

黄瓜叶色突变、苦味与其他 5 个性状的基因间连锁遗传关系

顾兴芳 张圣平 池秀蓉

(中国农业科学院蔬菜花卉研究所, 北京 100081)

摘要: 为探索黄瓜叶色突变基因 $v-1$ (新发现暂定)、营养器官无苦味基因 bi 及果实苦味基因 Bt 与雌性 F 基因、暗色果皮 D 、果色一致基因 u 、小刺基因 ss 、绿色果皮 dg 基因 (暂定) 之间的独立或连锁关系, 以含有上述基因的 4 个黄瓜纯合亲本为试材, 通过对亲本、 F_1 和 F_2 分离性状的调查, 表明 bi 与 $v-1$ 有连锁, 连锁距离为 33.9 cM。 bi 、 Bt 、 $v-1$ 与 F 、 D 、 u 、 ss 、 dg 基因之间不存在连锁关系。

关键词: 黄瓜; 叶色突变; 苦味; 基因; 遗传; 连锁

中图分类号: S 642.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2005) 01-0108-03

Inheritance and Linkage Relationships among the Genes of Leaf Mutant and Bitterness with other Five Major Genes in Cucumber

Gu Xingfang, Zhang Shengping, and Chi Xiurong

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

Abstract: To study the inheritance and linkage relationships among the gene $v-1$ for new leaf mutant, bi for bitterfree foliage and Bt for bitter fruit with the following morphological loci: female sex expression (F), uniform immature fruit (u), dull fruit skin (D), small spines (ss), green fruit skin (dg) in cucumber, four inbred lines were used as parents. By investigating the parents, F_1 and F_2 generation, bosen linkage was found between $v-1$ and bi , while no linkage was detected between $v-1$, bi , Bt with F , u , D , ss , dg respectively.

Key words: Cucumber; Leaf mutant; Bitterness; Gene; Inheritance; Linkage

1 目的、材料与方法

到目前为止报道已发现有 167 个黄瓜基因, 但仅有 44 个基因被定位在 6 个基因连锁群上, 大多数基因的连锁遗传关系尚未明确^[1,2]。作者于 2001 年发现 1 金黄色叶色突变体, 经研究该突变体为隐性突变, 正常叶表现为不完全显性, 与以往报道的叶色突变基因不同, 将该基因暂定为 $v-1$ ^[3]。关于黄瓜叶色突变基因、苦味基因与控制其他主要性状基因的连锁遗传关系, 国内外研究不多, 并且仅有的研究结论不一^[4-9]。本文通过对亲本、 F_1 和 F_2 分离后代的调查, 研究控制黄瓜营养器官无苦味基因 bi 、控制果实苦味基因 Bt 、叶色突变基因 $v-1$ 与雌性 F 基因、暗色果皮基因 D 、果色一致基因 u 、绿色果皮 dg 基因 (暂定)、小刺 ss 基因等之间的关系, 为丰富黄瓜基因连锁群、有效合理利用基因奠定基础。

试材为中国农业科学院蔬菜花卉研究所选育的纯合雌性系 9110GT (简称 P_1)、46 GBt (简称 P_2)、46 Gbi (简称 P_3)、普通花性自交系 0175 (简称 P_4)、有关性状和基因型见表 1。于 2002 年配制 F_1 : $P_1 \times P_4$, $P_2 \times P_4$, $P_3 \times P_4$, 自交获得 F_2 代种子, 2003 年在大棚内种植各世代材料, 亲本、 F_1 各种植 20 株, F_2 种植 200 多株。

收稿日期: 2004 - 03 - 01; 修回日期: 2004 - 05 - 25

基金项目: 国家 '863' 资助项目 (2001AA241121, 2002AA207012)

