

网络出版时间:2016-08-09 09:41 DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2016.09.019
网络出版地址:http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20160809.0941.038.html

茄子褐纹病抗性与果皮超微结构的关系

陈姗姗¹,宋述尧¹,赵春波¹,周艳丽¹,张传伟²,温涛³

(1 吉林农业大学 园艺学院,吉林 长春 130118;2 山东省安丘市农业局,
山东 安丘 262100;3 农业高新技术开发区,吉林 松原 131200)

【摘要】 【目的】探讨茄科植物果实的微形态学特征和差异,明确茄子对褐纹病的抗性与茄子果皮结构之间的关系。【方法】用扫描电镜对 16 个抗病性不同的茄子品种的果实表皮结构进行比较观察,采用聚类分析方法对茄子品种进行抗病类型划分。【结果】抗病茄子品种表皮厚度在 75~105 μm,果实表皮细胞角质层厚,外果皮细胞层数多,细胞排列非常紧密;感病品种表皮厚度在 65 μm 以内,果实表皮细胞角质层薄,外果皮细胞层数少,细胞排列疏松。经聚类分析,高抗病品种(系)聚为第 1 类,抗病品种聚为第 2 类,所有的感病品种被聚成第 3 类。【结论】茄子的抗病性与果皮的组织结构有一定的关系。抗病品种的果皮普遍较厚,感病品种的果皮较薄,但也有果皮薄而抗病能力强的品种。

【关键词】 茄子;褐纹病;果皮超微结构;抗病性

【中图分类号】 S641.1 【文献标志码】 A 【文章编号】 1671-9387(2016)09-0143-08

Relationship between *Phomopsis vexans* resistance and pericarp ultra-structure of eggplant

CHEN Shanshan¹, SONG Shuyao¹, ZHAO Chunbo¹,
ZHOU Yanli¹, ZHANG Chuanwei², WEN Tao³

(1 Department of Horticultural, Jilin Agricultural University, Changchun, Jilin 130118, China;
2 Agricultural Bureau of Anqiu City, Anqiu, Shandong 262100, China; 3 The Agricultural High&New
Technology Development Zone, Songyuan, Jilin 131200, China)

Abstract: 【Objective】 This study investigated the micro-morphological characteristics and differences in fruit of Solanaceae plant and analyzed the relationship between resistance of *Phomopsis vexans* and pericarp structure of eggplant. 【Method】 The pericarps of 16 eggplants were observed and compared with SEM and cluster analysis was conducted to classify resistance types. 【Result】 The thickness of epidermal cells was 75—105 μm in resistant varieties, the epidermal cells had thick stratum corneum, and pericarps had more layers of closely arranged cells. The thickness of epidermal cells was less than 65 μm in susceptible varieties, epidermal cells had thin stratum corneum, and pericarps had less layers of loose cells. The cluster analysis showed that the high resistant varieties (lines) belonged to the first type, the resistant varieties (lines) belonged to the second type, and all the susceptible varieties belonged to the third kind. 【Conclusion】 There was a certain relationship between disease resistance of eggplant and organization structure. The resistant varieties had thick pericarps, while the susceptible varieties had thin pericarps. There were al-

【收稿日期】 2015-03-13
【基金项目】 吉林省教育厅资助项目“茄子抗褐纹病基因分子标记研究及品种资源的抗性评价”(2013076)
【作者简介】 陈姗姗(1983—),女,吉林长春人,讲师,博士,主要从事蔬菜抗病育种及蔬菜生态生理研究。
E-mail: chenshanshan0919@126.com
【通信作者】 宋述尧(1957—),男,吉林长春人,教授,博士生导师,主要从事设施园艺工程及蔬菜生态生理研究。
E-mail: sysongjlau@126.com

so resistant varieties with thin pericarps.

Key words: eggplant; *Phomopsis vexans*; pericarp ultra-structural; disease resistance

茄子是世界上主要的蔬菜作物之一,在亚洲、非洲、地中海沿岸、欧洲中南部、中美洲均有广泛种植,以中国茄子栽培面积最大,总产量最高^[1-2]。但是每年由于病虫害,经常造成全世界茄子大面积减产,其中尤以茄子褐纹病危害较大,发病严重时可造成茄子产量和品质大幅下降,影响果实的商品价值,腐果率一般在 20%~30%,严重地块甚至高达 80%,给广大菜农造成极大的经济损失。茄子果皮病变是褐纹病的主要表现形式,果皮是决定茄子果实抗病性的主要因素。寄主植物可采用多种方式来抵御病原菌的伤害,其中一方面就是利用自身的结构,如气孔、水孔、皮孔等抵御病原菌的侵入^[3-5]。近年来人们应用扫描电子显微镜(SEM)在果树、蔬菜、花卉、农作物及其他生物上进行了超微结构的观察,在园艺植物中研究最多的是对果实结构的观察^[6-8]。在果实的解剖结构中,表皮组织结构、角质层厚度等与果实抗病性、耐贮性密切相关^[9-10]。许多学者探讨

