

茄子单性结实研究进展

李香景 刘富中* 张 映 李艳玮 陈钰辉 连 勇

(中国农业科学院蔬菜花卉研究所, 北京 100081)

摘 要: 茄子单性结实性能克服反季节栽培中的低温障碍, 提高产量, 降低栽培成本, 改善果实品质。本文从特性鉴定、生理基础、遗传机制、生物学研究等几个方面对茄子单性结实的研究进展进行了综述, 并提出了存在的问题和今后的研究方向。

关键词: 茄子; 单性结实; 激素; 基因; 综述

中图分类号: S641.1 文献标识码: A 文章编号: 1000-6346 (2012) 06-0008-07

Research Progress on Eggplant Parthenocarpy

LI Xiang-jing, LIU Fu-zhong*, ZHANG Ying, LI Yan-wei, CHEN Yu-hui, LIAN Yong

(Institute of Vegetables and Flowers, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: Eggplant (*Solanum melongena* L.) parthenocarpy can overcome the problem of low temperature, increase production, reduce production cost and improve fruit quality in anti-season cultivation. This paper mainly expounded the research progress on eggplant parthenocarpy from characteristic identification, physiology basis, genetic mechanism and biological studies. It also pointed out the existing problems and research direction in the future.

Key words: Eggplant; Parthenocarpy; Phytohormone; Gene; Review

茄子 (*Solanum melongena* L.) 是我国主要的蔬菜之一, 属喜温作物, 在温室反季节栽培及春季露地早熟栽培条件下, 开花期常遇到低温, 易引起授粉受精不良, 落花、落果, 导致生产效率降低。单性结实是指胚珠未经受精而直接发育成无籽果实的现象。茄子单性结实性在一定程度上能克服低温引起的落花、落果障碍, 增强坐果能力, 显著提高产量, 同时还可以改善果实品质, 降低栽培成本。因此, 研究茄子的单性结实特性及分离并克隆单性结实基因, 进而研究单性结实基因的表达和调控及单性结实现果实发育分子机理, 对指导单性结实品种的育种工作, 选育耐低温、适合保护地和露地早春栽培、优质无籽或少籽的茄子品种, 具有重要的意义。本文结合笔者近年来的研究成果, 对国内外有关茄子单性结实的主要研究进行全面的综述, 以期对茄子单性结实的进一步研究提供参考。

1 茄子单性结实资源

近 20 年来, 国内外学者相继获得茄子单性结实材料 (潘羽丰 等, 2011)。1998 年中国农

收稿日期: 2011-11-01; 接受日期: 2011-12-15

基金项目: 国家自然科学基金项目 (30771475), 国家“863”计划项目 (2009AA10Z104), 国家科技支撑计划项目 (2009BADB8B01), 农业部园艺作物生物学与种质创制重点开放实验室项目

作者简介: 李香景, 硕士研究生, 专业方向: 蔬菜遗传育种, E-mail: lixiangjing2009@yahoo.cn

* 通讯作者 (Corresponding author): 刘富中, 研究员, 专业方向: 蔬菜遗传育种, E-mail: lfzcaas@126.com

业科学院蔬菜花卉研究所从地方品种中获得耐寒性强的圆茄单性结实材料, 经过连续多代筛选, 选育出单性结实性稳定的多个株系(刘富中 等, 2005)。意大利学者 Restaino 等(1998)用 EMS 诱导处理(浓度为 0.8%, 13 h, 21 ℃)茄子品种, 获得低温单性结实突变体材料。Collonnier 和 Sihachakr(1998)利用茄子野生种与栽培种原生质体的融合, 获得了茄子单性结实材料。田时炳等(1999)从高代分离材料中得到长棒状黑紫色低温单性结实材料, 并经多年自交得到单性结实性较强的纯系。潘秀清等(2005)在圆茄高代自交系中发现单性结实材料, 经选育得到单性结实品系 D-11。日本也培育出了茄子单性结实品系 AE-P(Kikuchi et al., 2008)。张伟春等(2008a)、杨国栋等(2009)也分别从国外引进的茄子品种中分离选育出适宜保护地栽培的长茄单性结实品系。