采用口尝的方法鉴定营养器官及果实中是否含有苦味素。营养器官品尝分 2~3 次: 苗期品尝子叶 1 次, 成株期品尝真叶或卷须 1~2 次, 以验证与苗期品尝的一致性, 若不一致增加品尝次数。果实的品尝从根瓜开始直至试验结束, 若每株有 3 次果实出现苦味, 该株即定为果实苦, 可不再品尝, 否则需继续品尝, 尤其是未出现苦味的单株, 需品尝植株上所有的瓜, 一般每株品尝 7 条瓜以上。每次由对苦味敏感者 3 人同时品尝, 以确保试验结果的准确性。苗期采用肉眼仔细观察记载各分离后代叶色的分离情况。自结果期开始调查性型, 植株上全部是雌花或仅有 1~2 个雄花即为雌型株, 否则为普通株。果色调查也在结果期进行, 记载果实有无光泽和果面花纹情况。由于 $P_3 \times P_4$ 组合 F_2 群体个别单株坐果不好, 仅对坐果正常的 133 个单株进行果实性状调查。

表 1 黄瓜亲本基因型及有关性状

Table 1 Genotype and phenotypic description of cucumber lines tested

基因名称 Name of gene	基因符号 Symbol of gene	表现型 Phenotype		亲本的基因型 Genes involved in parents			
		显性 Dominate	隐性 Recessive	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄
营养器官不苦 Bitterfree foliage	<i>bi</i>	营养器官苦 Bitter foliage	营养器官不苦 Bitterfree foliage	<i>bi</i>	<i>B i</i>	<i>bi</i>	<i>B i</i>
果实苦 Bitter fruit	<i>B t</i>	果实苦 Bitter fruit	果实不苦 Bitterfree fruit	<i>bt</i>	<i>B t</i>	<i>bt</i>	<i>bt</i>
雌型 Gynoecious	<i>F</i>	雌性 Gynoecious	普通花性 Monoecious	<i>F</i>	<i>F</i>	<i>F</i>	<i>f</i>
金黄色叶片 Golden leaf	<i>v-1</i> *	绿色 Green	金黄色叶片 Golden leaf	<i>v-1</i>	<i>V-1</i>	<i>V-1</i>	<i>V-1</i>
果色一致无花纹 Uniform immature fruit	<i>u</i>	有花纹 Stippled	果色一致 Uniform	<i>u</i>	<i>u</i>	<i>u</i>	<i>U</i>
暗色果皮 (无光泽) Dull fruit skin	<i>D</i>	果皮暗 Dull	有光泽 Glossy	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>D</i>
绿色果皮 Green fruit skin	<i>dg</i> *	果皮深绿 Dark green	果皮绿 Green	<i>dg</i>	<i>dg</i>	<i>dg</i>	<i>Dg</i>
小刺瘤 Small spines	<i>ss</i>	大刺瘤 Large spines	小刺瘤 Small spines	<i>ss</i>	<i>Ss</i>	<i>Ss</i>	<i>ss</i>

* 暂定 Temporary name

数据分析首先用 χ^2 测验各性状在 F_2 代显隐性情况, 按照孟德尔的基因独立分配与连锁遗传规律的原理和公式, 确定这些性状是否符合显隐性单基因的遗传特点。再统计每 2 对基因在后代各基因型的植株数比例, 用 χ^2 测验确定是否符合独立遗传, 若推断存在连锁关系, 则进一步计算每对基因间的重组率。计算基因重组率 R 和标准误 SE 的公式参照刘进生等^[4]的方法进行。