了植物抗病性与果皮结构的关系,但有关茄子抗病性与果皮厚度和结构之间的关系至今未见报道。本试验通过对抗性不同的 16 个茄子品种的果皮进行电镜扫描观察与分析,研究了不同品种果皮解剖结构的形态特征,比较果皮显微结构差异与抗褐纹病的关系,旨在为茄子生产中优质品种的筛选和育种亲本的选配提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材 料

选用吉林农业大学蔬菜教研室提供的 16 个抗性类型稳定的茄子品种作为供试材料,进行自交保持其遗传纯度。供试茄子品种(品系)的田间抗病性表现如表 1 所示。将茄子种子催芽后播种育苗,进行盆栽试验,日常管理同常规的田间管理。在果实成熟期选取具有代表性的果实取样,取样部位一致。

表 1 供试茄子品种的田间抗病性表现

Table 1 Field resistance performance of eggplant varieties

编号 No.	品种(品系) Variety	田间发病率/% Incidence	病情指数(DI) Disease index	反应型 Reaction type
1	83-02	0.00	0.00	HR
2	成都墨茄王 Chengdumoqie	14.29	8.67	R
3	墨丽长茄 Moli eggplant	42.86	13.54	R
4	早熟黑茄王 Zaoshuheiqiewang	41.25	24.95	MR
5	83-02×长茄 1 号 F ₁ 代 83-02×Changqie number 1 F ₁ generation	28.57	18.87	MR
6	83-02×长茄 1 号高世代自交系 83-02×Changqie number 1 high generation inbred lines	35.71	24.67	MR
7	朝研黑星 Chaoyanheixing	39.85	23.71	MR
8	长茄 1 号 Changqie number 1	78.57	51.44	HS
9	黑又亮 Heiyouliang	77.14	52.36	HS
10	日本茄子 Japanese eggplant	56.67	42.35	MS
11	黑龙长茄 Heilongchangqie	66.67	50.14	HS
12	黑豹长茄 Heibaochangqie	67.71	40.35	MS
13	英七长茄 Yingqichangqie	71.43	49.68	MS
14	三月长茄 Sanyuechangqie	65.71	35.68	MS
15	早熟紫长茄 Zaoshuzichangqie	42.86	30.14	S
16	鹰嘴长茄 Yingzuichangqie	85.71	59.57	HS

注:R 表示抗病,S 表示感病。抗性划分标准为:HR. 高抗, $DI<5$;R. 抗, $5\leq DI<15$;MR. 中抗, $15\leq DI<25$;S. 感, $25\leq DI<35$;MS. 中感, $35\leq DI\leq 50$;HS. 高感, $DI>50$ 。

Note:R. Resistant;S. Susceptible. Resistance standard;HR. Highly resistant, $DI<5$;R. Resistant, $5\leq DI<15$;MR. Moderate resistant, $15\leq DI<25$;S. Susceptible, $25\leq DI<35$;MS. Moderate susceptible, $35\leq DI\leq 50$;HS. Highly susceptible, $DI>50$.

1.2 茄子果皮扫描电镜样品的制备和观察

果实成熟期选择 15~20 cm 长的商品果,采回后立即用自来水冲洗去果实表面的灰尘等异物。用洁净刀片切取果实中部的果皮,切取长、宽约为 3

mm×3 mm 的果皮数片,投入体积分数 2.5%、pH 6.8 的戊二醛溶液中,在 4℃冰箱内固定 10~12 h。用 0.1 mol/L 的磷酸盐缓冲液漂洗 2 次,每次 15 min,用梯度丙酮分 6 级脱水,每梯度 10 min,再用

100%丙酮脱水 2 次,每次 15 min。用醋酸异戊酯置换丙酮 30 min 后换新液重新置换 1 h 以上^[11]。放入真空干燥器中干燥 1 d,干燥后用电导胶分别把样品粘贴在样品台上,粘贴时样品观察面朝上,在 ETD-2000 型离子溅射仪中喷金 2 min 镀金膜,置于 SSX-550 型扫描电子显微镜下观察并拍照。采用测微尺测量果皮角质膜厚度、表皮厚度、表皮细胞层数、亚表皮厚度、亚表皮细胞层数。

