第17卷第4期　　西北农业大学学报　　Vol.17,No.4
1989年12月　　Acta Univ. Septentrionali Occident.Agric.　　Dec.,1989

# 西瓜枯萎病抗性机制的研究

张　显*　　王　鸣

（园艺系）

**摘　要**

西瓜幼苗主根中导管的分布，中央导管数目及其木质纤维壁的加厚程度，与西瓜对枯萎病的抗性密切相关。植物体内多酚氧化酶、过氧化物酶活性与西瓜枯萎病的抗性之间不存在显著相关，而抗坏血酸氧化酶活性与枯萎病抗性之间存在着极显著相关。这可作为鉴定和筛选抗病性个体的生化指标。研究还发现抗病品种与感病品种在某些特定氨基酸的含量上有较明显的差别。

**关键词**：西瓜；枯萎病；抗性机制；酶活性；解剖结构

西瓜枯萎病（*Fusarium oxysporum* f. sp.niveum）是西瓜的毁灭性病害。近年来西瓜种植面积越来越大，由于轮作倒茬日益困难，使得西瓜枯萎病大量发生和流行，给生产造成了巨大的损失。因此开展西瓜抗枯萎病育种工作已成当务之急。

植物抗病性与组织结构[1~3]和化学物质-　酶[4]，特别是氧化酶[5]有着密切的关系。

为了进一步提高对西瓜枯萎病抗性鉴定的效果，并开展间接鉴定的可能性，在苗期人工接种鉴定的基础上，我们选出具有不同抗性水平的西瓜材料从组织解剖学和生物化学两方面对其抗病机制进行了探讨。

## 1．材料和方法

### 1.1　多酚氧化酶、抗坏血酸氧化酶、过氧化酶活性测定

多酚氧化酶活性采用邻苯二酚法测定；抗坏血酸氧化酶活性用抗坏血酸氧化法测定；过氧化物酶活性采用愈创木酚-过氧化氢法测定[6]。每次测定为2次重复，共测3次。

### 1.2　根系解剖结构的扫描电镜观察

取西瓜幼苗期新鲜材料主根，修整好，用刀片仔细横切成厚度为0.5mm的切片，于戊二醛溶液中固定。弃掉戊二醛用缓冲液漂洗2次。用不同浓度（10%，20%，30%，50%，70%，80%，90%，100%）乙醇脱水2次（各15min），再用醋酸异戊酯脱水2次各20min。临界点干燥、喷金。电镜（日立公司产品：S－450型扫描电镜）观察、照相记录。

本文于1989年1月21日收到。

*现在陕西省果树研究所工作。

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

## 2. 结果与分析

### 2.1 过氧化物酶活性与抗病性的关系

Stahman 和 Demorest (1973) 总结了酶在病害反应中的变化，指出过氧化物酶起着关键作用。因此我们对 POD 酶的活性进行了测定，以验证它与西瓜对枯萎病的抗性是否有密切关系。测定结果见表1。

**表 1 不同抗性西瓜幼苗过氧化物酶活性与发病率的关系** (1986年)

| 试材代号 | 测定时期 | | | 发病率 (%) |
|---|---|---|---|---|
| | 22/3 | 4/4 | 22/4 | |
| 088 | 1419.4 | 659.7 | 177.6 | 100 |
| 098 | 909.3 | 326.7 | 222.2 | 100 |
| 069 | | 603.2 | 437.6 | 97.78 |
| 115 | 1954.8 | 906.5 | 405.3 | 33.33 |
| WI5 | 2889.1 | | 214.4 | 4.44 |
| WI10 | 3311.2 | | 348.3 | 0.0 |
| 001 | 2280.6 | 467.6 | 244.6 | 100 |
| 102 | 2624.7 | 914.2 | 155.2 | 26.67 |
| 105 | 1541.3 | 724.5 | 343.4 | 31.11 |
| 132 | | 492.9 | 476.8 | 100 |
| 100 | 1582.7 | 255.4 | 190.5 | 100 |
| 063 | 2825.3 | 611.1 | | 68.89 |
| 104 | 3499.3 | 527.9 | | 75.56 |
| 150 | 2274.1 | 660.8 | | 17.78 |
| 相关系数 | -0.4867 | -0.7594** | —0.05218 | |

