

西瓜形态学性状基因和抗性基因综述

肖光辉

(湖南省西瓜甜瓜研究所, 湖南 长沙 410125)

摘要: 综述了 60 个与西瓜形态学性状和抗性有关的基因(*go* 和 *Sp* 2 个基因既控制果皮颜色又控制叶片颜色, 没有重复统计), 其中, 控制种子性状的基因 10 个, 控制叶片和藤蔓性状的基因 14 个, 控制花性状的基因 8 个, 控制瓢色和果实形状的基因 11 个, 控制果皮颜色与花纹的基因 8 个和控制抗性的基因 11 个。

关键词: 西瓜; 形态学特性; 抗性; 基因

中图分类号: S651

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2012)06-0567-07

Review of watermelon genes for control of morphological traits and resistance traits

XIAO Guang-hui

(Hunan Watermelon and Muskmelon Research Institute, Changsha 410125, China)

Abstract: Sixty genes of watermelon for morphological traits and resistance traits including *go* and *Sp* both controlling leaf traits and traits of fruit rind color were reviewed. Among these, 10 genes control the seed traits, 14 genes control the traits of leaf and vine, 8 genes control the flower traits, 11 genes control the traits of fruit shape and flesh color, 8 genes control the traits of fruit rind color and pattern and 11 genes control the resistance traits.

Key words: watermelon; morphological traits; resistance; gene

西瓜的基因组大小为 424 Mb。因为它的基因组较小, 并且有许多可用的基因突变体, 所以西瓜是一种很有用的进行遗传研究的作物。DNA 序列分析显示, 西瓜基因组中有用的高保守序列可用于与其他植物品种和葫芦科植物内其他品种进行比较基因组分析。与其他栽培瓜类作物一样, 西瓜的种子和果实性状存在许多基因突变体。广大科技工作者对西瓜的形态学性状, 特别是种子颜色、种子大小、果实形状、果皮颜色、果皮花纹和瓜瓢颜色等性状和西瓜抗性等的遗传规律进行了大量的调查与研究, 并对控制这些性状的相关基因进行了遗传学分析, 已发现并报道的与西瓜形态学性状和抗性有关的基因有 60 个, 还有同工酶和分子标记基因 111 个, 共 171 个基因^[1]。现对西瓜的 60 个与形态学性状和抗性有关的基因综述如下。

1 控制西瓜种子性状的基因

控制西瓜种子性状的基因共有 10 个(表 1 和封二图 1-A ~ E), 其中控制种皮颜色的有 3 个, 即 *r*、*t* 和 *w*, 它们分别为控制红色、棕褐色和白色种皮的基因。这 3 个基因的交互作用产生 6 种表现型: 黑色(*RR TT WW*)、土色(*RR TT ww*)、棕褐色(*RR tt WW*)、白色带棕褐色种尖(*RR tt ww*)、红色(*rr tt WW*)和白色带粉红色种尖(*rr tt ww*)。控制种皮颜色的第 4 个基因 *d* 是一个修饰基因, 当 *r*、*t* 和 *w* 为显性时产生黑色或黑色带斑点种皮, 即 *RR TT WW DD* 是黑色种子, *RR TT WW dd* 是黑色带斑点种子, 但该基因对其他种皮颜色基因型没有影响。这 4 个基因对在一些野生种质中找到的绿色种皮颜色没有作用。

收稿日期: 2012-10-17

基金项目: 湖南省农业科技成果转化与推广项目(2010nk4022); 湖南省农业科学院科技创新专项(2012)

作者简介: 肖光辉(1964—), 男, 湖南安乡人, 研究员, 主要从事西瓜栽培与育种、西瓜抗病育种研究, xiaohank@hotmail.com

控制种子大小的基因有4个,基因*s*和*l*分别为短(小)种子和长(大)种子基因,*l*与*s*互作,*s*对*l*呈上位,长种子对中等长或短种子呈隐性。基因型*LLSS*为中等大小种子,*llSS*为长种子,*LLss*或*llss*为短种子。微小种子基因*Ti*是与*s*和*l*基因不同的基因,该基因对中等大小种子呈显性,由单一的显性基因控制。番茄样种子比短种子(基因型*llss*)

更短更窄,其宽度和长度分别为2.6、4.2 mm,这一特性由*ts*基因控制^[2],其基因型为*LLss tsts*。这4个种子大小基因(*l*、*s*、*Ti*和*ts*)的互作需要进一步研究。

基因*cr*控制裂皮种壳性状。瓜子种子特性由*eg*基因控制^[3],种子有肉质果皮覆盖种子,但经过清洗和干燥后,这种种子很难与普通类型的光皮种壳(非裂皮种壳)种子区别开来。

