

# 甜瓜果实性状遗传规律的研究进展

于翠香<sup>1</sup>, 韩忠才<sup>2</sup>, 王占海<sup>1</sup>, 张海燕<sup>1</sup>, 杨贵春<sup>1\*</sup>

(1. 吉林省农业科学院经济植物研究所, 吉林 公主岭 136105; 2. 吉林省蔬菜花卉科学研究所, 长春 130033)

**摘要:**本文综述了甜瓜果实形状、果皮颜色和果肉性状等的遗传特性及研究进展, 以为甜瓜果实性状改良、亲本的选配和进一步选育高产、稳产新品种提供参考。

**关键词:**甜瓜; 果实性状; 遗传规律

中图分类号: S652

文献标识码: A

文章编号: 1003-8701(2016)03-0091-04

## Advance of Studies on Genetic Law of Melon Fruit Characters

YU Cuixiang<sup>1</sup>, HAN Zhongcai<sup>2</sup>, WANG Zhanhai<sup>1</sup>, ZHANG Haiyan<sup>1</sup>, YANG Guichun<sup>1\*</sup>

(1. Institute of Industrial Plants Research, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Gong Zhuling 136105; 2. Jilin Institute of Vegetables and Flowers, Changchun 130033, China)

**Abstract:** The genetic features and the research progress of melon fruit characteristics, included of fruit shape, skin color and flesh characters, were reviewed in the paper. This would provide reference for the improving of fruit characters, choice of parents, and breeding of new melon varieties of higher and stable productivity.

**Keywords:** Melon; Fruit characters; Genetic law

甜瓜 (*Cucumis melo* L.) 为葫芦科 (Cucurbitaceae) 黄瓜属 (Cucumis), 是世界十大水果之一, 世界各地均有栽培。依据起源地不同, 甜瓜被分为厚皮甜瓜与薄皮甜瓜两种生态类型。

甜瓜具有遗传多态性, 果实大小、形状、果皮与果肉颜色等各方面都具有丰富的变异类型<sup>[1-2]</sup>。果实性状对甜瓜的商品性及产量有着非常重要的影响, 果形性状的形成除了受遗传基因控制外, 环境条件对果实生长发育的影响也是不容忽视<sup>[3-4]</sup>。因此, 对甜瓜果实性状遗传规律的了解, 对甜瓜育种工作有着重要的意义, 是科学有效地选择选配亲本的关键。

本文着重在甜瓜的果形、果色、口感、果肉质地等研究方面进行综述, 以为甜瓜果实性状改良、亲本的选配和进一步选育高产、稳产新品种提供参考。

### 1 果形性状遗传规律的研究

收稿日期: 2015-12-29

基金项目: 吉林省农业科技创新工程项目 (c52113103); 吉林省省级粮食生产发展专项 (c42323101)

作者简介: 于翠香 (1979-), 女, 助理研究员, 硕士, 主要从事瓜类育种和栽培研究。

通讯作者: 杨贵春, 男, 硕士, 研究员, E-mail: 18643433081@163.com

果形是甜瓜果实性状的构成要素之一, 也是育种研究中备受关注的重要性状。外国学者在甜瓜果形遗传研究中, 得出结论认为甜瓜长果形对圆果形是显性遗传<sup>[5]</sup>。通过对薄皮甜瓜与厚皮甜瓜杂交后代的分离状况进行果形遗传分析研究, Ramaswamy<sup>[6]</sup>认为果形遗传为多基因控制的数量遗传, 椭圆形对圆形为不完全显性遗传; 林碧英等<sup>[7]</sup>对薄皮×厚皮甜瓜杂交后代果形遗传分析, 得出的结论是长形或椭圆形对圆球形为显性遗传。

通过利用不同生态类型甜瓜种质资源和果实形状差异较大的稳定品种 (品系), 对甜瓜的果形遗传进行研究, 李秀秀等<sup>[8]</sup>认为甜瓜果形符合加性-显性遗传模型, 并且是由多对基因控制的数量遗传性状。对于甜瓜的果形遗传是受加性效应, 还是受非加性效应的控制, 徐锦华<sup>[9]</sup>与 Fernández-Silva<sup>[10]</sup>等研究认为, 甜瓜果形遗传以加性效应为主, 圆果的等位基因是加性或隐性的, 利于果实纵向生长的数量等位基因之间的作用是显性的, 果形杂种优势的遗传控制为显性互补型。

甜瓜果实直径和果形指数研究方面, Paris等<sup>[11]</sup>对亲本进行杂交产生的重组自交系群体进行了QTL定位。张雪娇等<sup>[12]</sup>对自交系进行QTL定位时, 分别检测到2个与果实长度相关的QTL、7个

