

瓠瓜遗传基础及育种研究进展

钦洁¹, 黄皓², 尚小红², 郭元元², 王益奎², 周生茂²

(1. 广西农业科学院 南宁 530007; 2. 广西农业科学院蔬菜研究所 南宁 530007)

摘要: 瓠瓜虽然栽培历史悠久,但其育种及相关遗传基础研究起步较晚,落后于葫芦科其他主要瓜类蔬菜。目前,对瓠瓜遗传规律的相关基础研究主要集中在杂种优势、农艺性状、抗逆(耐)性及苦味等方面。就近年来瓠瓜种质资源、品种选育、遗传规律、生物技术育种等研究进展情况进行归纳总结,提出目前瓠瓜育种研究中存在的问题并进行了展望,旨在为持续有效开展瓠瓜育种相关研究提供依据和参考。

关键词: 瓠瓜;品种选育;种质资源;遗传规律;生物技术;

中图分类号: S642.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-2871(2022)05-001-07

Advances of bottle gourd genetics basic and breeding

QIN Jie¹, HUANG Hao², SHANG Xiaohong², GUO Yuanyuan², WANG Yikui², ZHOU Shengmao²

(1. Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning 530007, Guangxi, China; 2. Vegetable Research Institute of Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning 530007, Guangxi, China)

Abstract: Although bottle gourd has a long cultivation history, breeding and genetic research started fairly late and lagged behind other major cucurbit vegetables. The current genetic research on bottle gourd focuses on heterosis, and genetics of agronomic traits, stress resistance (tolerance) and bitterness. We summarized research progress of germplasm resources, variety breeding, inheritance and biotechnology application in this article. The aim was to provide basis and reference for further research efforts on breeding of bottle gourd.

Key words: Bottle gourd; Variety breeding; Germplasm resources; Inheritance; Biotechnology

瓠瓜[*Lagenaria siceraria* (Mol.) Stand]属葫芦科葫芦属一年生蔓性草本植物($2n=2x=22$),又名蒲瓜、蒲仔、瓠子、长瓜、夜开花、葫芦、瓢瓜等^[1],源于赤道非洲南部热带低地,含有丰富的蛋白质、糖分、有机酸及多种微量元素,既有很好的医疗保健功能,又是炎热夏季食用的凉性蔬菜^[2-3],是我国栽培的葫芦科蔬菜中最古老的一种,因其雌雄花大都在夜间及早晚光照弱时开放,故又称“夜开花”。在热带非洲、印度、东南亚和我国大部分地区作为食用、药用、观赏、工艺加工品等广泛栽培,是长江流域及南方各省份效益农业的重要蔬菜品种之一,其中浙江年均种植面积稳定在1万hm²左右。

自20世纪80年代,我国开始进行瓠瓜育种,先后育成了不同类型、不同成熟期及不同抗性的瓠瓜新品种,在瓠瓜品质育种、抗病育种和抗(耐)逆性育种等方面取得了一定成果,一定程度上实现了我国主栽瓠瓜品种的国产化、良种化和杂优化。目

前,对瓠瓜遗传基础及育种方面研究进行归纳总结的相关报道较少,笔者就近年来瓠瓜种质资源、品种选育、育种遗传基础、生物技术育种等方面的研究进行归纳总结,提出目前瓠瓜育种研究中存在的问题并进行展望,旨在为瓠瓜育种的深入研究提供依据和参考。

1 瓠瓜种质资源

种质资源是现代种业发展的物质基础,也是育种的基础材料。新中国成立以来,我国分别于1955—1958年、1983—1985年开展了两次全国性大规模的农作物种质资源征集及多次专项考察搜集工作。“七五”期间(1986—1990年),由中国农业科学院蔬菜花卉研究所牵头,组织全国29个省(自治区、直辖市)蔬菜科研、教学单位协作攻关,收集整理蔬菜种质资源并上交国家种质资源库长期保存。全国共收集并保存171份瓠瓜资源,其中福建

收稿日期:2021-12-29;修回日期:2022-03-23

基金项目:广西农业科学院基本科研业务专项项目(桂农科2015YM30);广西科学研究与技术开发计划项目(桂科能1346007-3);广西科学研究与技术开发计划项目(桂科AD19259007)

作者简介:钦洁,助理研究员,主要从事蔬菜遗传育种研究。E-mail:55459892@qq.com

通信作者:周生茂,副研究员,主要从事蔬菜育种和栽培研究。E-mail:907388929@qq.com

上交最多(50份),湖南次之(17份)。截至1998年,全国共收集瓠瓜资源242份^[4]。2015年农业部、国家发展改革委、科技部印发了《全国农作物种质资源保护与利用中长期发展规划(2015—2030年)》,并于2015—2020年实施了第三次全国性农作物种质资源普查和收集,其间,浙江收集到瓠瓜地方种质资源51份^[5],广西38份^[6],福建24份^[7],为瓠瓜资源保护和开发利用奠定了基础。

