

# 黄瓜对西瓜花叶病毒病抗性的研究进展

周 健<sup>1</sup> 顾兴芳<sup>2</sup> 张圣平<sup>2</sup> 苗 晗<sup>2</sup> 程 斐<sup>1\*</sup>

(<sup>1</sup>青岛农业大学园林园艺学院, 山东青岛 266109; <sup>2</sup>中国农业科学院蔬菜花卉研究所, 北京 100081)

**摘 要:** 西瓜花叶病毒 ( *Watermelon mosaic virus*, WMV ) 是侵染黄瓜的主要病毒之一, 给黄瓜生产带来了极大的损失。本文对 WMV 进行了简要介绍, 对黄瓜 WMV 的抗病性鉴定方法、抗病遗传规律、抗病种质资源和分子标记的筛选与应用进行了综述, 并对其存在的问题和未来的研究方向进行了分析和展望。

**关键词:** 黄瓜; WMV; 遗传规律; 抗性基因; 分子标记; 综述

中图分类号: S642.2 文献标识码: A 文章编号: 1000-6346 ( 2012 ) 10-0007-07

## Research Progress in Cucumber Resistance to Watermelon Mosaic Virus

ZHOU Jian<sup>1</sup>, GU Xing-fang<sup>2</sup>, ZHANG Sheng-ping<sup>2</sup>, MIAO Han<sup>2</sup>, CHENG Fei<sup>1\*</sup>

(<sup>1</sup>College of Landscape and Horticulture, Qingdao Agricultural University, Qingdao 266109, Shandong, China;

<sup>2</sup>Institute of Vegetables and Flowers, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

**Abstract:** *Watermelon mosaic virus* ( WMV ) is one of the most popular viruses, which can infect cucumber ( *Cucumis sativus* L. ). This virus has brought severe loss to cucumber production. This paper briefly introduces WMV and expounds the methods for identifying cucumber resistance to WMV, resistance inheritance rule, resistance germplasm resources, and selection and application of molecular markers linked to WMV gene. It also analyzes the existing problems and prospects the future research tasks.

**Key words:** Cucumber; WMV; Inheritance rule; Resistant gene; Molecular marker; Review

黄瓜 ( *Cucumis sativus* L. ) 是我国第一大保护地栽培作物, 因其食用方便、营养丰富, 深受广大消费者的喜爱。但由于保护地内水肥充足、温湿度较高, 易受病虫害侵染。西瓜花叶病毒 ( *Watermelon mosaic virus*, WMV ) 是世界范围内的侵染葫芦科的重要病毒之一。我国已在山西、广西、天津、安徽、辽中地区、陕西、新疆、山东等地检测到该病毒 ( 李大伟 等, 2000, 2004; 秦碧霞 等, 2001; 王惠哲 等, 2004; 陈红运 等, 2006; 张建新 等, 2007; 刘卫荣和向本春, 2008; 刘金亮 等, 2010 )。王惠哲等 ( 2004 ) 对天津郊区 98 份自然感病黄瓜病株进行检测, 发现 WMV 的感病率已达到 77.5%。受病毒病侵染的葫芦科作物往往出现花叶、畸形叶、明脉和脉带花叶、新叶扭曲、植株生长受阻、果实畸形等多种症状, 导致产量降低和外观品质下降, 严重时甚至绝产, 经济损失巨大。西瓜花叶病毒病的流行已受到人们的广泛关注, 本文就国内外在该领域的研究予以系统综述。

收稿日期: 2011-10-31; 接受日期: 2012-02-24

基金项目: 国家现代农业产业技术体系专项 ( CARS-25 ), 农业部园艺作物生物学与种质创制重点实验室资助项目

作者简介: 周健, 女, 硕士研究生, 专业方向: 蔬菜学, E-mail: zhjian1166@126.com

\* 通讯作者 ( Corresponding author ): 程斐, 副教授, 硕士生导师, 专业方向: 蔬菜遗传育种, E-mail: chengfei246@sohu.com