1.3 基于不同品种茄子果皮性状的聚类分析

采用 NTsys 2.10e 分析软件对不同品种茄子果皮的角质层、表皮和中果皮的厚度进行聚类分析。

表 2 不同品种茄子果皮解剖结构的比较

Table 2 Comparison of micro-structure of different eggplant varieties

编号 No.	角质层 Horny layer		表皮 Epidermis			中果皮 Sub-epidermis		
	厚度/ μm Thickness	形状 Appearance	细胞层数 Layers of cells	厚度/ μm Thickness	细胞排列 Arrangement of cells	细胞层数 Layers of cells	厚度/ μm Thickness	细胞排列 Arrangement of cells
1	10.43±1.10 a	规则长条形 Regular strip	3~4	92.23±9.32 a	非常致密 Very compact	9~10	286.84±30.44 a	非常致密 Very compact
2	9.31±0.98 b	规则五边形 Regular hexagon	3~4	87.74±8.88 a	非常致密 Very compact	9~10	271.34±29.37 a	非常致密 Very compact
3	7.25±0.73 cd	规则长条形 Regular strip	3~4	70.91±7.65 b	非常致密 Very compact	7~8	81.34±8.43 f	致密 Compact
4	6.98±0.73 d	规则五边形 Regular pentagon	2~3	68.97±6.97 bc	致密 Compact	3~4	76.83±7.86 d	疏松 Loose
5	6.76±0.62 de	规则六边形 Regular hexagon	3~4	69.46±6.89 bc	非常致密 Very compact	6~7	142.07±14.26 c	非常致密 Very compact
6	7.94±0.89 c	规则五边形 Regular pentagon	2~3	82.93±8.17 bc	非常致密 Very compact	6~7	147.16±14.37 c	致密 Compact
7	7.08±0.71 cd	长条形 Strip	3~4	68.37±6.57 bcd	致密 Compact	6~7	111.34±11.66 de	致密 Compact
8	5.12±0.60 g	长条形 Strip	2~4	36.54±3.22 g	非常疏松 Very loose	4~5	69.82±6.78 f	非常疏松 Very loose
9	6.03±0.69 e	长脊形 Long ridge	3~4	56.32±5.45 de	非常疏松 Very loose	6~7	133.47±13.66 cd	疏松 Loose
10	5.75±0.55 fg	长脊形 Long ridge	2~3	56.72±4.98 de	致密 Compact	6~7	122.04±13.08 cd	致密 Compact
11	5.24±0.55 fg	长脊形 Long ridge	2~3	57.83±5.97 cde	疏松 Loose	4~5	85.45±8.77 ef	疏松 Loose
12	4.99±0.50 g	规则长条形 Regular strip	2~3	41.16±3.76 f	致密 Compact	4~5	84.94±9.14 ef	致密 Compact
13	6.02±0.67 ef	规则长条形 Regular strip	2~3	53.65±5.81 e	非常疏松 Very loose	4~5	85.47±8.55 ef	非常疏松 Very loose
14	5.78±0.59 f	长条形 Strip	3~4	58.34±5.43 cde	致密 Compact	7~8	177.07±17.45 b	致密 Compact
15	5.28±0.55 fg	长脊形 Long ridge	2~3	57.84±5.77 cde	致密 Compact	6~7	115.16±11.79 d	非常疏松 Very loose
16	4.69±0.53 g	长脊形 Long ridge	3~4	55.25±5.55 e	非常疏松 Very loose	6~7	87.04±8.67 ef	疏松 Loose

注:1~16 所示品种与表 1 同;同列数据后标不同小写字母表示差异达显著水平($P<0.05$)。

Note:The 1—16 varieties correspond with Table 1. Lowercase letters with each column indicate significant difference at $P<0.05$.

由表 2 可知,抗病品种与感病品种果实表面角质层有一定的差异,16 种茄子果实角质层厚度变化于 4.69~10.43 μm ,最低值与最高值相差 5.74 μm 。其中以高抗品种 83-02 的角质膜最厚,角质层纹理较清晰、厚度较大,厚壁细胞层数及加厚的程度也大于感病品种,这可能是 83-02 果皮韧性较强的主要原因。然而,同样对褐纹病表现出抗病性的其他茄

子品种,却没有角质层特殊加厚的现象。由此可以看出,果皮角质膜的厚度、质地均匀程度与表皮细胞的形状、排列方式有密切关系,这与角质膜由表皮细胞原生质体合成并通过细胞壁转移到表面有关。

2.2 不同品种茄子果实表皮细胞的结构特征

茄子表皮细胞是果实外层的保护组织,由排列较紧密的厚壁细胞构成。扫描电镜观察结果表明:

不同品种茄子果实表皮细胞的形状、排列状态和细胞大小都有所差异。由表 2 和图 1 可以看出,不同茄子品种果实的角质层细胞形状有规则长条形、长脊形、规则五边形、规则六边形和不规则形等多种形态。从细胞形状来看,抗病品种 83-02、墨丽长茄和朝研黑星角质层细胞形状均呈长条形分布,细胞大

小一致,表皮细胞间距较小;成都墨茄王、早熟黑茄王和 83-02×长茄 1 号高世代自交系表皮细胞为五边形结构;83-02×长茄 1 号 F₁ 代为六边形结构;感病品种表皮细胞多为长脊形或长条形结构,表面沟壑较深,不平整。