注：1 ml提取的酶液在20°C下，1 min内氧化愈创木酚的克分子数。

从表1的结果看，3次测定的相关系数分别为-0.4867，-0.7594**，-0.05218，仅-0.7594在0.01的水平上达到显著程度。说明活性越高，抗性越强。但3次测定的结果相差较大，仍不能用它来充分说明与抗病性的关系。

### 2.2 多酚氧化酶 (PPHD) 活性与抗病性的关系

多酚氧化酶是一种含铜的氧化酶，它在植物体内氧化各种酚类化合物生成醌，对病原菌产生抑制和毒害作用。曾经有人提出在病害或受伤组织的提取液中酚酶活性增高的报告。Metliski 和 Ozeresskovskaya (1968) 提出酚或它们的氧化物在抗病性反应中，对日齐素 (rishitin) 和其他植物保卫素起增效作用。他指出单独的植物保卫素杀真菌毒性不很高。在多酚氧化酶的作用下，酚类物质经莽草酸或乙酸途径合成的大量化合物中可鉴定出许多植物保卫素[3]。因此，认为它与抗病性有关。我们对多酚氧化酶活性的测定结果见表2。

从表2可以看出，3次测定的相关系数分别为-0.4527，0.4835，-0.4508，第一次与第三次测定结果相似，第二次出现相反的结果。说明酚酶在该植物体内不稳定，与

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 2　不同抗性西瓜幼苗多酚氧化酶活性与发病率的关系　　(1986)

| 试材代号 | 测定时期 | | | 发病率（%） |
|---|---|---|---|---|
| | 22／3 | 4／4 | 22／4 | |
| 100 | 3.8790 | 24.4513 | 16.9053 | 100 |
| 105 | 5.6085 | 10.6519 | 10.4343 | 31.1 |
| 102 | 1.9084 | 2.7988 | 22.6415 | 26.67 |
| 150 | 8.6379 | 10.5946 | | 17.78 |
| WI10 | 13.6832 | | 35.5068 | 0.00 |
| 001 | 4.8544 | 10.5068 | 2.6408 | 100 |
| 098 | 1.8727 | 17.2085 | 35.1494 | 100 |
| 137 | 8.1433 | | | 26.67 |
| 115 | 1.3419 | 7.9271 | 17.0270 | 33.33 |
| WI5 | 15.7589 | | 35.4181 | 4.44 |
| 104 | 7.1780 | 9.1877 | | 75.56 |
| 088 | 10.5232 | 12.8162 | 14.8683 | 100 |
| 063 | 3.8871 | 6.4191 | | 68.89 |
| 132 | | 9.9291 | 17.5991 | 100 |
| 069 | | 7.5855 | 18.9926 | 97.78 |
| 相关系数 | -0.4527 | 0.4835 | -0.4508 | |

注：1 ml提取酶液在20°C下1 min内氧化邻苯二酚的克分子数。

抗性之间的关系不密切，因而不宜作为抗病性鉴定的指标。

### 2.3　抗坏血酸氧化酶活性与抗病性的关系

抗坏血酸氧化酶在植物体中普遍存在，其中以蔬菜及果实，特别是葫芦科植物中较多。毕沃尔斯（Beevers，1961）在得病的禾谷类组织里观察到抗坏血酸氧化作用大量增加，但对涉及的抗坏血酸氧化酶没有鉴定[5]。我们测定了西瓜幼苗中抗坏血酸氧化酶的活性，并把它与西瓜的抗枯萎病能力联系起来分析，结果见表3。

从表3可以看出抗病性的大小与体内抗坏血酸氧化酶的活性大小呈显著的正相关，其相关系数分别为 $r_1=0.7722$，$r_2=0.7477$，$r_3=0.6827$。$r_1$和$r_2$在0.01的水平上达到极显著相关，$r_3$在0.025水平上达到显著相关。这表明抗性越强的品种，体内具有较高的抗坏血酸氧化酶活性。通过这些结果，我们初步认为抗坏血酸氧化酶活性的大小，可用来作为对西瓜抗枯萎病进行预先筛选的生化指标，从而简化抗病鉴定的手续，缩短鉴定时间，提高工作效率，加快抗病育种的进程。