2 茄子单性结实特性鉴定

简单有效的鉴定方法是加速单性结实材料筛选和单性结实品种选育的重要手段。目前常用的茄子单性结实特性鉴定方法有自然逆境鉴定、蕾期去雄法和蕾期去柱头法(田时炳 等, 1999; 刘富中 等, 2005)。

近 20 年来, 国内外学者获得的茄子天然单性结实材料的单性结实性均属温度敏感型, 在低温下表达(张映 等, 2011a)。在自然低温胁迫条件下, 可以根据坐果率初步判断试验材料的单性结实性, 但是要准确判定还需将果实切开, 调查果实内有无种子。温度敏感型的茄子单性结实材料易受环境温度的影响, 在自然低温鉴定时, 温度难以控制, 如遇较高温度则选择效率较低(刘富中 等, 2005)。利用人工气候室进行选择比较理想, 但选择的数量有限, 而且还需消耗大量的能源。

茄子开花前 1~2 d 去雄或去柱头, 可以保证在不授粉的情况下, 根据去雄或去柱头后果实的生长发育状况, 判定其单性结实性。刘富中等(2005)和张映等(2009)的试验结果表明, 蕾期人工去雄和去柱头后, 不影响茄子单性结实品系的坐果率和果实的正常生长, 而对非单性结实品系有影响。但人工去雄法需对花进行隔离, 特别是对田间大量的单性结实植株的选择比较费时; 而去柱头法无需对花进行隔离, 操作简单、效率高。目前主要是利用去柱头法来鉴定茄子的单性结实特性。

低温条件下, 茄子单性结实材料未经花粉诱导和受精, 其子房和果实可以正常生长发育(刘富中 等, 2005; 潘秀清 等, 2007; 张映 等, 2009); 非单性结实品系子房在花后逐渐凋萎脱落, 或子房残存, 几乎不发育膨大(刘富中 等, 2005)。张伟春等(2008a)采用石蜡切片法在显微镜下观察茄子单性结实品系和非单性结实品系胚胎及果实发育表明, 未授粉单性结实品系无双受精作用, 胚囊内卵细胞、助细胞、极核等逐渐解体消失, 胚珠萎缩, 果肉细胞排列紧密、间隙小, 果实无籽; 而授粉的非单性结实品系则产生了受精的卵细胞与极核, 胚囊内生成游离胚乳核, 果肉细胞排列松散, 胎座上着生许多种子, 进一步证明了茄子单性结实品系的子房增大不依赖于受精作用的刺激。研究表明, 茄子单性结实品系和非单性结实品系在低温条件下的花粉发芽率均较低, 为 1.88%~7.29%, 低温条件下花粉的活力与单性结实的形成无显著相关(张映 等, 2009)。

3 茄子单性结实的生理基础

3.1 激素

大量研究表明, 单性结实植物果实坐果和发育与内源激素种类及含量的变化有关, 尤其与不同激素之间的平衡关系密切相关, 但不同植物及同一植物不同品种因其单性结实基因型的不

同,其主导激素存在差异。

3.1.1 生长素(IAA) 生长素能够促进细胞生长、果实发育。研究表明,IAA在茄子单性结实果实的发育过程中起重要作用。Ikeda等(1999)通过对茄子单性结实品系和非单性结实品系子房进行离体组织培养,发现在不添加任何外源激素的培养基中,单性结实品系子房能够生长40 d,但是在培养基中加入生长素转运抑制剂三碘苯甲酸后不能再膨大,而非单性结实品系子房在无激素培养基中10 d后死亡,说明生长素与单性结实有关。茄子单性结实品系在开花前子房中的IAA含量高于非单性结实品系(武彦荣等,2009;张伟春等,2009),单性结实品系D-11子房中的内源IAA在开花当天的含量比非单性结实品系S8高4倍(武彦荣等,2009)。