在我国,瓠瓜可分为瓠子、长柄葫芦、腰葫芦、圆葫芦四个大类^[8],瓠瓜在我国已有7000多年的栽培历史^[9],目前年栽培面积约13.33万hm²^[10],主要分布于浙江、福建、云南、上海、广东、湖北、四川等地^[1-5]。长期以来,经过自然选择和人工选育,各地形成了许多优良的品种群,如湖北、湖南、江西、江苏等地区主栽品种有早熟的孝感瓠子、宜昌葫芦、神农架瓠子、洪湖葫芦、汉龙碧玉瓠瓜、面条瓠子,长势强的兴蔬短瓠,大葫芦形的圆瓠1号,优良的农家种三江口瓠子等品种^[11],及上海、杭州的长瓠瓜,南京的面条瓠子,浙江的长葫芦,福州的芋瓠等。广东地区主栽品种有早蒲2号、永乐、青秀、短瓠蒲瓜、正源3号蒲瓜、早佳蒲瓜等^[5],广西地区有梧州早蒲瓜、桂林瓠子瓜、金城江瓠子瓜、牛角瓜、南宁牛腿瓠等地方品种。

2 瓠瓜品种选育

近年来,由于消费者口味偏好、市场定位、近亲繁育等,瓠瓜品种间种质资源遗传基础愈发狭窄,不同的育成品种间基因差异逐渐缩小,导致其种性退化,因此,生产中迫切需要选育出更多更丰富的瓠瓜品种来满足实际生产的需求。瓠瓜育种目标主要考虑以下几个方面:第一,要以植株生长势强、抗病抗逆性强、产量高、品质优作为育种首要目标。第二,根据瓠瓜变种类型、品质确定育种目标,菜用瓠瓜需选择具有早熟、果皮薄、肉质嫩软多汁等性状的品种;用作容器的瓠瓜,可选择果大、质硬、葫芦形状的品种;用作砧木的瓠瓜,可选择生长势强、抗病性强的品种。第三,根据栽培目的来确定育种目标,如以冬春或夏季栽培为目的,应选择耐寒或耐热性强及对长日照不敏感的品种。瓠瓜育种途径一般包括引种、常规选种、杂交育种和分子育种等。

2.1 引种

目前,我国瓠瓜生产普遍应用地方品种,引种不失为充实地方瓠瓜种质资源的一条重要途径,通

过从国外或国内不同地区间引种的方式,能够加快全国各地瓠瓜生产和丰富瓠瓜种质资源。据文献记载,熊培桂^[12]最早开始瓠瓜引种试验,成功解决了限制瓠瓜在西宁地区发展的品种因素,接着关振中^[13]利用平安地区气候条件对瓠瓜的引种技术进行了研究。近年来,瓠瓜引种相关报道较多,浙蒲二号瓠瓜新品种及配套爬地栽培技术可在江、浙、沪一带水稻区推广,且已在嘉兴、余杭、宁波、绍兴和江苏等地区进行推广,应用效果显著^[14]。早蒲2号通过引种试验,适宜在广东阳江市春、秋两季种植^[15]。

2.2 常规选种

瓠瓜地方品种间易于杂交,常出现混杂分离情况,如品质变劣、产量降低、出现苦味等,可采用混合选择、单株选择等常规选种技术在地方种植品种中选育出新品种。2003年广东省农业科学院在全省率先选育出抗病、优质、丰产的常规品种美丰一号瓠瓜^[16],接着,广东各地先后育成了美丰一号、美绿一号和粤丰一号等瓠瓜常规品种^[5]。陈先知等^[17]从苍南地方品种五月早瓠瓜变异单株中经系统选育获得瓠瓜新品种温圆蒲1号。邹宜静等^[18]将杭州长瓜经过严格自交提纯复壮改良育成了改良杭州长瓜品种。

2.3 杂交育种

受黄瓜、西瓜等瓜类作物杂种优势明显的启发。华中农业大学向长萍团队从20世纪90年代开始进行瓠瓜杂交育种研究,用收集的瓠瓜品种纯化为自交系后进行杂交,选育出我国第一个瓠瓜杂种一代品种华瓠杂1号^[19]。此后,瓠瓜的杂交育种研究才逐渐发展起来,瓠瓜杂种一代新品种选育逐渐取得了显著成效。近年来,根据生产上不同需求,我国选育出了不同类型的瓠瓜品种(表1)。

瓠瓜除作菜用,因其抗性优良,与西瓜亲缘关系接近,常用作西瓜及其他葫芦科蔬菜作物的砧木材料。因此,除表1所列出的菜用瓠瓜品种外,国内一些科研单位相继筛选、培育出适合作为砧木的瓠瓜品种,如庞兆良等^[20]培育出的瓠瓜砧木杂交种雪峰强砧1号,与西瓜嫁接亲和性好,共生亲和力强,适宜于我国南方前期低温寡照条件下嫁接育苗及西瓜重茬区进行嫁接栽培。

