗淑萍, 李疆, 聂文魁, 张峰, 李海龙, 2008, 新疆野巴旦杏天然居群叶片性状表型多样性研究, 新疆农业科学, 45(2): 221-224)  
<http://dx.doi.org/10.1117/2.1200801.0996>  
<http://dx.doi.org/10.1117/2.1200811.1283>  
<http://dx.doi.org/10.1117/2.1200806.1180>  
<http://dx.doi.org/10.1117/2.1200811.1388>
- Zhong W., Lin X.D., Zhu F.D., Zheng L.X., Wu D.Y., and Huang S.Z., 2006, Analysis of genetic difference of longan cultivars by random amplified polymorphic DNA, Zhongshan Daxue Xuebao (Acta Scientiarum Natural University Sunyatsen), 43(S): 65-68 (钟伟, 林晓东, 朱芳德, 郑丽霞, 吴定尧, 黄上志, 2006, 应用RAPD技术分析热带龙眼四季蜜与常规龙眼品种的遗传差异, 中山大学学报, 43(S): 65-68)  
<http://dx.doi.org/10.1515/LING.2006.001>  
<http://dx.doi.org/10.1515/LING.2006.022>
- Zhu J.H., Yu P.F., Huang F.Z., Peng H.X., Xu N., Lu G.F., and Li G.W., 2006, Quantifying analysis of main fruit characters of longan germplasm in Guangxi, Xinan Nongye Xuebao (Southwest China Journal of Agricultural Science), 19(2): 283-286 (朱建华, 于平福, 黄凤珠, 彭宏祥, 徐宁, 陆贵峰, 黎光旺, 2006, 广西龙眼种质主要果实性状的数量化分析研究, 西南农业学报, 19(2): 283-286)

表1 34个龙眼品种果实质量性状分析

Table 1 The fruit quality traits analyzed in 34 varieties

品种	果形	果色	果肩	龟裂片	疣状突	透明度	果肉颜色	果肉风味	化渣	肉表流汁	肉离核	肉质	种子形状	种子颜色
Varieties	Fruit shape	Fruit skin colour	Fruit shoulders shape	Tubercles	Papilla	Flesh transparency	Pulp colour	Pulp flavour	Slag melting	Juice	Freestone	Flesh texture	Seed shape	Seed colour
1	2	2	2	1	2	2	3	2	1	2	1	2	1	1
2	2	2	2	1	2	2	4	2	1	2	1	1	1	1
3	1	2	2	2	2	1	4	2	1	2	1	1	1	1
4	2	1	2	1	1	2	3	3	2	2	1	1	2	3
5	2	1	2	2	1	2	4	2	1	1	1	1	1	3
6	2	1	1	1	1	2	4	2	1	2	1	1	1	2
7	1	1	2	1	1	2	3	1	1	2	1	2	1	3
8	2	5	1	1	2	2	4	1	1	1	1	1	1	1
9	3	3	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1
10	1	4	2	1	2	2	3	2	1	2	1	1	2	2
11	1	4	2	1	2	1	1	3	1	1	1	1	2	3
12	2	4	1	1	2	1	2	2	1	2	1	1	1	3
13	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2
14	1	1	2	1	2	1	2	2	1	1	1	2	2	2
15	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	1
16	2	2	1	1	2	2	1	1	1	1	1	2	2	1
17	1	2	2	2	2	1	3	3	1	2	1	1	2	3
18	1	2	2	2	2	2	1	3	1	1	2	2	2	3
19	1	1	2	2	1	2	1	3	1	2	1	1	2	3
20	2	2	1	2	2	2	2	2	1	2	1	1	2	3
21	1	1	2	2	2	1	1	3	1	2	1	1	1	3
22	2	1	1	1	2	2	3	1	1	1	1	2	2	3



续表 1

Continuing table 1

品种	果形	果色	果肩	龟裂片	疣状突	透明度	果肉颜色	果肉风味	化渣	肉表流汁	肉离核	肉质	种子形状	种子颜色
Varieties	Fruit shape	Fruit skin colour	Fruit shoulders shape	Tubercles	Papilla	Flesh transparency	Pulp colour	Pulp flavour	Slag melting	Juice	Freestone	Flesh texture	Seed shape	Seed colour
23	3	2	2	1	2	3	1	2	2	1	1	1	2	2
24	1	2	1	1	1	2	1	2	1	2	1	1	3	2
25	1	1	1	1	2	2	1	2	1	1	1	1	2	3
26	1	2	2	1	1	3	2	2	2	2	1	1	1	3
27	1	2	2	1	1	2	2	3	1	1	1	2	1	2
28	2	2	1	1	2	2	2	2	2	1	2	2	2	3
29	2	1	2	1	2	2	1	2	1	1	2	1	2	3
30	2	1	2	2	1	2	2	2	1	2	1	1	2	2
31	1	1	2	1	2	2	1	2	1	1	1	2	1	3
32	2	1	1	1	1	3	1	3	1	2	1	1	2	1
33	2	1	1	1	2	3	1	2	1	2	1	1	2	3
34	2	2	2	1	2	2	2	2	1	2	1	1	2	1
平均值	1.62	1.88	1.62	1.29	1.68	1.91	2.09	2.06	1.15	1.59	1.09	1.29	1.65	2.24
Average														
标准差	0.59	1.02	0.49	0.46	0.47	0.56	1.07	0.64	0.35	0.49	0.28	0.46	0.54	0.84
Standard deviation														
C.V.	0.37	0.54	0.30	0.35	0.28	0.29	0.51	0.31	0.31	0.31	0.26	0.35	0.33	0.38
H'	0.67	0.61	0.63	0.84	1.32	0.96	0.42	0.68	0.30	0.61	0.78	1.04	0.67	0.61