2 结果分析与讨论

2.1 单基因测验结果

以 χ^2 测验各性状在 F_2 代的分离情况, 表明各性状在后代显隐性比例均为 3:1, 确定这些性状符合显隐性单基因的遗传特点 (表 2)。

表 2 单个基因在 F_2 代的分离情况Table 2 Segregation of each single gene in F_2 generation

组合 Combination	基因型 Genotype	F ₂ 分离情况 Segregation*		总株数 Total plants	期望比 Theoretical ratio	χ^2	显著性 Significance	$\chi^2_{0.05}$
		A -	aa					
$P_1 \times P_4$	<i>B ibi</i>	157	54	211	3:1	0.039	不显著 No significance	3.841
	<i>Ff</i>	152	59	211	3:1	0.987	不显著 No significance	3.841
	<i>Vv</i>	164	47	211	3:1	0.836	不显著 No significance	3.841
	<i>Uu</i>	156	49	205	3:1	0.132	不显著 No significance	3.841
	<i>Dd</i>	154	57	211	3:1	0.457	不显著 No significance	3.841
	<i>Dgdg</i>	165	46	211	3:1	1.152	不显著 No significance	3.841
$P_2 \times P_4$	<i>B tbt</i>	140	37	177	3:1	1.584	不显著 No significance	3.841
	<i>Ff</i>	156	49	205	3:1	0.132	不显著 No significance	3.841
	<i>Uu</i>	140	48	188	3:1	0.028	不显著 No significance	3.841
	<i>Dd</i>	151	54	205	3:1	0.197	不显著 No significance	3.841
	<i>Dgdg</i>	146	59	205	3:1	1.563	不显著 No significance	3.841
	<i>Ss</i>	94	39	133	3:1	1.105	不显著 No significance	3.841
$P_3 \times P_4$	<i>B ibi</i>	152	64	216	3:1	2.228	不显著 No significance	3.841
	<i>Ff</i>	164	52	216	3:1	0.0556	不显著 No significance	3.841
	<i>Uu</i>	97	31	128	3:1	0.0104	不显著 No significance	3.841
	<i>Dd</i>	107	26	133	3:1	1.827	不显著 No significance	3.841
	<i>Dgdg</i>	107	26	133	3:1	1.827	不显著 No significance	3.841
	<i>SSss</i>	94	39	133	3:1	1.105	不显著 No significance	3.841

* A 代表显性基因, a 代表隐性基因。

* A for dominant gene, a for recessive gene

有关控制黄瓜商品果皮颜色的基因已报道有 D (暗色果皮)、 w (白色果实)、 yg (黄绿色果皮)。白色果实对绿色果实为隐性, 黄绿色对深绿色为隐性, 对浅绿为上位, 果皮暗无光对亮皮有光为显性^[1,2]。但深绿色与绿色果皮之间的遗传关系未见报道, 本试验发现深绿色对绿色果皮的遗传受单一基因控制, 深绿色为显性, 绿色为隐性, 将控制深绿色果皮的基因暂定为 Dg (dark green fruit), 绿色为 dg 。

2.2 2对基因连锁遗传分析

基因独立遗传的分析结果表明, 基因 bi 与 F 、 D 、 u 、 ss 、 dg 基因之间没有连锁关系, 该结论与 Cowen 等^[6]和 Vakabunakis^[7]的报道一致, 但 Fanourakis 等^[8]报道 bi 与控制雌性表达的 F 基因有较弱的连锁, 重组率为 37%。

表 3 各对基因在 F_2 代分离株数分析

Table 3 Inheritance and linkage relationships between two genes in F_2 generation

组合 Combination	基因型 Genotype	F ₂ 分离情况 Segregation [*]				总株数 Total plants	期望比 Theoretical ratio	2	显著性 Significance	2 0.05
		$A-B-$	$A-bb$	$aaB-$	$aabb$					
$P_1 \times P_4$	$BibiFf$	111	45	40	15	211	9 3 3 1	1.499	不显著 No significance	7.815
	$BibiDd$	113	43	41	14	211	9 3 3 1	0.674	不显著 No significance	7.815
	$BibiUu$	115	35	41	14	205	9 3 3 1	0.589	不显著 No significance	7.815
	$Bibv-1v-1$	142	14	22	33	211	9 3 3 1	58.658	显著 Significance	7.815
	$BibiDgdg$	125	31	41	14	211	9 3 3 1	2.291	不显著 No significance	7.815
	$V-1v-1Ff$	113	52	38	8	211	9 3 3 1	6.285	不显著 No significance	7.815
	$V-1v-1Dd$	119	48	37	9	204	9 3 3 1	3.319	不显著 No significance	7.815
	$V-1v-1Uu$	121	37	35	11	204	9 3 3 1	0.898	不显著 No significance	7.815
	$V-1v-1Dgdg$	130	35	36	10	211	9 3 3 1	2.696	不显著 No significance	7.815
	$BtbtFf$	106	34	27	10	177	9 3 3 1	1.692	不显著 No significance	7.815
$P_2 \times P_4$	$BtbtDd$	97	43	28	9	177	9 3 3 1	4.163	不显著 No significance	7.815
	$BtbtUu$	103	37	28	9	177	9 3 3 1	1.752	不显著 No significance	7.815
	$BtbtDgdg$	97	43	29	8	177	9 3 3 1	4.343	不显著 No significance	7.815
	$BibiFf$	114	38	50	14	216	9 3 3 1	2.864	不显著 No significance	7.815
$P_3 \times P_4$	$BibiDd$	73	22	33	5	133	9 3 3 1	4.317	不显著 No significance	7.815
	$BibiUu$	74	21	25	10	130	9 3 3 1	0.925	不显著 No significance	7.815
	$BibiDgdg$	76	19	31	7	133	9 3 3 1	3.114	不显著 No significance	7.815
	$BibiSsss$	74	21	25	13	133	9 3 3 1	3.274	不显著 No significance	7.815