与果形指数相关的QTL。

## 2 果皮颜色遗传规律的研究

甜瓜果皮的颜色属于外观品质,可分单色和复色两大类,单色为金黄、黄、褐黄、橙黄、白、灰绿、绿、墨绿等;复色有黄带白道、绿带墨绿条斑等<sup>[13]</sup>。

果皮颜色的遗传比较复杂,吴建义等<sup>[14]</sup>通过对黄色果皮与绿色,绿色与黄色33个杂交组合的表现型分析得出:杂交F<sub>1</sub>代均为绿黄色,证实黄色对绿色、白色,绿色对白色为数量遗传。金基石<sup>[15]</sup>依据果皮颜色、果形、单果质量将我国北方主要薄皮甜瓜种质资源确定为5种类型,通过研究发现,在对亲本进行选配时,如果以果皮颜色来进行区分与确定,工作会变得简单,同时认为薄皮甜瓜应用果皮颜色进行分类具有一定的正确性。

李德泽<sup>[13]</sup>的研究表明:绿色对灰白色、白色的遗传表现为显性,黄色对绿色、白色、灰白色的遗传表现为不完全显性;同时对具有条纹的花皮瓜研究中发现绿色对黄色、黄白色、白色、灰白色均表现不完全显性。刘文革<sup>[16]</sup>从现代分子生物学角度整理出的甜瓜基因目录,其中介绍:控制外果皮黄色的基因为Y,对白色果皮呈显性;控制不成熟(嫩果)果皮白色的基因是Wi,对嫩果果皮绿色呈显性;控制成熟果皮白色的基因为W,对深绿色果皮呈隐性。

Monforte等<sup>[17]</sup>以甜瓜F<sub>2</sub>和DHLs群体为研究对象,在后代材料中果皮颜色分离为黄色和绿色,果皮颜色遗传相对复杂,借助基因手段发现此种现象可能受两个以上的带有上位效应的位点控制。Cuevas等<sup>[18]</sup>利用TopMark(厚皮椭圆形甜瓜)为父本和3-2-2(薄皮椭圆形甜瓜)为母本进行杂交,对后代材料F<sub>3</sub>代群体进行研究,构建并定位了3个控制果皮颜色的QTL。

杨光华等<sup>[19]</sup>借助于QTL手段,将一个控制果皮底色位点的基因,其染色体长度约为425kb定位到4号染色体409 828~835 625 bp区间内;在对甜瓜覆纹颜色研究发现了两个基因位点(暂命名为SC1和SC2),其中SC1位点与果皮底色位点在同一区域,SC2定位在2号染色体上,通过对表型数据统计来看,SC1对SC2有上位效应即果皮颜色对覆纹颜色表现出上位效应。

## 3 果肉性状遗传规律的研究

### 3.1 果肉颜色的研究

在甜瓜果肉颜色方面的研究尚有分歧,目前形成两种观点:一是以Fukino等<sup>[20]</sup>、Cuevas等<sup>[18]</sup>、Monforte等<sup>[17]</sup>和杨光华等<sup>[19]</sup>等为代表,认为果肉颜色由单个基因控制;二是以Eduardo等<sup>[21]</sup>和白立华等<sup>[22]</sup>为代表,认为甜瓜果肉颜色由多个基因控制。

持第一种观点的Fukino等<sup>[20]</sup>和Cuevas等<sup>[18]</sup>分别将影响果肉颜色的单个基因定位到第9连锁群,杨光华等<sup>[19]</sup>通过以白色果肉甜瓜和橘红果肉甜瓜为亲本进行杂交,得到的后代F<sub>2</sub>群体为材料,分离出果肉颜色基因片段长度为139 kb,并将果肉颜色基因定位在9号染色体20 433 942~20 573 889 bp区间内。

持第二种观点的Eduardo等<sup>[21]</sup>认为除了主要基因控制甜瓜果肉颜色外,其他基因也对甜瓜果实颜色进行修饰。白立华等<sup>[22]</sup>研究认为甜瓜果肉颜色是由一对基因控制的,绿色为隐性,橙色对绿色为不完全显性。同时借助仪器分析与田间实际调查中发现分离后代果肉颜色深浅不同,肉眼难以准确分级,确实存在相应的修饰基因在甜瓜果肉颜色形成过程中发挥着修饰作用。

