

番茄多茸毛基因 Wo^{mz} 的遗传表现及其利用价值

柴敏 王花

(北京市农林科学院蔬菜研究中心, 北京 100089)

摘要: 按孟德尔质量性状遗传研究设计, 以普通番茄多茸毛品系 LS1371 与普通品系强力 62 配制的六世代遗传群体, 研究番茄多茸毛形态突变基因 Wo^{mz} 的遗传机理, 通过各世代的表型型和基因型关系的研究分析, 提出控制该多茸毛性状的 Wo^{mz} 基因为单基因不完全显性遗传。在实际育种中, 比较 Wo^{mz} 基因与 Wo 基因的避虫性表现, 表明 Wo^{mz} 基因在番茄抗虫育种中更有利用价值。

关键词: 番茄; 多茸毛; Wo^{mz} ; 不完全显性; 遗传

中图分类号: S 641.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2002) 02-0133-04

在普通番茄种 (*Lycopersicon esculentum* Miller) 内, 控制植株茸毛形态特性表达的有多个基因, 有关 Wo 基因已有研究报道^[1~3] Wo^{mz} 基因可使番茄各器官被有茸毛, 1979 年由 Rick 发现^[4], 但未见有关其遗传研究的报道。具有多茸毛特性的番茄植株有明显的避蚜作用, 不仅可以减轻蚜虫的危害, 而且还能对蚜传病毒 CMV 起到预防作用^[5]。因此, 发现并利用更有价值的新的多茸毛基因对番茄育种具有重要意义。 Wo^{mz} 与 Wo 是同一位点的突变基因, 但不象 Wo 基因那样纯合致死^[1~4], 纯合的 Wo^{mz}/Wo^{mz} 基因型个体具有正常活性。因此搞清其遗传机理, 可为育种工作提供理论依据。

1 材料与方 法

番茄多茸毛品系 LS1371 含有 Wo^{mz} 基因, 80 年代从日本引入, 经多年种植观察茸毛性状稳定不分离。普通番茄品系强力 62 不具有多茸毛性状。1997 年春、秋两季在本中心温室配制杂交、测交组合。本试验材料包括双亲、正反交 F_1 、 F_2 、 BC_1 和 BC_2 六个世代的遗传群体。为比较不同茸毛基因材料的避虫效果, 设高代稳定自交系 98-87 作为多茸毛对照材料, 98-87 含有 Wo 基因。

1998 年早春将所有试验材料同时播种于温室, 4 月 25 日露地定植。稳定世代群体, 如双亲、正反交 F_1 的群体数量 30 株以上, 分离世代群体数量 80 株以上。苗期 (5~6 叶) 详细观察、统计不同世代茸毛性状的表现型和分离比例, 并按郑贵彬等的方法^[5]测定不同基因型的茸毛长度及密度。

2 结果与分析

2.1 Wo^{mz} 基因的多茸毛表现

LS1371 是 Wo^{mz}/Wo^{mz} 纯合基因型, 用肉眼观察其植株茸毛表现与 Wo/wo 基因型相同, 即茎叶上均具有多茸毛; 同时, LS1371 的果实上亦被有茸毛, 直到果实成熟时, 果面上仍留有较多茸毛。而 Wo/wo 基因型的植株, 幼果表面被有较多茸毛, 但是随着果实的膨大茸毛迅速脱落, 果实成熟时, 茸毛几乎全部脱落, 与普通番茄品种相比没有明显差异。 Wo^{mz} 基因在杂合基因型 Wo^{mz}/wo (LS1371 × 强力 62) 时, 植株茎、叶上亦被有茸毛, 但比 Wo^{mz}/Wo^{mz} 纯合基因型的茸毛稀, 果实表面与普通品种相同, 不具有茸毛。在显微镜下观察, Wo^{mz} 基因所表现出的茸毛以单茸毛为主, 有少数二杈或三杈毛。而 Wo 基因所产生的茸毛, 以分杈毛为主, 常能观察到似鹿角状的多杈毛。虽然不同基因型的材料茸毛密度和长度在植株的不同部位有所变化 (表 1), 但是密度是影响茸毛特性的主要因素。综合起来看, 具有 Wo^{mz}/Wo^{mz} 基因型的 LS1371 和 Wo/wo 基因型的 98-87, 上叶茸毛密度 (根/ mm^2) 分别

