

两个新发现的黄瓜性别决定基因遗传规律的研究

陈惠明^{1,2} 卢向阳^{1*} 刘晓虹² 易克¹ 许亮¹ 田云¹ 许勇³

(¹ 湖南农业大学生化与发酵工程实验室, 长沙 410128; ² 湖南省蔬菜研究所, 长沙 410125; ³ 国家蔬菜工程技术研究中心, 北京 100089)

摘要: 选取黄瓜两个雌雄同株型的强雌性高代自交系材料与普通雌雄同株、两性花株、纯雌株高代自交系材料杂交, 通过对 F_1 、 F_2 、 BC_1P_1 和 BC_1P_2 代性型观察, 统计分析表明: 雌雄同株型的强雌性由 1 对不完全显性和 1 对隐性基因控制, 暂定名为 $Mod-F1$ 和 $mod-F2$, 它们是新发现的黄瓜性别表达的两个基因, 能增强黄瓜植株雌性的表达, 与 F 和 M 基因独立遗传。

关键词: 黄瓜; 性型; 性别表达; 遗传

中图分类号: S 642.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2005) 05-0895-04

Two Sex Determining Genes and Their Inheritance in Cucumber

Chen Huiming^{1,2}, Lu Xiangyang^{1*}, Liu Xiaohong², Yi Ke¹, Xu Liang¹, Tian Yun¹, and Xu Yong³

(¹ The Laboratory of Biochemistry and Fermentation Engineering, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China;

² Hunan Vegetable Research Institute, Changsha 410125, China; ³ National Engineering Research Center for Vegetable, Beijing 100089, China)

Abstract: Through the analysis of the sexual character of monoecious plants based on the ability of producing exclusively female flowers at later stages, monoecious cucumber could be divided into two groups of monoecious: common monoecious and monoecious-subgynoecious (MOA-subgynoecious). In the experiment, which 5 parental combinations from inbred two MOA-subgynoeciouses (98-17, S-2-98), monoecious (95), gynoecious (W 11983G) and hermaphrodite (W 11983H) and their F_2 , BC_1P_1 , BC_1P_2 were as research materials. Genetic analysis showed the MOA-subgynoecious with the ability of producing exclusively female flowers at later stages were controlled respectively by one pair of incompletely dominant gene and one pair of recessive gene, which were respectively designated presently as $Mod-F1$ and $mod-F2$. Genes $Mod-F1$ and $mod-F2$, which enhanced the intensity of femaleness, inherited independently with F and M genes.

Key words: Cucumber; Sex phenotype; Sex expression; Inheritance

1 目的、材料与方法

关于黄瓜性别决定基因, 目前得到公认的有 7 个, 分别为 a (增强雄性)、 F (显性雌性)、 gy (隐性雌性)、 $In-F$ (加强雌性的表达)、 m (两性花)、 $m-2$ (有正常子房的两性花) 和 Tr (3 种花性: 雄花、两性花、雌花) 基因^[1]。黄瓜的栽培种多数为雌雄同株, 雌花率变幅很大 (10% ~ 80%), 这除受环境影响外, 还受植株的遗传物质的控制^[2]。Kubicki 研究 $In-F$ 基因时发现从多个普通雌雄同株型的黄瓜栽培种中分离出遗传稳定的强雌株型, 认为它是 F 基因的一个等位基因控制的, 没有进一步深入的研究^[3]。作者以两个强雌株型与纯雌株、两性花株、雌雄同株杂交及回交后代为材料, 研究强雌株型基因与 F 、 m 基因的分离和连锁遗传规律, 为强雌性黄瓜品种的选育和杂种优势的利用提供理论指导。

收稿日期: 2004 - 12 - 13; 修回日期: 2005 - 03 - 30

基金项目: 国家高技术研究发展计划子课题 (2002AA244021); 湖南农业大学引进人才基金项目 (03YJ10)

*通讯作者 Author for correspondence (E-mail: xiangyangcn@163.com)

试验于 2003 ~ 2004 年分别在湖南农业科学院蔬菜研究所和湖南农业大学进行。近等基因系材料纯雌株系 W II983G (G) 和两性花株系 W II983H (H) 均由美国威斯康星大学园艺系美国农业部农业研究中心 J. E. Staub 教授馈赠; 强雌性系 97-17 (A) 和 S-2-98 (B) 分别来源于雌雄同株型的湖南黄瓜品种 ‘株洲白’ 和 ‘东湖早’, A 和 B 均通过系统选育法选取强雌性的株系自交, 形成末端表现为连续性雌花节且性别表达稳定 8、9 代短日照类型自交系; 雌雄同株系 95 (C) 是从 ‘津春四号’ 品种选育的 8 代自交系。2004 年春播种 A 与 H、A 与 C、B 与 H、B 与 G、B 与 C 杂交组合的 P_1 、 P_2 、 F_1 、 F_2 及其 $BC_1 P_1$ 、 $BC_1 P_2$ 杂交组合 6 个世代的种子, 采用营养钵育苗, 移栽于防虫网隔离的大棚内, 亲本 P_1 、 P_2 和 F_1 代分别种植 40 株, F_2 、 $BC_1 P_1$ 和 $BC_1 P_2$ 代分别种植 90 ~ 120 株。