### 2.4　根系中游离氨基酸含量与抗病性的关系

关于氨基酸与植物抗病性的关系已有一些人做过研究。吕金殿(1981)认为抗枯萎病的棉花品种的脯氨酸、谷氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸、半胱氨酸、异亮氨酸和蛋氨酸等的平均含量均比感病品种高，而感病品种的天冬氨酸、赖氨酸、丝氨酸、缬氨酸和苏氨酸的平均含量都比抗病品种高[3]。有人还认为精氨酸可以抑制马铃薯晚疫病的孢子萌发[2]。我们用121MB型氨基酸分析仪测定了西瓜幼苗根系中的17种氨基酸含量，结果见表4。

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

**表 3 不同抗性西瓜品种幼苗抗坏血酸氧化酶活性与发病率的关系** (1986年)

| 试材代号 | 测定时期 | | | 发病率（%） |
|---|---|---|---|---|
| | 22／3 | 4／4 | 22／4 | |
| 100 | 2.5213 | 4.4678 | 10.5410 | 100 |
| 105 | 4.2064 | 6.1455 | 11.4775 | 31.11 |
| 102 | 5.8900 | 6.9825 | 10.5660 | 26.67 |
| 150 | 5.2492 | 6.2358 | | 17.78 |
| WI10 | 6.6001 | | 27.1143 | 0.00 |
| 001 | 0.9709 | 4.4277 | 11.2676 | 100 |
| 098 | 2.6217 | 4.7024 | 14.4991 | 100 |
| 137 | 3.6445 | | | 26.67 |
| 115 | 5.2735 | 5.4253 | | 33.33 |
| WI5 | 5.5975 | 20.2142 | | 4.44 |
| 104 | 5.5373 | 6.1245 | | 75.56 |
| 088 | 3.9086 | 2.7821 | 13.5939 | 100 |
| 063 | 3.5074 | 2.9669 | | 68.89 |
| 132 | | 2.9560 | 6.8413 | 100 |
| 069 | | 3.5417 | 7.7622 | 100 |
| 相关系数 | -0.775[illegible] | -0.7477 | -0.6827 | |