## 1 WMV简介

WMV 是马铃薯 Y 病毒属 (*Potyvirus*) 的一种, 可侵染葫芦科、豆科、锦葵科、藜科等 27 个属的 170 多种植物, 宿主广泛 (Shukla et al., 1994)。1954 年美国的 Anderson 首先在佛罗里达州的西瓜上发现特征病毒并将其命名为 WMV (Anderson, 1954)。1965 年 Webb 和 Scot 在西瓜上分离得到两种为害西瓜的病毒, 根据寄主范围的差异及交互保护作用的有无分为 2 个株系, 最初分别命名为 WMV-1 和 WMV-2 (Webb & Scott, 1965)。在随后的研究中发现, WMV-1 实际上是木瓜环斑病毒 (*Papaya ringspot virus*, PRSV) 的 1 个株系 (Purcifull et al., 1984), 因此, 2000 年 9 月国际病毒分类委员会 (International Committee on Taxonomy of Viruses, ICTV) 第 7 次报告中把 WMV-1 归属于 PRSV, 把 WMV-2 改为 WMV (张建新等, 2007)。另外, Fisher 和 Lockhart (1974) 发现的摩洛哥株系 (*Moroccan watermelon mosaic virus*, MWMV) 现在已证实为马铃薯 Y 病毒属的另一种病毒 (Mckern et al., 1993)。种焱 (1991) 把从我国河北、天津、北京和沈阳采集到的西瓜花叶病毒分离物做了比较, 发现 WMV-2 又可细分为 WMV-2(1) 和 WMV-2(2), 前者能侵染千日红, 在西葫芦上仅表现沿脉绿带和绿疱斑; 而后者不侵染千日红, 在西葫芦上仅表现轻花叶。WMV 可通过多种蚜虫以非持久性方式传播, 也可通过机械方式传播 (康东木等, 2001)。谢浩等 (1988, 1989) 证实哈密瓜和甜瓜种子也可带毒。

## 2 抗病性鉴定方法

抗病性鉴定方法包括自然鉴定、田间成株鉴定、室内苗期鉴定、离体鉴定及间接鉴定等, 在实际工作中则需根据植物、病害种类, 目的要求和设备条件而定。

### 2.1 病毒鉴定方法

蔬菜上病毒的鉴定方法有虫传法 (李国玄和裴美云, 1981)、大田病圃法 (刘琳, 2008)、室内人工接种法 (张洁, 2006; 黄焕焕, 2007) 等。但田间鉴定和室内鉴定一般都要人工接种病毒。

李国玄和裴美云 (1981) 研究 WMV 引起的西葫芦花叶病时, 使用了虫传法接种病毒。在防虫温室中, 将无毒桃蚜在人工接种发病的西葫芦上饲毒 24 h, 然后将桃蚜转移到健康西葫芦幼苗上, 14 d 后就出现了与饲毒病株相同的花叶症状。虫传法由于操作繁琐, 一般不用于抗病性鉴定。

刘琳 (2008) 对普通白菜进行芜菁花叶病毒 (*Turnip mosaic virus*, TuMV) 鉴定时, 使用了田间鉴定法。各鉴定品种在田间随机排列, 3 次重复, 每重复 10 株, 严格防虫, 不防病, 田间管理与其他大田试验一致。在移栽 15~20 d 后进行汁液摩擦接种。田间鉴定由于环境条件的多样化, 且年份间的气候条件各不相同, 有可能导致各试验区抗性结果存在较大差异, 这样就很难准确的鉴定品种的抗性。

张洁 (2006)、黄焕焕 (2007) 对黄瓜进行西瓜花叶病毒和黄瓜花叶病毒 (*Cucumber mosaic virus*, CMV) 接种时, 都采用了室内苗期汁液摩擦接种法。接种方法与 2010 年 9 月农业部发布的黄瓜抗黄瓜花叶病毒病鉴定技术规程 (NY/T 1857.7—2010) 相近, 但细节有所不同, 详见表 1。

### 2.2 病情分级标准

不同的研究中病毒病的分级标准略有不同 (张洁, 2006; 黄焕焕 2007), 但大致都与农业部发布的黄瓜抗黄瓜花叶病毒病鉴定技术规程 (NY/T 1857.7—2010) 相同。病情级别划分: 0 级, 无症状; 1 级, 心叶明脉或轻花叶; 3 级, 心叶及中部叶片花叶, 少数叶片畸形、皱缩; 7