是 44.3 和 44.2, 比 Wo^{mz}/wo 基因型的 F_1 ($LS1371 \times$ 强力 62) 茸毛密度 (22.1 根/ mm^2) 高出 1 倍, 而比 wo/wo 基因型的普通品种强力 62 (4.5 根/ mm^2) 高 8.8 倍; Wo^{mz}/wo 基因型的材料其上叶茸毛密度比 wo/wo 基因型的普通品种高 3.9 倍。因此, 鉴于不含茸毛基因的正常基因型 (wo/wo) 植株亦有少量茸毛, 为便于区分和讨论不同基因型对茸毛疏密所产生的不同影响, 本文将 Wo^{mz}/Wo^{mz} 和 Wo/wo 基因型表现出的多茸毛特性定为浓密多毛型, 把 Wo^{mz}/wo 基因型表现出的多茸毛特性定为多毛型, 而将正常基因型 wo/wo 定为普通少毛型。 Wo^{mz}/Wo^{mz} 、 Wo^{mz}/wo 、 Wo/wo 和 wo/wo 四种基因型在叶片上的茸毛表现见插页 2 图版。

表 1 番茄植株茸毛性状及避虫效果

Table 1 Density and length of the hairy on tomato plants and the effect on controlling pests

材料或组合 Materials	基因型 Genotype	表现型 Phenotype	茸毛密度 Density of hairs (pieces/ mm^2)			茸毛长度 Length of hairs (μm)			每株蚜 虫数 No. of aphids per plant	斑潜蝇 Miner 受害株 Plants damaged (%)	每株虫数 No. of miner per plant
			上叶 Upper leaf	下叶 Lower leaf	茎 Stem	上叶 Upper leaf	下叶 Lower leaf	茎 Stem			
			LS1371	Wo^{mz}/Wo^{mz}	浓密多毛 Dense hairy	44.3	28.9	46.5			
LS1371 \times 强力(Qiangli)62	Wo^{mz}/wo	多毛 Hairy	22.1	18.7	22.1	399.7	342.9	405.2	71.4	6.5	2.5
98 87	Wo/wo	浓密多毛 Dense hairy	44.2	9.7	56.1	383.5	383.4	515.6	17	7.7	1
	wo/wo	普通少毛 Normal	3.9	2.2	14.2	308.0	363.2	308.0	209	76	8
强力(Qiangli)62	wo/wo	普通少毛 Normal	4.5	3.4	18.6	286.4	246.2	358.1	251	90	10.2

注: 上叶——植株顶部完全展开的新叶; 下叶——子叶以上第一或第二片真叶。

Note: upper leaf—full developed leaf on the top of the plant; lower leaf—the 1st and 2nd true leaf.

2.2 多茸毛性状在不同世代的表现型

亲本世代: 母本 LS1371 表现为 100% 植株各器官被有浓密茸毛, 属于浓密多毛型; 父本强力 62 为 100% 的普通植株, 被有少量稀疏茸毛, 属普通少毛型。正反交 F_1 : 正、反交 F_1 茸毛性状的表现完全相同, 即 100% 植株各器官被有较多茸毛, 属多毛型。 F_2 世代: 在正交分离的 F_2 群体中, 茸毛性状表现出三种类型, 与多茸毛亲本完全相同的浓密多毛型, 与 F_1 表现型相同的多毛型, 与普通非茸毛亲本相同的普通少毛型。 BC_1 和 BC_2 世代: F_1 与双亲的回交世代茸毛性状均有两种表现型, 与多茸毛亲本回交的 BC_1 茸毛性状表现为浓密多毛型和多毛型; 与普通亲本回交的 BC_2 茸毛性状则表现出多毛型和少毛型两种。

