

我国草莓种质资源研究进展

徐谦, 罗天宽, 裘波音 (温州科技职业学院, 浙江温州 325000)

摘要 介绍了我国栽培草莓和野生草莓的种质资源, 概述了对草莓种质资源的综合评价和抗病性、抗逆性、果品品质风味等评价研究, 介绍了分子标记在草莓种质鉴定研究中的应用。在此基础上, 分析我国草莓育种存在的问题并提出展望。

关键词 草莓; 种质资源; 评价; 鉴定

中图分类号 S668.4 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)10-0045-03

Research Progress of Strawberry Germplasm Resources in China

XU Qian, LUO Tian-kuan, QIU Bo-yin (Wenzhou Vocational College of Science & Technology, Wenzhou, Zhejiang 325000)

Abstract In this paper, the germplasm resources of cultivated and wild strawberries in China were introduced, the comprehensive evaluation and evaluations on disease resistance, stress resistance, fruit quality and flavor were outlined, the application of molecular marker in strawberry germplasm identification were summarized. On this basis, the problems and prospects on strawberry breeding in China were reviewed.

Key words Strawberry; Germplasm resource; Evaluation; Identification

草莓(*Fragaria ananassa* Duch.)属于蔷薇科(Rosaceae)草莓属(*Fragaria*)浆果类多年生草本植物,其果肉鲜美,含有特殊的浓郁芳香,具有较高的营养价值,是一种重要的经济作物。在世界浆果类水果生产中,草莓的栽培面积和产量仅次于葡萄。全世界大约有50种草莓属植物,常见的草莓属植物约有20种,至少有11种在我国自然分布。我国的草莓生产与欧美、日本相比较为落后,应在积极引进国外优质品种的同时,充分利用国内的草莓种质资源开展育种研究。该文介绍了我国栽培草莓和野生草莓的种质资源,概述了我国对其的评价研究以及存在的问题,以进一步选育优质、高产、早熟、大果、抗病草莓品种。

1 种质资源概述

1.1 主栽品种 目前在我国栽培面积较大的草莓有以下品种^[1]:①主要日本品种,红颜、章姬、丰香、栃乙女、鬼怒甘、幸香、女峰、宝交早生、丽红、春香等。②主要欧美品种,西班牙的图得拉、杜克拉、卡尔特1号、安娜、弗吉尼亚;法国的达赛莱克特、姆托;荷兰的埃尔桑塔、因都卡、戈雷拉;德国的森加森加拉;保加利亚的索菲亚;美国的哈尼、全明星、世纪红;加拿大的奖赏。③我国培育的主要品种,硕丰、新明星、明晶、明旭、明磊、黔莓2号等。

1.2 野生种质分布 被广泛栽培利用的草莓属植物是八倍体凤梨草莓,其余多为野生或半野生状态。根据对我国野生草莓资源的考察与鉴定可知,我国自然分布的野生草莓包括8个二倍体种^[2-3]:森林草莓(又名野草莓, *Fragaria vesca* L.),分布广泛,见于东北、西北和西南各省(区);黄毛草莓(又名淡味莓, *F. nilgerrensis* Schlecht.),原产于四川、云南、贵州、台湾等地;绿色草莓(*F. viridis* Duch.),分布于新疆天山;五叶草莓(*F. pentaphylla* Lozinsk.),分布于四川、青海、甘

肃、陕西、河南等地;纤细草莓(*F. gracilis* Lozinsk.),分布于西藏、青海、甘肃、陕西、四川、湖北、河南;西藏草莓(又名喜马拉雅莓, *F. nubicola* Lindl.)、裂萼草莓(又名锡金草莓, *F. daltoniana* Gay),均分布于西藏;东北草莓(*F. mandschurica* Staudt),分布于吉林、黑龙江、内蒙古。3个四倍体种:东方草莓(*F. orientalis* Lozinsk.),原产于我国北部和西伯利亚西部、蒙古、朝鲜北部等地,见于吉林、黑龙江、辽宁、内蒙古、青海、甘肃、山西、陕西、湖北、河北、山东;西南草莓(又名山地莓, *F. moupinensis* Card.),分布于西藏、四川、云南、青海、甘肃、陕西;伞房草莓(*F. corymbosa* Lozinsk.),分布于甘肃、山西、陕西、河南、河北、吉林。黑龙江和吉林还发现有五倍体的野生草莓资源。