基因*cr*控制西瓜种子性状的有关基因的遗传规律可为杂种一代育种的亲本选配提供指导,例如,有籽西瓜品种一般要求种子较小,由于短(小)种子*s*对长(大)种子*l*上位,小种子品种与大种子品种杂交,其F₁代为小种子,所以一般选择小种子亲本作F₁代的父本。

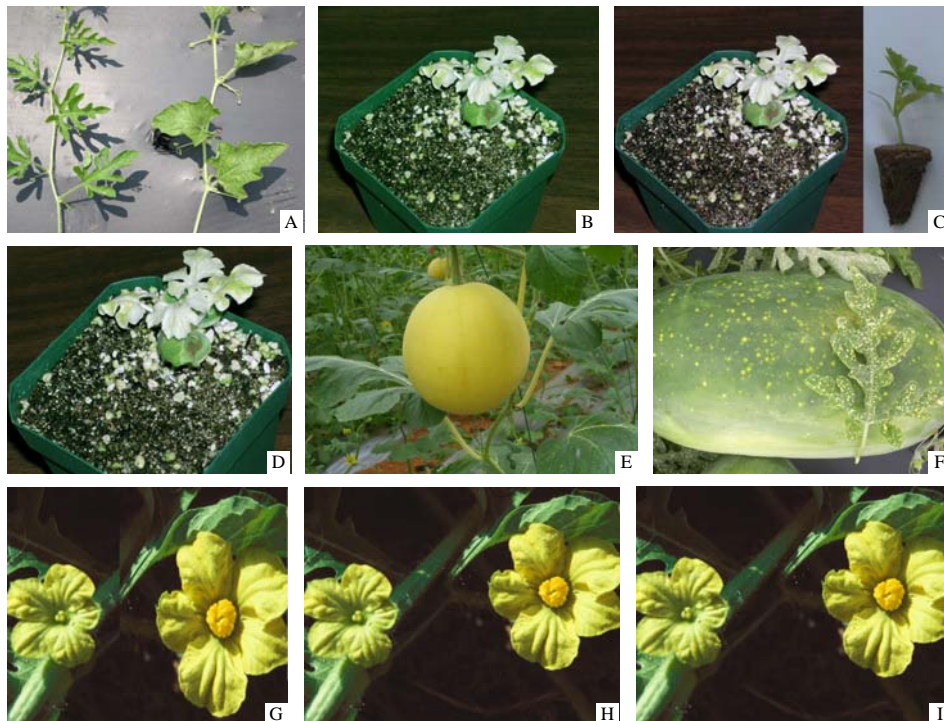
表1 控制西瓜种子性状的基因

Table 1 Gene for control of watermelon seed traits

基因	基因的描述及其控制的性状
<i>r</i>	红色种皮基因, <i>r</i> 、 <i>t</i> 和 <i>w</i> 互作产生不同颜色种子
<i>t</i>	棕褐色种皮基因, <i>r</i> 、 <i>t</i> 和 <i>w</i> 互作产生不同颜色种子
<i>w</i>	白色种皮基因, <i>r</i> 、 <i>t</i> 和 <i>w</i> 互作产生不同颜色种子
<i>d</i>	种皮上有斑点, <i>d</i> 是一个特殊的黑色种壳颜色修饰基因
<i>l</i>	长(大)种子基因, 与 <i>s</i> 互作
<i>s</i>	短(小)种子基因, 对 <i>l</i> 呈上位
<i>Ti</i>	微小种子基因, 对中等大小种子(<i>ti</i>)呈显性
<i>ts</i>	番茄样种子基因, 种子比短种子(<i>LLss</i> 或 <i>llss</i>)更小, 几乎是番茄种子的大小
<i>cr</i>	裂壳种子基因, 对 <i>Cr</i> (非裂壳种子)呈隐性
<i>eg</i>	瓜子种子基因, 没有成熟的种子, 有肉质果皮, 但成熟后变为正常

2 控制西瓜叶片和藤蔓性状的基因

由图2-A~F和表2可见,控制西瓜叶片和藤蔓性状的基因共有14个,其中,控制西瓜叶片特性的基因有9个,控制藤蔓性状的基因有5个。



A 全缘叶(基因 *nl*); B 苍白叶(基因 *pl*); C 延迟变绿基因 *dg* 及其抑制因子 *i-dg* 的表现型; D 幼苗白化(基因 *ja*); E 老叶和成熟果皮金黄色(基因 *go*); F 子叶、叶片和果实带斑点(基因 *Sp*)。G、H、I 分别为雄性不育基因 *ms-1*、*ms-2* 和 *ms-3* 的表现型。

图2 控制西瓜叶片特性基因的表现型(A~F)与雄性不育基因的表现型(G~I)

Fig. 2 Phenotypes of watermelon genes for control of leaf traits (A ~ F) and for male sterile (G ~ I)

