

芒果采后病害、品种抗性及其分子基础的研究进展

杨建波, 欧阳秋飞

(百色学院农业与食品工程学院, 广西百色 533000)

摘要: 芒果 (*Mangifera indica* L.) 是中国乃至世界主要的热带水果之一, 在广西百色右江河谷地区大面积种植。炭疽病和蒂腐病是引起芒果采后腐烂的主要病害, 但不同芒果品种对炭疽病、蒂腐病的抗性存在较大差异。本文分析芒果病害相关的研究进展, 如病原菌的分离鉴定、病害的综合防治、抗性种质资源遗传多样性研究、芒果转录组和蛋白质组分析等, 探讨了目前芒果采后病害抗性相关分子机理研究存在的不足, 提出了今后的研究方向。

关键词: 芒果; 采后病害; 抗性

芒果 (*Mangifera indica* L.) 是重要的热带水果之一, 以其色、香、味俱佳而被尊为“热带果王”。广西是我国芒果主要产地之一, 而百色右江河谷地区又是广西芒果种植最为集中的区域, 有“中国芒果之乡”的美称。芒果果实采后易腐烂, 主要由病害引起, 给芒果的保鲜及储运带来困难, 造成较大的经济损失。但不同芒果品种对炭疽病、蒂腐病等采后主要病害的抗性存在较大差异。针对芒果病害病原菌、病害防治、种系抗性多样性以及抗病响应等特定生理代谢过程的相关分子生物学基础的研究也陆续开展, 但也存在一些不足。

1 芒果采后病害的病原菌及其对采后芒果贮藏保鲜的危害

在严重危害芒果生产的病害中, 炭疽病和蒂腐病是影响芒果采后储运及品质的主要病害。芒果炭疽病在国内外芒果产区普遍发生, 可引起贮藏期间的芒果30%~50%腐烂。而作为芒果蒂腐病病原之一的可可球二孢菌 *B. theobromae* 广泛发生于印度、中国、菲律宾等芒果种植地^[1-3]。芒果炭疽病、蒂腐病等的病原菌多数在芒果发育期间侵入, 随采后果实抗性降低和可利用营养物质增加, 可从潜伏状态转变为致病状态而引起果实腐烂。许多研究^[4-5]相继证实芒果果实普遍存在多种真菌的潜伏侵染现象, 真菌种类包括有 *C. gloeosporioides*、*C. acutatum*、*Botryodiplodia theobromae* Pat.、*Diplodia* sp.、*Alternaria* spp. 等。而胡美姣等^[5]还发现, 我国不同省区的芒果带菌率存在显著差异。在芒果潜伏侵染真菌中, *B. theobromae* 会通过诱导芒果产生大量的 1-氨基环丙烷-1-羧酸而导致芒果内源乙烯的快速释放和果肉的软化腐烂^[6], 是引起芒果蒂腐的优势病原菌^[1]。由此可见, 分离、接种采后芒果潜伏性侵染病原菌将有助于研究芒果采后病害发生过程和不同芒果品种的抗性差异。

2 芒果采后病害的防治及贮藏保鲜处理

基金项目: 广西高校中青年教师基础能力提升项目 (KY2016YB415、KY2016YB416); 广西自然科学基金青年科学基金项目 (2017JJB130048)。

作者简介: 杨建波 (1985-), 男, 河南陕县人, 讲师, 博士, 研究方向: 作物水肥资源利用、逆境生理生化与分子生物学。

目前芒果采后病害多采用化学防治, 但成本高, 污染和化学杀菌剂抗药性问题也日趋突出^[7]。因此, 人们迫切需要环境友好型药物及方法应用于芒果生产。通过热处理对芒果采后病害的防治作用得到肯定^[8], 再结合乙烯吸收剂的处理则可明显延缓病害发生和果实软化^[9]。多种植物的提取物对芒果采后病原菌有抑制作用^[10], 部分提取物对芒果炭疽病菌的抑制作用显著优于多菌灵^[11]。使用茉莉酸甲酯、水杨酸等进行采前喷施处理可激活芒果的防御系统, 从而增强采后芒果抗性并显著降低贮藏期病情指数^[12,13]。拮抗微生物对芒果采后病害的防治作用, 则可能在于其产生的抗菌蛋白破坏病菌细胞膜并干扰病菌物质代谢^[14]。