2.3 不同世代表现型观察结果

按上述不同表现型把各世代观察值统计列于表 2。亲本世代: LS1371 多茸毛亲本群体共有 39 株, 全部被有浓密多茸毛, 即均为浓密多毛型; 强力 62 普通少毛群体共有 39 株, 全部表现为少毛型。 F_1 世代: LS1371 与强力 62 正、反交 F_1 , 在表现型上完全相同, 100% 植株被有较多茸毛, 属多毛型。说明多茸毛性状只受核基因 Wo^{mz} 控制, 不存在母性遗传效应, 所以不必对反交 F_1 (强力 62 \times LS1371) 及其后代作重复性遗传分析。 F_2 世代: 群体总数为 108 株, 在观察到的三种表现型中, 浓密多毛型 26 株, 多毛型 50 株, 普通少毛型 32 株。测交世代: 在 BC_1 群体中有 52 株浓密多毛型和 46 株多毛型; BC_2 群体中观察到 57 株多毛型和 46 株少毛型。

2.4 单基因不完全显性遗传模式的提出

根据表 2 的观察结果, 按孟德尔遗传理论^[6], 浓密多毛型 Wo^{mz}/Wo^{mz} 与普通型 wo/wo 这一相对基因应为单基因不完全显性遗传模式。双亲杂交后代和测交世代的基因型应为 F_1 : Wo^{mz}/wo ; F_2 : Wo^{mz}/Wo^{mz} 、 Wo^{mz}/wo 和 wo/wo ; BC_1 : Wo^{mz}/Wo^{mz} 和 Wo^{mz}/wo ; BC_2 : Wo^{mz}/wo 和 wo/wo 。不同世代的基因型归纳起来有三种, 即浓密多毛亲本基因型 Wo^{mz}/Wo^{mz} , F_1 多毛基因型 Wo^{mz}/wo 和普通少毛亲本基因型 wo/wo , 其特点是表现型与基因型的一致性。

2.5 各世代表现型与基因型的关系

由表 2 明确看出, LS1371 与强力 62 杂交后, F_1 杂合基因型 Wo^{mz}/wo 表现型虽然被有较多茸毛偏

向其多毛亲本, 但不属于浓密多毛型; F_2 群体基因型理论分离比例为 $Wo^{mz}/Wo^{mz}:Wo^{mz}/wo:wo/wo=1:2:1$, 实际观察值浓密多毛:多毛:少毛=26:50:32, 经 X^2 适合性测验表明基因型分离理论比例与实际观察值一致; BC_1 和 BC_2 群体基因型理论分离比例分别是 $Wo^{mz}/Wo^{mz}:Wo^{mz}/wo=1:1$ 和 $Wo^{mz}/wo:wo/wo=1:1$, 实际观察值分别是浓密多毛:多毛=52:43 和多毛:少毛=57:46, X^2 适合性测验观察值与理论比例完全适合。综上所述, 多茸毛 Wo^{mz} 基因的遗传完全符合单基因不完全显性模式。

表 2 番茄各世代茸毛表现型及分离世代表现型与基因型的关系
Table 2 Phenotype of different generation and the relationship between phenotype and genotype of Wo^{mz} in segregated generation

世代 Generation	组合材料 Material	总株数 Total No. plants	表现型及株数 Phenotype and No. plants	基因型理论比例 Theoretical value of genotype	X^2
母本 Female	LS1371	39	全部浓密多毛型 All of dense hairy		
父本 Male	强力 62 Qiangli62	39	全部普通少毛型 All of normal		
正交 F_1	LS1371×强力 62	39	全部多毛型 All of hairy		
Cross	LS1371×Qiangli62				
反交 F_1	强力 62×LS1371	52	全部多毛型 All of hairy		
Reciprocal cross	Qiangli62×LS1371				
BC_1	正交 F_1 ×LS1371	95	浓密多毛型 多毛型 Dense hairy: Hairy	$Wo^{mz}/Wo^{mz}:Wo^{mz}/wo$	1.259
	Cross F_1 ×LS1371		52:43	1:1	
BC_2	正交 F_1 ×强力 62	113	多毛型 普通少毛型 Hairy: Normal	$Wo^{mz}/wo:wo/wo$	0.926
	Cross F_1 ×Qiangli62		57:46	1:1	
F_2	正交 F_1 ⊙	108	浓密多毛型 多毛型 普通少毛型	$Wo^{mz}/Wo^{mz}:Wo^{mz}/wo:wo/wo$	1.184
	Cross F_1 ⊙		Dense hairy: Hairy: Normal 26:50:32	1:2:1	