表 2 控制西瓜叶片和藤蔓性状的基因

Table 2 Gene for control of leaf and vine traits of watermelon

基因	基因的描述及其控制的性状
<i>nl</i>	全缘叶, 呈不完全显性; <i>Nl</i> 叶片为羽状半裂或羽状深裂
<i>slv</i>	幼苗叶片斑驳, 由单隐性基因控制
<i>Yl</i>	黄色叶片, 对绿色叶片(<i>yl</i>)呈不完全显性
<i>pl</i>	苍白叶, 幼苗颜色是浅绿色
<i>dg</i>	延迟变绿, 子叶和幼叶最初为淡绿色, 随后叶绿素增加, <i>dg</i> 对 <i>I-dg</i> 呈下位
<i>i-dg</i>	是叶片延迟变绿的抑制因子, 对 <i>dg</i> 呈上位
<i>ja</i>	幼苗白化, 生长在短日照时, 幼苗、叶缘和果皮中的叶绿素减少
<i>go</i>	老叶和成熟果皮金黄色
<i>Sp</i>	子叶、叶片和果实带斑点, 对叶片和果实颜色一致呈显性
<i>dw-1</i>	矮化-1, 由于节间细胞比正常的少而短形成短节间, 与 <i>dw-1s</i> 等位
<i>dw-1-s</i>	短蔓, 与 <i>dw-1</i> 等位, 蔓长介于正常与矮化蔓之间, <i>dw-1-s</i> 对正常蔓是隐性
<i>dw-2</i>	矮化-2, 由于节间细胞少而形成短节间
<i>dw-3</i>	矮化-3, 矮化与叶片的裂刻较小
<i>tl</i>	无卷须, 在第 4 节或第 5 节以后, 营养腋芽转变成花芽, 并且叶片形状发生改变

全缘叶的叶片缺少大多数栽培品种叶片所具有的典型裂刻, 是一种波状叶。根据命名规则, 这种特点应该被命名为基因突变特性波状叶(*sinuate leaves, sn*), 而不是被命名为缺乏正常特性的全缘叶(*nonlobed, nl*)。全缘叶呈不完全显性。幼苗叶片斑驳与病毒侵染幼苗引起的斑驳相似, 其控制基因 *slv* 是单隐性基因, 与抗冷伤害的显性等位基因 *Ctr* 连锁或具有多效性。黄叶基因 *Yl* 导致叶片黄色。黄叶对绿叶是不完全显性。苍白叶基因 *pl* 是早在子叶期能够观察到的浅绿色子叶的叶绿素自发突变基因^[4]。叶片延迟变绿基因 *dg* 导致子叶和前几节的叶片为淡绿色, 后来生长的叶片为正常的绿色, *dg* 对 *I-dg* 呈下位。叶片延迟变绿的抑制基因 *i-dg* 使叶片为正常绿色, 甚至当基因型为 *dgdg* 时叶片也为正常绿色, 基因型 *I-dg I-dg dgdg* 的植株为淡绿色, *i-dg i-dg dgdg* 植株正常^[5]。当西瓜植株生长在短日照条件下时, 白化苗基因 *ja* 导致幼苗组织、叶缘和果皮的叶绿素减少^[6]。金黄色突变由单隐性基因 *go* 控制, 茎和老叶都是金黄色, 当果实成熟后也是金黄色。*go* 基因的典型株系是 Royal Golden。显性基因 *Sp* 导致在子叶、叶片和果实上形成圆形黄色斑点, 在果实上出现被称为“星星”和“月亮”的图案。

控制藤蔓性状的基因包括影响西瓜茎长和植物习性的 4 个矮化基因和 1 个无卷须基因。矮化基

因 *dw-1* 和 *dw-1s* 是等位基因; *dw-1*、*dw-2* 和 *dw-3* 是非等位基因。矮化-1 植株的细胞由于比正常植株类型的少而短, 所以其植株的节间短。具有 *dw-1s* 基因的植株蔓长介于正常植株和矮化植株之间, 其下胚轴比正常植株的稍长, 但比矮化植株的长很多。*dw-1s* 基因对正常植株呈隐性。具有 *dw-2* 基因植株的细胞比正常植株的少, 所以其植株的节间短。具有 *dw-3* 基因植株的叶片比正常叶片的裂刻小, 为正常叶与全缘叶的中间类型。基因 *tl* 导致第 5 或第 6 节之后分枝无卷须(以前叫做无分枝)^[7-8]。这种植株只有正常植株类型一半的分枝, 其营养分生组织逐渐变成花, 卷须和营养芽被花取代(大部分是完全花), 所以, 这种植株类似于有限生长类型。