3 芒果采后病害抗性品种选育及我国芒果品种多样性

目前减少化学药剂使用、提高作物本身抗病性的研究越来越受到人们的重视, 其中抗病种质资源的筛选、利用及抗病育种是防治作物病害最理想的措施之一。国外的芒果抗病育种工作很早就已开展, 并筛选出一些抗病品种, 如 *Mayaguazano*、*Paris*、*Fairchild*、*Tommy Atkins*、*Manxanillo Zunez* 等^[15]。Ekbote 等^[16]用综合筛选法筛选到 *Amarpali*、*Dasehari* 2 个高抗品种以及其他 10 个中抗品种。

而我国, 芒果种质资源丰富, 引进或自育的新品种不断涌现, 分布在百色的栽培品种就有台农、桂热芒等约 30 个品种, 其中不乏抗病的品种。在我国海南, 先前曾筛选到高抗品种 LN1 以及其他 6 个中抗品种^[17]。雷新涛等^[18]结合离体叶片抗病性鉴定法和田间调查法对芒果种质资源炭疽病抗性进行初步鉴定, 未发现免疫品种, 紫花芒等 4 个品种为高抗, 台农一号等 7 个品种为中抗。目前, 有项目结合采收前的田间病害调查、采后的芒果贮藏试验以及病原菌菌株回接试验等 3 个方面的研究, 发现百色地区主栽的芒果品种中, 不同的芒果品种对采后病害的抗性不等, 炭疽病和蒂腐病的发病时间和发病程度都存在较大差异。鉴于芒果抗病性的品种差异和单一品种种植中的高发病率, 可以通过选择抗性好的优质苗木并搭配不同抗性的品种, 形成

寄主群体遗传上的异质性和多样性,减少对病原物的选择压力,延缓品种抗性退化^[19]。因此,有必要针对区域甚至全国芒果品种结构和不同品种采后病害抗性差异开展调查和评价,并引导形成良好的品种结构多样性。

4 分子生物学技术在芒果种系及抗性育种中的应用

芒果属异源多倍体,大多采用实生繁殖,极易发生品种变异,因而形成的品种、品系较多。近年来,RAPD (random amplified polymorphic DNA)、SSR (simple sequence repeat)、ISSR (inter-simple sequence repeat)、SCoT (start codon targeted polymorphism)等多种分子标记技术已成功应用于芒果品种、遗传关系、种质特性差异等的研究^[20,22]。何新华等^[23]筛选 ISSR 引物并建立了广西 23 个芒果品种的 DNA 指纹图谱,发现本地品种之间的亲缘关系较近,且与秋芒、象牙芒、马切苏芒和爱文芒归为一类。余贤美等^[24]采用 ISSR 标记技术研究了来自海南、云南、广西的 12 个芒果野生居群共 265 个个体的遗传多样性及居群遗传结构,认为广西的 3 个居群(那坡、邕宁、平南)优先与云南的文山居群聚为一支。

在生物、非生物逆境胁迫研究方面,肖洁凝等^[25]利用 SSH (suppression subtractive hybridization) 技术构建了正向差异的 cDNA 文库,分离了与芒果子叶切段不定根形成相关基因的 cDNA 片段,而罗聪^[26]则改良了 SCoT 分子标记技术并首次应用于芒果逆境胁迫差异显示研究,克隆到四季芒重要开花时间基因,并对其表达模式和功能作深入探究。武红霞^[27]通过转录组测序对芒果花色苷合成相关的 MYB 基因进行了筛选和分析。在这些研究中,大量芒果基因,如 MGAPDH 同源基因^[28]、肌动蛋白基因 MiACT^[29]、低分子量热激蛋白基因 MiHSP17.6^[30]、类黄酮磺基转移酶基因^[31]、Rab 蛋白基因 MiRab11^[32]、GDP 解离抑制蛋白基因 MiRab-GDI^[33]、查尔酮合成酶基因 CHS1^[34]等,陆续被克隆并进行生物信息学分析和功能验证。