级, 重花叶, 多数叶片畸形、皱缩; 9 级, 重花叶, 叶片明显畸形, 植株矮化, 甚至死亡。

表 1 各种摩擦接种方法的比较

病毒	接种时期 (2 次)	接种液	摩擦物	调查时期	参考文献
WMV	① 子叶展平时	1 g 鲜病叶与 0.2 mmol · L <sup>-1</sup> 磷酸	600 目金刚砂	第 2 次接种后每 4 d 调查 1 次	张洁, 2006
	② 第 1 或第 2 真叶期	缓冲液按 1 V : 3 V 配制			
CMV	① 第 2 真叶期,	0.5 g 植物冻干粉加 10 mL 0.03	石英砂	第 2 次接种 7 d 后调查	黄焕焕, 2007
	② 第 1 次接种 3 ~ 5 d 后	mol · L <sup>-1</sup> 磷酸缓冲液			
CMV	① 第 1 真叶期	1 g 鲜病叶加 10 mL 0.03 mol · L <sup>-1</sup>	600 目金刚砂	第 1 次接种 15 ~ 20 d 后调查	NY/T 1857.7—2010
	② 第 2 真叶期	磷酸盐缓冲液			

### 2.3 抗病性评价

根据病情级数计算病情指数 (DI), 然后进行抗病性评价。评价标准为: 0 < DI ≤ 5, 高抗 (HR); 5 < DI ≤ 20, 抗病 (R); 20 < DI ≤ 40, 中抗 (MR); 40 < DI ≤ 60, 感病 (S); DI > 60, 高感 (HS) (NY/T 1857.7—2010)。

## 3 抗病遗传规律

由于病毒病是导致葫芦科作物损失最严重且最难防治的病害 (Provvidenti, 1997), 病毒病的抗性遗传规律研究是当前最需解决的问题之一。WMV 在葫芦科作物上的抗性遗传规律较为复杂, 而且葫芦科内不同种属的作物对病毒病的抗性不尽相同。多数研究认为 WMV 在黄瓜上受隐性基因控制, 而在南瓜材料上 Brown 等 (2003) 和 Gilbert-Albertini 等 (1993) 发现 WMV 的抗病性是受显性基因 *Wmv* 控制的。国外对黄瓜 WMV 的抗性遗传研究主要集中在 20 世纪 80、90 年代。在获得 WMV 抗性遗传规律的同时, 与西瓜花叶病毒同属的小西葫芦花叶病毒 (*Zucchini yellow mosaic virus*, ZYMV)、番木瓜环斑病毒 (*Papaya ringspot virus*, PRSV)、西瓜花叶病毒摩洛哥株系和西葫芦黄斑病毒 (*Zucchini yellow fleck virus*, ZYFV) 这 4 种病毒病也都在黄瓜上进行了抗性遗传规律的研究, 并发现其抗性基因之间存在着遗传连锁现象。

Cohen 等 (1971) 研究发现黄瓜品种 Kyoto 3 Feet 中存在抗 WMV 的显性基因, 并认为此基因对 WMV 的抗性属于耐病类型。Wang 等 (1984) 对栽培黄瓜品种 Surinam Local 研究发现 PRSV-W 受隐性基因 *prsv-1* 控制, 而且此基因与无苦味基因 *bi* 连锁。

Provvidenti (1985) 研究认为源于我国台湾的黄瓜材料 Taichung Mou Gua (TMG) 对多种病毒均有抗性, 之后国外学者对马铃薯 Y 病毒属病毒病的抗性遗传规律研究大多是利用该材料开展的。Provvidenti (1987) 通过对 TMG 单株选择获得材料 TMG-1, 研究发现 TMG 对 ZYMV 的抗性是由隐性单基因 *zym* 控制的; 随后 Abul-Hayja 和 Al-Shahwan (1991) 利用抗病黄瓜品种 Dina 也对 ZYMV 的抗性遗传规律进行了研究, 并获得同样的结果; Gilbert-Albertini 等 (1995) 发现 TMG 对 ZYFV 的抗性是由单隐性基因 *zyf* 控制的。Wai 和 Grumet (1995a, 1995b) 研究发现 TMG-1 对 WMV 的抗性分两种基因控制: 一种是在子叶和全株均表现抗性的 *wmv-2*, 另一种是只在真叶表现抗性的 2 个相互作用的上位基因 *wmv-3* 和 *wmv-4*; 对 PRSV-W 的抗性是由单显性基因 *Prsv-2* 决定的。Grumet 等 (2000) 发现 Surinam Local 中抗 PRSV 的隐性基因与 Dina-1 和 TMG-1 中的抗性基因是在同一位点上。随后 Wai 等 (1997) 又将 *zym*、*Prsv-2*、*wmv-2*、雌性基因 *F* 和营养器官无苦味基因 *bi* 定位在同一连锁群上, 遗传距离和排列顺序为 *Prsv-2/zym*-28 cM-*bi*-34 cM-*F*-33 cM-*wmv-2*。Kabelka 和 Grumet (1997) 研究发现 TMG-1 对 MWMV 的抗性是由单隐性基因 *mwv* 控制的, 并认为 *mwv* 与 *zym* 可能是同一基因或是紧密连锁。