2 结果、分析与讨论

2.1 雌雄同株黄瓜品种的分类

雌雄同株黄瓜品种分为两类 (表 1)。一类为普通雌雄同株, 雌花率较低, 平均为 20% ~ 45%, 雄花节位数与雌花节位数比率为 3 以上, 末端无连续性雌花节位。另一类为雌雄同株的强雌株 (简称强雌株), 第 1 ~ 7 节多数为雄花, 雌花率较高, 为 61% ~ 63%, 雄花节位数 / 雌花节位数的比值为 0.49 ~ 0.63, 末端 8 ~ 11 节以上为连续的雌花节位。

表 1 雌雄同株黄瓜品种的性别表达有关的植物学性状

Table 1 Sexual characteristic of the monoecious lines

亲本 Parents	第 1 雄花 节位 Na of nodes up to the 1st male flower	第 1 雌花 节位 Na of nodes up to the 1st female flower	雄花节位数 / 雌花节位数 Na of male nodes incident upon a single female node	雌花率 Na of female nodes incident upon total nodes (%)	末端连续雌花 起始节位 Na of nodes before the continuous female stage	末端连续雌 花节位数 Na of nodes of the continuous female stage	雄花节位 数 Na of nodes with male flowers	雌花节位数 Na of nodes with a single female node	总节位 数 Total nodes
A	1.97	6.10	0.63	61	11.37	12.57	8.10	13.87	22.93
B	2.23	6.97	0.49	63	7.33	10.87	5.09	11.09	17.48
C	1.85	5.89	3.31	23	0	0	12.37	3.93	17.19

2.2 隐性强雌性基因的遗传分析

A (强雌性系) \times C (雌雄同株系) 的 F_1 代植株的性别表现同亲本 C, 为普通的雌雄同株, 其末端没有出现连续的雌花节。A \times H (两性花株系) 的 F_1 代植株性别表现为很强的纯雌株, 植株没有产生雄花节。同时观察 A \times G (纯雌株系) 的 F_1 代植株也同样表现为较强的纯雌株, 群体中基本没有出现雄花, 而其亲本 A、G、H 在基部常产生少量雄花。

A \times C 的 F_2 代植株的性别表型分离, 产生两种性别: 一种为强雌株型, 平均在 16 节以上表现为连续雌花节位 (亲本 A 平均在 11.37 节以上表现为连续雌花节位); 一种为普通的雌雄同株型, 末端不出现连续的雌花节。经卡平方测验, 表型的分离比例符合 1:3 (强雌株: 雌雄同株)。A \times C 的 $BC_1 P_1$ 代, 强雌株型植株和雌雄同株型植株的分离比例符合 1:1。A \times C 的 $BC_1 P_2$ 代植株的性别表现基本上没有出现分离, 只有 3 株表现为强雌性, 其他均为雌雄同株型 (表 2), 根据经典的孟德尔分离规律与自由组合规律, 证明强雌性和雌雄同株杂交时的强雌性表达是由 1 对隐性基因控制, 我们暂将其命名为 *mod-F2*。

A \times H 的 F_2 代植株的性别表型分离产生 4 种性型: 雌性株、两性花株、强雌株、雌雄同株。H 自交系是两性花株, 研究证明其由两个独立遗传的显性雌性 F 基因和隐性两性花 m 基因控制, 通过 F_1 代表型证明 *mod-F2* 基因增强雌性 F 基因的表达, F_1 代表现为很强的雌性株, 植株基部不产生雄花, F_2 代植物性别分离出 4 种类型, 根据经典的孟德尔分离规律与自由组合规律以及 3 基因的互作规律, 雌性株、两性花株、强雌株、雌雄同株 4 种性型的表型理论期望比为 36:16:3:9, 实际比经卡平方测验符合理论比。A \times H 的 $BC_1 P_1$ 代植株的性别表型分离产生 3 种类型, 雌性株、强雌株、雌雄同株表

型理论期望比为 2 1 1, 经卡平方测验实际比也符合理论比。A ×H 的 BC₁ P₂ 代植株的性别表现明显分两种类型, 雌性株和两性花株, 两种类型的理论期望比为 1 1, 实际比符合理论比 (表 2)。由此进一步说明强雌性是由 1 对隐性基因控制, 且 *m od-F2* 基因增强雌性 *F* 基因的表达, 并与 *F* 和 *M* 基因独立遗传。