注：1 ml提取的酶液在20°C下氧化抗坏血酸的克分子数

**表 4 不同抗性西瓜品种幼苗根系中17种游离氨基酸的含量**

（单位mg／100g）

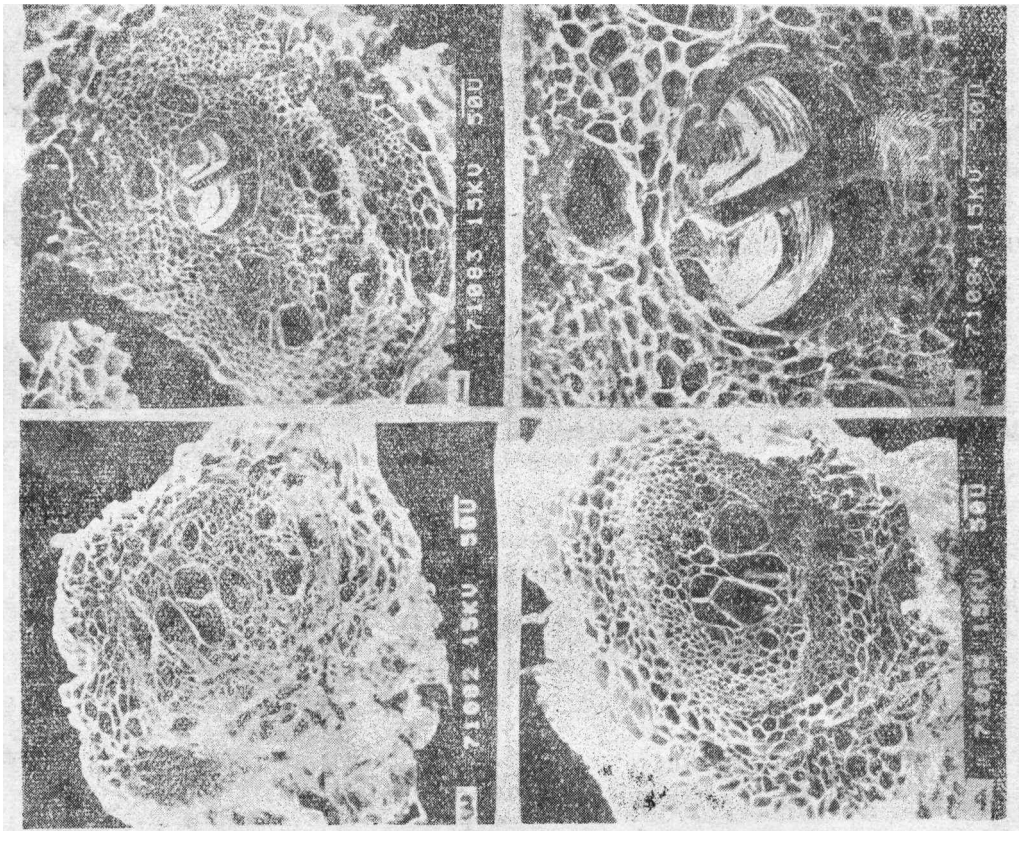
| 试材代号 | WI5 | 069 | 088 | 104 | 132 | 150 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 发病率 | 4.44 | 97.78 | 100 | 75.56 | 100 | 17.78 |
| 天冬氨酸 | 9.275 | 8.023 | 6.970 | 8.384 | 6.886 | 4.170 |
| 苏氨酸 | 28.642 | 微 | 微 | 微 | 微 | 微 |
| 丝氨酸 | 25.493 | 12.433 | 6.762 | 11.949 | 9.197 | 13.563 |
| 谷氨酸 | 9.598 | 4.817 | 3.691 | 4.373 | 5.573 | 3.185 |
| 脯氨酸 | 9.627 | 3.465 | 1.529 | 3.167 | 2.044 | 5.004 |
| 甘氨酸 | 4.086 | 1.172 | 0.146 | 1.145 | 1.032 | 1.464 |
| 丙氨酸 | 25.584 | 3.761 | 1.349 | 3.400 | 2.142 | 3.677 |
| 胱氨酸 | 无 | 无 | 无 | 无 | 无 | 无 |
| 缬氨酸 | 1.500 | 0.730 | 0.776 | 0.680 | 0.347 | 0.784 |
| 蛋氨酸 | 0.459 | 0.220 | 0.295 | 0.220 | 0.506 | 0.296 |
| 异亮氨酸 | 1.595 | 0.452 | 0.478 | 0.381 | 0.282 | 0.389 |
| 亮氨酸 | 0.647 | 0.515 | 0.516 | 0.368 | 0.419 | 0.366 |
| 酪氨酸 | 0.340 | 0.266 | 0.282 | 0.210 | 0.247 | 0.224 |
| 苯丙氨酸 | 0.248 | 0.143 | 0.176 | 0.087 | 0.049 | 0.133 |
| 赖氨物 | 0.649 | 0.666 | 0.640 | 0.682 | 0.675 | 0.626 |
| 组氨酸 | 0.692 | 0.201 | 0.105 | 0.276 | 0.606 | 0.455 |
| 精氨酸 | 5.028 | 1.325 | 0.401 | 1.746 | 1.138 | 4.416 |

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

从表4看出，抗病品种中的丝氨酸、脯氨酸、甘氨酸、丙氨酸和精氨酸等具有较高的含量；而感病品种中的蛋氨酸、亮氨酸、酪氨酸含量在趋势上较抗病品种高。

**2.5　西瓜幼苗根系解剖结构与抗病性的关系**

植物结构性的抗性是由植物角质层厚度，气孔大小，厚膜组织分布、表皮细胞壁组成成分及纤维排列或由内部输导组织的发达程度等决定的。导管组织的结构不同，对于维管束系统病害的抗性不同。导管细胞壁厚而硬，管腔小的抗性就强，导管细胞壁薄而软，管腔大的抗性弱。ГРИГОРЯ(1964)认为：棉花根、茎木质纤维壁的厚度直接决定棉花抗枯萎病的能力。西瓜枯萎病也是一种维管束病害，关于其组织结构与抗枯萎病性能力的关系研究尚未见报道。我们对三个不同抗性的西瓜品种幼苗期根系主根部分作了横切结构的扫描电镜观察，结果见下图。