张海英等 (2005a) 利用重组自交系 (RILs) 为作图群体对 WMV、ZYMV 和 PRSV-W 进行

抗病鉴定,认为黄瓜对 WMV、ZYMV 和 PRSV 3 种病毒的抗性分别受单隐性基因控制,但也存在微效基因的修饰。张洁(2006)和李楠(2008)也获得了同样的结果。

## 4 抗病种质资源

近年来在黄瓜上对 WMV 抗病种质资源的发掘工作已有显著的成效,并选育出了 1 批具有 WMV 抗性的材料。最早报道的黄瓜抗 WMV 种质为 Cohen 等(1971)发现的栽培种 Kyoto 3 Feet,属于耐病类型。Provvidenti(1985)发现源于我国台湾的黄瓜材料 TMG 对多种病毒均有抗性,并通过单株选择获得 TMG-1(Provvidenti, 1987)。研究发现, TMG-1 至少抗 ZYMV、WMV、PRSV、ZFYV 和 MWMV(Provvidenti, 1987; Gilbert-Albertini et al., 1995; Wai & Grumet, 1995a, 1995b; Kabelka & Grumet, 1997),且这 5 种病毒都属于马铃薯 Y 病毒属,因此可以推断 TMG 材料中可能存在对马铃薯 Y 病毒属的单一抗性基因或是抗性基因簇。Abul-Hayja 和 Al-Shahwan(1991)以荷兰温室黄瓜栽培种 Dina 为抗源研究获得 ZYMV 的抗性遗传规律。随后, Kabelka 和 Grumet(1997)通过 Dina 自花授粉获得 Dina-1,它对 WMV、ZYMV、PRSV 和 MWMV 也具有抗性(Grumet et al., 2000)。

顾兴芳等(2005)通过对不同类型优良材料和部分杂交种的 57 份黄瓜材料进行抗病毒鉴定,25 份华北型黄瓜自交系和 8 份杂交种高抗 WMV,而多数欧洲和美国的材料不抗 WMV,表明我国华北型黄瓜资源广泛地具有 WMV 抗性。目前我国推广的华北类型黄瓜品种大多抗 WMV,如中国农业科学院蔬菜花卉研究所育成的中农 8 号、中农 20 号和中农 26 号等。

随着葫芦科作物离体培养技术的日趋成熟,许多学者希望利用转基因技术创造新的抗病种质资源。目前,通过外壳蛋白(CP)基因策略在葫芦科作物上已获得了一些工程植株,但由于多是转入单一基因,获得的工程植株常表现为阶段抗病性及延迟发病。为扩大其抗病范围,研究者们还将两种或多种 CP 基因转入葫芦科作物(周辉等, 2005)。现研究中转入多种 CP 基因的葫芦科作物多为南瓜(Arce-ochoa et al., 1995; Klas et al., 2006)。目前在黄瓜上仅见王慧中等(2000)报道将 WMV 的 CP 基因通过农杆菌介导转入黄瓜植株,获得的转基因一代植株对 WMV 表现较强的抗性,可以延迟发病时间,减轻发病程度,但尚不能完全实现对病毒的免疫。

## 5 分子标记的筛选和应用

随着分子生物学的发展,国内外学者利用以 DNA 多态性为基础的分子标记对黄瓜抗 WMV 的遗传规律做了进一步的研究,同时也探究了 WMV 与 ZYMV、PRSV 的遗传连锁关系。

Park 等(2000)利用 RAPDs、RFLPs 和 AFLPs 分子标记建立了一个 353 个位点的黄瓜遗传图谱,分为 12 个连锁图,并将 ZYMV 和 PRSV 的抗病基因定位在同一连锁图中,遗传距离为 2.2 cM,并发现 1 个 AFLP 标记与 ZYMV 的抗性基因共分离。