表 2 A ×C、A ×H、B ×C、B ×H、B ×G 杂交组合分离表现及基因型

Table 2 Separation proportion of phenotype and genotype of hybrid A ×C, A ×H, B ×C, B ×H, B ×G

材料及其基因型 Materials and genotype	世代 Progeny	雌性株 Gynoecious	两性花株 Hemaphrodite	强雌株 MOA-subgynoecious	雌雄同株 Monoecious	总株数 Total	期望比 Theoretical ratio
A ×C <i>fjMMM od-F2m od-F2</i> × <i>fjMMM od-F2M od-F2</i>	F ₁				40 <i>fjMMM od-F2m od-F2</i>	40	
	F ₂			21 <i>fjMMM od-F2m od-F2</i>	72 <i>fjMMM od-F2-</i>	100	1 3
	BC ₁ P ₁			45 <i>fjMMM od-F2m od-F2</i>	36 <i>fjMMM od-F2-</i>	81	1 1
	BC ₁ P ₂			81 <i>fjMMM od-F2-</i>	3	84	1 0
A ×H <i>fjMMM od-F2m od-F2</i> × <i>FfmmM od-F2M od-F2</i>	F ₁	40 <i>FfmmM od-F2m od-F2</i>				40	
	F ₂	65 <i>F-M --</i>	24 <i>--mm --</i>	10 <i>fjM m od-F2m od-F2</i>	21 <i>fjM M od-F2-</i>	120	36 16 3 9
	BC ₁ P ₁	54 <i>F-M --</i>		34 <i>fjM m od-F2m od-F2</i>	27 <i>fjM M od-F2-</i>	115	2 1 1
	BC ₁ P ₂	55 <i>Fmm --</i>	59 <i>Fmm --</i>			114	1 1
B ×C <i>fjMMM od-F1m od-F1</i> × <i>fjMmm od-F1m od-F1</i>	F ₁			38 <i>fjMMM od-F1m od-F1</i>	2	40	
	F ₂			60 <i>fjMMM od-F1-</i>	24 <i>fjMmm od-F1m od-F1</i>	84	3 1
	BC ₁ P ₁			91 <i>fjMMM od-F1-</i>	0	91	1 0
	BC ₁ P ₂			43 <i>fjMMM od-F1-</i>	55 <i>fjMmm od-F1m od-F1</i>	98	1 1
B ×H <i>fjMMM od-F1M od-F1</i> × <i>FfmmM od-F1m od-F1</i>	F ₁	40 <i>FfmmM od-F1m od-F1</i>				40	
	F ₂	73 <i>F-M --</i>	18 <i>--mm --</i>	17 <i>fjM M od-F1-</i>	9 <i>fjM m od-F1m od-F1</i>	127	36 16 9 3
	BC ₁ P ₁	54 <i>F-M --</i>		45 <i>fjM M od-F1-</i>		99	1 1
	BC ₁ P ₂	52 <i>Fmm --</i>	58 <i>Fmm --</i>			110	1 1
B ×G <i>fjMMM od-F1M od-F1</i> × <i>FfmmM od-F1m od-F1</i>	F ₁	40 <i>FfmmM od-F1m od-F1</i>				40	
	F ₂	85 <i>F-MM --</i>		21 <i>fjMMM od-F1-</i>	10 <i>fjMM m od-F1m od-F1</i>	116	12 3 1
	BC ₁ P ₁	45 <i>FfmmM od-F1-</i>		53 <i>fjMMM od-F1-</i>		98	1 1
	BC ₁ P ₂	73 <i>FMM --</i>			2	75	

2.3 显性强雌性基因的遗传分析

B (强雌性系) ×C (雌雄同株系) 杂交组合 F₁ 代植株基部出现较长的雄花节, 末端出现连续雌

花节位, 平均在 15 节位, 而亲本 B 植株的末端出现连续性雌花节位, 平均在 7.33 节位, 由此表明强雌性由不完全显性强雌性基因控制。B × H (两性花株系) 及 B × G (纯雌株系) 杂交组合 F_1 代植株全部表现为很强的雌性株, 植株基部有 1~2 节空节位, 没有产生雄花节, 而其亲本 B、G、H 在同样的环境条件下基部常产生少量雄花, 表明不完全显性强雌性基因是 *F* 基因的雌性加强基因或修饰基因。