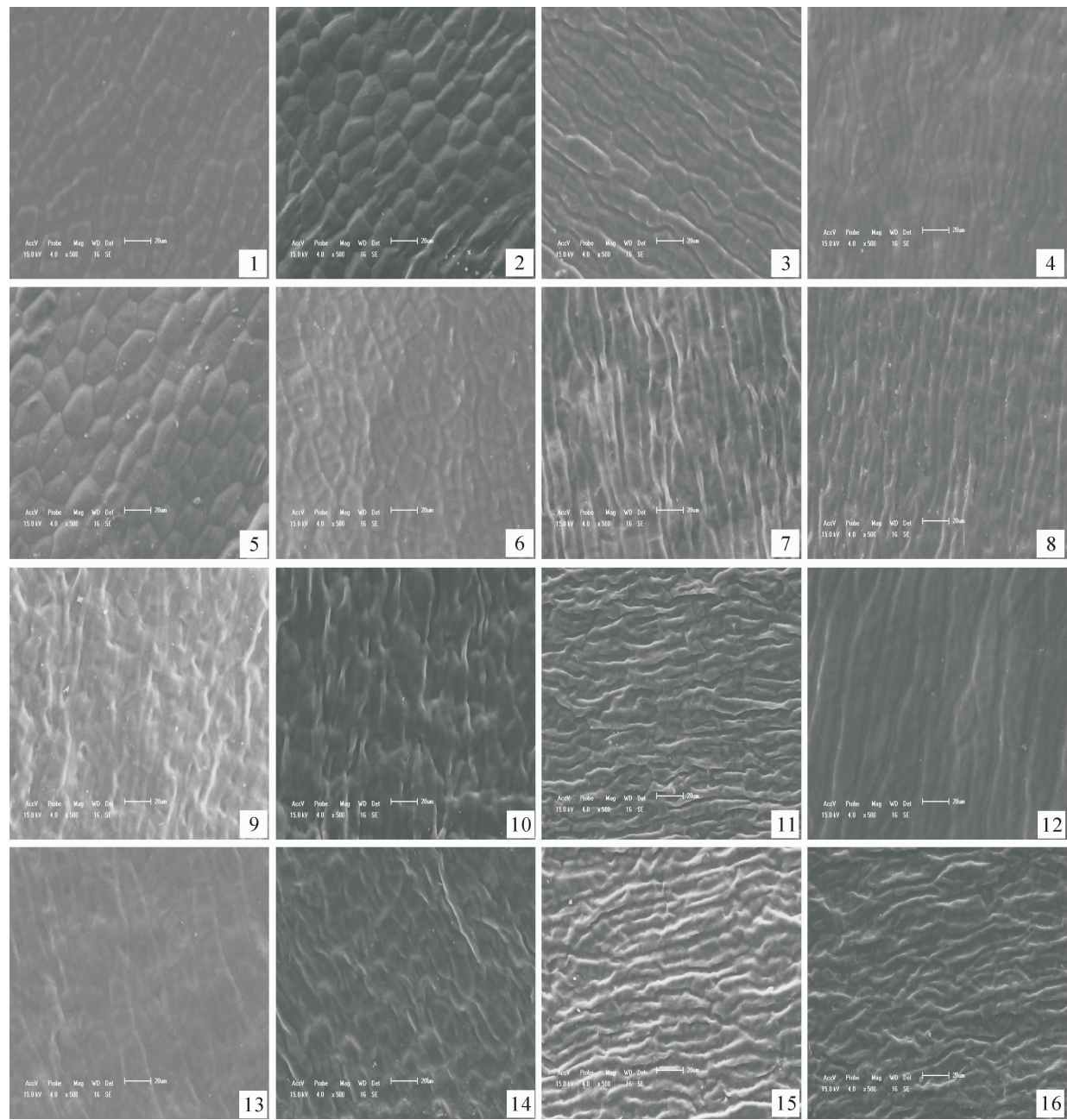


图 1 不同品种茄子果实果皮的角质层细胞电镜观察结果(×500)

图中编号与表 1 中对应,其中 1~7 号为抗病品种,8~16 号为感病品种。下同

Fig. 1 Electron microscopic observation of horny layer on pericarps of different eggplant varieties(×500)

The numbers correspond with Table 1. 1—7 are resistant varieties and 8—16 are susceptible varieties. The same below

2. 3 不同品种茄子果实中果皮细胞的结构特征

从表 2 和扫描电镜的观察结果可以看出,16 个茄子品种果实中果皮细胞的形状、细胞层数、细胞大

小和排列方式差别较大。高抗和抗病品种的中果皮细胞层数达到 7~10 层,远远多于感病品种,表皮厚度明显增大,而且细胞排列整齐而紧密,表皮与亚表

皮结合也非常紧密。感病品种表皮细胞和亚表皮细胞层数相对较少,表皮及亚表皮厚度也略薄,而且亚表皮细胞排列比较疏松。中抗品种表皮和亚表皮细胞层数及厚度基本介于抗病品种与感病品种之间,细胞排列也比较致密。

2.4 不同品种茄子果实果皮纵切面的结构特征

茄子果皮由角质层、表皮细胞、亚表皮细胞和中果皮组成。表皮细胞由一层多边形或长方形、较小而排列紧密的细胞组成,外部和细胞间隙充满很厚

的角质层;外果皮多由 4~8 层直径为 20 μm 、排列紧密的细胞组成;中果皮由一些稍大、排列较紧密的细胞逐步过渡到更大而疏松的薄壁细胞,中果皮中部和靠近外果皮的薄壁细胞排列比海绵组织紧密。从茄子果皮纵断面电镜观察结果(图 2)可以看出,抗病品种的表皮细胞排列整齐而紧密,果实成熟时细胞呈扁平状,一般有 3~4 层;感病品种表皮略薄,一般只有 2~3 层细胞,细胞排列也较松散,与亚表皮的结合也不紧密。