### 3.2 果实苦味的研究

在甜瓜苦味遗传规律研究方面,张慧琳等<sup>[23]</sup>的研究指出:甜瓜茎蔓苦味性状是由一对核基因控制的显性性状。李宗杨等<sup>[24]</sup>在进一步的研究中提出甜瓜果实苦味的遗传可能与基因互作有关。马德伟等<sup>[25]</sup>借助现代分子生物学手段对引种地区不同的各变种甜瓜的杂交或自交后代材料中的F<sub>1</sub>、F<sub>2</sub>代进行分析,认为甜瓜幼果苦味是受2对独立遗传基因所控制,2对基因之间存在显性互补关系,对于引自同一生态环境中心的品种对其杂交后分析得出,其后代不表现显性互补;而对于引自不同生态环境条件下的品种间杂交后代表现显性互补。

对于此项研究结果,刘建萍等<sup>[26]</sup>进一步证实野生甜瓜与栽培种杂交后代果肉苦味是受2对等位基因控制的质量性状,在杂交后代材料中苦味的有无在F<sub>2</sub>代的分离比为9:7,为受2对基因控制的显性性状,此项结果符合孟德尔分离规律,这一结论对探索甜瓜的起源、进化、分类有重要的科学价值。

### 3.3 果肉口感质地的研究

甜瓜果实的脆性、软硬度、细腻或粗糙感等与果实的组织结构、纤维素以及果胶含量等是密不可分的。

甜瓜中纤维素的多少会影响果实的适口性,

齐红岩等研究指出,纤维素少,甜瓜口感绵软,而纤维素多,适口性较差<sup>[27]</sup>。在软肉与脆肉何为显性遗传上,吴建义等<sup>[14]</sup>通过利用多种亲本杂交,从后代材料分析中得出软肉对脆肉为显性。

对于控制果实硬度的QTL定位分析中,张雪娇<sup>[28]</sup>对两年的RILs群体数据进行分析,共检测到2个,分别为Ff13.1和Ff13.2,并位于同一连锁群LG13上,二者均对减小果实硬度起到增效加性效应。

### 3.4 果肉糖酸度的研究

甜瓜以鲜食为主,甜瓜果实含糖量的高低是评价果实品质的重要指标之一,果实的糖酸比是构成风味品质的重要因素之一。

果实中的糖主要分为葡萄糖、果糖、蔗糖和总可溶性糖等。在对甜瓜果肉中总糖含量的研究中,张红等<sup>[29]</sup>的研究采用联合分析法,对甜瓜酸味突变自交系和黄皮脆杂交组合进行糖、酸度性状的遗传分析,结果表明糖、酸含量和糖酸比均受主基因加多基因控制,主基因和多基因在遗传控制上所起的作用有所不同:糖含量和糖酸比性状受主基因的影响较酸含量大,主基因遗传率分别为88.8%和82.86%;酸含量性状受多基因影响比糖含量大,多基因遗传率为72.77%。糖、酸含量和糖酸比除了受主基因和多基因影响外,还有很小的变异是由环境因素决定的。刘建萍等<sup>[26]</sup>与张宁<sup>[4]</sup>通过对野生酸味亲本与无酸味的栽培种亲本的正反交得出杂交F<sub>1</sub>代果肉呈现酸味,而F<sub>2</sub>代发生不连续分离,证明果肉中的总糖是多基因控制的质量性状。

在甜瓜果肉蔗糖含量的研究方面,Burger等<sup>[30]</sup>认为甜瓜果实蔗糖含量受1对主基因控制。林碧英等<sup>[31]</sup>通过对选择的亲本材料进行半轮配双列杂交,杂交后代分析得出甜瓜可溶性固形物基因的加性效应和显性效应都是显著的,加性效应占相对优势。可溶性固形物含量选择较好的世代在F<sub>1</sub>代。朱慧芹等<sup>[32]</sup>利用果实口感无酸味的甜瓜材料60为母本和酸甜味的甜瓜材料61为父本进行杂交,通过6世代联合分析证明:甜瓜的甜味对酸味为隐性,即F<sub>1</sub>果实表现为酸性,F<sub>2</sub>出现了果实性状分离,酸与不酸的比例达到3:1,也呈现出“主基因+多基因”控制的质量性状特征。

借助QTL定位技术对甜瓜蔗糖含量进行深入的研究,Harel-Beja R等<sup>[33]</sup>对甜瓜果实蔗糖含量进行QTL定位分析,发现与蔗糖含量相关的QTL位点,认为位点的遗传以加性效应为主。