而植物体内蛋白质作为基因表达的产物,当受到病原菌侵害时,其表达的变化能够完成信号的感应、传递和进一步的应激反应,并呈现时空性和可调性^[35]。杨丽涛等^[36]应用蛋白质组学方法研究了不同抗性葡萄品种在接种病原菌 *Xylella fastidiosa* 的蛋白质表达情况,发现有发病相关蛋白、推测成熟相关蛋白等 10 种蛋白质在不同时间点差异表达,认为葡萄对病原菌 *Xylella fastidiosa* 接种的差异应答取决于基因型和组织发育阶段。尽管植物与病原菌等微生物互作的蛋白质组学研究在葡萄、甘蔗等植物上均已取得了一些进展^[36,37],但芒果的蛋白质组学研究很少,从分子水平探究芒果

响应采后主要病害的分子基础以及不同芒果品种抗病性差异的内在机理更未见报道。在芒果基因组尚未测序的情况下,Renuse 等^[38]通过对芒果 ESTs、同源蛋白等数据的检索和 de novo 测序比对的方法,成功鉴定芒果叶片蛋白质组中的 1001 个多肽分子并匹配到 538 种蛋白质,成为首个关于芒果蛋白质组的高通量研究报告。郑斌等^[39]基于芒果果实转录组测序结果,共鉴定出转录因子 MYB 家族蛋白 71 个并作进一步分析。在借鉴其高通量蛋白质鉴定方法的基础上,进一步深入研究芒果果实在与潜伏感染病原微生物相互作用下的分子表达差异,有利于阐明芒果的抗病机制和潜伏感染病原微生物的致病机理,有助于探究通过调控抗病相关代谢过程来提高植物的抗病性,进而为相关分子育种研究提供理论基础。

综上所述,针对芒果主要病害的病原菌、综合防治方法以及不同抗性种质资源的遗传多样性、抗性种质筛选等研究工作已相对深入,但对地域内或者全国范围内的不同芒果品种,特别是主要芒果栽培品种病害应答以及差异应答的分子机理少有研究,有必要通过转录组、蛋白质组等组学技术探究芒果应答采后病害病原菌的分子基础以及不同芒果品种差异应答的分子机制,进一步挖掘抗性相关功能基因资源,以此为芒果抗病机理研究、抗病芒果品种选育和芒果采后贮藏保鲜等打下基础。

(收稿:2018-05-30)

参考文献:

- [1] 陈小莉,王萌,杨叶,等.芒果蒂腐可球二孢菌致病力测定及芒果主要品种抗病性评价[J].果树学报,2015,32(3):481-486.
- [2] Hong SK, Lee SY, Choi HW, Lee YK, Shim H. Occurrence of Stem-end Rot on Mango Fruits Caused by *Lasiodiplodia theobromae* in Korea [J]. The Plant Pathology Journal, 2012, 28(4): 455.
- [3] Akem C, Opina O, Dalisay T, Esguerra E, Ugay V, Palacio M, Juruen M, Fueconillo G, Sagolili J. Integrated disease management of stem end rot of mango in the southern Philippines [A]. In John O and David H (eds). Smallholder HOPES- horticulture, people and soil: proceedings of the ACIAR- PACAARRD Southern Philippines Fruits and Vegetables Program Meeting [C]. Canberra: A.C.T. Australian Centre for International Agricultural Research, 2013, 104-110.
- [4] 刘秀娟,李继勇,杨业铜.海南岛芒果果实真菌潜伏感染的研究[J].植物病理学报,1986,16(1):47-51.
- [5] 胡美姣,高兆银,李敏,等.芒果果实潜伏感染真菌种类研究[J].果树学报,2012,29(1):105-110.
- [6] 高兆银,胡美姣,李敏,等.芒果蒂腐病菌对芒果采后乙烯释放和 ACC 含量的影响[J].热带作物学报,2010,31(10):1785-1789.
- [7] 杨叶,何书海,张淑娟,胡美姣.海南芒果炭疽菌对多菌灵的抗药性测定[J].热带作物学报,2008,29(1):73-77.
- [8] Jacobi KK, Wang LS. Quality of Kensington mango following hot water and vapor heat treatments [J]. Postharvest Biology and Technology, 1992, 1(4): 349-359.
- [9] 李雯,邵远志,李庚虎,等.采收成熟度对台农芒果贮藏品质的影响[J].食品科技,2011,36(3):30-33.
- [10] 胡美姣,高兆银,李敏,等.72 种中草药提取物对香蕉、芒果果实采后病害病原菌的抑菌活性[J].果树学报,2007,24(3):349-354.
- [11] 徐济春,侯晓东,李婷,等.中草药提取物对芒果炭疽病菌的抑制作用[J].广西热带农业,2007,(1):12-14