$V=1, X_{0.05}^2=3.84; V=2, X_{0.01}^2=5.99.$

3 讨论

3.1 Wo^{mz} 基因的抗虫机理及防虫作用

迄今在番茄属中发现的抗虫性可归为两种类型。一类是由于 Wo 和 Wo^{mz} 等基因存在, 通过控制栽培番茄植株茸毛特性的表达, 使植株被有浓密多茸毛而呈现银灰色的反光效果, 进而达到避虫作用。将这类茸毛基因的遗传机理研究清楚后, 在育种上转育利用是比较容易的^[3,5]。毛粉 802、济南毛粉和佳粉 17 号等番茄品种就是利用了多茸毛形态避虫的特性^[5,7]。本试验的研究结果(表 1)与郑贵彬等^[5]的结果一致, 即植株叶片上茸毛的密度是影响避虫效果的主要因素。但是国外对普通番茄种内这类形态或机械避虫、防虫的研究及利用尚未见报道。另一类抗虫性是通过植株叶片表面上着生的腺毛分泌出的烷酮类、酰基糖类和半倍萜类等化学物质, 杀死或驱避害虫^[8-14]。这种抗虫性主要存在于野生番茄, 多毛番茄 (*L. hirsutum*) 和潘那利番茄 (*L. pennellii*) 就是两个最著名的抗虫野生种。国外有许多关于野生番茄抗虫资源、抗虫性评价及其主要抗虫化学物质的文献报导^[8-14]。由于野生番茄的抗虫性多受数量性状控制, 而且害虫与植物抗性或驱避性之间又受诸多环境条件的影响^[8,15], 因此大量优异的野生番茄抗虫资源和抗虫性还没有利用。美国、荷兰的学者在野生番茄中已研究发现了与抗虫性有关的 QTL 主基因位点^[15-17], 为研究利用抗虫野生番茄资源带来新的希望。

3.2 Wo^{mz} 基因の利用价值

含有 Wo^{mz}/Wo^{mz} 基因型的品系其浓密的多毛特性在提高避虫效果的同时, 还导致果实表面的浓密茸毛直到果实成熟时仍不能完全脱落, 致使果实商品性受到严重影响。因此纯合的 Wo^{mz}/Wo^{mz} 基因型品系只能作为亲本使用, 不宜直接用于商品品种。此外由于 Wo 是纯合致死基因^[2-4], 含有 Wo 基因的群体都是由 Wo/wo 和 wo/wo 两种基因型组成的混合群体, 如果象含有 Wo 基因的 F_1 杂交种毛粉 802 那样^[6], 生产上拔除 50% 的非茸毛普通株的话, 种子耗费大, 不经济。但是如果直接使用 1:1 的浓密多毛型和普通少毛型的混合群体, 综合避虫效果显然不如 Wo^{mz}/wo 基因型的群体(见表 1)。综

上所述,笔者认为杂种优势是利用 Wo^{mz} 基因的最佳途径。即将含有 Wo^{mz} 基因的浓密多毛型品系 LS1371 经多代农艺性状的改良,培育出经济性状优良具有 Wo^{mz}/Wo^{mz} 基因型且配合力高的亲本品系,再与普通少毛型优良品系杂交后的多毛型的强优势 F_1 代杂交种,将会既有明显的抗(避)虫性又有良好的应用前景。