3 瓠瓜遗传规律研究

3.1 瓠瓜主要农艺性状的遗传研究

只有了解了瓠瓜各种性状的遗传规律,有目的

表1 我国育成的主要瓠瓜品种

品种	熟性	瓜长/cm	长势	育种单位	抗性	参考文献
正源3号	早中熟	19.5(葫芦形)	强	广东和利农农业研究院有限公司	耐热、耐寒、耐旱、耐涝	[20]
浙蒲9号	中早熟	25	强	浙江省农业科学院蔬菜研究所	抗枯萎	[21]
鄂瓠杂4号	早熟	27.4	强	武汉市蔬菜科学研究所	-	[22]
温圆蒲1号	早熟	15(葫芦形)	中等	温州市农业科学研究院	耐低温、耐弱光照	[17]
金蒲1号	早熟	40	强	浙江省金华三才种业公司	中抗枯萎病和白粉病	[23]
福圣	早熟	42	强	武汉市蔬菜科学研究所	较抗白粉病、炭疽病	[24]
浙蒲1号	早熟	45~50	强	浙江省农科院园艺所	耐低温弱光	[25]
浙蒲2号	早熟	40	中等	浙江省农科院蔬菜所	耐低温弱光	[26]
浙蒲6号	早熟	36	中等	浙江省农业科学院蔬菜研究所	耐低温弱光、耐盐碱,抗枯萎病,中抗病病毒病和白粉病	[27-28]
浙蒲8号	中早熟	30	较强	浙江省农业科学院蔬菜研究所	耐高温,对枯萎病和白粉病抗性强	[29]
早杂7号	早熟	35	中等	浙江之虹种业有限责任公司	耐低温弱光,较耐枯萎病、白粉病和病毒病	[30]
越蒲1号	早熟	25~35	强	浙江省绍兴市农业科学研究院	较抗白粉病	[31]
越蒲2号	早熟	35~40	较强	浙江省绍兴市农业科学研究院	中抗白粉病	[32]
榕瓠1号	早中熟	30~40	强	福建省福州市蔬菜科学研究所	耐热性好,抗枯萎病、白粉病和霜霉病	[33]
甬瓠1号	早熟	50	强	浙江省宁波市农业科学院蔬菜研究所	耐低温弱光,较抗枯萎病、霜霉病	[34]
甬瓠2号	早熟	50	强	浙江省宁波市农业科学院蔬菜研究所	抗病毒病和枯萎病	[35]
早春一号	特早熟	55	-	湖北省咸宁市蔬菜科技中心	-	[36]
嘉蒲2号	早熟	40~50	强	浙江省嘉兴市农业科学研究院	耐高温、强光,耐湿,耐渍,抗病毒病和白粉病	[37]
华瓠杂2号	早熟	40	强	华中农业大学园艺林学学院	较耐白粉病和霜霉病	[38]
华瓠杂3号	早熟	54	强	华中农业大学园艺林学学院	较耐白粉病和霜霉病	[38]
鄂瓠杂3号	早熟	42~45	强	湖北省农科院经作所	较耐白粉病,较抗霜霉病	[39]

注:“-”表示文献中没有相关性状表述或数据。

地设计育种方案,才能将不同的优良基因综合到瓠瓜个体中。目前,对瓠瓜遗传规律的相关基础研究主要集中在抗病性、抗耐(逆)性^[41]、瓜形、鲜味^[42]及苦味^[43]等方面。瓠瓜的形状、皮色、单瓜质量等3个果实性状的遗传多样性最丰富,利用果实形状和单瓜质量可以初步判断瓠瓜种质之间的亲缘关系^[44],瓠瓜瓜长、瓜长长系数、蛋白质含量等性状遗传符合加性-显性模型,小区产量、雌雄花开放期、铁离子含量等性状遗传符合加性-显性-上位性模型,杂种生长势优势与杂种产量优势关系密切^[45]。瓠瓜果形遗传调控机制复杂,可能存在一因多效或紧密连锁的基因^[46]。砧用瓠瓜对枯萎病的抗病性与根系生长具有相关性,可以根据根系生长情况快速评价砧用瓠瓜对瓠瓜枯萎病的抗性表现^[47]。

3.2 抗病性

白粉病与病毒病是瓠瓜生产上的两大主要病害,有关瓠瓜抗病性遗传研究主要集中在危害症状、防御措施、生理特性和基因组学方面。20世纪90年代,Robinson等^[48]研究指出瓠瓜对白粉病的抗性受1对隐性基因控制。王玲平等^[49]的研究也证实了此结论。瓠瓜对白粉病抗性与其携带有利等位变异数目呈正相关^[50],对白粉病的抗性受1对隐性

基因控制,硅能提高酚类代谢的酶活性,提高瓠瓜对白粉病的抗病能力^[51]。砧用瓠瓜世代群体对瓠瓜枯萎病的抗性由多基因控制,抗性遗传符合“加性-显性”模型,以加性效应为主,且抗病对感病表现为部分显性。不同家系对瓠瓜枯萎病的抗性遗传模型为“加性-显性-上位性”,抗病亲本中显性基因多于隐性基因^[52]。

3.3 抗耐(逆)性

国内在瓠瓜抗耐性方面的研究主要集中在耐湿涝、耐低温等方面。瓠瓜作物根系生长速度、叶绿素含量、POD活性及MAD含量可作为瓠瓜苗期耐涝性相关指标,综合判断瓠瓜苗期耐涝性^[53]。瓠瓜亲本JJS的耐湿涝特性由1对显性单基因控制,F₁的不定根数目比耐湿涝亲本JJS增多,表现出超亲优势^[54]。采用外部形态指标和生理生化指标可以正确评价蒲瓜的耐热性^[55],相对电导率、Pro与MDA含量与冷害指数可以作为选择瓠瓜抗寒性品种指标^[56]。