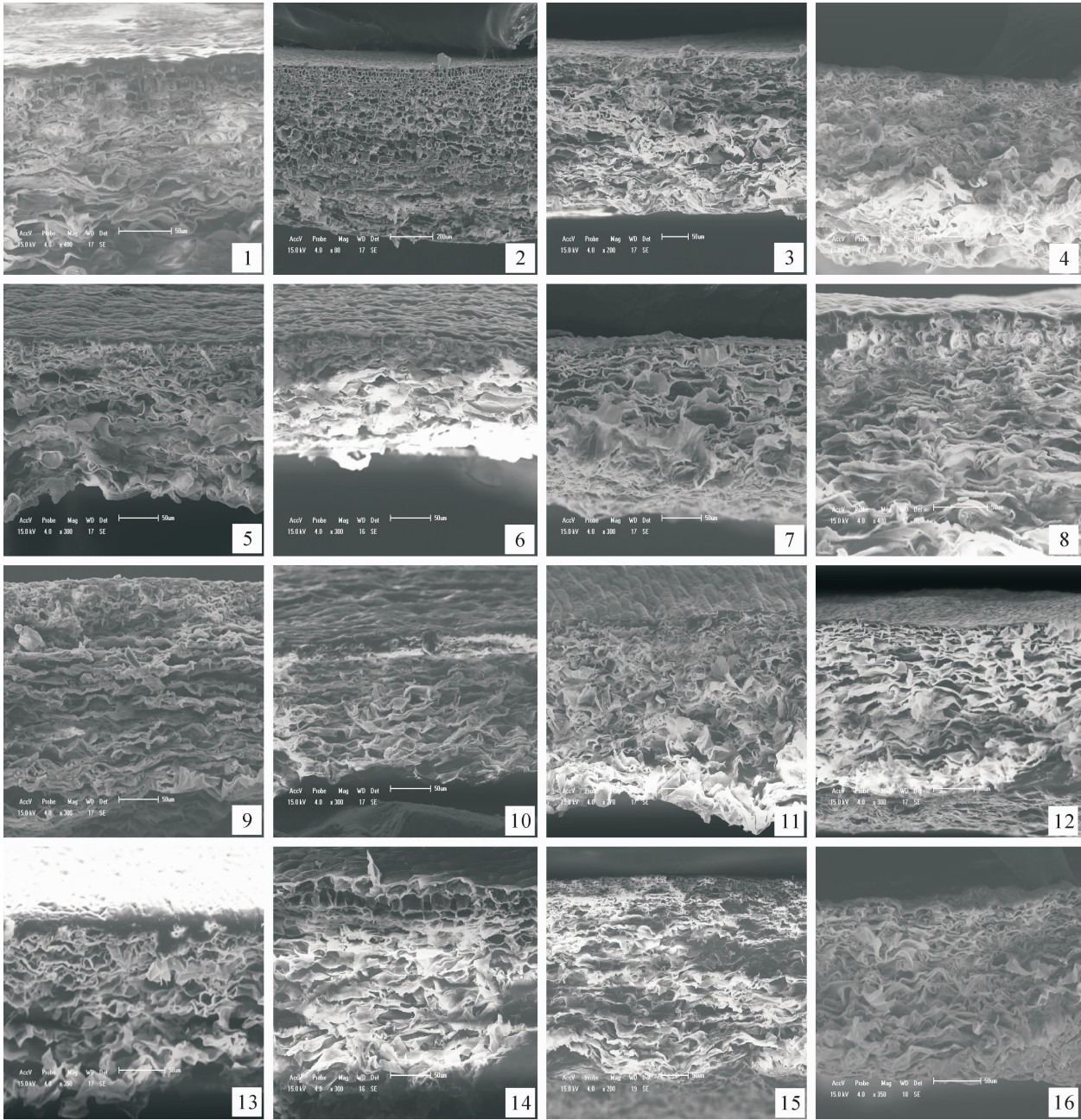


图 2 不同品种茄子果实果皮纵断面电镜观察结果

1,8, $\times 400$; 2, $\times 80$; 3, 7, 9, 10, 12, 13, 15, $\times 300$; 4, 11, $\times 270$; 5, $\times 360$; 14, $\times 350$; 6, 16, $\times 200$

Fig. 2 Electron microscopic observation of pericarp profile of different eggplant varieties

2.5 不同品种茄子果实果皮性状与抗病性的聚类关系

从图 3 聚类分析结果可以看出,在相似系数约为 1.48 处,16 个供试茄子品种被聚为 3 大类。高抗褐纹病的茄子品种“83-02”和成都墨茄王因果皮性状比较相似,聚成一类;而墨丽长茄、早熟黑茄王、83-02×长茄 1 号 F₁ 代、83-02×长茄 1 号高世代自交系、朝研黑星等抗病品种聚为一类;相似性最高的是墨丽长茄和早熟黑茄王 2 个抗病品种;其余的感