表2 34个龙眼品种果实数量性状分析

Table 2 The fruit Quantitative Characters analyzed in 34 varieties

品种	单果重	纵径	长横径	短横径	果形指数	TSS	果皮重	皮厚	肉厚	可食率	果核重
Varieties	Weight per fruit (g)	Fruit vertical diameter (mm)	Fruit long-transverse diameter (mm)	Fruit short-transverse diameter (mm)	Fruit shape index	Soluble sugar content (%)	Pulp weight (g)	Fruit skin thickness (mm)	Pulp thickness (mm)	Fruit edible rate (%)	Seed weight (g)
1	10.85	25.40	28.20	25.64	90	21.60	2.13	1.00	4.41	61.38	2.06
2	14.50	27.42	32.26	27.90	85	14.75	2.08	84	6.28	71.46	2.07
3	14.64	27.83	31.33	28.87	88	20.00	2.27	78	6.02	69.60	2.18
4	10.19	25.11	28.30	24.02	88	23.27	1.90	84	5.11	63.00	1.87
5	12.02	27.23	29.00	25.83	93	15.40	1.76	63	4.70	63.06	2.68
6	10.21	24.74	26.97	25.79	92	21.00	1.68	86	4.38	66.01	1.79
7	10.50	25.23	26.38	24.72	95	26.00	1.93	95	3.31	58.76	2.40
8	14.04	24.51	27.28	25.81	90	17.50	2.12	62	4.36	68.73	2.27
9	10.77	25.61	27.79	25.03	92	21.50	2.31	98	4.57	57.20	2.30
10	14.39	28.02	31.50	27.26	89	17.60	2.52	88	5.09	63.24	2.77
11	13.05	27.13	29.33	27.52	93	22.50	1.94	68	4.74	67.36	2.32
12	12.44	27.66	29.25	27.10	94	19.80	2.98	1.15	5.85	65.59	1.30
13	10.24	24.88	26.20	24.76	95	17.40	1.86	82	3.76	61.04	2.13
14	12.31	28.34	28.57	26.04	99	22.40	2.92	1.20	5.04	59.30	2.09
15	12.05	25.73	28.47	27.12	90	19.00	1.74	69	4.97	72.12	1.62
16	11.92	26.92	28.24	26.04	95	20.15	2.97	1.21	4.81	57.05	2.15
17	6.52	21.64	23.43	21.62	93	19.18	1.04	62	4.78	69.17	0.97
18	9.32	23.97	26.36	24.05	91	25.50	1.45	63	3.96	64.70	1.84
19	14.01	28.47	31.45	26.01	90	23.00	2.09	72	6.90	71.59	1.89
20	12.91	27.51	29.43	26.55	93	20.90	2.20	83	5.90	68.16	1.91
21	10.77	25.79	27.69	25.57	93	21.00	1.86	84	5.69	66.76	1.72
22	12.07	26.56	28.38	26.46	93	17.35	1.91	69	4.56	64.79	2.34
23	9.16	24.51	25.79	24.03	95	20.22	1.12	52	4.40	66.92	1.91

续表 2

Continuing table 2

品种	单果重	纵径	长横径	短横径	果形指数	TSS	果皮重	皮厚	肉厚	可食率	果核重
Varieties	Weight per fruit (g)	Fruit vertical diameter (mm)	Fruit long-transverse diameter (mm)	Fruit short-transverse diameter (mm)	Fruit shape index	Soluble sugar content (%)	Pulp weight	Fruit skin thickness	Pulp thickness	Fruit edible rate	Seed weight
24	10.62	26.24	27.72	25.09	94	22.18	1.32	70	5.07	65.73	2.32
25	16.07	28.86	32.00	28.92	90	21.54	3.07	93	6.32	66.40	2.33
26	13.77	29.29	29.69	27.55	99	17.22	2.61	1.11	5.11	62.02	2.62
27	9.00	24.47	26.16	23.50	93	20.20	1.79	88	4.92	61.11	1.71
28	13.70	27.93	30.06	27.49	93	17.67	1.95	65	5.09	66.50	2.64
29	9.00	24.56	25.77	23.79	95	21.21	1.31	65	4.98	66.44	1.71
30	12.07	25.62	29.15	25.78	88	22.60	1.98	63	5.55	66.25	2.09
31	9.64	24.11	27.26	24.42	88	19.88	1.51	64	5.04	68.60	1.53
32	8.22	23.70	25.44	23.41	93	23.50	1.41	73	4.67	66.54	1.34
33	11.28	25.45	28.60	26.66	89	21.20	1.65	75	5.36	67.48	2.01
34	13.33	28.01	31.00	25.75	90	19.50	2.04	75	5.74	68.67	2.14
平均值	11.63	26.13	28.37	25.77	0.92	20.4	1.98	0.81	5.04	65.37	2.03
Average											
最大值	16.07	29.29	32.26	28.92	0.99	26	3.07	1.21	6.9	72.12	2.77
Maximum											
最小值	6.52	21.64	23.43	21.62	0.85	14.75	1.04	0.52	3.31	57.05	0.97
Minimum											
标准差	2.11	1.74	2.04	1.6	0.03	2.54	0.51	0.18	0.74	0.04	0.40
Standard deviation											
C.V.	0.18	0.07	0.07	0.06	0.03	0.12	0.26	0.22	0.15	0.06	0.20
H'	1.05	0.81	1.02	0.77	0.68	1.04	0.67	0.61	0.61	0.63	0.68