2 资源鉴定与评价

依据《草莓种质资源描述规范和数据标准》,国家草莓种质资源圃建设单位江苏省农业科学院园艺所在对草莓种质资源收集的基础上,采用农艺学、生物学、分析化学、分子标记等对我国300余份草莓种质资源的农艺性状、果实品质、抗逆性、抗病性等进行系统鉴定评价,并从中筛选出优异、特异草莓资源30份以及一批优良品种^[4]。由于各地在进行品种选育和引进的过程中需要适应不同的气候条件,具有不同的侧重点,开展了综合评价、抗病性评价、抗逆性评价、品质风味评价等不同的研究。

2.1 综合评价 在进行草莓品种选育和引进时,常需要对草莓品种的物候期、植株性状、果实性状、品质、产量、抗病虫性、贮运性能等进行综合评价。和秀云等^[5]利用灰色关联度分析法对超早、宫本、栃乙女、托特母、鬼怒甘、红颜、森格纳、红珍珠、法兰帝、丰香、美香莎、甜查理这12个草莓品种进行了定位,分别利用等权关联度和结合消费者意见的加权关联度进行2次排序,结果表明栃乙女、超早和宫本比较适宜在丽江高海拔山区推广利用。重庆市农业科学院对引进的10个草莓品种进行综合研究,推选出越丽、红颜和太空这3个草莓品种可在重庆城郊观光采摘园中示范推广^[6]。李洪雯等^[7]对从意大利引进的11个草莓品种(系)在四川开展多年、多点试验,筛选出Queen-Elisa综合性状优良,早熟性、

基金项目 温州科技计划项目“草莓品种引选与种苗繁育技术研究”(N20140016);浙江省重点科技创新团队项目“园艺作物育种先进技术创新团队”(2013TD05)。

作者简介 徐谦(1985—),女,浙江温州人,讲师,博士,从事作物资源创新研究。

收稿日期 2017-01-22

丰产性、抗病性强,果形漂亮、风味口感佳、硬度大、耐贮运、货架期长,适宜在四川推广。郑小华等^[8]对意大利草莓新品种坎东嘎和叙利亚的引种研究表明,这2个品种适合在成都双流地区栽培。将丰香、章姬、明宝和红颊这4个草莓品种在江苏省句容大棚进行栽培比较试验,综合分析了其果实风味、产量、抗病性和贮运性能,结果表明红颊抗病性虽差,但果实综合经济性状优于其他3个品种,产量高,更适于大棚栽培^[9]。红艳、童子一号、佐贺清香、章姬、甜查理这5个草莓品种在河南省漯河市露地栽培试验表明,其均优于对照全明星和丰香,其中红艳适于作为鲜食草莓品种大力发展,童子一号可作为鲜食加工兼用品种大力发展^[10]。将达赛莱克特、吐德拉、甜查理、卡姆罗莎、密保、弗吉尼亚、栃乙女、丰香、晶瑶这9个品种在广州进行露地栽培,综合观察和比较结果表明,甜查理、栃乙女和卡姆罗莎较适合在华南地区大面积推广,密保可作为加工型草莓种植,晶瑶可作为生产高档果实的品种种植^[11]。

对野生草莓资源亦可进行综合评价。董静等^[12]通过对森林白果、UC4、UC5和东北野生4份野生森林草莓资源植株和果实主要性状的观察比较,发现森林白果具有早熟、高产、果实白色、香味浓郁等优良性状,可用于栽培品种改良。

2.2 抗病性评价 白粉病、炭疽病属于我国草莓栽培中的主要病害。杨爽等^[13]对北京地区主栽的红颜、栃乙女和章姬草莓品种感白粉病情况进行研究,通过分析感病率、最高感病等级和病情指数,得出选种栃乙女品种可以有效降低草莓白粉病病情指数的结论。曾蓉等^[14]研究50个不同的草莓种质材料分别对胶孢炭疽病菌和尖孢炭疽病2种病原菌的抗性表明,不同草莓种质对2种炭疽病菌存在明显的抗性差异。黄金凤^[15]采用整株接种、离体叶片接种和田间自然发病调查3种方法对12份野生草莓种质的炭疽病抗性进行研究,呈现不同的结果:整株接种法鉴定的结果表明6份材料表现中抗,4份材料表现抗病,2份表现高感;离体叶片接种法所得结果相似;田间调查结果表明12份材料均有良好抗性。由此建议以整株接种法作为草莓对炭疽病抗性鉴定的标准。