* A 、 B 代表显性基因, a 、 b 代表隐性基因。

* A 、 B for dominant gene, a 、 b for recessive gene

结果还表明 Bt 与 F 、 D 、 u 、 dg 、 $v-1$ 之间分别为独立遗传, 不存在连锁关系, 这与 Cowen 等^[6]结论一致。但 Walters 等^[9]2001 年发现另一控制黄瓜果实苦味的基因 $Bt-2$ (源于美国 LJ90430) 与 u 、 D 、 ss 连锁, 由此可以基本证实本试验中的 Bt 不同于 $Bt-2$, 而与基因表上的 Bt 一致。

黄瓜控制营养器官苦味基因 bi 与控制色突变基因 $v-1$ 有连锁, 而与 F 、 D 、 u 、 dg 基因无连锁关系, 后代独立分离。根据公式进一步计算得出 bi 与 $v-1$ 重组率 R 为 33.9%, SE 为 0.0417。

关于黄瓜的叶色突变体, 国内外报道有多种类型, 但保存下来的不多^[1], 且多数未对该基因与其他基因的连锁关系进行分析。仅有 Wehner 等^[5]报道 $yc-1$ (子叶是黄色的, 然后转绿) 与 F 等基因无连锁。本试验首次报道新发现的黄瓜叶色突变基因 (暂定为 $v-1$) 与控制黄瓜营养器官无苦味的基因 bi 存在连锁, 但不紧密, 连锁距离为 33.9 cM, 说明 $v-1$ 与 bi 在同一连锁群。

参考文献:

- Xie J H, Wehner T C. Gene list 2001 for cucumber Cucurbit Genetics Cooperative Report, 2001, 24: 110 - 136
- Pierce L W, Wehner T C. Review of genes and linkage groups in cucumber HortScience, 1990, 25 (6): 605 ~ 615
- 国艳梅, 顾兴芳, 张春霞, 方秀娟, 张圣平, 徐彩清. 黄瓜叶色突变体遗传机制的研究. 园艺学报, 2003, 30 (4): 409 ~ 412
Guo Y M, Gu X F, Zhang C Z, Fang X J, Zhang S P, Xu C Q. Genetic analysis of cucumber leaf mutant Acta Horticulturae Sinica, 2003, 30 (4): 409 ~ 412 (in Chinese)
- 刘进生, T C Wehner 黄瓜复雌花等 6 对基因间连锁遗传关系的研究. 遗传, 2000, 22 (3): 137 ~ 140
Liu J S, Wehner T C. Linkage inheritance among 6 genes in cucumber Hereditas, 2000, 22 (3): 137 ~ 140 (in Chinese)
- Wehner T C, Liu J S. Independent segregation among 11 gene loci in cucumber Cucurbit Genetics Cooperation Reports, 1987, 20: 1 ~ 2
- Cowen N M, Helsel D B. Inheritance of two genes for spine color and linkages in a cucumber cross The Journal of Heredity, 1983, 74: 308 ~ 309
- Vakabunakis D J. Heart leaf a recessive leaf shape marker in cucumber linkage with disease resistance and other traits J. Hered, 1992, 83: 217 ~ 221
- Fanourakis N E, Simon P W. Analysis of genetic linkage in the cucumber J. Hered, 1987, 78: 238 ~ 242
- Walters N A, Shetty N V, Wehner T C. Segregation and linkage of several genes in cucumber Journal of the American Society for Horticultural Science, 2001, 126 (4): 442 ~ 450