参考文献:

- 1 Butler L. The linkage map of tomato. *Journal of Heredity*, 1952, 43: 25~ 35
- 2 Rick C M. Linkage between ms^{-10} and Wo . *Tom. Gen. Coop.*, 1960, 10: 33~ 34
- 3 张环, 吴宝顺, 柴敏. 番茄多茸毛基因的遗传行为及其利用研究初报. *园艺学报*, 1983, 10 (3): 193~ 197
- 4 Rick C M. New friends at old addresses. *Tom. Gen. Coop.*, 1979, 29: 32
- 5 郑贵彬, 郁和平. 茸毛番茄新品系一代杂交种的避蚜防病 (CMV) 效果的初步探讨, *中国农业科学*, 1986, (4): 57~ 61
- 6 浙江农业大学, 北京农业大学主编. 遗传学. 北京: 农业出版社, 1978. 34
- 7 王永红. 番茄新品种——济南毛粉. *山东农业科学*, 2000, 2: 21
- 8 Stevens M Allen, Rick C M. Resistance to insects in the tomato crop. J. C. Atjerton Chapman and Hall Ltd, 1986. 74~ 75
- 9 Burke B A, Goldsby G, Mudd J B. Polar epicuticular lipids of *Lycopersicon pennellii*. *Phytochem*, 1987, 26: 2567~ 2571
- 10 Weston P A, Johnson D A, Burton H T, et al. Trichome secretion composition, trichome densities and spider mite resistance of ten accessions of *Lycopersicon hirsutum*. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 1989, 114: 492~ 498
- 11 Snyder J C, Guo Z, Thacker R, et al. 2, 3-Dihydrofarnesoic acid, a unique terpene from trichomes of *Lycopersicon hirsutum*, repels spider mites. *J. Chem. Ecol.*, 1993, 19: 2980~ 2997
- 12 Shapiro J A, Steffens J C, Mutschler M A. Acylsugars of the wild tomato *Lycopersicon pennellii* in relation to geographic distribution of the species. *Biochem. Syst. and Ecol.*, 1994, 22: 545~ 561
- 13 Farrar R R Jr, Kennedy G G. Insect and mite resistance in tomato. *Monographs on Theoretical and Applied Genetics*, 1991, 121~ 142
- 14 Gentile A G, Webb R E, Stoner A K. Resistance in *Lycopersicon* and *Solanum* species to greenhouse whiteflies. *J. Econ. Entomol.*, 1968, 61: 1355~ 1357
- 15 Mutschler M A, Doerge R W, Liu S C, et al. QTL analysis of pest resistance in the wild tomato *Lycopersicon pennellii*: QTLs controlling acylsugar level and composition. *Theor. Appl. Genet.*, 1996, 92: 709~ 718
- 16 Lawson D M, Lunde C F, Mutschler M A. Marker assisted transfer of acylsugar mediated pest resistance from the wild tomato, *Lycopersicon pennellii*, to the cultivated tomato, *Lycopersicon esculentum*. *Molecular Breeding*, 1997, 3: 307~ 317
- 17 Moreira L A, Mollema C, Heusden S V. Search for molecular markers linked to *Liriomyza trifolii* resistance in tomato. *Euphytica*, 1999, 109: 149~ 156