3.1.2 赤霉素(GA₃)和玉米素核苷(ZR) GA₃和ZR对茄子单性结实形成的影响存在不同的观点。张伟春等(2009)研究发现,茄子单性结实品系D₁授粉与未授粉处理在开花前子房内的GA₃含量要明显高于非单性结实品系,且在花后也一直保持较高水平,说明GA₃对茄子单性结实品系子房早期的发育与坐果有明显的作用。但单性结实品系和非单性结实品系未授粉幼果内ZR含量变化截然相反,单性结实品系幼果内ZR含量在花前2 d~花后2 d,随着花后天数的增加急剧增加,从每果1.4 μg增至3.1 μg,但至花后4 d,降至2.4 μg,之后又有所回升;非单性结实品系幼果内ZR含量在开花当天达到最大值,为每果3.1 μg,随后开始下降,至花后6 d每果含量降至1 μg。单性结实品系授粉与未授粉处理幼果内ZR含量变化趋势表现出较高的一致性,其子房(幼果)内的ZR含量维持较高,而非单性结实品系授粉后子房内ZR含量急剧增加,花后6 d,每果含量达到4.5 μg,是同期未授粉处理的4.5倍。因此,ZR对茄子单性结实有着重要的调节作用(张伟春等,2009)。

武彦荣等(2009)则发现茄子单性结实品系和非单性结实品系中GA₃和ZR含量变化趋势基本相同,认为内源GA₃和ZR含量对茄子单性结实影响不大。这可能是由于基因型的差异所致。

3.1.3 脱落酸(ABA) 武彦荣等(2009)研究发现茄子单性结实品系D-11子房中的ABA含量在开花前显著提高,开花当天含量比其他时期高2倍,而非单性结实品系S8开花前子房中的ABA含量较低,变化幅度较小,开花当天迅速上升,至花后4 d出现峰值,而后迅速下降。张伟春等(2009)研究表明,单性结实品系D₁未授粉处理在开花当天ABA含量迅速升高,至花后6 d,维持较高水平,其含量高于未授粉的非单性结实品系。授粉处理后单性结实品系D₁幼果内ABA含量在花后2 d开始上升,并维持较高水平,但低于未授粉处理;而非单性结实品系授粉处理的幼果内ABA含量迅速升高,超过未授粉处理,授粉受精能明显促进非单性结实品系ABA的合成。可见,茄子单性结实品系在开花前能合成大量的ABA,并高度区域化,影响特定蛋白质的合成,从而增强子房库活力,促进单性结实果实的发育。

3.1.4 各激素之间的平衡 研究表明,茄子在开花过程中生长促进物质与生长抑制物质含量之间的平衡对果实的坐果和正常发育起着重要的调控作用,开花前后单性结实品系激素含量以IAA等生长促进物质为主,非单性结实品系激素含量以ABA等生长抑制物质为主(武彦荣等,2009;张伟春等,2009)。单性结实品系D₁授粉与未授粉处理以及非单性结实品系N₁授粉处理子房中的 $ABA/(IAA+GA+ZR) < 1$,而N₁未授粉处理 $ABA/(IAA+GA+ZR) > 1$ (张伟春等,2009)。开花前后单性结实品系D-11子房中的内源 $ABA/(IAA+ZR)$ 值小于非单性结实品系S8子房中的 $ABA/(IAA+ZR)$ 值(武彦荣等,2009)。因此,生长促进物质含量高于生长抑制物质的激素平衡状态有利于单性结实果实的坐果和子房的继续发育。

3.2 酶

张伟春等(2008b)研究茄子单性结实品系D₁、D₂和非单性结实品系N₁、N₂幼果发育初期酶活性与单性结实的关系表明,POD、IAA氧化酶活性与单性结实关系密切。D₁、D₂不授粉处