**幼苗根系横剖面扫描电镜照片**

1.高抗种质材料“非洲西瓜”（WI5）（×190）；　2.图1局部放大，示导管结构特征（×450）；
3.中抗品种“查里斯顿”（115）（×160）；　4.感病品种“呼图壁早熟”（001）（×160）

由图看出，感病品种的导管多集中于中柱的中央，而周围则无导管分布。中央导管数目较多，管腔大，管壁薄。中抗品种除中间有导管分布外，周围薄壁组织中也有一些导管分布。中央导管数目较感病品种少且管腔较小，管壁也较感病品种厚。高抗品种除

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

中央有导管的分布外，周围组织中也有较多数目的导管分布。中央导管数目最少，而且管腔小，管壁厚。另外还可看到高抗品种导管周围的薄壁细胞排列紧密，胞壁亦相对较厚；感病品种导管周围的薄壁细胞排列较疏松，细胞壁亦相对较薄（图,2示导管内部结构）。高抗品种的中央导管内部有一层加厚的细胞壁；中抗品种的个别导管中也有这种加厚的细胞壁；感病品种则几乎看不到这种现象（电镜观察每个品种30个切片所得结果相同）。

## 3. 结 论

3.1 西瓜幼苗根系的横剖结构中导管的分布与导管细胞壁的加厚程度与西瓜抗枯萎病的能力有一定的内在关系。高抗品种导管分布分散，且中央导管少、胞腔较小，细胞壁较厚，胞腔内部有一层加厚的细胞壁。感染品种的导管集中于中央，管腔较大、壁薄。

3.2 西瓜幼苗体内多酚氧化酶活性、过氧化物酶活性与抗枯萎病性相关不显著，而抗坏血酸氧化酶活性与抗枯萎病性极显著相关。因此可以利用其作为西瓜对枯萎病抗性进行间接鉴定的一个指标。

3.3 西瓜根系中游离丝氨酸、甘氨酸、脯氨酸、丙氨酸、精氨酸、苏氨酸在高抗品种中含量较高。而游离酪氨酸、赖氨酸、亮氨酸、蛋氨酸在感病品种中含量较高。它们与抗病性之间存在着一定的关系。

## 参 考 文 献

1 纳尔逊等，河北省保定地区科技情报所译.植物抗病育种——概念和应用．农业出版社，1978年
2 西北农业大学植物病理教研组.《植物免疫学讲义》 1984年
3 中国棉花病害研究及其综合防治．农业出版社，1984年
4 Netzer D.Physiology Plant Pathology.14：47－55
5 H．惠勒著，沈 崇译．植物病程.科学出版社，1980年
6 X.X．波伏诺克，荆家海，丁钟荣译．植物生物化学分析方法．科学出版社，1981

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

# THE MECHANISM OF RESISTANCE TO FUSARIUM WILT OF WATERMELON

Zhang Xian　　Wang Ming

(*Northwestern Agricultural University*)

**Abstract**

The results showed that the distribution of vessels and number of central vessels of root system and the thickness of their cell wall xylem are related to the ability of resistance to Fusarium wilt of watermelon varieties. There was no significant correlation between the activity of poly phenol oxidase and peroxidase and the resistance, but there was a remarkable correlation between activity of vitamin C oxidase and the resistance. Thus for the activity of vitamin C oxidase can be used as a biochemical parameter for screening watermelon varieties with resistance to Fusarium wilt. The Fusarium wilt disease resistant watermelon varieties have the higher contents of glycine, serine, alanine, threonine, proline and arginie and the Fusarium wilt disease susceptible watrmelon varieties have the higher contents of leucine, methionine and tyrosine.

**Key words**: fusarium wilt; resistance mechanism; enzyme activity; anatomical structure

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net