Inheritance of Tomato Wo^{mz} Gene and the Value of the Gene in Tomato Breeding

Chai Min and Ding Yunhua

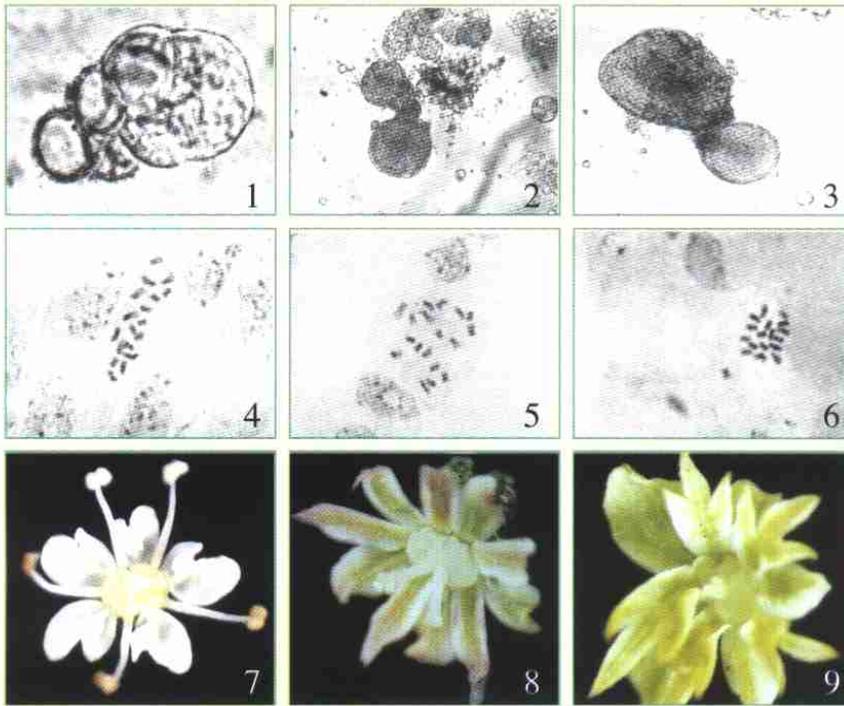
(Beijing Vegetable Research Center, Beijing 100089, China)

Abstract: The inheritance of Wo^{mz} in tomato line LS1371 (*Lycopersicon esculentum* Miller) was studied. Wo^{mz} gene is one of hairy genes in Woolly series, which determined the hairy characters in tomato. The results showed that Wo^{mz} gene was incompletely dominant. The genotype of Wo^{mz}/wo is effective for reducing the amount of insect pests (aphids and leaf miners) on tomato plants.

Key words: Tomato; Hairy character; Wo^{mz} ; Incomplete dominance; Inheritance

司家钢等：原生质体非对称融合获得胡萝卜 (*Daucus carota* L.) 种内胞质杂种

Si Jiagang, et al. Intraspecific Cybrids in Carrot (*Daucus carota* L.) Obtained from Asymmetric Protoplast Fusion



图版说明：1. 原生质体第三次细胞分裂 (3.3×4)；2. 融合体再生获得的胚状体和愈伤组织 (3.3×4)；3. 融合体再生获得的球形胚和心形胚 (3.3×4)；4. 7-0-8茎尖细胞染色体 $2n=18(3.3\times 100)$ ；5. 7-0-8+66-3胞质杂种茎尖染色体 $2n=18(3.3\times 100)$ ；6. 66-3茎尖细胞染色体 $2n=18(3.3\times 100)$ ；7. 胡萝卜材料66-3的可育花；8. 融合再生植株的瓣化型不育花；9. 不育供体亲本的不育花。
Explanation of plates: 1. The third cell division of carrot protoplast(3.3×4); 2. The calli and embryoid formed fusion cells(3.3×4); 3. Globular embryoid and heart embryoid from fusion cells(3.3×4); 4. Chromosome number of the donor parent 7-0-8, $2n=18(3.3\times 100)$; 5. Chromosome number of the cybrid, $2n=18(3.3\times 100)$; 6. Chromosome number of the recipient parent 66-3, $2n=18(3.3\times 100)$; 7. Fertile flower from plant of recipient parent 66-3; 8. Petaloid male sterile flower from regenerated plant; 9. Petaloid male sterile flower from the plant of donor parent 7-0-8.

柴敏等：番茄多茸毛基因 Wo^{mz} 的遗传表现及其利用价值

Chai min, et al. Inheritance of Tomato wo^{mz} Gene and the Value of the Gene in Tomato Breeding



浓密多毛
Dense hairy

浓密多毛
Dense hairy

多毛
Hairy

普通少毛
Normal