理与 D₁、D₂、N₁、N₂授粉处理后的 POD、IAA 氧化酶活性变化趋势一致, 在开花后迅速下降, 而 N₁、N₂不授粉处理的 POD、IAA 氧化酶活性在花后仍保持较高水平; 且子房中两种酶的活性与幼果单果质量呈负相关。

IAA 氧化酶可以促进生长类激素 IAA 氧化分解, IAA 氧化酶活性提高, 则 IAA 含量下降, 生长受到抑制。单性结实品系 D₁未授粉处理, 花前 2 d IAA 氧化酶的活性较高, IAA 含量较低, 每果为 2.5 μg , 至花后 6 d, IAA 含量为每果 9.3 μg , 是花前 2 d 的 3.7 倍, 子房得以顺利发育成正常果实。非单性结实品系 N₁未授粉处理在花后 6 d 还保持较高的酶活性, IAA 含量则降至最低, 每果为 0.5 μg (张伟春 等, 2008b, 2009)。

POD 是细胞壁酶的一种重要类型, 其功能之一是参与细胞壁中多种结构成分的聚合作用, 有研究显示部分 POD 具有 IAA 氧化酶活性, 也能钝化分解 IAA, 从而抑制生长, 促进成熟衰老 (Chibbar & van Huystee, 1984)。

3.3 蛋白质和多糖

果实的生长发育是一个物质积累的过程, 从受精完成到果实发育整个过程中都包含着蛋白质和糖类的变化。在整个果实生长发育过程中, 同一单性结实品系授粉与不授粉处理果实内蛋白质含量的变化规律表现出较高的一致性, 但不同基因型蛋白质的动态变化则表现不同 (王静 等, 2005; 潘秀清 等, 2007)。单性结实品系 D₂在开花后 5 d 子房中蛋白质含量较高, 其后含量下降, 花后 10 d 又开始升高, 到花后 15 d 含量最高, 之后呈直线下降趋势 (王静 等, 2005), 而授粉当天单性结实品系 D-11 子房中蛋白质含量比非单性结实品系 S8 高 59%, 且随着果实的发育, 其果实中蛋白质含量呈逐渐减少的趋势 (潘秀清 等, 2007)。果实内可溶性糖含量均呈上升趋势 (王静 等, 2005; 潘秀清 等, 2007)。因此, 蛋白质和可溶性糖的积累和转化促进了茄子子房发育和果实的膨大。茄子单性结实品系果实发育中碳、氮代谢过程及其调节机制有待进一步研究。

4 影响茄子单性结实的环境因素

目前国内外获得的茄子天然单性结实材料, 其单性结实性表现主要受温度影响, 属温度敏感型, 在低温下表达, 在适宜的温度下产生有籽果实 (Restaino et al., 1998; 田时炳 等, 1999; 刘富中 等, 2005; Koga et al., 2006; 李冰 等, 2008)。研究表明, 最低温度是诱导茄子单性结实基因表达的主要因子。单性结实品系在日平均最低温度为 12.8 $^{\circ}\text{C}$ 或 13.8 $^{\circ}\text{C}$ 下表现单性结实性 (田时炳 等, 1999; 张映 等, 2009)。诱导单性结实品系 D-10 等单性结实基因表达的日最低温度在 7~15 $^{\circ}\text{C}$ 之间, 在此温度范围内, 其坐果率为 88.9%~100.0%, 单性结实率为 100.0%, 果实发育正常 (刘富中 等, 2005)。诱导 D-11 品系单性结实基因表达的日最低温度在 6.3~15.0 $^{\circ}\text{C}$ 之间, 日照时数与单性结实率之间无明显相关性 (李冰 等, 2008), 启动单性结实基因表达的临界开关温度有待在控温条件下进一步确定。