国内在分子标记方面的研究主要是利用北京市农林科学院蔬菜研究中心构建的 RILs 材料对 WMV、ZYMV 和 PRSV 这 3 种病毒病进行的抗病遗传研究。该 RILs 群体母本是华北露地生态型黄瓜秋棚,父本是欧洲温室生态型栽培品种高代自交系欧洲 8 号。张海英等(2004)利用 140 份 RILs 材料,采用 AFLP、SSR、RAPD 分子标记进行遗传分析,构建了包含 9 个连锁组群,由 234 个标记组成的连锁图谱,覆盖基因组 727.5 cM,平均图距 3.1 cM;随后又将 WMV、ZYMV 和 PRSV 这 3 种病毒的抗病基因定位于图谱中的同一连锁群中,3 个抗病基因的排列顺序和遗传距离是 WMV-6 cM-ZYMV-7 cM-PRSV-W(张海英等, 2005b)。张洁(2006)和张海英等(2009)运用 AFLP 技术首次获得了与黄瓜抗 WMV 连锁的分子标记,其与 WMV 抗性基因的遗传距离为

8 cM, 并将获得的 AFLP 标记扩增出的差异带进行克隆测序, 转化为特异的 SCAR 标记。李楠 (2008) 研究认为 3 种病毒的抗病基因簇聚在 15 cM 的区间内。以上研究在分子水平上确认了这 3 种马铃薯 Y 病毒属病毒的抗性基因的簇聚性, 说明该连锁区域可能包含了抗该病毒属的特异位点, 或是抗病毒病的基因簇 (张洁, 2006)。

另外, 程周超等 (2009) 通过构建黄瓜和甜瓜比较图谱, 得知这两个属的染色体数虽然不同, 但基因组大小却差不多; Li 等 (2011) 研究认为黄瓜染色体可能是由甜瓜的 24 个染色体在长时间的进化中整合的结果, 因此在甜瓜上发现抗 WMV 的分子研究结果可尝试用于黄瓜上。Anagnostou 等 (2000) 研究发现甜瓜品种 PI414723 对 WMV 和 ZYMV 的抗性基因是连锁的, 遗传距离估计为 7.5 cM。Palomares-Rius 等 (2011) 对甜瓜 WMV 抗病品种 TGR-1551 和感病品种 Bola de Oro 杂交后代 F<sub>2</sub> 进行 QTL 分析, 获得了可以用于分子辅助育种的 1 个分子标记 CMN04\_35, 这个标记在连锁群上与 *wmv* 的 QTL 位点的遗传距离在 3 cM 左右, 可以尝试用于黄瓜 WMV 抗性的分子鉴定。

## 6 问题与展望

综上所述, 虽然前人已对黄瓜抗西瓜花叶病毒病进行了较多的研究, 但是还存在多方面的问题需要解决。首先, 黄瓜对西瓜花叶病毒的抗性遗传规律研究还存在争议。大多数研究认为黄瓜对 WMV 的抗性是受隐性基因控制的, 得出不同结论的原因可能与研究者使用的抗源材料不同有关, 也可能与抗病鉴定方法和分级标准等有关, 亦不排除主基因外的调节基因或微效基因的影响。其次, 与抗病毒基因紧密连锁且简便实用的共显性标记甚少。虽然现有研究已经发现了与 *wmv* 连锁的分子标记, 但数量少且遗传距离大于 5 cM。而且, 由于标记选择成本较高, 选择效果不理想, 且获得标记的手段比较复杂, 限制了分子标记在育种中的应用。再次, 虽然 CP 基因已经成功转入黄瓜, 但转化获得的植株后代抗病不完全, 加之转基因食品的安全问题尚未解决, 基因工程用于育种还存在争议。

因此, 今后应该针对这些问题着重进行以下几方面的研究。首先, 必须明确黄瓜对 WMV 的抗性遗传规律。抗病遗传规律的研究必须建立在准确的抗病性鉴定结果上。成熟的接种技术、合适的发病环境及完善的病情鉴定标准是获得准确抗病结果的必要条件。只有外在因素调控得当, 品种的抗病特性才能更真实地表现出来。其次, 黄瓜基因组测序工作已经完成, 基因组中预测基因数量已达 26 820 个 (Huang et al., 2009)。今后如何利用该项成果进一步明确黄瓜抗 WMV 等病毒病的遗传规律, 获得与抗病基因紧密连锁的 SSR、SNP 等新型分子标记, 并将这些标记切实应用于抗病毒病材料的筛选中, 对抗病基因进行精细定位和进一步克隆, 将是今后研究工作的重点。再次, 虽然基因工程育种已取得一定成就, 但是常规育种还应是抗病育种的主要手段。我国地域广阔, 物种资源丰富, 应该充分利用资源开展抗病性评价, 挖掘抗病材料, 系统开展遗传规律的研究, 以便加快抗病育种进程, 最终达到获得抗病品种的目的。