全缘叶、苍白叶、叶片延迟变绿等分别控制西瓜叶片性状的基因 *nl*、*pl* 和 *dg*, 在杂交种子生产上可作为苗期标志性状进行 F_1 代种子的纯度鉴定, 例如, 用全缘叶母本与非全缘叶父本杂交, F_1 代苗期可根据全缘叶标志基因进行种子纯度鉴定, 还可在苗期淘汰非杂种苗(全缘叶母本)。利用无卷须基因 *tl* 可以选育出不需要整枝的、分枝少的西瓜品种, 实现简约化栽培。

3 控制西瓜花性状的基因

控制西瓜花性状的基因共有 8 个(表 3), 其中, 控制性别的基因 2 个, 控制花颜色的基因 1 个, 控

制雄性不育的基因(图 2-G~D)5 个。

表 3 控制西瓜花性状的基因

Table 3 Genes for control of flower traits of watermelon	
基因	基因的描述及其控制的性状
<i>a</i>	雄花两性花同株, 对雌雄异花同株呈隐性
<i>gy</i>	全雌株开花习性, 藤蔓上只有雌花的隐性突变
<i>gf</i>	淡绿色花由单隐性基因控制
<i>gms</i>	无毛雄性不育, 叶片缺少茸毛
<i>ms-1</i>	雄性不育-1, 植株产生小的、收缩的花药和败育的花粉
<i>ms-dw</i>	短蔓雄性不育
<i>ms-2</i>	雄性不育-2, 具有高结实率的雄性不育
<i>ms-3</i>	雄性不育-3, 具有独特叶片特性的雄性不育

基因 *a* 控制西瓜雌雄异花同株(AA)与雄花两性花同株(aa)性别的表达, 雄花两性花同株植物既有雄花又有完全花, 类似于野生类型。全雌株突变由单隐性基因 *gy* 控制^[5]。淡绿色的花由单隐性基因 *gf* 控制^[9]。

已报道的雄性不育基因有 5 个: 基因 *gms* 是唯一与无茸毛叶相联系的基因, 其雄性不育由染色体不联会引起; 基因 *ms-1* 产生小的、收缩的花药和败育的花粉; 基因 *ms-dw* 出现矮化现象, 并且这个矮化基因与 3 个已知的矮化基因不同, 它被称为短蔓雄性不育^[10]; 基因 *ms-2* 是一个具有正常的高结实率的雄性不育自发突变基因; 基因 *ms-3* 是一个具有独特叶片特性的雄性不育突变基因^[11]。

全雌株类型对杂交种子生产和栽培品种的集中坐果都很有用。雄性不育已被用于杂交种子生产, 但雄性不育基因 *gms*、*ms-1* 和 *ms-dw* 也降低雌花的育性, 制种时往往导致种子产量低, 所以, 这些雄性不育用于杂交种子生产并不很成功。具有高结实率的雄性不育基因 *ms-2* 的发现, 将使雄性不育在杂交种子生产上得到更广泛的应用。

4 控制西瓜瓤色和果实形状等的基因

控制西瓜瓤色和果实形状等的基因共有 11 个(表 4 和封二图 1-F~N), 其中, 控制西瓜瓤色的基因有 7 个, 控制果实形状、果皮特性和果肉苦味的基因共有 4 个。

影响西瓜果型的基因非常受关注, 果实形状由单一的不完全显性基因 *O* 控制, 使西瓜果实呈长形(OO)、椭圆形(Oo)或圆球形(oo)。果实表面沟痕由单一基因 *f* 控制。该基因对果实表面光滑(F)呈隐性。基因 *e* 导致切瓜时果皮容易破裂, 其等位基因

E 则表现为韧皮。韧皮是衡量栽培品种具有贮运能力的一个重要果实特性。果皮的坚韧性似乎与果皮厚度关系不大。果皮的坚韧性与果皮厚度的交互作用还有待进一步研究。单隐性基因 *su* 可以消除西瓜(*Citrullus lanatus*)果实中的苦味, *su* 与药西瓜(*C. colocynthis*)果实中的苦味显性基因 *Su* 是等位基因。药西瓜中的苦味由基因型 *Su Su* 控制。

表 4 控制西瓜瓤色和果实形状等的基因

Table 4 Genes for control of watermelon flesh color, fruit shape and other traits	
基因	基因的描述及其控制的性状
<i>O</i>	长形果, 对圆球形果呈不完全显性, <i>Oo</i> 是椭圆形
<i>f</i>	果实表面有沟痕, 对光滑果皮呈隐性
<i>e</i>	易裂果皮, 果皮薄而嫩, 切瓜时易破裂
<i>su</i>	苦味的抑制因子, 果实无苦味
<i>B</i>	黄色果肉, 对红色果肉呈显性, <i>Wf</i> 对 <i>B</i> 为上位
<i>Wf</i>	白色果肉, <i>Wf</i> 对 <i>B</i> 为上位
<i>C</i>	金丝雀黄色果肉, 对红色果肉呈显性, 或者其他颜色由 <i>y</i> 位点控制
<i>i-C</i>	金丝雀黄色果肉的抑制因子, 导致红色果肉
<i>y</i>	橙黄色果肉, 对红色果肉(<i>Y</i>)呈隐性
<i>y-o</i>	橙色果肉, 与 <i>y</i> 是等位基因
<i>Scr</i>	大红色果肉, 深红色果肉(比 <i>YY</i> 的红色更深)