利用QTL定位技术朱慧芹<sup>[34]</sup>对果实品质进行了较深入的研究,结果证明柠檬酸含量受1对加性-显性主基因+加性-显性-上位性多基因(D-0)模型控制。并定位了3个与柠檬酸含量有关的QTL(cit7.1、cit8.1、cit8.2),分别定位在Chr7、Chr8上,一个主效QTL为cit8.1,贡献率为34.8%。张宁等<sup>[35]</sup>利用野生与栽培的甜瓜品种作为父母本进行杂交,构建了遗传连锁图谱,并对糖含量的相关性状进行QTL定位分析,结果检测到与总糖含量和果糖含量相关的QTL位点各1个,分布于第3、4连锁群,命名为Ts3.1和Fru4.1,贡献率分别为14.89%和13.02%,确定一个主效QTL为Ts3.1。两个位点的遗传效应分别对总糖和果糖含量的累积具有增效作用。

## 4 问题与展望

综上所述,甜瓜作为重要的水果之一已经得到比较广泛而深入的研究,除了在果肉颜色方面分歧较大以外,其他方面结论较为一致。

在甜瓜果肉颜色方面的研究尚有分歧,目前形成两种观点:一是认为果肉颜色由单个基因控制;二是认为甜瓜果肉颜色由多个基因控制,绿色为隐性,橙色对绿色为不完全显性;甜瓜长形或椭圆形对圆球形为显性遗传;黄色对绿色、白色,绿色对白色为数量遗传或不完全显性;甜瓜同其他葫芦科植物一样,幼果的苦味是显性性状,或受2对等位基因控制的质量性状;软肉对脆肉为显性;糖、酸含量和糖酸比除了受主基因和多基因影响外,还有很小的变异是由环境因素决定的,果肉中的总糖是多基因控制的质量性状。

随着人们生活水平的提高,饮食习惯和结构趋于改善,对水果的需求尚有很大空间。笔者认为甜瓜研究亦将面临新的课题,即将形成以下趋势:一是中小长果型甜瓜需求趋势,单瓜重不超过500g一次可吃掉的品种类型将受到大多数消费者的欢迎;二是口味多样化趋势,风味酸甜口即糖酸比较小的甜瓜将受到年轻消费者的青睐;三是薄厚中间型果肉颜色鲜艳需求趋势,较长的货架期和广泛的种植生产优势将促进此类型的消费增长。

### 参考文献:

- [1] Stepansky A, Kovalski I, R Perl-Treves. Intraspecific classification of melons (*Cucumis melo* L.) in view of their phenotypic and molecular variation[J]. Plant Systematics and Evolution, 1999,

