

# 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。通过各世代的表现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<sup>[1~3]</sup>  $Wo^{mz}$  基因可使番茄各器官被有茸毛, 1979 年由 Rick 发现<sup>[4]</sup>, 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<sup>[5]</sup>。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<sup>[1~4]</sup>, 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<sup>[5]</sup>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<sup>2</sup>) 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 ( $22.1 \text{ 根/mm}^2$ ) 高出 1 倍，而比  $wo/wo$  基因型的普通品种强力 62 ( $4.5 \text{ 根/mm}^2$ ) 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 <sup>2</sup> )			茸毛长度 Length of hairs(μm)			每株蚜 虫数 No. of aphids per plant	斑潜蝇 受害株 受伤害 (%)	Miner 每株虫数 No. of miner per plant
			上叶	下叶	茎	上叶	下叶	茎			
			Upper leaf	Lower leaf	Stem	Upper leaf	Lower leaf	Stem			
LS1371	$Wo^{mz}/Wo^{mz}$	浓密多毛 Dense hairy	44.3	28.9	46.5	422.3	405.2	434.3	12	1	1
$LS1371 \times$ 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
9887	$Wo/wo$	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% 的正常植株，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<sup>[6]</sup>，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	

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

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<sup>[3,5]</sup>。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<sup>[5,7]</sup>。本试验的研究结果(表 1)与郑贵彬等<sup>[5]</sup>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<sup>[8~14]</sup>。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<sup>[8~14]</sup>。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<sup>[8,15]</sup>, 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<sup>[15~17]</sup>, 为研究利用抗虫野生番茄资源带来新的希望。

3.2  $Wo^{mz}$ 基因的利用价值

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<sup>[2~4]</sup>, 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<sup>[6]</sup>, 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:

- Butler L. The linkage map of tomato. *Journal of Heredity*, 1952, 43: 25~35
- Rick C M. Linkage between  $ms-10$  and  $Wo$ . *Tom. Gen. Coop.*, 1960, 10: 33~34
- 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
- Rick C M. New friends at old addresses. *Tom. Gen. Coop.*, 1979, 29: 32
- 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
- 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
- 王永红. 番茄新品种——济南毛粉. *山东农业科学*, 2000, 2: 21
- Stevens M Allen, Rick C M. Resistance to insects in the tomato crop. J. C. Atjerton Chapman and Hall Ltd, 1986. 74~75
- Burke B A, Goldsby G, Mudd J B. Polar epicuticular lipids of *Lycopersicon pennellii*. *Phytochem*, 1987, 26: 2567~2571
- 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
- Snyder J C, Guo Z, Thacker R, et al. 2, 3 Dihydrofarnesic acid, a unique terpene from trichomes of *Lycopersicon hirsutum*, repels spider mites. *J. Chem. Ecol.*, 1993, 19: 2980~2997
- 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
- Farrar R R Jr, Kennedy G G. Insect and mite resistance in tomato. *Monographs on Theoretical and Applied Genetics*, 1991, 121~142
- 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
- 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
- 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
- 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

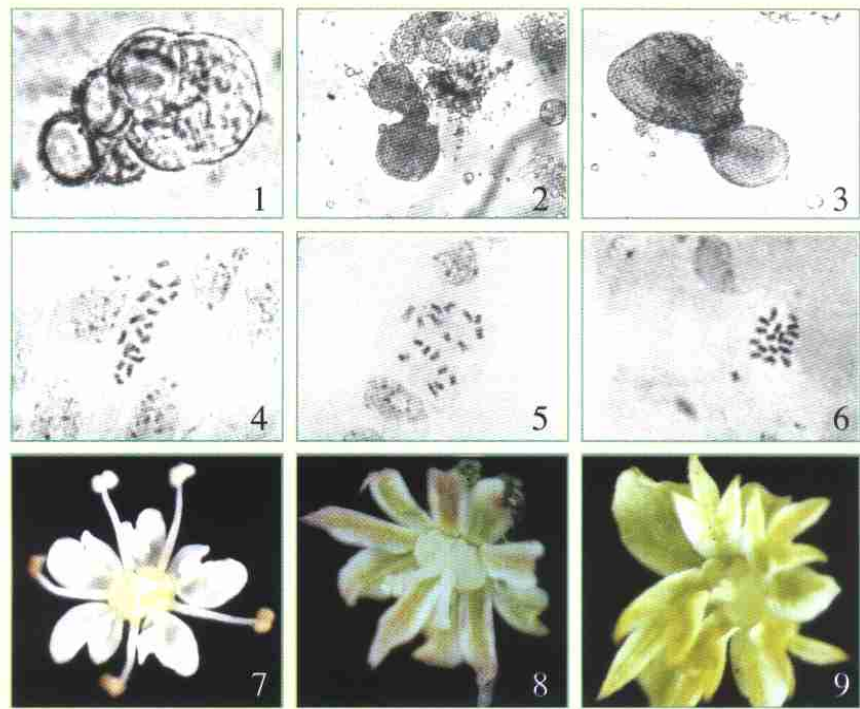
Chai Min and Ding Yunhua

(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 Wooly 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 $2n=18(3.3\times100)$ ；5. 7-0-8+66-3胞质杂种茎尖染色体 $2n=18(3.3\times100)$ ；6. 66-3茎尖细胞染色体 $2n=18(3.3\times100)$ ；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,  $2n=18(3.3\times100)$ ; 5. Chromosome number of the cybrid,  $2n=18(3.3\times100)$ ; 6. Chromosome number of the recipient parent 66-3,  $2n=18(3.3\times100)$ ; 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