病茄子品种被聚为第 3 类,其中长茄 1 号与黑豹长茄、黑又亮与日本茄子、黑龙长茄与鹰嘴长茄这 3 组果皮性状分别比较接近。聚类分析结果显示,高抗病茄子品种果皮表现出的性状比较明显,与其余抗病品种分别聚为 2 大类,而所有的感病品种与抗病品种的果皮性状亦存在明显的差异,进而被聚成另一类。因此依据果皮的形态特征可以明显区分不同茄子品种的抗性类型。

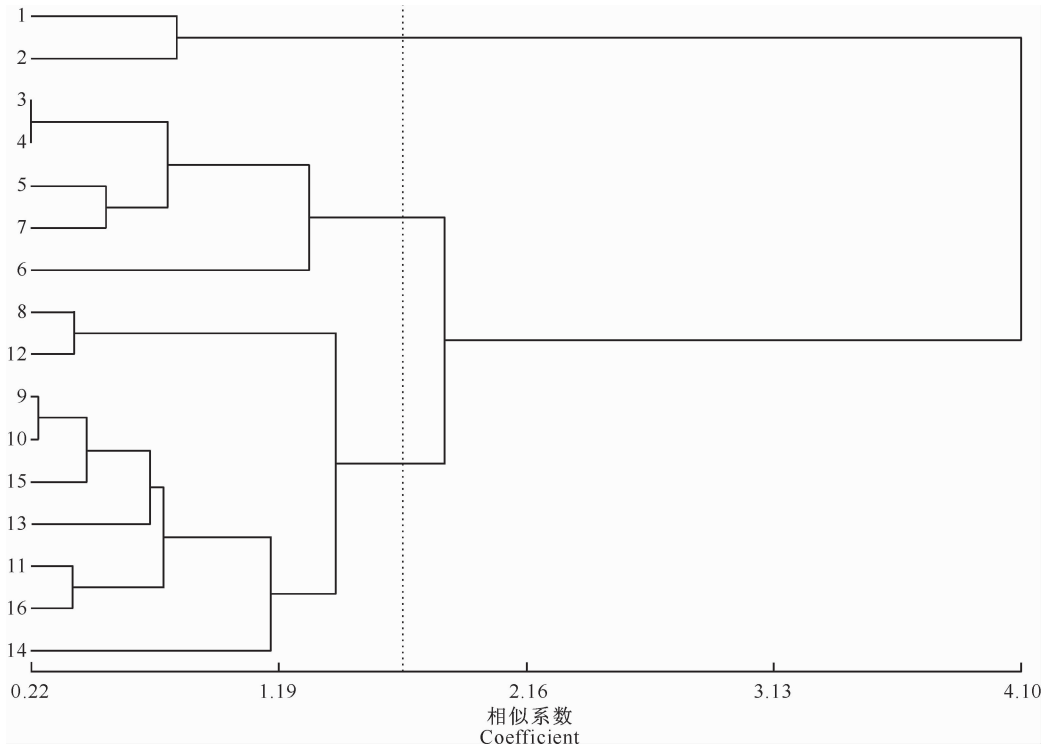


图 3 不同品种茄子果实果皮性状的聚类分析结果

Fig. 3 Clustering analysis of pericarp characters of different eggplant varieties

3 结论与讨论

果皮组织结构与果实的抗病性有一定的关系。植物抗病性强弱受表皮细胞上蜡质、角质的数量和质量,表皮毛的生长和分布,以及气孔和皮孔的形状、大小、位置等状况的影响^[12]。园艺植物中果实角质层和蜡质层厚、表皮细胞排列紧密、果皮细胞较厚的品种,能够较好地保持果实水分,抵抗微生物的侵染和机械损伤^[13-14]。许多研究表明,病原微生物通过果实组织裂隙、皮孔及伤口侵入组织内部,较理想的果皮组织结构应是果皮较厚、细胞层数较多且细胞较长、较薄、排列紧密^[15]。有研究表明,苹果就是果皮较厚、细胞层数较多、细胞较长、排列紧密的果实,因此其自身抗病性和抗挤压能力较强^[16]。潘

洵操等^[17]观察了荔枝果皮的结构特征,发现其外果皮细胞外壁和角质层很薄,易受机械损伤,故其自我保护能力较差。

果实果皮作为植物体表面的次生保护组织,也有防止水分过度散失和抵抗外界病虫侵害的作用^[3,5,18-19]。但有研究发现,黄瓜抗霜霉病品种和感病品种叶表面的气孔密度、大小并无明显区别^[20]。本试验结果表明,抗病茄子品种的表皮和角质层较厚,细胞排列紧密,与亚表皮细胞结合紧密,表皮厚度的分布也比较集中,多数抗病品种表皮厚度在 75~105 μm,这说明包括角质层在内的表皮细胞对保护果实和阻止病菌侵染具有重要作用;而感病品种普遍表皮较薄,表皮厚度在 65 μm 以内,中果皮细胞的厚度大多在 90 μm 以内,且表皮和中果皮细