### 参考文献

- 陈红运, 赵文军, 程毅, 李明福, 朱水芳. 2006. 辽中地区西瓜花叶病原的分子鉴定. 植物病理学报, 36 (4): 306-309.
- 程周超, 顾兴芳, 黄三文, 张忠华, 张圣平, 苗晗. 2009. 黄瓜和甜瓜比较图谱的构建. 园艺学报, 36 (s): 2001.
- 顾兴芳, 张圣平, 冯兰香, 杨宇红, 杨翠荣. 2005. 黄瓜抗病毒病材料的鉴定与筛选. 中国蔬菜, (6): 21-23.
- 黄焕焕. 2007. 黄瓜 CMV 抗性相关基因的分子标记研究 [硕士论文]. 杨凌: 西北农林科技大学.
- 康东木, 许勇, 康国斌, 石正强, 沈火林. 2001. 葫芦科作物抗主要病毒病研究进展. 北京农业科学, (4): 15-20.
- 李大伟, 牛胜鸟, 韩成贵, 刘庆元. 2000. 西瓜花叶病毒 2 号山西分离物外壳蛋白基因核苷酸序列分析. 河南农业大学学报, 34 (2): 337-340.
- 李国玄, 裴美云. 1981. 西瓜花叶病毒引起的西葫芦花叶病. 植物病理学报, 11 (2): 41-44.