2.3 抗逆性评价 目前对草莓的抗逆性评价主要集中在抗寒性方面。王静等^[16]为筛选出耐低温、耐弱光的草莓种质,对25个生产上主栽的草莓种质进行低温及弱光处理下组织电解质外渗率(REC)、超氧化物歧化酶(SOD)活性、叶绿素含量的测定,结果表明草莓种质Kabarla、玛拉奇156、硕香、明宝、明旭、塞波扎耐寒性较高;草莓种质明宝、硕香、富丽、Kabarla、97-4-17、扇子面、丰香较耐弱光,可见Kabarla、明宝、硕香是耐低温弱光种质。杨凤翔^[17]对埃尔桑塔、草莓王子、大将军、鬼怒甘、红瑞光、玛丽亚、欧宝、全明星和香缇共9个草莓品种进行抗寒性研究,测定其半致死温度、质膜透性、绝对含水量、相对含水量、叶绿素含量、可溶性糖含量、可溶性蛋白质含量、脯氨酸含量、丙二醛含量、超氧化物歧化酶活性和过氧化物酶活性等生理生化指标,利用主成分分析和聚类分析对不同草莓品种的生理生化指标变化率进行综合评

价分析,将9个品种的抗寒性分为3类,其中全明星和香缇属于强抗寒品种,草莓王子、大将军、红瑞光和欧宝属于中抗寒品种,而埃尔桑塔、玛丽亚和鬼怒甘属于弱抗寒品种。

2.4 品质风味评价 评价草莓果品品质的指标主要包括质量参数(可溶性固形物、可滴定酸和硬度)和营养参数(总酚、类黄酮、花青素、抗坏血酸、VE和抗氧化能力),研究者根据这2类参数评价出红太后和红颊为最优品种^[18-19]。此外,评价指标还包括外观品质(果形、整齐度、果色、口感、果肉颜色、香气等)。在针对5个草莓品种果实外观品质和营养成分^[20]的比较研究中,发现红颊优于童子一号、玫瑰、桃香、丰香。李莉等^[21]应用灰色关联分析法,对河北省农林科学院石家庄果树研究所保存的120份草莓种质资源进行果品品质综合评价,结果表明综合性状较好的10份种质依次为石莓5号、石莓3号、石莓4号、杜克拉、红实美、星都2号、丰香、红丰、童子1号、红露。金亮等^[22]针对森林草莓和10个栽培草莓品种的抗氧化能力进行研究,结果表明森林草莓抗氧化物质含量和抗氧化能力远高于测试的栽培草莓品种;在10个栽培品种中,哈尼和凤冠的营养品质表现较好。

草莓芳香是其风味的重要组成部分。对33个欧美草莓品种^[23]和野生黄毛草莓种质^[24]进行研究,分析草莓香气的来源,结果表明辛酯类、橙花叔醇、丁酸甲酯、己酸乙酯和己酸甲酯等单一或混合成分是欧美草莓品种香气的主成分,而黄毛草莓果实的蜜桃香味受遗传、环境等影响,包含挥发性酯类、醇类和萜类等成分,其代谢调控非常复杂。

3 分子标记技术在草莓鉴定中的应用

随着分子标记技术在各种植物育种研究中的广泛应用,草莓分子标记在遗传图谱构建、品种鉴定、遗传多样性等方面亦得到较多应用。早期的随机扩增多态DNA(RAPD)、扩增片段长度多态性(AFLP)、酶切的扩增多态性序列(CAPS)、限制性片段长度多态性(RFLP)等基于PCR技术均可以鉴定草莓栽培品种,通过AFLP技术亦可以鉴定各品种之间的遗传关系^[25]。基于草莓表达序列标签(EST)开发的SSR标记^[26]对96份草莓栽培品种资源的分析表明,我国地方品种聚类相对集中,欧美品种和日本品种的遗传基础宽于我国选育品种和地方品种^[27]。Meng等^[28]利用SSR标记对西藏墨脱70种野生草莓种质资源进行遗传多样性和群体结构分析,10对引物扩增得到189条多态性片段。花秀凤等^[29]利用ISSR分子标记对来自不同国家的34个草莓品种开展分类与多样性分析,分类结果与草莓的地理分布有一定相关性。相关序列扩增多态性(SRAP)也可用于草莓种质资源鉴定^[30]。RAPD标记在野生草莓的亲缘关系鉴定和资源遗传多样性分析中的应用也弥补了形态学、解剖学鉴定的不足^[25]。

4 问题及展望

近年来,我国草莓育种工作进步迅速,但与国外育种大国仍有差距,具体表现在:①各地方农业科学院的工作多以引种为主,具备草莓育种经验和能力的单位相对较少,且对比欧美大型草莓育种研发企业缺乏优势;②各地各自为阵,