5 茄子单性结实的遗传机制

一些研究认为, 茄子单性结实性由隐性基因控制, 属隐性遗传 (Restaino et al., 1998; 田时炳 等, 2003), 且单性结实性状的遗传不符合加性-显性遗传模型, 存在着非等位基因间的上位作用 (田时炳 等, 2003)。薛萍 (2006) 也认为茄子单性结实特性符合加性-显性-上位性遗传模型, 且属于隐性遗传。李冰等 (2010) 报道, 茄子单性结实属多基因控制的数量性状, 主要受基因的加性效应控制, 其狭义遗传率和广义遗传率均较高, F₁ 超亲优势均为负值。有研究表明, 茄子单性结实性由显性基因控制 (Kuno & Yabe, 2005; 刘富中 等, 2008; 张映 等, 2009)。

因此,茄子单性结实的遗传机制较复杂,存在多个单性结实基因的控制,不同材料的遗传特性不尽相同。

6 茄子单性结实的分子生物学研究

6.1 分子标记

与单性结实相关联的分子标记能够快速、准确地在苗期或使用种子鉴定出单性结实材料,加快育种进程。刘富中等(2008)采用 AFLP 分析技术和改良 BAS 法,通过对 512 对 E/M 引物组合的筛选,获得 1 个与茄子单性结实基因紧密连锁的 AFLP 标记 E75/M53-70。Shimomura 等(2010)通过 AFLP 技术和 DH 群体获得与茄子单性结实基因紧密连锁的 AFLP 标记 smpc77 (EcoR I-AGG/Mse I-CTG),大小为 168 bp。双单倍体茄子品系中 95% 不含 smpc77 标记的植株没有果实或是有较少的果实,这表明该标记有利于单性结实茄子品种的选育。

6.2 相关基因的克隆

杜黎明等(2009a, 2009b)利用 RT-PCR 和 RACE 技术从杭州红茄中克隆得到 1 个生长素响应因子家族基因 *SmARF8* 和 GA 响应因子相关基因片段 *SmGA I*。*SmARF8* 的 cDNA 序列全长为 3 671 bp,编码阅读框全长 2 676 bp,氨基酸与拟南芥的调控单性结实基因 *ARF8* 相似性较高,进化树分析表明它们聚集在一个分支上,进化关系非常密切,有可能为茄子中调控单性结实的生长素响应因子基因。*SmGA I* 基因编码的氨基酸序列与番茄单性结实调控基因 *SIDEALLA* 同源率为 76.8%,高度相似,推测其也可能调控茄子中的单性结实过程。

本所茄子遗传育种课题组通过抑制差减杂交技术(SSH)构建了茄子单性结实相关基因的正反 4 个 SSH-cDNA 文库,包含 2 943 个克隆,获得 1 632 个 Unique ESTs,其中 647 个 ESTs 为已知功能的基因,另外 275 个 ESTs 代表新基因。获得 10 个与单性结实相关的 ESTs,包括生长素增长蛋白、MADS-box 转录因子、果实膨大相关基因等。荧光定量 PCR 研究表明, Auxin Growth Promotor Protein 基因与生长素合成基因的表达密切相关, MADS-box *SEPALLATA3* 基因可能具有通过上调表达促进茄子单性结实的作用(周亚君等, 2010; 张映等, 2011b)。

以在茄子单性结实 SSH-cDNA 文库中差异表达的 EST 片段 Z569 为基础,利用 RACE 技术克隆了茄子甲硫氨酸亚砷还原酶基因 *SmMsrA*, 该基因的 cDNA 全长 934 bp, 编码区共 600 bp, 编码 199 个氨基酸, 该基因编码的蛋白具有甲硫氨酸亚砷还原酶基因家族结构域和保守基本序列 GCFWG, 蛋白多序列比对和进化树分析表明, *SmMsrA* 与番茄 MsrA 蛋白的同源性最高(92%), 进化距离最近。荧光定量 PCR 分析表明, 在茄子不同结实性的子房和果实发育过程中, *SmMsrA* 基因都有表达, 单性结实品系在低温条件下开花当天子房中的 *SmMsrA* 的表达量最高(张映等, 2011c)。为进一步克隆茄子单性结实相关基因, 研究茄子单性结实形成和果实发育的分子机制奠定了理论基础。