胞结构松散,角质层比较薄而且形状不规则,因此病原物很容易突破茄子表皮的保护组织而侵入,进而伤害表皮细胞和果肉细胞。有研究发现,棉花根、茎切片中抗病品种单位面积的细胞数量多于感病品种,认为细胞间隙的减少,提高了棉花的机械抗病能力^[21];也有研究结论证实感病烟草品种叶片组织结构的导管细胞排列不及抗病品种紧密^[22];还有研究表明,水果果皮表皮细胞排列不规则,有较多间隙是果锈和果斑生成的主要原因^[8,23]。综观园艺植物果实超微结构研究可以看出:果实在成熟过程中,组织结构及细胞内部会发生多方面的明显变化^[24-25],表皮细胞及细胞间隙的大小、细胞壁的构造及其厚度、细胞膜及其他亚细胞结构等都存在着复杂的变化过程^[26-27]。

由此可见,较大的果皮厚度特别是表皮细胞的厚度确实有助于提高果实的抗病能力。茄子本身具有的果皮结构特点是抵抗和延迟病原菌侵入的一种机械障碍,与品种抗病的高低有一定的关系。国外已有很多学者从细胞水平上对病害的发生过程展开研究,借助现代高新仪器如扫描电镜、透射电镜以及共聚焦显微镜等来观察病变的发生,但却仍未对这些变化与病害发生的机制关系进行系统阐释。因此,今后的研究应该集中在褐纹病病害发生过程中果皮超微结构的变化上,并将其与结构相关物质变化的研究结合起来。

[参考文献]

- [1] 孔庆科,丁爱云,刘招舰. 茄子感染黄萎病菌前后酶活性的动态反应和同工酶变化 [J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2001,32(3):271-274.
Kong Q K, Ding A Y, Liu Z J. Some changes of enzyme activities and isozymes from susceptible and resistant eggplants after inoculation with *Verticillium* Dahliaeklab [J]. Journal of Shandong Agricultural University (Natural Science), 2001, 32(3): 271-274.
- [2] 周宝利,高艳新,林桂荣. 嫁接茄子抗病性与电导率、脯氨酸含量及苯丙氨酸解氨酶活性的关系 [J]. 园艺学报, 1998, 25(3): 300-302.
Zhou B L, Gao Y X, Lin G R. Relationship between disease resistance and electrolytic leakage, proline content and PAL activity in grafted eggplant [J]. Acta Horticultural Sinica, 1998, 25(3): 300-302.
- [3] Luza J G, Polito V S, Kader A A, et al. Chilling injury in peaches: a cytochemical and ultrastructural cell wall study [J]. Journal of the American Society for Horticulturalence, 1992, 117(1): 114-118.
- [4] 祝东立,贺学礼,石 硕. 河北小五台山 18 种蒿属植物果皮微形态学研究 [J]. 河北农业大学学报, 2007, 30(6): 57-62.
Zhu D L, He X L, Shi S. Study on pericarp morphology of eighteen species of *Artemisia* L. in the Xiaowutai mountains [J]. Journal of Agricultural University of Hebei, 2007, 30(6): 57-62.
- [5] Alquezar B, Mesejo C, Alferez F, et al. Morphological and ultrastructural changes in peel of 'Navelate' oranges in relation to variations in relative humidity during postharvest storage and development of peel pitting [J]. Postharvest Biology & Technology, 2010, 56: 163-170.
- [6] 陈安均,蒲 彪,罗云波. 不同熟期桃果实超微结构及相关代谢的研究 [J]. 果树学报, 2002, 19(1): 67-69.
Chen A J, Pu B, Luo Y B. Study on the relationship between the flesh ultrastructural changes and the related metabolism of the ripening peach fruit [J]. Journal of Fruit Science, 2002, 19(1): 67-69.
- [7] 吕英民,张大鹏,严海燕. 苹果果实韧皮部及其周围薄壁细胞的超微结构观察和功能分析 [J]. 植物学报, 2000, 42(1): 32-42.
Lü Y M, Zhang D P, Yan H Y. Ultrastructure of phloem and its surrounding parenchyma cells in the developing apple fruit [J]. Acta Botanica Sinica, 2000, 42(1): 32-42.
- [8] Knight T, Klieber A, Sedgley M. Structural basis of the rind disorder oleocellosis in Washington navel orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck) [J]. Annals of Botany, 2002, 90(6): 765-773.
- [9] 于惠敏,陈际江,鲍雪珍. 葡萄耐盐细胞系的超微结构研究 [J]. 山东大学学报(自然科学版), 2000, 35(3): 327-332.
Yu H M, Chen J J, Bao X Z. Studies on the ultrastructure of salt-tolerant cell line of vitis vinifera [J]. Journal of Shangdong University (Natural Science), 2000, 35(3): 327-332.
- [10] 李治梅,张玉星,许建锋. 鸭梨、黄金梨果实结构与耐贮性的关系 [J]. 果树学报, 2006, 23(1): 108-110.
Li Z M, Zhang Y X, Xu J F. Effects of fruit tissue structure of Yali and Whangkeumbae pear cultivars on the fruit storability [J]. Journal of Fruit Science, 2006, 23(1): 108-110.
- [11] 汤雪明,戴书文. 生物样品的环境扫描电镜观察 [J]. 电子显微学报, 2001, 20(3): 217-223.
Tang X M, Dai S W. ESEM observation for biological samples [J]. Journal of Chinese Electron Microscopy Society, 2001, 20(3): 217-223.
- [12] Agrios G N. 植物病理学 [M]. 陈永莹,陆家云,许志刚,等译. 3 版. 北京:中国农业出版社, 1997: 62.
Agrios G N. Plant pathology [M]. Chen Y X, Lu J Y, Xu Z G, et al. translation. 3rd edition. Beijing: Chinese Agricultural Press, 1997: 62.
- [13] 屈红霞,孙谷畴,蒋跃明. 龙眼果皮显微结构与果实耐贮性关系探讨 [J]. 武汉植物学研究, 2001, 19(1): 83-85.
Qu H X, Sun G C, Jiang Y M. Study on the relationship between the peel structure and keeping quality of Longan fruit [J]. Journal of Wuhan Botanical Research, 2001, 19(1): 83-85.
- [14] 王金生. 分子植物病理学 [M]. 北京:中国农业出版社, 1999: 40, 57, 361.