3.4 苦味遗传

遗传特性是苦味产生的内因,有研究证实,瓠瓜变苦与栽培管理及外界条件没有关系,苦味是由显性基因*Bt*和另一对基因*II*和*ii*决定的,只有植

株同时存在 *Bt* 和 *I*-时才使果实形成一种糖甙——葫芦甙而产生苦味的性状,基因互补作用是造成瓠瓜变苦的原因,其含量以果实的外果皮部分最高,叶部、茎部、卷须、花冠上均无苦味物质存在,所以瓠瓜不能在其开花结果前判断其是不是苦味瓠瓜^[57]。张谷曼^[58]研究发现瓠瓜果实苦味的产生涉及 2 对基因的互补作用,需要显性苦味基因 *Bt* 与显性基因 *I* 的共同存在,缺一不可。

但也有研究发现,苦味的产生与环境因子有一定的关系,嫩叶含氮量过低或嫩瓜中含氮量过高会明显导致苦味瓜的出现^[59],推测是因为在瓠瓜生长过程中,异常的 N 代谢导致苦味素在瓠瓜中产生并积累,从而引发苦味产生^[60]。可见,氮素与苦味的发生有一定相关性。也有研究表明瓠瓜变苦是一种返祖遗传现象^[58,61],具体机制还有待进一步研究。

4 瓠瓜生物技术育种研究

4.1 瓠瓜分子标记辅助育种

表 2 瓠瓜相关性状的分子标记与定位

相关性状	标记类型	引物名称/引物序列(5'-3')	连锁距离/cM	片段长度/bp	参考文献
瓠瓜白粉病抗性基因	AFLP	E-ATG/M-CTC	9.6	105	[49]
	SCAR	GPDS _{ATGCTCT51} :CATGAAAGAAAATCGGCTTGG 2:TAAGTCCAGCACTCCCTTCCC	9.6	105	[49]
耐湿涝特性	SSR	S87/88	8.8	230	[63]

4.1.2 瓠瓜遗传图谱的构建与基因定位 李国景^[64]挖掘开发了大量 SSR、SNP、InDel 等分子标记,构建了含 3186 个标记的首张高密度瓠瓜分子遗传图谱,定位了 37 个与果形关联的 QTLs,其中包括 1 个控制长形果向圆形果转变的主效 QTL,筛选到与苦味互补基因连锁的一对 InDel 标记,可以预测品种果实是否会出现苦味。汪颖等^[46]团队构建了包含 12 个连锁群和 68 个 SNP 标记的遗传连锁图,总长度达 826.3 cM,共检测出 24 个果形相关性状的 QTL,随后在 F₂ 群体中检测到一个控制瓠瓜果实由圆形到长棒形转变的主效 QTL,并鉴定出 3 个主要瓠瓜果形调控关联区域^[65],对揭示瓠瓜复杂果形的遗传调控机制具有重要意义。宋慧等^[54]获得了甬砧系列瓠瓜的分子指纹图谱,该图谱能有效区分甬砧系列及其对照,起到品种鉴定与保护的作用。

4.1.3 瓠瓜亲缘关系和遗传多样性 分子标记技术以其准确性高、速度快、周期短而较多地应用于瓠瓜种质亲缘关系分析和种质资源多样性检测方面。世界范围内瓠瓜可以以大洲为界限划为不同类群,非洲、亚洲的瓠瓜种质是相对独立的,新大陆

分子标记辅助选择是育种中常用的手段。尽管瓠瓜基因组相对较小(约为 630 Mb),从分子水平检测瓠瓜不同种质间遗传多样性的研究还较少。近年来,瓠瓜的基因组序列信息和位点特异性分子标记研究开始被重视起来。

4.1.1 瓠瓜相关基因的分子标记开发 基因分子标记研究是进行分子标记辅助选择育种、分离和克隆基因的基础。目前已公开的与瓠瓜有关的标记种类、数量相对较少,见表 2。利用瓠瓜转录组数据进行 SSR 标记开发,可为其遗传多样性分析和遗传图谱构建提供更丰富可靠的标记选择^[62]。王玲平等^[49]开发了国际上首个瓠瓜白粉病标记 GPDSATG/CTC75,与白粉病抗性基因的连锁距离为 9.6 cM,可用于瓠瓜抗白粉病品种的辅助选育;宋慧等^[63]首次通过分子标记分析瓠瓜耐涝性,筛选到瓠瓜 SSR 引物 S87/88-230 bp,与瓠瓜耐湿涝相关的不定根数目基因的连锁距离为 8.8 cM,为进一步利用分子标记辅助选育耐湿涝瓠瓜新品种提供有效标记。

(美洲)的种质起源于非洲,但受到了亚洲种质的一些影响^[66],源自日本的瓠瓜品种与源自中国和泰国的瓠瓜品种存在地理分化现象,分属于不同的分支^[67]。瓠瓜地方品种间的形态多样性是人类长期选择、近亲繁殖、自花传粉的共同结果,瓠瓜类群分布主要与种质资源的地理位置相关,不同产地瓠瓜品种间存在丰富的遗传变异和地理分化现象,瓠瓜的农艺性状分类和地理分布与分子标记存在一定的相关性^[68-70]。还可以通过分子标记对收集的瓠瓜地方种质资源进行表型鉴定和遗传多样性分析^[6],为开展瓠瓜育种研究、指导亲本选配以及构建瓠瓜种质库提供依据。