6.3 转基因研究

Rotino 等(1997)利用基因工程技术,将来自萨氏假单胞菌中控制生长素合成的 *iaaM* 基因和来自于大金鱼草缺失的同源染色体 9 的 *DefH9* 基因构建成嵌合基因 *DefH9-iaaM*, 并导入茄子中, 获得转 *DefH9-iaaM* 基因的单性结实植株, 将花去雄后获得无籽果实。

在冬季温室栽培中, 转 *DefH9-iaaM* 基因的茄子杂交种的产量不受激素处理的影响, 与非转基因杂交种相比, 产量提高了约 25%, 栽培成本降低了约 10% (Donzella et al., 2000)。转 *DefH9-iaaM* 基因茄子在春季温室和夏季露地栽培中, 产量比对照提高 30% ~ 50% (Acciarri et al., 2002)。这可能是由于该基因提高了逆温下果实的坐果率, 并加强了果实生长。但转 *DefH9-iaaM* 基因茄子需结合去雄才能获得无籽果实, 必须和雄性不育系配套, 才能使这一策略具有实用价

值。因此寻找更好的单性结实基因非常必要。

7 问题及展望

关于茄子单性结实具体的遗传机理、发生机理、植物激素对单性结实的调控机制及光照对单性结实的影响尚不明确,应在单性结实性能鉴定的基础上,全面而深入地开展茄子单性结实遗传规律或遗传模式的研究,进一步探讨植物激素的种类及其平衡对单性结实的影响,以期实现化学诱导单性结实,同时加强光照及其他环境因子对单性结实影响的研究(潘羽丰等,2011)。现有的茄子单性结实鉴定方法均是在田间进行的,工作量大,且目前获得的茄子单性结实材料都是属于温敏型,其单性结实性的表达易受环境温度的影响,有时难以准确判断。已获得的茄子单性结实 AFLP 分子标记与该性状的距离较远,因此,进一步开发单性结实分子标记,将有利于茄子单性结实资源的快速鉴定和新品种的辅助选育。目前,对茄子单性结实的研究主要集中在单性结实的特性评价、遗传规律、生理基础等方面,在分子生物学水平上的研究较欠缺,对已获得的单性结实候选基因进行分离克隆、功能验证,获得单性结实基因,研究其表达和调控机制及分子机理,利用单性结实基因选育新品种是下一步工作的重点。