西瓜果肉颜色由 7 个基因控制, 可以产生大红、红色、橙色、橙黄色、金丝雀黄色或白色的果肉, 调节果肉颜色的基因有 *B*、*C*、*i-C*、*Wf*、*y* 和 *y-o*^[12]。黄色果肉(*B*)对红色果肉是显性, 白色果肉基因 *Wf* 对 *B* 是上位, 所以, 基因型 *WfWf BB* 或 *WfWf bb* 的表现型都是白色果肉, *wfwf BB* 是黄色果肉, 而 *wfwf bb* 是红色果肉。金丝雀黄色果肉基因 *C* 对其他颜色果肉基因 *c* 呈显性, 金丝雀黄色果肉对红色果肉呈显性。*i-C* 对 *C* 起抑制作用, 导致红色果肉。如果没有 *i-C*, *C* 对 *Y* 是上位。红色果肉基因 *Y* 对橙黄色果肉基因 *y* 呈显性。橙色果肉基因 *y-o* 是同一位点多个等位基因系统中的一员, 其中, *Y*(红色果肉)对 *y-o*(橙色果肉)和 *y*(橙黄色果肉)呈显性, 并且 *y-o*(橙色果肉)对 *y*(橙黄色果肉)是显性。单显性基因 *Scr* 产生大红色果肉, 而不是浅颜色的红色果肉(*scr*)^[13]。*Scr* 与 *Y*、*y-o* 和 *y*, 以及 *C* 与 *Y*、*y-o* 和 *y* 的交互作用还需要进一步研究。

利用控制西瓜果实形状和瓤色的基因及其遗传规律进行育种, 采用常规育种方法可以选育出不同形状和瓤色的西瓜品种。另外, 由于易裂果皮基因(*e*)是隐性性状, 所以, 在组合选配时, 具有易裂果皮

的亲本一般需要与具有韧皮性状的亲本进行杂交。

5 控制西瓜果皮颜色与花纹性状的基因

控制西瓜果皮颜色与花纹性状的基因共有 8 个(表 5 和图 3), 其中, *go* 和 *Sp* 2 个基因既控制西瓜的皮色又控制西瓜的叶片颜色。果实金黄色是由单隐性基因 *go* 控制的, 果实未成熟时为深绿色果皮, 成熟后变为金黄色, 其茎与较老的叶片也变成金黄

色, 但大量试验表明, 西瓜的黄皮性状为显性或不完全显性遗传。*Sp* 基因的典型株系是 Moon and Stars。*Sp* 的特性在淡绿色果实上很难识别, 但在中绿色、深绿色、灰色、或有条纹的果实上很容易观察到^[13]。这个产生斑点的基因 *Sp* 在像 Moon and Stars 这样的栽培品种上可以产生特殊的效果。

表 5 控制西瓜果皮颜色与花纹性状的基因

Table 5 Genes for control of watermelon fruit rind color and pattern

基因	基因的描述及其控制的性状
<i>go</i>	老叶和成熟果皮呈金黄色
<i>Sp</i>	子叶、叶片和果实带斑点, 对叶片和果实颜色一致呈显性
<i>g</i>	浅绿色果皮, 浅绿色果皮对深绿色(<i>G</i>)和绿条带(<i>g-s</i>)呈隐性
<i>g-s</i>	绿条带果皮, 对深绿色呈隐性, 但对浅绿色呈显性
<i>m</i>	有斑点果皮, 果皮上有略呈绿色的白斑点
<i>p</i>	果皮上有细线条, 线条很窄, 为纵向通过果实线条的铅笔宽的条纹, 对网纹果实呈隐性
<i>ins</i>	间歇条纹, 在果肩部位产生窄暗条纹, 在果实中部条纹变得不规则, 而在靠近果脐的部位条纹变得几乎没有
<i>Yb</i>	黄肚, 果实上有黄色地面斑