4.1.4 瓠瓜种子纯度鉴定 要发挥瓠瓜杂交种的优势,最根本的是要保持杂种一代的纯度。随着 DNA 分子标记技术的发展,瓠瓜开始使用不同类型 DNA 分子标记鉴别种子的真伪和纯度,已有相关报道研究使用 AFLP、SSR、RAPD、SRAP、InDel 等分子标记技术进行瓠瓜种子纯度鉴定^[71-73],但操作性复杂、难度大、推广难,而利用 SNP 分子标记对瓠瓜种子纯度进行鉴定,不失为一种准确、简便、快速的

品种鉴定和纯度检测方法^[74]。

4.2 瓠瓜基因克隆

近年来,育种家逐渐在瓠瓜抗病育种上开始运用基因克隆技术,并取得了一些进展。赵芹等^[75]首次对瓠瓜逆转录酶序列进行克隆分析,利用 Ty1-co-pia 逆转录酶保守序列设计简并引物,得到 25 条逆转录酶序列,为利用逆转录酶开发分子标记研究瓠瓜遗传变异及进化途径奠定了基础,并从大籽瓠抗性材料基因组 DNA 中分离抗病基因的同源序列,获得 23 条瓠瓜 NBS 抗病同源序列,为进一步克隆瓠瓜功能性抗病基因以及分子标记辅助选择抗病品种奠定了基础^[76]。

4.3 瓠瓜组织培养

瓠瓜组织培养研究报道较少,李劲松等^[77]系统地研究了瓠瓜子叶外植体直接发生不定芽,以及不定芽生根壮苗培养的影响因子。结果表明,以子叶基段打孔或切开产生不定芽频率较高,以 MS 培养基,添加 $1.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 6-BA 对于诱导瓠瓜子叶外植体分化出不定芽比较理想,附加 $1.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NAA 可用于不定芽的生根壮苗培养,可获得健壮的完整植株,其根系发育良好,平均单株根数达 5.3 条。

4.4 瓠瓜基因组测序

随着测序技术的发展和测序成本的大幅度降低,我国传统特色蔬菜作物瓠瓜开始有了全基因组方面的研究。中国瓠瓜种质资源的基因组大小为 329.11~344.56 Mb^[78],建立了瓠瓜基因组信息相关数据库^[79],可为瓠瓜基因组文库构建、测序深度分析和基因组组装提供理论依据。Wu 等^[80]首次对瓠瓜自交系 USVL1VR-Ls 进行基因组 De Novo 测序分析,揭示了葫芦科植物基因组进化史。许端祥等^[81]对福州芋瓠瓠瓜叶片进行了高通量无参转录组测序分析,共获得 664 252 268 个 reads 片段,经序列组装共计获得 87 518 个 Unigene,总长度高达 91 405 320 bp,76.03% 的 Unigene 长度主要集中在 1~1000 bp。

5 问题及展望

5.1 重视瓠瓜品种多样化和种质资源的收集鉴定

中国种植瓠瓜历史悠久,全国各地均有栽培且品种十分丰富。国内已在水稻、小麦等粮食作物和主要蔬菜作物上建立了核心种质库,但瓠瓜的核心种质库尚未建立。虽然结合第三次全国农作物种质资源普查与收集行动,部分省区如福建、浙江、广西等地对瓠瓜种质资源进行收集鉴定,但整体来

看,对瓠瓜种质资源的系统研究不够深入,也缺乏对我国瓠瓜种质遗传多样性的全面分析。因此应加强对瓠瓜野生特异种质的引进与发掘利用^[62],从世界各地收集、挖掘优异的瓠瓜种质资源,挖掘并利用其中优良抗性、品质等性状基因来丰富育种资源,对资源性状进行精深系统的分析、鉴定和评价,利用新技术、新方法创新瓠瓜育种资源。

5.2 应加强瓠瓜育种相关的基础研究

我国开展瓠瓜育种研究较迟、基础较薄弱,虽然取得了一些进展,但相对葫芦科其他瓜类作物,瓠瓜重要性状遗传学基础研究起点低、起步晚,远远落后于西瓜、黄瓜、甜瓜和南瓜等其他瓜类作物。利用常规育种、杂种优势等方法进行产量、抗病、品质育种仍占主导地位,国内还未见诱变育种的相关报道,分子育种也处于起步阶段,对瓠瓜主要性状遗传规律、性状遗传力等基础性研究也不多。应利用现代生物技术打破传统育种的局限性,加强对瓠瓜遗传规律、种质遗传力等基础研究,为瓠瓜育种提供可预见性。

5.3 抗性育种仍然是瓠瓜育种的重要方向

我国对瓠瓜大部分的研究集中在标准化栽培技术、品种选育、生理特性方面,而目前市场上瓠瓜品种的抗病性、抗虫性、耐冷凉、苦味性问题仍然存在。国内育种家应加强瓠瓜兼抗或高抗主要病害及对逆境(干旱、湿涝、低温)的强抗逆性方向的育种工作,紧密结合市场受欢迎的外观性状和内在性状及产量等。育种方向从单抗性品种向多抗性品种转变,可以减少农药的使用和对环境的污染,生产绿色有机农产品,满足人们对健康低碳生活的需求。

5.4 加强分子育种研究

分子育种技术在瓠瓜遗传育种研究中处于初级阶段,与传统育种结合起步较晚,如基因编辑技术等现代生物技术等还未完全进入实用阶段,使新品种选育进程偏慢,自主选育的瓠瓜品种还不能完全满足社会需求。现代生物技术对一些重大问题如提高抗病虫性、突变体保存利用、优良材料快繁技术、种质资源筛选等方面起有效的辅助作用,如瓠瓜分子遗传图谱构建、重要性状基因定位、遗传转化、指纹图谱数据库建立、分子标记选择育种等,对瓠瓜育种材料和育种技术的创新、重要农艺性状基因挖掘产生较大效果,具有广阔的应用前景。

参考文献

- [1] 彭庆务,何晓明,谢大森,等.瓠瓜的特征特性及育种对策[J].广东农业科学,2003,30(1):18-19.