参考文献

- 杜黎明,毛伟海,包崇来,胡天华,朱琴妹,胡海娇. 2009a. 茄子生长素响应因子 *SmARF8* 的克隆与分析. 中国农业科学, 42 (7): 2434-2441.
- 杜黎明,包崇来,胡天华,朱琴妹,胡海娇,毛伟海. 2009b. 茄子 GA 响应因子 *SmGAI* 的克隆与分析. 中国蔬菜, (16): 26-30.
- 李冰,潘秀清,武彦荣,高秀瑞. 2008. 温度和果实发育与茄子单性结实的关系研究. 华北农学报, 23 (6): 153-155.
- 李冰,武彦荣,高秀瑞,潘秀清,王洪昌. 2010. 茄子单性结实性遗传效应研究. 河北农业科学, 14 (12): 50-51, 77.
- 刘富中,连勇,陈钰辉,宋燕. 2005. 温度和蕾期去雄及去柱头处理对茄子单性结实性的影响. 园艺学报, 32 (6): 1021-1025.
- 刘富中,万翔,陈钰辉,连勇,宋明. 2008. 茄子单性结实基因的遗传分析及 AFLP 分子标记. 园艺学报, 35 (9): 1305-1309.
- 潘秀清,武彦荣,高秀瑞. 2005. 单性结实材料 D-11 的发现. 华北农学报, (6): 33.
- 潘秀清,高秀瑞,武彦荣,郭秀林,刘子会,李冰,王洪昌. 2007. 茄子单性结实现果实发育规律与营养物质的关系. 华北农学报, 22 (2): 50-52.
- 潘羽丰,王志敏,汤青林,牛义,田时炳,王永清,宋明. 2011. 茄子单性结实研究进展. 安徽农业科学, 39 (14): 8259-8260, 8308.
- 田时炳,刘君绍,皮伟,赵晓凤,杨治元. 1999. 低温下茄子单性结实观察试验初报. 中国蔬菜, (5): 28.
- 田时炳,刘富中,王永清,罗章勇,陈义康,刘君绍,连勇. 2003. 茄子单性结实的遗传分析. 园艺学报, 30 (4): 413-416.
- 王静,张伟春,魏毓棠,何明,山春. 2005. 茄子单性结实的果实内可溶性糖、蛋白质含量变化的研究. 辽宁农业科学, (1): 38-39.
- 武彦荣,郭秀林,高秀瑞,李冰,潘秀清. 2009. 茄子单性结实系开花期内源激素含量的变化. 河北农业科学, 13 (9): 14-16.
- 薛萍. 2006. 茄子单性结实习性、生理机制及遗传规律的研究〔学位论文〕. 扬州: 扬州大学.
- 杨国栋,李海涛,吕书文,张海艳. 2009. 单性结实茄子辽茄十六号的选育. 北方园艺, (7): 173-174.
- 张伟春,魏毓棠,王静,何明,唐萍. 2008a. 茄子单性结实与非单性结实现果实发育及果实解剖结构的观察. 沈阳农业大学学报, 39 (5): 534-537.
- 张伟春,何明,魏毓棠,王晶,山春,唐萍. 2008b. 茄子幼果发育初期酶活性与单性结实的关系. 中国蔬菜, (s): 19-21.
- 张伟春,魏毓棠,王静,何明,唐萍,杜雪晶. 2009. 茄子子房内源激素含量与单性结实的关系. 沈阳农业大学学报, 40 (1): 3-6.
- 张映,刘富中,陈钰辉,连勇. 2009. 低温下茄子单性结实特性的研究. 中国蔬菜, (2): 16-20.
- 张映,陈钰辉,张振贤,方智远,连勇,刘富中. 2011a. 茄子温敏单性结实抑制差减文库的构建与分析. 中国农业科学, 44 (16): 3368-3376.
- 张映,刘富中,李香景,陈钰辉,张振贤,方智远,连勇. 2011b. 茄子单性结实候选基因的表达分析. 中国蔬菜, (16): 20-26.
- 张映,陈钰辉,张振贤,方智远,连勇,刘富中. 2011c. 茄子甲硫氨酸亚砷还原酶 (*SmMsrA*) 基因 cDNA 全长的克隆和分析. 园艺学报, 38 (8): 1469-1478.
- 周亚君,陈钰辉,刘富中,张映,连勇. 2010. 利用抑制差减杂交技术分离茄子单性结实相关 ESTs. 园艺学报, 37 (12): 1944-1952.
- Acciarri N, Restaino F, Vitelli G, Perrone D, Zottini M, Pandolfini T, Spena A, Rotino G L. 2002. Genetically modified parthenocarpic eggplants: improved fruit productivity under both greenhouse and open field cultivation. BMC Biotechnology, 2: 4-10.