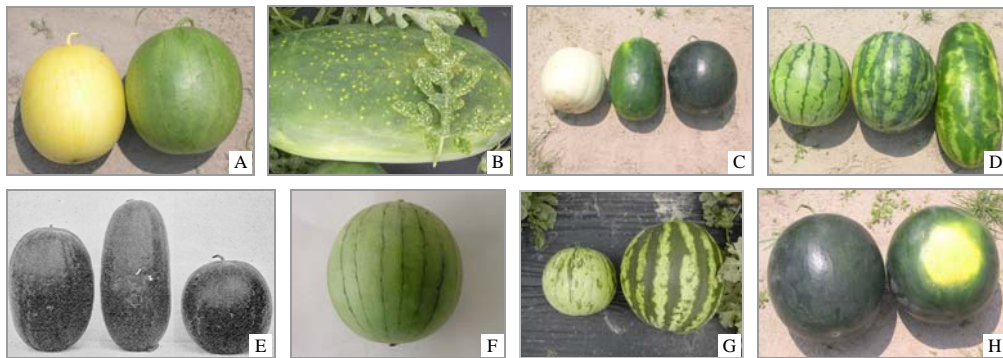


图 3 控制西瓜果皮颜色与花纹性状基因的表现型
A 金黄色成熟果皮(基因 *go*); B 子叶、叶片和果实带斑点(基因 *Sp*); C 浅绿色果皮(基因 *g*); D 绿条带果皮(基因 *g-s*); E 有斑点果皮(基因 *m*); F 果皮上有细线条(基因 *p*); G 间歇条纹(基因 *ins*); H 黄肚(基因 *Yb*)。

图 3 控制西瓜果皮颜色与花纹性状基因的表现型

Fig. 3 Phenotypes of genes controlling watermelon fruit rind color and pattern

基因 *g*、*G* 和 *g-s* 分别产生浅绿色、深绿色和有条纹的果皮。浅绿色果皮(*g*)对深绿色(*G*)和绿条带(*g-s*)呈隐性, 绿条带果皮对深绿色呈隐性, 但对浅绿色皮呈显性, 所以, 同一位点的 3 个等位基因 *g*、*G* 和 *g-s* 决定果皮的花纹。

斑驳果皮基因 *m* 产生具有独特绿白色斑点的中-深绿色果皮, 通常在深绿色果皮上随机分布不规则的淡绿色斑点, 一般认为由单隐性基因遗传。基因 *p* 控制本色果皮上很窄的线条, 其典型株系 Japan 6 的果皮上有不显眼的淡绿色条纹, 对网纹果

实呈隐性, 所以, 其等位基因 *P* 产生有网状的类型。由调节西瓜果皮颜色和花纹的已知基因产生的纯合基因型有以下表现型: *GG MM PP* 或 *GG MM pp* 为深绿色; *GG mm* 为有斑点的深绿色; *gg MM* 为淡绿色; *gg MM pp* 为果皮上有细线条; *gg PP* 为黄绿色或灰色; *gsgs PP* 为有网纹的中等条纹。

间歇条纹基因 *ins* 的隐性基因型在果肩部位产生窄暗条纹, 在果实中部条纹变得不规则, 在靠近果脐的部位几乎没有条纹^[13], 这与西瓜品种 Crimson Sweet 不同。西瓜 Crimson Sweet 果实上的

条纹从果肩到果脐都是相当一致的。黄肚或黄色地面斑由单一的显性基因 *Yb* 控制, 其隐性基因型(如西瓜品种 Black Diamond)的地面斑是白色的^[13]。

研究控制果皮颜色与花纹的 *g*、*g-s*、*m*、*p* 和其他基因, 以确定交互作用和选育具有多种花纹的自交系, 不仅可以丰富西瓜的基因库, 而且有望选

育出适合各种消费需求的丰富多彩的西瓜品种。

6 西瓜的抗性基因

已报道的西瓜抗性基因共有 11 个(表 6), 其中, 抗病基因 8 个(图 4), 抗虫基因 2 个, 抗冷凉性基因 1 个。

表 6 西瓜的抗性基因

Table 6 Resistance genes of watermelon

基因	基因的描述及其控制的性状
<i>Ar-1</i>	抗炭疽病菌(<i>Colletotrichum lagenarium</i>)生理小种 1 和 3
<i>Ar-2-1</i>	抗炭疽病菌(<i>Colletotrichum lagenarium</i>)生理小种 2
<i>Fo-1</i>	抗枯萎病菌(<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>niveum</i>)生理小种 1, 是 1 个显性基因
<i>db</i>	抗由 <i>Didymella bryoniae</i> 引起的蔓枯病
<i>pm</i>	易感白粉病(<i>Sphaerotheca fuliginea</i>), 易感白粉病是隐性
<i>prv</i>	抗番木瓜环斑病毒西瓜菌株, 对 <i>PRV-W</i> 的抗性是隐性
<i>zym-CH</i>	抗小西葫芦黄花叶病毒(<i>ZYMV-CH</i>), 特别抗小西葫芦黄花叶病毒中国菌株
<i>zym-FL</i>	抗小西葫芦黄花叶病毒(<i>ZYMV-FL</i>), 特别抗小西葫芦黄花叶病毒佛罗里达菌株
<i>Fwr</i>	抗瓜实蝇(<i>Dacus cucurbitae</i>), 对易感虫性呈显性
<i>Af</i>	抗南瓜红守瓜(<i>Alacophora faveicollis</i>), 对感虫性呈显性
<i>Ctr</i>	抗冷凉性, 生长在气温低于 20 °C 时抗叶面斑驳伤害