- 217(3): 313-332.
- [ 2 ] Burger Y, Paris H S, Cohen R, et al. Genetic diversity of *Cucumis melo*[J].Hortic Rev, 2009(36): 165 - 198.
- [ 3 ] 乔 军,刘富中,陈钰辉,等.园艺作物果形遗传研究进展[J].园艺学报,2011,38(7): 1385-1396.
- [ 4 ] 张 宁.甜瓜远缘群体果实主要性状遗传分析及遗传图谱构建[D].杨凌:西北农林科技大学,2014.
- [ 5 ] Wall J R. Correlated Inheritance of Sex Expression and Fruit Shape in *Cucumis*[J].Euphytical, 1967(16): 199-208.
- [ 6 ] Ramaswamy B,Seshadri V S,Sharma J C.Inheritance of Some Fruit Characters in Muskmelon[J].Scientia Horticulturae, 1977(6): 107-120.
- [ 7 ] 林碧英,高山,聂德毅.薄皮×厚皮甜瓜F<sub>1</sub>主要经济性状的遗传及其杂种优势[J].福建农业学报,2002,17(4): 217-219.
- [ 8 ] 李秀秀,吕敬刚,薛毅柳,等.甜瓜果形遗传的初步研究[J].华北农学报,2002,17(3): 80-83.
- [ 9 ] 徐锦华,羊杏平,江 蛟,等.网纹甜瓜果实主要性状的配合力分析[J].中国蔬菜,2007(1): 15-17.
- [ 10 ] Fernández-Silva I, Moreno E, Eduardo I, et al. Monforte A. On the genetic control of heterosis for fruit shape in melon (*Cucumis melo* L.) [J]. Journal of Heredity, 2009 Mar-Apr;100(2): 229-235.
- [ 11 ] Paris M K,Zalapa J E,McCreight J D, et al. Genetic dissection of fruit quality components in melon (*Cucumis melo* L.) using a RIL population derived from exotic and elite US Western Shipping germplasm[J]. Mol Breed, 2008, 22(3): 405-419.
- [ 12 ] 张雪娇,高 鹏,栾非时.甜瓜果实相关性状QTL分析[J].中国蔬菜,2013(18): 35-41.
- [ 13 ] 李德泽.浅谈厚皮甜瓜育种[J].北方园艺,2003(2): 4-5.
- [ 14 ] 吴建义,林淑敏.甜瓜果实形状遗传研究初探[J].甘肃农业科技,1992(2): 3.
- [ 15 ] 金基石.薄皮甜瓜主要种质资源遗传多样性的研究[D].哈尔滨:东北农业大学,2001.
- [ 16 ] 刘文革,Michel Pitrat.甜瓜(*Cucumis melo*)基因目录[J].中国西瓜甜瓜,2000(2): 37 - 40.
- [ 17 ] Monforte A J, Oliver M, Gonzalo M J, et al. Identification of quantitative trait loci involved in fruit quality traits in melon(*Cucumis melo* L.)[J]. Theoretical and Applied Genetics, 2004, 108(4): 750-758.
- [ 18 ] Cuevas H E, Staub J E, Simon P W, et al. A consensus linkage map identifies genomic regions controlling fruit maturity and beta-carotene-associated flesh color in melon(*Cucumis melo* L.)[J]. Theoretical and Applied Genetics, 2009, 119(4): 741-756.
- [ 19 ] 杨光华,范 荣,杨小峰,等.甜瓜果实颜色3个质量性状基因的定位[J].园艺学报,2014,41(5): 898-906.
- [ 20 ] Fukino N, Kunihisa M, Matsumoto S. Characterization of recombinant inbred lines derived from crosses in melon(*Cucumis melo* L.), 'PMARNo. 5' × 'Harukei No. 3' [J].Breeding Science, 2004, 54(2): 141-145.
- [ 21 ] Eduardo I, Arús P, Monforte A J, et al. Estimating the genetic architecture of fruit quality traits in melon using a genomic library of near isogenic lines[J].Journal of the American Society for Horticultural Science, 2007, 132(1): 80-89.
- [ 22 ] 白立华,刘 艳,孙喜梅,等.厚皮甜瓜果实主要性状遗传规律的初步研究[A].国际遗传学杂志[J].2010,33(4): 149-153.
- [ 23 ] 张慧琳,王慧林,周志成,等.甜瓜茎蔓苦味性状的遗传分析[J].中国瓜菜,2008(4): 28-29.
- [ 24 ] 李宗杨,秦智伟,周秀艳,等.葫芦科蔬菜苦味研究进展[J].中国蔬菜,2013(24): 1-9.
- [ 25 ] 马德伟,孙 岚,高锁柱,等.甜瓜幼果苦味性状的遗传[J].园艺学报,1996,23(3): 255-258.
- [ 26 ] 刘建萍,秦智伟,周秀艳,等.野生与栽培甜瓜杂交后代主要性状的遗传规律研究[J].北方园艺,2012(13): 16-20.
- [ 27 ] 齐红岩,刘 勇,衣宁宁,等.薄皮甜瓜组织结构、纤维素及果胶含量与果实感官品质的关系[J].中国蔬菜,2010(8): 36-40.
- [ 28 ] 张雪娇.甜瓜果实相关性状QTL分析[D].哈尔滨:东北农业大学,2013.
- [ 29 ] 张 红,王怀松,贺超兴,等.甜瓜糖酸性状的遗传研究[J].园艺学报,2009,36(7): 989-996.
- [ 30 ] Burger Y, Saar U,Katzir N,et al.A single recessive gene for sucrose accumulation in *Cucumis melo* fruit [J].J Amer Soc Hortic-Sci, 2002(127): 938-943.
- [ 31 ] 林碧英,高山,林 峰.甜瓜可溶性固形物含量的遗传表现与基因效应分析[J].中国瓜菜,2007(1): 4-6.
- [ 32 ] 朱慧芹,付秋实,张新英,等.甜瓜果实酸性性状的遗传分析[J].中国蔬菜,2013(18): 29-34.
- [ 33 ] Harel-Beja R, Tzuri G, Portonoy V, et al. A genetic map of melon highly enriched with fruit quality QTLs and EST markers including sugar and carotenoid metabolism genes[J].Theor Appl Genet, 2010, 121: 511-533.
- [ 34 ] 朱慧芹.甜瓜果实柠檬酸含量、可滴定酸和pH的遗传分析与QTL定位[D].北京:中国农业科学院,2013.
- [ 35 ] 张 宁,张 显,张 勇,等.甜瓜远缘群体果实糖含量相关性状遗传分析[J].植物遗传资源学报,2014,15(2): 932-939.

(责任编辑:王 昱)