- 李楠. 2008. 黄瓜分子遗传图谱的构建与整合〔硕士论文〕. 兰州: 甘肃农业大学.
- 刘金亮, 王凤婷, 魏毅, 张世宏, 潘洪玉. 2010. 侵染南瓜的西瓜花叶病毒和黄瓜花叶病毒 CP 基因的克隆和序列分析. 中国农学通报, 26 (16): 262-266.
- 刘琳. 2008. 不结球白菜芜菁花叶病毒病抗性机制及其遗传规律研究〔硕士论文〕. 南京: 南京农业大学.
- 刘卫荣, 向本春. 2008. 西瓜花叶病毒 2 号新疆昌吉分离物外壳蛋白基因核苷酸序列分析. 植物病理学报, 38 (6): 576-581.
- 秦碧霞, 蔡健和, 刘志明, 余玉冰. 2001. 广西西瓜花叶病原病毒鉴定. 广西农业科学, (6): 296-297.
- 王惠哲, 李淑菊, 霍振荣, 庞金安, 张桂霞. 2004. 利用 RT-PCR 检测黄瓜上的西瓜花叶病毒. 天津农学院学报, 11 (4): 20-22.
- 王慧中, 赵培洁, 周晓云. 2000. 转 WMV-2 CP 基因黄瓜植株的再生. 植物生理学报, 26 (3): 267-272.
- 谢浩, 孙严, 危晓薇, 肖英, 程秉铨. 1988. 感染西瓜花叶病毒 2 号 (WMV-2) 的哈密瓜种子带毒的证实. 植物病理学报, 18 (4): 218.
- 谢浩, 孙严, 危晓薇, 肖英, 程秉铨. 1989. 感染 WMV-2 的甜瓜种子带毒的研究. 新疆农垦科技, (4): 31.
- 张大伟, 李世访, 范卫红, 成卓敏, 王杰. 2004. 合肥地区发生的西瓜花叶病的病原鉴定. 植物病理学报, 34 (5): 474-476.
- 张海英, 葛风伟, 王永健, 许勇, 陈青君. 2004. 黄瓜分子遗传图谱的构建. 园艺学报, 31 (5): 617-622.
- 张海英, 毛爱军, 张峰, 王永健, 许勇. 2005a. 4 种主要黄瓜病害的遗传分析. 华北农学报, 20 (3): 100-103.
- 张海英, 毛爱军, 张峰, 许勇, 王永健. 2005b. 三种主要黄瓜病毒抗性基因的定位. 农业生物技术学报, 13 (6): 709-712.
- 张海英, 张洁, 毛爱军, 张峰, 许勇, 王永健. 2009. 黄瓜抗西瓜花叶病毒性状的序列特征性扩增区域 (SCAR) 标记. 农业生物技术学报, 17 (2): 312-316.
- 张建新, 吴云锋, 王睿, 罗朝鹏. 2007. 西瓜花叶病毒中国分离株全基因组核苷酸序列测定. 病毒学报, 23 (2): 153-155.
- 张洁. 2006. 黄瓜抗西瓜花叶病毒 (WMV) 基因的分子标记研究〔硕士论文〕. 扬州: 扬州大学.
- 种焱. 1991. 西瓜花叶病毒几个分离物的比较研究〔硕士论文〕. 沈阳: 沈阳农业大学.
- 周辉, 赵福宽, 林成, 高遐虹, 程继鸿. 2005. 分子标记及其在葫芦科作物抗病育种中的应用. 北方园艺, (1): 4-6.
- Abul-Hayja Z, Al-Shahwan I M. 1991. Inheritance of resistance to *Zucchini yellow mosaic virus* in cucumber. Plant Disease, 98 (3): 301-304.
- Anagnostou K, Jahn M, Perl-Treves R. 2000. Inheritance and linkage analysis of resistance to *Zucchini yellow mosaic virus*, *Watermelon mosaic virus*, *Papaya ringspot virus* and powdery mildew in melon. Euphytica, 116 (3): 265-270.
- Anderson C W. 1954. Two *Watermelon mosaic virus* strains from central Florida. Phytopathology, 44: 198-202.
- Arce-ocha J P, Dainello F, Pike L M. 1995. Field performance comparison of two transgenic summer squash hybrids to their parental hybrid line. American Society for Horticultural Science, 30 (3): 426-444.
- Brown N R, Bolanos-Herrera A, Myers R J, Jahn M M. 2003. Inheritance of resistance to four cucurbit viruses in *Cucurbita moschata*. Euphytica, 129: 253-258.
- Cohen S, Gertnan E, Kedar N. 1971. Inheritance of resistance to *Watermelon mosaic virus* in cucumber. Phytopathology, 61: 253-255.
- Fisher H U, Lockhart B E L. 1974. Serious losses in cucurbits caused by *Watermelon mosaic virus* in Morocco. Plant Dis Rep, 58: 143-146.
- Palomares-Rius F J, Viruel M A, Yuste-Lisbona F J, López-Sesé A I, Gómez-Guillamón M L. 2011. Simple sequence repeat markers linked to QTL for resistance to *Watermelon mosaic virus* in melon. Theor Appl Genet, 123 (7): 1207-1214.
- Gilbert-Albertini F, Lecoq H, Pitrat M, Nicolet J L. 1993. Resistance of *Cucurbita moschata* to *Watermelon mosaic virus* type 2 and its genetic relation to resistance to *Zucchini yellow mosaic virus*. Euphytica, 69: 231-237.
- Gilbert-Albertini F, Pitrat M, Lecoq H. 1995. Inheritance of resistance to *Zucchini yellow fleck virus* in *Cucumis sativus* L. HortScience, 30: 336-337.
- Grumet R, Kabelka E, McQueen S, Wai T, Humphrey R. 2000. Characterization of sources of resistance to the watermelon strain of *Papaya ringspot virus* in cucumber: allelism and co-segregation with other *Potyvirus* resistances. Theor Appl Genet, 101: 463-472.
- Huang S W, Li R Q, Zhang Z H, Li L, Gu X F, Fan W, Lucas W J, Wang X W, Xie B Y, Ni P X, Ren Y, Zhu H M, Li J, Lin K, Jin W W, Fei Z J, Li G C, Staub J B, Kilian A, van der Vossen E A G, Wu Y, Guo J, He J, Jia Z Q, Ren Y, Tian G, Lu Y, Ruan J, Qian W, Wang M W, Huang Q F, Li B, Xuan Z L, Cao J J, San A, Wu Z G, Zhang J B, Cai Q L, Bai Y Q, Zhao B W, Han Y H, Li Y, Li X F, Wang S H, Shi Q X, Liu S Q, Cho W K, Kim J Y, Xu Y, Heller-Uszynska K, Miao H, Cheng Z C, Zhang S P, Wu J, Yang Y H, Kang H X, Li M, Liang H Q, Ren X L, Shi Z B, Wen M, Jian M, Yang H L, Zhang G J, Yang Z T, Chen R, Liu S F, Li J W, Ma L J, Liu H, Zhou Y, Zhao J, Fang X D, Li G Q, Fang L, Li Y G, Liu D Y, Zheng H K, Zhang Y, Qin N, Li Z, Yang G H, Yang S, Bolund L, Kristiansen K, Zheng H C, Li S C, Zhang X Q, Yang H M, Wang J, Sun R F, Zhang B X, Jiang S Z, Wang J, Du Y C, Li S G. 2009. The genome of the cucumber, *Cucumis sativus* L. Nature Genetic, 41: 1275-1281.
- Kabelka E, Grumet R. 1997. Inheritance of resistance to the Moroccan *Watermelon mosaic virus* in the cucumber line TMG-1 and