B × C 杂交组合 F_2 代植株的性型分离, 产生两种类型: 一种为强雌株型, 平均在 16 节位上表现出连续雌花节位; 一种为雌雄同株型, 经卡平方测验, 表型的分离比例符合 3:1 (强雌株: 雌雄同株)。B × C 的 BC_1P_1 代, 基本上没有出现性型分离, 全部表现为强雌株。B × C 的 BC_1P_2 代植株出现强雌株和雌雄同株两种类型, 分离比例符合 1:1 (表 2), 说明 B 强雌性是由 1 对不完全显性基因控制。1969 年在没有研究该强雌性系与具有 *F* 基因的雌性品系杂交分离情况下, Kubicki 认为该基因是 *F* 基因的同一位点不同的等位基因^[3]。

B × H 杂交组合 F_2 代植物的性型分离出 4 种类型: 雌性株、两性花株、强雌株、雌雄同株, 按照 *F*、*M* 和 *Mod-F1* 基因 3 个基因分离和自由组合规律及基因互作, 4 种性型的表型理论期望比为 36:16:9:3, 经卡平方测验实际比符合理论比。B × H 杂交组合 BC_1P_1 代植株分离而产生两种类型, 雌性株和强雌性株, 表型比符合 1:1 的理论比。B × H 的 BC_1P_2 代植株的性别可明显分两种类型, 雌性株和两性花株, 两种类型符合 1:1 的分离比 (表 2)。从而进一步说明 B 强雌性是由 1 对不完全显性基因控制。与 *mod-F2* 一样, 该基因能增强雌性 *F* 基因的表达, 使植株雌性增强, 与 *F* 和 *M* 基因独立遗传, 不是 *F* 的等位基因, 我们将该基因命名为 *Mod-F1*。

B × G 杂交组合 F_2 代植物的性型分离产生 3 种类型: 雌性株、强雌株、雌雄同株, 同样根据 3 个基因互作的规律, 3 种性别类型的理论期望比为 12:3:1, 实际性别表型比例符合理论比, B × G 杂交组合 BC_1P_1 代植株的性型分离产生两种类型, 雌性株和强雌性株符合 1:1 的分离比。B × G 的 BC_1P_2 代植株的性别表达没有分离, 全部植株为雌性株, 进一步证明 *Mod-F1* 与 *F* 和 *M* 基因独立遗传。

参考文献:

- 1 陈惠明, 卢向阳, 许亮, 易克, 田云. 黄瓜性别决定相关基因和性别表达机制. 植物生理学通讯, 2005, 41 (1): 7~13
Chen HM, Lu XY, Xu L, Yi K, Tian Y. Sex determination genes and sex expression mechanism in cucumber. Plant Physiology Communications, 2005, 41 (1): 7~13 (in Chinese)
- 2 Shifriss O. Sex control in cucumbers. Journal of Heredity, 1961, 2: 5~12
- 3 Kubicki B. Investigations of sex determination in cucumber (*Cucumis sativus* L.) V. genes controlling intensity of femaleness. Genetica Polonica, 1969, 10: 69~86

欢迎订阅 2006 年下列期刊

《西南园艺》邮发代号 78-102, 双月刊, 单月 15 日出版, 2006 年每期订价 4.00 元, 全年 6 期共 24.00 元。国际大 16 开本, 大区刊物, 省级五大研究所合办, 32 年办刊经验。内容严谨, 编排规范, 被中国权威数据库全文收录。兼顾研究性、技术性, 主要报道果树、蔬菜、园林花卉等领域的研究报告、新技术、新方法和实用技术。欢迎到全国各地邮政局所订阅, 欢迎投稿和刊登广告信息。邮编: 402260。地址: 重庆江津市长城路。收件(款)人: 《西南园艺》编辑部。联系电话: 023-47572815; E-mail: cqxnny@163.com; cqxnny@yahoo.com.cn。

《花卉杂志》月刊, 花卉杂志 1985 年创刊, 国内外公开发行。是全国花卉类创刊最早、发行量最大的科普杂志之一。以“新、洋、奇”花卉为特色, 充分发挥广东毗邻港澳台和地处热带亚热带的优势, 不断推介花卉新科技、新品种, 及时传播国内外花卉产业信息, 设有绿荫随笔、花事短闻、栽花技艺、家庭养花、兰花世界、盆景天地、行家推介、宠物玩赏、插花赏析、花与生活、雅石欣赏、李伯信箱、花间漫步等栏目。花卉杂志内容丰富, 通俗易懂, 科学实用, 精美印刷。2006 年每册定价 6.8 元, 全年 81.6 元。全国各地邮局均可订阅, 邮发代号 46-8。漏订者可直接汇款至本刊邮购, 全年接受订阅。地址: 广州市麓景路 23 号 402。邮编: 510091, 订阅电话: 020-83581796; 83581479。