- [2] 郭本功. 保健佳蔬话瓠瓜[J]. 蔬菜, 2003(9): 34.
- [3] 马淑梅, 王娟, 周雪, 等. 瓠子乙醚提取物的体外抗肿瘤作用[J]. 世界临床药物, 2013, 34(5): 289-291.
- [4] 彭庆务, 王敏, 何晓明, 等. 广东蒲瓜育种研究 60 年[J]. 广东农业科学, 2021, 48(9): 32-39.
- [5] 李艳伟, 施俊生, 汪宝根, 等. 浙江地方瓠瓜种质资源的表型鉴定与遗传多样性分析[J]. 植物遗传资源学报, 2020, 21(5): 1135-1147.
- [6] 邓国富. 广西农作物种质资源(蔬菜卷)[M]. 北京: 科学出版社, 2020.
- [7] 陈晟, 吴宇芬, 赵依杰. 福建省地方瓠瓜资源收集与鉴定评价[J]. 中国瓜菜, 2021, 34(11): 30-36.
- [8] 王莎. 瓠瓜 SSR 和 InDel 分子标记的开发及应用[D]. 浙江金华: 浙江师范大学, 2013.
- [9] 张兆辉, 吴珏, 姜玉萍, 等. 瓠瓜种质资源的引进筛选与评价[J]. 南方农业学报, 2017, 48(6): 966-972.
- [10] 关佩聪. 广州蔬菜品种志[M]. 广州: 广东科技出版社, 1993.
- [11] 刘洪标, 姜冬青, 彭庆务, 等. 瓠瓜品种现状及其制种技术[J]. 农村实用技术, 2020(6): 60-61.
- [12] 熊培桂. 瓠瓜引种试验概况[J]. 农林科学实验, 1972(8): 14.
- [13] 关振中. 在平安地区气候条件下引种瓠子瓜的技术研究[J]. 青海气象, 1995(3): 19-21.
- [14] 浦超群. 杂交瓠瓜浙蒲二号引种及大棚爬地配套栽培技术推广工作研究[J]. 江西农业, 2018(4): 24-25.
- [15] 卢海澜, 姜先芽, 卢希旭, 等. 早蒲 2 号蒲瓜品种比较试验及高产栽培技术[J]. 安徽农学通报, 2017, 23(12): 48-49.
- [16] 彭庆务, 何晓明, 谢大森, 等. 美丰一号瓠瓜的选育[J]. 广东农业科学, 2006, 33(1): 62-63.
- [17] 陈先知, 王燕, 史建磊, 等. 蒲瓜品种温圆蒲 1 号的选育与栽培技术[J]. 浙江农业科学, 2015, 56(5): 659-661.
- [18] 邹宜静, 李国景, 王伟, 等. 杭州地区瓠瓜栽培现状及优势品种推荐[J]. 长江蔬菜, 2015(9): 12-14.
- [19] 向长萍, 晏儒来, 徐跃进, 等. 瓠瓜杂种优势利用研究初报[J]. 华中农业大学学报, 1998, 17(2): 187-190.
- [20] 陈坤豪, 陈木溪, 郑汉藩, 等. 灯泡形蒲瓜新品种正源 3 号的选育[J]. 长江蔬菜, 2021(18): 50-51.
- [21] 吴晓花, 汪宝根, 鲁忠富, 等. 瓠瓜新品种浙蒲 9 号的选育[J]. 中国蔬菜, 2019(5): 76-79.
- [22] 瓠瓜新品种鄂瓠杂 4 号[J]. 农家顾问, 2016(10): 37.
- [23] 章志兴, 张伟春, 鲍艳红, 等. 瓠瓜金蒲 1 号的选育、特征特性及栽培技术[J]. 浙江农业科学, 2013, 54(4): 402-404.
- [24] 谈杰. 早熟杂交瓠瓜新品种福圣[J]. 农村百事通, 2016(12): 27.
- [25] 李国景, 周胜军, 徐志豪. 设施栽培专用瓠瓜新组合浙蒲 1 号[J]. 长江蔬菜, 2000(1): 26-27.
- [26] 周建国. “浙蒲 2 号”长瓜设施高产高效栽培要点[J]. 现代园艺, 2014(11): 48.
- [27] 傅潇霞, 程湘虹. 瓠瓜新品种浙蒲 6 号[J]. 上海蔬菜, 2014(2): 22-23.
- [28] 汪宝根, 李国景, 吴晓花, 等. 保护地瓠瓜新品种浙蒲 6 号的选育[J]. 中国蔬菜, 2010(6): 88-90.
- [29] 吴晓花, 汪宝根, 鲁忠富, 等. 瓠瓜新品种浙蒲 8 号的选育[J]. 中国蔬菜, 2015(6): 61-64.
- [30] 代国丽, 顾海华, 钮建平, 等. 瓠瓜新品种早杂 7 号的选育[J]. 中国蔬菜, 2015(10): 70-72.