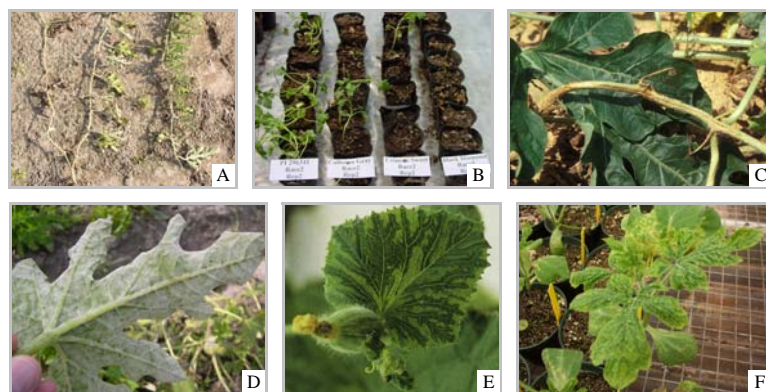


图 4 与西瓜抗病基因相关病害的感病症状
A 感染炭疽病菌(基因 *Ar-1* 和 *Ar-2-1*); B 感染枯萎病菌生理小种 1(基因 *Fo-1*); C 感染蔓枯病(基因 *db*); D 易感白粉病(基因 *pm*); E 感染番木瓜环斑病毒西瓜菌株(基因 *prv*); F 感染小西葫芦黄花叶病毒(基因 *zym-CH* 和 *zym-FL*)。

图 4 与西瓜抗病基因相关病害的感病症状

Fig. 4 Disease symptom associated with the disease resistance genes of watermelon

对炭疽病(*Colletotrichum lagenarium*)生理小种 1 和 3 的抗性由单显性基因 *Ar-1* 控制, 具有 *Ar-1* 的抗原有 Africa 8、Africa 9、Africa 13 和 Charleston Gray; 对炭疽病生理小种 2 的抗性由单显性基因 *Ar-2-1* 控制, 具有抗性等位基因 *Ar-2-1* 的抗原有香椽 W695 和 PI 189225、PI 271775、PI 271779、PI 299379。对西瓜枯萎病(*Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*)生理小种 1 的抗性由单显性基因 *Fo-1* 控制, 具有 *Fo-1* 的抗原有 Calhoun Gray 和 Summit。

Didymella bryoniae (Auersw.) Rehm 是否引起西瓜蔓枯病是由隐性基因 *db* 控制的。基因 *db* 来源于 PI 189225; *Db* 来源于 Charleston Gray。西瓜抗白粉病(*Sphaerotheca fuliginea*), 但一个高感白粉病的单隐性基因 *pm* 在引进品种 PI 269677 上已经被发现, PI 269677 对白粉病生理小种 1W 和 2W 高度感病, *Pm* 来源于 Sugar Baby 和大多数栽培品种。

登记入册的西瓜资源 PI 244017、PI 244019 和 PI 485583 抗番木瓜环斑病毒西瓜菌株, 由单隐性基

因 *prv* 控制^[14]。中抗小西葫芦黄花叶病毒基因已在西瓜(*Citrullus lanatus*)的 4 个地方品种中被发现,但仅抗这个病毒的佛罗里达菌株,抗性由单隐性基因 *zym-FL* 控制(Provvidenti)^[15];高抗小西葫芦黄花叶病毒佛罗里达菌株的品种(PI 595203)已被发现,它由单隐性基因 *zym-FL-2* 控制^[16]。这个基因与 *zym-FL* 不是同一基因,因为该病在 PI 482322、PI 482299、PI 482261 和 PI 482308 上有不同的反应。这 4 个西瓜资源在 Provvidenti^[15]的研究中是抗病的,但在 Guner 等^[16]的研究中是感病的。PI 595203 为抗小西葫芦黄花叶病毒中国菌株,并由单隐性基因 *zym-CH* 控制^[17]。这个基因与 *zym-FL-2* 可能是等位基因,但很难测定出 F₂ 代在世界不同地区对 2 个不同病毒的抗性分离。抗小西葫芦黄花叶病毒(ZYMV)的 PI 595203 中抗西瓜花叶病毒(WMV)^[17],也抗番木瓜环斑病毒西瓜菌株^[18]。