远志的生长节律调查及适宜播种期试验

赵阳,徐嘉,贾泓祚,罗广军*

(延边大学农学院,吉林延吉 133002)

摘要:远志 (*Radix polygalae*) 属远志科草本植物。我国远志属植物有 42 种, 8 变种, 主要分布于华南、华北、西北、东北等地, 特别是西南比较丰富, 但商品远志的产地均集中在北方, 以山西、陕西两地产量最大。远志是常用中药。经过本试验研究测定远志的千粒重为 3.1g, 发芽率为 96%, 生长期中每天生长 0.3cm 左右。不同播种期试验结果, 在延边地区 4 月 21 日播种的成苗率 88.3%, 显著高于其他播种期。因此本地区远志适宜播种期为 4 月 21 日左右。

关键词:远志; 生长节律; 播种期; 成苗率

远志 (*Radix polygalae*) 属远志科草本植物, 又名:

山茶叶、光棍茶、小鸡棵、线茶、山胡麻、米儿茶、燕子

[12]弓德强,谷会,张鲁斌,洪克前,朱世江. 芒果采前喷施茉莉酸甲酯对其抗病性和采后品质的影响[J]. 园艺学报, 2013, 40(1):49- 57.

[13]凯芳,姜微波. 水杨酸处理对采后绿熟芒果炭疽病抗病性的诱导[J]. 中国农业大学学报, 2005, 10(2): 36- 40.

[14]黄勤知,余莎,何红,等. 红树内生细菌 Ai L3 抗菌蛋白对芒果炭疽病的抑制作用[J]. 果树学报, 2013, 30(6):1016- 1022.

[15]何平. 芒果的选育种研究进展[J]. 热带农业科学, 1999, (2):60- 63.

[16]Ekbote SD, Padaganur GM, Anahosur KH. Screening of mango genotypes against anthracnose disease [J]. Plant Pathology Newsletter, 2001, (19): 27- 28.

[17]肖倩蕊,李绍鹏. 芒果炭疽病抗病品种筛选研究[J]. 热带作物学报, 1998, 19(2):43- 48.

[18]雷新涛,赵艳龙,姚全胜,等. 芒果抗炭疽病种质资源的鉴定与分析[J]. 果树学报, 2006, 23(6):838- 842.

[19]王万东,刘光华,尼章光,等. 芒果炭疽病的发生规律及综合防治[J]. 广东农业科学, 2008, (6):67- 69.

[20]姚全胜,雷新涛,黄忠兴,等. 芒果炭疽病抗性杂交群体的构建及 SSR 分子标记鉴定[J]. 果树学报, 2010, 27(2):265- 269.

[21]Luo C, He XH, Chen H, Ou SJ, Gao MP, Brown JS, Tondo CT, Schnell R.J. Genetic diversity of mango cultivars estimated using SCoT and ISSR markers [J]. Biochemical Systematics and Ecology, 2011, 39: 676 - 684.

[22]Mansour H, Mekki LE, Hussein MA. Assessment of genetic diversity and relationships among Egyptian mango (*Mangifera indica* L.) cultivars grown in Suez Canal and Sinai region using RAPD markers[J]. Pakistan Journal of Biological Sciences, 2014, 17 (1): 56- 61.

[23]何新华,李杨瑞,郭永泽,等. 23 个广西本地芒果品种的 ISSR 分析 (英文)[J]. 分子植物育种, 2005, (6): 829- 834.

[24]余贤美,艾呈祥. 芒果野生居群遗传多样性 ISSR 分析[J]. 果树学报, 2007, 24(3):329- 333.

[25]肖洁凝,黄学林,张以顺,等. 与芒果子叶切段不定根形成相关基因的 cDNA 片段的克隆 [J]. 植物生理与分子生物学学报, 2004, 30(2): 136- 140.

[26]罗聪. 芒果 SCoT 分子标记与逆境和重要开花时间相关基因研究 [D]. 广西大学, 2012.