- [31] 吴田铲, 丁兰, 连才炎. 瓠瓜新品种“越蒲 1 号”[J]. 园艺学报, 2010, 37(1): 163-164.
- [32] 丁兰, 朱丹泱, 章立琛. 早熟抗白粉病瓠瓜新品种越蒲 2 号[J]. 长江蔬菜, 2015(17): 28.
- [33] 许端祥, 高山, 林碧英. 瓠瓜新品种榕瓠 1 号的选育[J]. 中国蔬菜, 2013(16): 99-101.
- [34] 薛旭初, 王毓洪, 姚永如. 早熟优质丰产杂交瓠瓜新组合甬瓠 1 号的选育[J]. 宁波农业科技, 2002(4): 10-13.
- [35] 王毓洪, 皇甫伟国, 李林章, 等. 杂交瓠瓜新品种甬瓠 2 号的选育[J]. 中国瓜菜, 2006, 19(2): 14-17.
- [36] 操义霞, 赵修东. 长瓠新品种早春一号[J]. 蔬菜, 2004(10): 9.
- [37] 褚伟雄, 顾掌根, 金海刚. 秋大棚专用瓠瓜新品种嘉蒲 2 号的选育[J]. 中国蔬菜, 2006(7): 25-26.
- [38] 李俊丽, 汪自松, 向长萍. 瓠瓜新品种“华瓠杂 2 号”和“华瓠杂 3 号”[J]. 园艺学报, 2007, 34(2): 530.
- [39] 李金泉, 熊渠, 高先爱, 等. 瓠瓜杂交新品种鄂瓠杂 3 号[J]. 长江蔬菜, 2009(3): 6.
- [40] 庞兆良, 莫小平, 罗华, 等. 瓠瓜砧木新品种“雪峰强砧 1 号”的选育[J]. 中国瓜菜, 2020, 33(5): 66-68.
- [41] 宋慧, 王毓洪, 张香琴, 等. 瓠瓜类型砧木重组近交系(RIL)遗传作图群体耐湿涝表型性状分析[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(12): 220-222.
- [42] 吴晓花, 吴新义, 汪颖, 等. 多重 PCR 测序揭示浙蒲系列瓠瓜优异瓜形与鲜味的基因型基础[J]. 浙江农业学报, 2018, 30(1): 43-49.
- [43] 李林章. 瓠瓜苦味的栽培生理以及遗传机制研究[Z]. 宁波: 宁波市农业科学研究院, 2007-08-27.
- [44] 张兆辉, 姜玉萍, 陈春宏. 瓠瓜种质资源主要果实性状的主成分与聚类分析[J]. 中国蔬菜, 2018(8): 38-43.
- [45] 汪自松. 瓠瓜杂种优势利用及遗传研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2003.
- [46] 汪颖, 黄莉娟, 徐沛, 等. 利用 SNP 标记定位瓠瓜果形相关性 QTLs[J]. 分子植物育种, 2020, 18(14): 4680-4686.
- [47] 廖建杰, 张映卿, 徐博娅, 等. 砧用瓠瓜抗枯萎病相关性及其杂种优势分析[J]. 广西植物, 2020, 40(2): 184-191.
- [48] ROBINSON R W, DECKER- WALTERS D S. Cucurbits[M]. Wallingford: CAB International Press, 1997: 300-302.
- [49] 王玲平, 吴晓花, 汪宝根, 等. 与瓠瓜品系“J083”白粉病抗性基因连锁的 SCAR 分子标记[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2011, 37(2): 119-124.
- [50] 吴晓花, 汪颖, 吴新义, 等. 瓠瓜(*Lagenaria siceraria*)白粉病抗性的全基因组关联分析[J]. 分子植物育种, 2020, 18(3): 759-764.
- [51] 魏国强, 朱祝军, 钱琼秋, 等. 硅对瓠瓜酚类物质代谢的影响及与抗白粉病的关系[J]. 植物保护学报, 2004, 31(2): 185-189.
- [52] 廖建杰. 砧用瓠瓜对瓠瓜枯萎病的抗性遗传分析及嫁接应用研究[D]. 南宁: 广西大学, 2019.
- [53] 丁兰, 汤访评, 任永源, 等. 优质耐涝瓠瓜种质资源的鉴定及利用[Z]. 绍兴: 绍兴市农业科学研究院, 2017-10-17.
- [54] 宋慧, 张香琴, 高旭, 等. 瓠瓜耐湿涝相关根系性状遗传规律及