- Chibbar R N, van Huystee R B. 1984. Characterization of peroxidase in plant cells. *Plant Physiology*, 75 (4): 956-958.
- Collonnier C, Sihachakr D. 1998. Somatic hybridization for improvement of eggplant (*Solanum melongena* L.) //Xth meeting on genetics and breeding of capsicum and eggplant. France: Paris, (7-11): 195-199.
- Donzella G, Spena A, Rotino G L. 2000. Transgenic parthenocarpic eggplants: superior germplasm for increased winter production. *Molecular Breeding*, 6: 79-86.
- Ikeda T, Yakushiji H, Oda M, Tajic A, Imada S. 1999. Growth dependence of ovaries of facultatively parthenocarpic eggplant in vitro on indole-3-acetic acid content. *Scientia Horticulturae*, 79: 143-150.
- Kikuchi K, Honda I, Matsuo S, Fukuda M, Saito T. 2008. Stability of fruit set of newly selected parthenocarpic eggplant lines. *Scientia Horticulturae*, 115: 111-116.
- Koga T, Ishizaka A, Shimomura K, Sueyoshi T. 2006. The effects of nighttime temperature, shading and branch training on the bearing and yield of parthenocarpic eggplant in forcing culture. *Bulletin of the Fukuoka Agricultural Research Center*, 25: 33-36.
- Kuno S, Yabe K. 2005. Genetic analysis of parthenocarp and spineless in the F₂ segregating generation between parthenocarp F₁ variety and spineless line in eggplant. *Res Bull Aichi Agric Res Ctr*, 37: 29-33.
- Restaino F, Perrone D, Correale A. 1998. New parthenocarpic genotypes of eggplant suitable for greenhouse cultivation//Palloix A, Daunay M C. eds. Xth meeting on genetics and breeding of capsicum and eggplant. Paris: Place published: 273.
- Rotino G L, Perri E, Zottini M, Sommer H, Spena A. 1997. Genetic engineering of parthenocarpic plants. *Nature Biotechnology*, 15 (13): 1398-1401.
- Shimomura K, Koga T, Sueyoshi T, Hamachi Y. 2010. Development and suitability of DNA markers for breeding of parthenocarpic eggplant. *Horticultural Research (Japan)*, 9 (1): 13-17.

· 书讯 ·

《中国蔬菜栽培学》(第二版)

《中国蔬菜栽培学》(第二版)于2009年底出版发行。全书内容分总论、各论、保护地蔬菜栽培、采后处理及贮藏保鲜共4篇。总论篇概要地论述了中国蔬菜栽培的历史、产业现状,中国蔬菜的起源、来源和种类,蔬菜作物生长发育和器官形成与产品质量的关系,蔬菜生产分区、栽培制度和技术原理,蔬菜栽培的生理生态基础以及环境污染与蔬菜的关系等;各论篇较详细地介绍了根菜类、薯芋类、葱蒜类、白菜类、芥菜类、甘蓝类、叶菜类、瓜类、茄果类、豆类、水生类、多年生类、芽苗菜以及食用菌类蔬菜的优良品种、栽培技术、病虫害综合防治、采收等方面的技术经验和研究成果;保护地蔬菜栽培篇论述了中国蔬菜保护地的类型、构造和应用,主要栽培设施的设计、施工,保护地环境及调节,保护地蔬菜栽培技术;采后处理及贮藏保鲜篇重点介绍了蔬菜采后处理技术及贮藏原理和方法等。

该书由中国农业科学院蔬菜花卉研究所主编,组织全国有较高学术水平和实际工作经验的专家、学者和技术人员130余人分别撰写。该书反映了21世纪初中国蔬菜栽培科学研究和蔬菜生产技术的水平,对促进中国蔬菜产业和蔬菜科学技术的全面发展,促进国际间的学术交流,将起到重要作用。

该书由中国农业出版社出版,约250万字,装帧精美。内容较全面、系统,科学性、学术性强,亦有较强的实用性,并插有近500张彩图,可供相关科研人员、农业院校师生、专业技术人员或管理人员等参考。定价:298元。邮购价:330元。

邮购地址:北京市海淀区中关村南大街12号 《中国蔬菜》编辑部 邮编:100081 电话:010-82109550