(上接第 12 页) 在 4 个植物园生长势一般或良好, 但生长速度不尽相同, 在华南植物园和武汉植物园生长速度较快, 在仙湖植物园和南京中山植物园生长较慢或者中等。相反观光木、华盖木、亮叶含笑、亮叶木莲在华南植物园、武汉植物园、仙湖植物园等均表现出良好的生长速度和长势。说明这 4 种植物在迁地栽培时表现出良好的适应性。本次实验结果可以为木兰科植物在海南的引种栽培性状提供参考, 对海南省枫木实验林

草、草远志、十二月花^[1]。

远志是常用中药, 有安神益智、祛痰、消肿的功

[27]武红霞. 芒果花色苷合成与调控的生理与分子机制[D]. 浙江大学, 2015.

[28]罗聪,何新华,胡颖,等. 芒果 MGAPDH 同源基因的克隆及其表达分析[J]. 果树学报, 2011, (6): 1019- 1024, 1151.

[29]Luo C, He XH, Chen H, Hu Y, Ou SJ. Molecular cloning and expression analysis of four actin genes (MiACT) from mango [J]. Biologia plantarum, 2013, 57(2):239- 244.

[30]Toan CV, 罗聪,董龙,刘召亮,何新华. 芒果低分子量热激蛋白基因 MiHSP17.6 的克隆及表达分析[J]. 园艺学报, 2014, 41(12):2383- 2392.

[31]董龙,罗聪,何新华,等. 芒果类黄酮磺基转移酶基因克隆及表达分析[J]. 热带作物学报, 2014, 35(4):706- 711.

[32]刘召亮,罗聪,董龙,等. 芒果 Rab 蛋白基因 MiRab11 的克隆及表达分析[J]. 园艺学报, 2014, 41(7):1335- 1343.

[33]Liu ZL, Luo C, Li LS, Dong L, Can V, Wei PX, He XH. Isolation, characterization and expression analysis of the GDP dissociation inhibitor protein gene MiRab- GDI from *Mangifera indica* L [J]. Scientia Horticulturae, 2015, 185: 14 - 21.

[34]梅志栋,张贺,刘晓妹,等. 芒果查尔酮合成酶基因 (CHS1) 的克隆与表达分析[J]. 果树学报, 2015, 32 (6):1077- 1084.

[35]Chan ZL, Wang Q, Xu XB, Meng XH, Qin GZ, Li BQ, Tian SP. Functions of defense- related proteins and dehydrogenase in resistance response induced by salicylic acid in sweet cherry fruits at different maturity stages[J]. Proteomics, 2008, 8(22):4791- 4807.

[36]Yang LT, Lin H, Takahashi Y, Chen F, Walker MA, Civerolo EL. Proteomic analysis of grapevine stem in response to *Xylella fastidiosa* inoculation[J]. Physiological and Molecular Plant Pathology, 2011, 75:90- 99.

[37]Dos Santos MF, de Pá duac VLM, Nogueira EM, Hemerlyd AS, Domont GB. Proteome of gluconacetobacter diazotrophicus co- cultivated with sugarcane plantlets[J]. Proteomics, 2010, 10(5):917- 931.

[38]Renuse S, Harsha HC, Kumar P, Acharya PK, Sharma J, Goel R, Kumar GSS, Raju R, Prasad TSK, Slotta T, Pandey A. Proteomic analysis of an unsequenced plant—*Mangifera indica* [J]. Journal of proteomics, 2012, 75:5793- 5796.

[39]郑斌,武红霞,王松标,等. 基于转录组的芒果 MYB 家族基因的鉴定及分析[J]. 热带作物学报, 2017, 38(7):1285- 1294

场建立木兰园提供树种上的选择。(收稿:2018- 03- 14)

参考文献:

[1]刘伟,黄滔,陈继杰,等. 湖南省森林植物园植物专类园规划[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2007(02):191- 195

[2]刘玉壶,夏念和,杨惠秋. 木兰科 Magnoliaceae 的起源、进化和地理分布[J]. 热带亚热带植物学报, 1995(04):1- 12.

[3]陈新兰,杨科明. 亮叶木莲的繁殖栽培及园林应用[J]. 广东园林, 2010, 32(02):55- 57.

[4]刘春霞,陈存及,赖培森,等. 乳源木莲苗高年生长规律[J]. 福建林业学报, 2003(02):173- 176.