缺乏统筹性,对于同一品种在几个典型地理位置、气候条件下栽种的效果进行研究^[31],可以为引种工作提供指导;③对栽培品种和野生草莓的研究相对独立,不但需要把栽培品种和野生草莓并列在一起研究^[22],而且需要利用野生草莓与栽培品种进行种间回交,对筛选的后代进行性状鉴定^[32];④分子标记应用研究不足,国外已经开发高通量芯片以服务于草莓分子标记辅助育种^[33],而我国的分子标记研究多为亲缘关系鉴定和多样性分析,在农艺性状、果实经济性状的分子标记研究方面相对落后,可借鉴栽培草莓的日中性遗传图谱构建^[34]、黄萎病相关 QTL 定位等研究^[35]。

综上所述,我国草莓的育种研究需要在传统育种手段上结合诱变育种、生物技术育种等手段,加速选育草莓品种的进程。与此同时,对草莓种质资源的深层鉴定需要加强,开发有效便捷的分子标记进行亲缘关系、品种起源、演化过程的研究,构建草莓农艺性状、果实经济性状等相关质量性状、数量性状基因的分子标记图,为选育优质、高产、早熟、大果、抗病草莓品种的研究工作提供理论依据,便于针对性地运用野生草莓种质资源改造草莓的遗传性。

参考文献

- [1] 陈洁, 刘田田, 徐雪平, 等. 草莓品种资源和遗传育种研究进展[J]. 福建农业, 2014(9): 31-33.
- [2] 朱薇, 杨明攀. 中国野生草莓资源研究及利用进展[J]. 中国南方果树, 2012, 41(4): 50-52.
- [3] 李先文, 马世民, 袁正仿. 中国草莓的种质资源和良种培育[J]. 信阳农业高等专科学校学报, 2011, 21(4): 112-114.
- [4] 邹彤红. 草莓种质资源研究进展[J]. 中国园艺文摘, 2016, 32(5): 29-31.
- [5] 和秀云, 和加卫, 苏泽春, 等. 灰色关联度对草莓品种的综合评估[J]. 中国农学通报, 2015, 31(21): 259-263.
- [6] 胡佳羽, 史文景, 罗友进, 等. 10 个草莓品种在重庆城郊大棚栽培的比较研究[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(29): 100-102.
- [7] 李洪雯, 刘建军, 陈克玲, 等. 11 个意大利草莓品种(系)在四川的表现[J]. 中国果树, 2010(3): 35-38.
- [8] 郑小华, 郑晓琴, 罗丹, 等. 双流地区草莓新品种“坎东嘎”和“叙利亚”引种研究[J]. 资源开发与市场, 2016, 32(4): 473-477.
- [9] 糜林, 陈秀娟, 李金凤, 等. 4 个草莓品种在江苏句容大棚栽培比较试验[J]. 中国果树, 2011(6): 35-38.
- [10] 李红伟, 于泳泽, 张乐, 等. 5 个草莓品种的引种表现[J]. 落叶果树, 2012(4): 34-36.
- [11] 张慧敏, 张林, 黄书琴. 华南地区适用型草莓品种的筛选[C]//草莓研究进展(三). 北京: 中国农业出版社, 2009: 53-60.
- [12] 董静, 张运涛, 王桂霞, 等. 日光温室条件下 4 份森林草莓(*Fragaria vesca*)种质资源主要植株、果实性状比较[C]//草莓研究进展(IV). 北京: 中国农业出版社, 2015.
- [13] 杨爽, 李海鹏, 杨培鑑, 等. 不同草莓品种对白粉病的抗性调查[J]. 北方园艺, 2014(10): 104-106.
- [14] 曾蓉, 张繁琴, 高清华, 等. 草莓抗炭疽病的新种质资源筛选[J]. 上

海交通大学学报(农业科学版), 2011, 29(4): 28-31.