- 分子标记筛选[J]. 华北农学报, 2013, 28(4): 62-65.
- [55] 吴晓花, 周雯, 汪宝根, 等. 高温胁迫下 6 份瓠瓜材料的耐热性分析[J]. 浙江农业科学, 2017, 58(7): 1169-1173.
- [56] 傅睿清, 高山, 许端祥, 等. 瓠瓜耐低温相关生理指标的研究[J]. 福建热作科技, 2008, 33(3): 1-2.
- [57] PATHAK G N, SINGH B. Genetical studies in *Lagenaria leucantha* (Duchs.) rusby: (*L. vulgaris* Ser.) [J]. The Indian Journal of Genetics and Plant Breeding, 1950, 10(1): 28-35.
- [58] 张谷曼. 基因互作与瓠瓜变苦[J]. 园艺学报, 1981, 8(4): 43-47.
- [59] 李林章, 马崇坚, 应泉盛, 等. 瓠瓜苦味栽培生理研究初报[J]. 安徽农学通报, 2007, 13(16): 98-99.
- [60] KANO Y, GOTO H. Relationship between the occurrence of bitter fruitin cucumber (*Cucumis sativus* L.) and the contents of total nitrogen, amino acid nitrogen, protein and HMG-CoA reductase activity[J]. Scientia Horticulturae, 2003, 98: 1-8.
- [61] 张谷曼. 瓠瓜变苦是一种返祖遗传现象[J]. 福建农业科技, 1979(1): 51-52.
- [62] 许端祥, 杜文丽, 陈中钊, 等. 基于瓠瓜转录组测序的 EST-SSR 标记的开发及其应用[J]. 热带作物学报, 2020, 41(3): 529-537.
- [63] 宋慧, 张香琴, 张永兵, 等. 甬砧系列葫芦类型砧木品种分子指纹图谱构建[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(8): 45-48.
- [64] 李国景. 瓠瓜优质抗逆新品种选育与分子育种技术研究[Z]. 杭州: 浙江省农业科学院, 2017-12-16.
- [65] 穆子涵, 吴晓花, 李艳伟, 等. 基于 BSA 方法的瓠瓜果形相关性状主效 QTL 分析[J/OL]. 分子植物育种. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.s.20210727.1433.012.html>.
- [66] DECKER-WALTERS D, STAUB J, LÓPEZ-SESÉ A, et al. Diversity in landraces and cultivars of bottle gourd (*Lagenaria siceraria*: *Cucurbitaceae*) as assessed by random amplified polymorphic DNA [J]. Genetic Resources and Crop Evolution, 2001, 48(4): 369-380.
- [67] 周先治, 陈阳, 陈晟, 等. 基于 5.8 SrDNA 和 ITS 序列探讨亚洲瓠瓜的地理分化[J]. 中国蔬菜, 2011(6): 49-53.
- [68] MORIMOTO Y, MAUNDU P, KAWASE M, et al. RAPD polymorphism of the white-flowered gourd *Lagenaria siceraria* (Molina) Standl, landraces and its wild relatives in Kenya[J]. Genetic Resources and Crop Evolution, 2006, 53(5): 963-974.
- [69] 赵芹, 谢大森, 彭庆务, 等. 不同产地瓠瓜品种 ITS 序列的遗传多样性分析[J]. 植物资源与环境学报, 2014, 23(3): 24-35.
- [70] 高山, 许端祥, 林碧英, 等. 瓠瓜种质资源遗传多样性的 RAPD 分析[J]. 分子植物育种, 2007, 5(4): 502-506.
- [71] 王玲平, 戴丹丽, 吴晓花, 等. AFLP 分子标记技术在浙蒲 2 号种子纯度快速鉴定中的应用[J]. 浙江农业学报, 2008, 20(2): 84-87.
- [72] 鲁忠富, 徐沛, 吴晓花, 等. SSR 分子标记技术在瓠瓜种子纯度快速鉴定中的应用[J]. 浙江农业学报, 2012, 24(4): 578-581.
- [73] 刘成平. 瓠瓜 EST-SSR、SRAP、ISSR 和 RAPD 反应体系的建立及其纯度鉴定应用的研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2008.
- [74] 冯子珊, 吴晓花, 李艳伟, 等. 基于 KASP 标记快速鉴定瓠瓜杂种 F₁ 纯度的方法[J/OL]. 分子植物育种, 2021, 1-8[2022-04-06]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.S.20210705.1530.017.html>.
- [75] 赵芹, 谢大森, 何晓明, 等. 瓠瓜 Ty1-copia 型逆转座子 RT 基因的分离与序列分析[J]. 热带作物学报, 2014, 35(8): 1577-1585.
- [76] 赵芹, 谢大森, 何晓明, 等. 基于 NBS-LRR 类 R 基因基因保守结构域克隆瓠瓜抗病基因同源序列[J]. 华南农业大学学报, 2015, 36(5): 92-98.
- [77] 李劲松, 陈冠铭, 符岸军, 等. 瓠瓜子叶离体培养的研究[J]. 海南师范大学学报(自然科学版), 2009, 22(3): 307-314.
- [78] 吴新义, 徐沛, 吴晓花, 等. 瓠瓜基因组测定[J]. 北方园艺, 2016(2): 110-112.
- [79] WANG Y, XU P, WU X H, et al. GourdBase: A genome centered multi omics database for the bottle gourd (*Lagenaria siceraria*), an economic ally important cucurbit crop[J]. Scientific Report, 2018, 8: 3604.
- [80] WU S, SHAMIMUZZAMAN M, SUN H, et al. The bottle gourd genome provides insights into Cucurbitaceae evolution and facilitates mapping of a *Papayaring-spot virus* resistance locus[J]. The Plant Journal, 2017, 92(2): 963-975.
- [81] 许端祥, 赵瑞丽, 陈中钊, 等. 瓠瓜幼叶转录组功能基因测序及分析[J]. 核农学报, 2020, 34(6): 1163-1177.