瓜实蝇(*Dacus cucurbitae*)抗性由单显性基因 *Fwr* 控制。南瓜红守瓜(*Aulacophora faveicollis*)由单显性基因 *Af* 控制。西瓜的抗逆性也被发现,幼苗在温度低于 20 °C 的条件下生长时,经常出现叶面斑驳和正常生长受阻,持续低温导致更明显的叶面症状、畸形和生长迟缓。单显性基因 *Ctr* 可用于西瓜抗冷性育种^[19]。

研究西瓜的抗病基因及其遗传规律是抗病育种的基础。利用抗病基因的遗传规律充分挖掘西瓜的抗病资源可以选育出抗枯萎病、抗炭疽病等病害的品种。抗冷凉性基因 *Ctr* 是一个非常有用的抗逆基因,利用这个基因有望选育出生产上需要的适合早春设施栽培的耐低温的特早熟品种。

参考文献:

- [1] Todd C Wehner . Gene list for watermelon 2007[J]. Cucurbit Genet Coop Rpt , 2007 , 30 : 75–88 .
- [2] Zhang J . Inheritance of seed size from diverse crosses in watermelon[J] . Cucurbit Genetics Coop Rpt , 1996 , 19 : 67–69 .
- [3] Gusmini G ,Wehner T C ,Jarret R L .Inheritance of egusi seed type in watermelon[J] J Hered ,2004 ,95 :268–270 .
- [4] Yang D H . Spontaneous mutant showing pale seedling character in watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum and Nakai)[J] .Cucurbit Genet Coop Rpt , 2006 , 28/29 : 49–51 .
- [5] Jiang X T ,Lin D P .Discovery of watermelon gynocious gene , gy[J] . Acta Hort Sinica , 2007 , 34 : 141–142 .
- [6] Zhang X P ,Rhodes B B ,Bridges W C . Phenotype , inheritance and regulation of expression of a new virescent mutant in watermelon : Juvenile albino[J] . J Amer Soc Hort Sci , 1996 , 121(4) : 609–615 .
- [7] Rhodes B ,Dane F .Gene list for watermelon[J] .Cucurbit Genetics Coop Rpt , 1999 , 22 : 61–74 .
- [8] Zhang X P ,Rhodes B B ,Baird V , et al . A tendrillless mutant in watermelon : Phenotype and development[J]. Hort Science , 1996 , 31(4) : 602 .
- [9] Kwon Y S ,Dane F .Inheritance of green flower color (*gf*) in watermelon(*Citrullus lanatus*)[J] . Cucurbit Genet Coop Rpt , 1999 , 22 : 31–33 .
- [10] Huang H ,Zhang X ,Wei Z , et al . Inheritance of male-sterility and dwarfism in watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum and Nakai)[J] . Scientia Horticulturae , 1998 , 74 : 175–181 .
- [11] Bang H , King S R , Liu W . A new male sterile mutant identified in watermelon with multiple unique morphological features[J] . Cucurbit Genet Coop Rpt , 2006 , 28/29 : 47–48 .
- [12] Henderson W R ,Scott G H ,Wehner T C . Interaction of flesh color genes in watermelon[J] . J Hered , 1998 , 89 : 50–53 .
- [13] Gusmini G , Wehner T C . Qualitative inheritance of rind pattern and flesh color in watermelon[J] . J Hered , 2006 , 97 : 177–185 .
- [14] Guner N ,PesticVan-Esbroeck Z ,Wehner T C .Inheritance of resistance to papaya ringspot virus-watermelon strain in watermelon[J] . J Hered , 2008 , 99 : 161–166 .
- [15] Provvidenti R . Inheritance of resistance to the Florida strain of zucchini yellow mosaic virus in watermelon[J]. Hort Science , 1991 , 26(4) : 407–408 .
- [16] Guner N ,PesticVan-Esbroeck Z ,Wehner T C .Screening for resistance to zucchini yellow mosaic virus in 1654 watermelon cultivars and plant introduction accessions[J]. Crop Sci , 2008 , 48 : 182–190 .
- [17] Xu Y ,Kang D ,Shi Z , et al . Inheritance of resistance to zucchini yellow mosaic virus and watermelon mosaic virus in watermelon[J] . J Hered , 2004 , 96 : 498–502 .
- [18] Strange E B , Guner N , Pestic-VanEsbroeck Z , et al . Screening the watermelon germplasm collection for resistance to papaya ringspot virus type-W[J] . Crop Sci , 2002 , 42 : 1324–1330 .
- [19] Provvidenti R . Naming the gene conferring resistance to cool temperatures in watermelon[J] .Cucurbit Genet Coop Rpt , 2003 , 26 : 31 .

责任编辑: 王赛群

英文编辑: 罗 维