- [15] 黄金凤. 野生草莓种质资源对胶孢炭疽菌的抗性研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2012.
- [16] 王静, 赵密珍, 于红梅, 等. 25 种草莓种质耐低温弱光性研究[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(12): 164-166.
- [17] 杨凤翔. 不同草莓品种抗寒性的综合评价[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2010.
- [18] 罗娅, 唐勇, 冯珊, 等. 6 个草莓品种营养品质与抗氧化能力研究[J]. 食品科学, 2011, 32(7): 52-56.
- [19] 冀芦沙, 肖庆振, 于守超, 等. 山东境内 11 个草莓品种的品质及遗传特性分析[J]. 甘肃农业大学学报, 2012, 47(2): 39-44.
- [20] 沙春艳. 5 个草莓品种果实品质的比较研究[J]. 中国林副特产, 2012(2): 37-39.
- [21] 李莉, 杨雷, 杨莉, 等. 应用灰色关联分析法综合评价草莓种质资源[J]. 河北农业科学, 2008, 12(4): 18-19.
- [22] 金亮, 阮松林, 忻雅, 等. 森林草莓与栽培草莓体外抗氧化能力比较[J]. 核农学报, 2015, 29(1): 79-86.
- [23] 张运涛, 王桂霞, 董静, 等. 33 个欧美草莓品种果实挥发性物质的分析[J]. 果树学报, 2011(3): 438-442.
- [24] 王建辉, 李洪雯, 刘建军. 利用野生种质进行草莓香味改良研究进展[J]. 中国农学通报, 2016, 32(22): 189-193.
- [25] 陈琼娥, 钟凤林, 潘东明, 等. 草莓分子标记技术研究进展[J]. 亚热带农业研究, 2011, 7(1): 64-67.
- [26] 王静, 赵密珍, 于红梅, 等. 草莓 EST-SSR 标记的开发与应用[J]. 果树学报, 2011, 28(4): 721-726.
- [27] 韩柏明, 赵密珍, 王静, 等. 基于 SSR 标记的草莓品种亲缘关系分析[J]. 植物遗传资源学报, 2013, 14(3): 428-433.
- [28] MENG F J, LIU L, PENG M, et al. Genetic diversity and population structure analysis wild strawberry (*Fragaria nubicola* L.) from Motuo in Tibet Plateau based on simple sequence repeats (SSRs)[J]. Biochemical systematics & ecology, 2015, 63(2): 113-118.
- [29] 花秀凤, 钟凤林, 林义章, 等. 草莓种质资源遗传多样性 ISSR 分析[J]. 福建农业学报, 2013, 28(3): 232-236.
- [30] WEI L L, ZHU S D, JIA Q M, et al. Optimization of SRAP reaction system and selection of primers for strawberry[J]. Chinese agricultural science bulletin, 2014, 30(25): 159-165.
- [31] COCCO C, MAGNANI S, MALTONI M L, et al. Effects of site and genotype on strawberry fruits quality traits and bioactive compounds[J]. Journal of berry research, 2015, 5(3): 145-155.
- [32] DIAMANTI J, MAZZONI L, BALDUCCI F, et al. Use of wild genotypes in breeding program increases strawberry fruit sensorial and nutritional quality[J]. Journal of agricultural & food chemistry, 2014, 62(18): 3944-3953.
- [33] BASSIL N V, DAVIS T M, ZHANG H, et al. Development and preliminary evaluation of a 90 K Axiom[®] SNP array for the allo-octoploid cultivated strawberry *Fragaria × ananassa*[J]. BMC genomics, 2015, 16(1): 1-30.
- [34] CASTRO P, BUSHAKRA J M, STEWART P, et al. Genetic mapping of day-neutrality in cultivated strawberry[J]. Molecular breeding, 2015, 35(2): 1-16.
- [35] ANTANAVICIUTE L, SURBANOVSKI N, HARRISON N, et al. Mapping QTL associated with *Verticillium dahliae* resistance in the cultivated strawberry (*Fragaria × ananassa*)[J]. Horticulture research, 2015(2): 1-8.

(上接第 4 页)

- [14] 宁欣强, 王远亮, 曾国明. 响应面法优化水/醇处理后汽爆玉米秸秆酶解[J]. 精细化工, 2011, 28(6): 539-543.
- [15] 张艳, 李永哲. 响应面法及其在药学领域中的应用[J]. 吉林化工学院学报, 2012, 29(7): 20-26.
- [16] ZHAO W Z, YU Z P, LIU J B, et al. Optimized extraction of polysaccharides from corn silk by pulsed electric field and response surface quadratic design[J]. J Sci Food Agric, 2011, 91(12): 2201-2209.
- [17] 范玲, 闫建庆, 郑春霞, 等. 3,5-二硝基水杨酸(DNS)比色法在分析棉

花纤维还原糖含量中的应用研究[J]. 棉花学报, 1996, 8(3): 151-154.

- [18] 石亚中, 方娇龙, 钱时权, 等. 响应曲面法优化纤维素酶酶解提取工艺[J]. 食品科学, 2013, 34(40): 75-79.
- [19] 王超, 章超桦. 酶解纤维素类物质生产燃料酒精的研究进展[J]. 纤维素科学与技术, 2003, 11(4): 52-59.
- [20] 张森翔, 伊小燕, 龚志伟, 等. 纤维素酶降解秸秆特性及其基因工程研究进展[J]. 生物技术通报, 2015, 31(5): 20-26.