Wang J S. Molecular plant pathology [M]. Beijing: Chinese Agricultural Press, 1999:40,57,361.

[15] 马 青,崔鸿文,魏国荣. 黄瓜抗霜霉病的组织学和超微结构研究 [J]. 西北农业大学学报,1995,23(5):33-38.

Ma Q,Cui H W,Wei G R. The histology and ultrastructure of cucumber resistance to *Pseudoperonospora cubensis* [J]. Acta Univ Agric Boreali-occidentalis,1995,23(5):33-38.

[16] Alves G,Ameglio T,Fleurat P. Cytological and immunological approach of vessel-associated cells in understanding the winter sugar exchanges in walnut stems [J]. Acta Hort,2001,544:295-300.

[17] 潘润操,谢宝贵. 荔枝果皮结构与果实贮藏性能关系的探讨 [J]. 广西植物,1997,17(1):79-84.

Pan X C,Xie B G. Study on the relationship between the peel structure and storage quality of litchi fruits [J]. Guihaia,1997,17(1):79-84.

[18] Irena G W. Anatomical features and ultra-structure of *Deschampsia antarctica* (Poaceae) leaves from different growing habitats [J]. Annals of Botany,2005,96(6):1109-1119.

[19] 郭庆梅,周凤琴,杨金玲. 山东栽培瓜蒌果皮超微形态的初步研究 [J]. 中国中药杂志,2005,30(20):1580-1582.

Guo Q M,Zhou F Q,Yang J L. Studies on micromorphological characters of fruit coats in cultivated *Fructus trichosanthis* in Shandong Province [J]. China Journal of Chinese Materia Medica,2005,30(20):1580-1582.

[20] 李 靖,利容千,曾子申. 黄瓜对霜霉病抗性的显微和超微结构研究 [J]. 武汉植物学研究,1991,9(3):209-214.

Li J,Li R Q,Zeng Z S. Microscopical and ultrastructural studies on the resistance of cucumber to *Pseudoperonospora cubensis* [J]. Journal of Wuhan Botanical Research,1991,9(3):209-214.

[21] 周庭辉,戴小枫. 棉花抗黄萎病生理与生化机制研究 [J]. 分子植物育种,2006,4(4):593-600.

Zhou T H,Dai X F. Research on physiological and biochemical mechanism of cotton against *Verticillium* wilt [J]. Molecular Plant Breeding,2006,4(4):593-600.

[22] 张友玉,陈良碧. 烟草叶片组织结构的扫描电镜观察方法 [J]. 电子显微学报,2000,19(4):154-157.

Zhang Y Y,Chen L B. Observation of the structure of tobacco leaf tissue with SEM [J]. Journal of Chinese Electron Microscopy Society,2000,19(4):154-157.

[23] 吴江明,张忠恒,于 萍,等. 苹果软化过程中质壁互作的生理和结构研究 [J]. 园艺学报,1995,22(2):181-182.

Wu J M,Zhang Z H,Yu P,et al. Studies on the ultrastructure and physiology of the interaction between cytoplasm and cell wall during apple softening [J]. Acta Horticulture Sinica,1995,22(2):181-182.

[24] Philip R C,Donald G. Ultrastructure of tomato fruit ripening and the role of polygalacturonase isoenzymes in cellwall degradation [J]. Plant Phys,1998,72:1088-1093.

[25] 魏钦平,叶宝兴,张继祥. 不同生态区富士苹果果皮解剖结构的特征与差异 [J]. 果树学报,2001,18(4):243-245.

Wei Q P,Ye B X,Zhang J X. Characters and difference of anatomical structure for Fuji apple pericarp in various ecological regions plates [J]. Journal of Fruit Science,2001,18(4):243-245.

[26] Jiang Y M,Li Y B. Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of Longan fruit [J]. Food Chemistry,2001,73:139-143.

[27] 周会玲,李嘉瑞. 葡萄果实组织结构与耐贮性的关系 [J]. 园艺学报,2006,33(1):28-32.

Zhou H L,Li J R. The relationship between fruit texture and storage character in grapes [J]. Acta Horticulturae Sinica,2006,33(1):28-32.