- cosegregation with *Zucchini yellow mosaic virus* resistance. *Euphytica*, 95: 237-242.
- Klas F E, Fuchs M, Gonsalves D. 2006. Comparative spatial spread overtime of *Zucchini yellow mosaic virus* ( ZYMV ) and *Watermelon mosaic virus* ( WMV ) in fields of transgenic squash expressing the coat protein genes of ZYMV and WMV, and in fields of nontransgenic squash. *Transgenic Research*, 15 ( 5 ): 527-541.
- Li D, Cuevas H E, Yang L M, Li Y H, Garcia-Mas J, Zalapa J, Staub J E, Luan F, Reddy U, He X M, Gong Z H, Weng Y Q. 2011. Syntenic relationships between cucumber ( *Cucumis sativus* L. ) and melon ( *C. melo* L. ) chromosomes as revealed by comparative genetic mapping. *BMC Genomics*, 12: 396.
- Mckern N M, Strike P M, Barnett O W, Ward C W, Shukla D D. 1993. *Watermelon mosaic virus*-Morocco is a distinct *Potyvirus*. *Archives of Virology*, 131 ( 3-4 ): 467-473.
- Park Y H, Sensoy S, Wye C, Antonise R, Peleman J, Havey M J. 2000. A genetic map of cucumber composed of RAPDs, RFLPs, AFLPs, and loci conditioning resistance to *Papaya ringspot* and *Zucchini yellow mosaic viruses*. *Genome*, 43: 1003-1010.
- Provvidenti R. 1985. Sources of resistance to viruses in two accessions of *Cucumis sativus*. *Cucurbit Gen Cooperative Rep*, 8: 12.
- Provvidenti R. 1987. Inheritance of resistance to a strain of *Zucchini yellow mosaic virus* in cucumber. *HortScience*, 22: 102-103.
- Provvidenti R. 1997. 用生物技术和自然抗性获得对葫芦科蔬菜作物病毒病的抗性. 李丙东, 万巧兰, 译. *中国蔬菜*, ( 4 ): 55-57.
- Purcifull D, Edwardson J, Hiebert E, Gonsalves D. 1984. *Papaya ringspot virus*//Descriptions of Plant Viruses. England: Commonwealth Mycol Inst/Assocn Appl Biol: 292.
- Shukla D D, Ward C W, Brunt A A. 1994. The Potyviridae. UK: CAB International.
- Wai T, Grumet R. 1995a. Inheritance of resistance to *Watermelon mosaic virus* in the cucumber line TMG-1: tissue-specific expression and relationship to *Zucchini yellow mosaic virus* resistance. *Theor Appl Genet*, 91: 699-706.
- Wai T, Grumet R. 1995b. Inheritance of resistance to the watermelon strain of *Papaya ringspot virus* in the cucumber line TMG-1. *HortScience*, 30: 338-340.
- Wai T, Staub J E, Kabelka E, Grumet R. 1997. Linkage analysis of *Potyvirus* resistance alleles in cucumber. *The Journal of Heredity*, 88 ( 6 ): 454-458.
- Wang Y J, Provvidenti R, Robinson R W. 1984. Inheritance of resistance in cucumber to *Watermelon mosaic virus*. *HortScience*, 19: 587-588.
- Webb R E, Scott H A. 1965. Isolation and identification of *Watermelon mosaic viruses* 1 and 2. *Phytopathology*, 55: 895-900.

• 封面说明 •

## 津品® 67

秋早熟品种, 成熟期 65 天左右, 株型半开张, 长势强, 内叶护球, 自覆性好, 花球高圆、雪白、细嫩、紧实无毛, 单球质量 1.2 ~ 1.6 kg 左右, 抗病性强。

**天津科润蔬菜研究所**

地址: 天津市西青区津静公路

销售热线: 022-23369519

传真: 022-23615424

邮编: 300384

客服电话: 4000-4567-55