

# 番茄酸腐病菌的生物学特性研究

杨蕊<sup>1</sup>, 杨峰<sup>2</sup>, 赵瑞丽<sup>3</sup>, 王小改<sup>1</sup>

(1. 河南科技学院 资源与环境学院, 河南 新乡 453003; 2. 华兰生物疫苗有限公司, 河南 新乡 453003;  
3. 河南科技学院 新科学院, 河南 新乡 453003)

**摘要:** 为了使生产上对番茄酸腐病的防治更有针对性, 对采自河南新乡的分离菌株进行鉴定, 并进行生物学特性研究。结果表明: 依据分离菌株的形态特征、培养性状和致病性测定结果等鉴定河南新乡的番茄酸腐病菌为白地霉(*Geotrichum candidum*)。该病菌菌丝在 4~40 ℃ 的温度范围内均能生长, 适宜温度范围为 20~30 ℃, 最适温度为 30 ℃; 病菌在 4~35 ℃ 的温度范围内均能产孢, 20~30 ℃ 有利于病菌产孢, 最适温度为 25 ℃; 病菌菌丝生长和产孢的最适 pH 值均为 5; 光暗交替最有利于菌丝的生长, 光照有利于病菌产孢; 该病菌分生孢子的致死温度为 55 ℃, 10 min。高湿度有利于病菌孢子的萌发, 相对湿度为 95% 时, 病菌孢子萌发率最高, 而在水滴中萌发率最低。番茄酸腐病病原菌的鉴定及其生物学特性的明确为进一步了解番茄酸腐病的发生危害提供了理论依据。

**关键词:** 番茄; 酸腐病; 白地霉; 鉴定; 生物学特性

**中图分类号:** S436.412.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2013)08-0071-04

## Biological Characteristics of *Geotrichum candidum* from Tomato

YANG Rui<sup>1</sup>, YANG Feng<sup>2</sup>, ZHAO Rui-li<sup>3</sup>, WANG Xiao-gai<sup>1</sup>

(1. School of Resource and Environment Science, Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang 453003, China; 2. Hualan Biological Bacterin Co., Ltd., Xinxiang 453003, China;  
3. College of Xinke, Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang 453003, China)

**Abstract:** To control tomato sour rot with strong points, the pathogen isolated from rotted tomato in Xinxiang city, Henan province, was identified and its biological characteristics were tested as well. Based on its morphologic characters, cultural characteristics and pathogenicity, the isolate was identified as *Geotrichum candidum*. The temperature for the mycelial growth ranged from 4 ℃ to 40 ℃, and the suitable temperature was from 20 ℃ to 30 ℃, with the optimum temperature of 30 ℃; The temperature for the sporulation of the fungus ranged from 4 ℃ to 35 ℃, and the suitable temperature was from 20 ℃ to 30 ℃, with the optimum temperature of 25 ℃; The optimum pH for the mycelial growth and sporulation of the fungus was 5; Alternation of light and darkness was the best for the mycelial growth, and light was favorable for sporulation of the fungus; The lethal temperature of conidia was 55 ℃, 10 min. The high humidity was favorable for the conidial germination. When relative humidity (RH) reached 95%, the percentage of conidial germination was highest, but it was lowest in water. This experiment provides a theoretical basis for further understanding of the occurrence and damage of tomato sour rot.

**Key words:** tomato; sour rot; *Geotrichum candidum*; identification; biological characteristics

番茄酸腐病又称水腐病, 在番茄生长季节、贮藏中都可发生。该病发生后, 导致番茄果实腐烂, 不堪

食用, 毫无商品价值, 尤其雨季易流行, 造成巨大的经济损失。早在 1923 年, Pritchard 等<sup>[1]</sup>首次报道

收稿日期: 2012-12-06

基金项目: 河南科技学院高层次人才科研经费资助项目(066030)

作者简介: 杨蕊(1980-), 女, 河南新乡人, 讲师, 硕士, 主要从事植物病理学及植物病害生物防治方面的研究。

E-mail: yrui2012@126.com

了番茄上酸腐病的发生。Moline<sup>[2]</sup>报道,白地霉(*Geotrichum candidum*)和帚状地霉(*G. penicillatum*)均可引起番茄采后的酸腐病,并且在番茄青果上不同温度条件下,白地霉的侵染效率均高于帚状地霉。白地霉寄主广泛,可引起胡萝卜、番茄、柠檬、葡萄、荔枝、桃、柑橘及甘薯等多种植物的酸腐病<sup>[1-15]</sup>。在国内,司凤举等<sup>[16]</sup>研究认为,番茄酸腐病病原为寄生酸腐节卵孢(*Oosporalactis* Fr. var. *parasitica* Pritch. et Porte),但未对其生物学特性进行报道,这与国外学者对番茄酸腐病病原的研究报道不同。为了生产中番茄酸腐病的防治更有针对性,急需明确此病害的病原种类以及病原菌的生物学特性。鉴于此,采用常规组织分离法从河南新乡发病番茄果实上分离酸腐病菌,依据其形态特征、培养性状和致病性测定结果进行鉴定,并对其生物学特性进行研究,以期为该病的发生发展规律和防治研究提供理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 病原菌鉴定

1.1.1 样本的采集和病原菌的分离 于河南省新乡市采集番茄酸腐病病果,进行常规组织分离<sup>[17]</sup>,经单孢纯化<sup>[17]</sup>后获得供试菌株,移入马铃薯葡萄糖琼脂培养基(PDA)试管斜面上保存。

1.1.2 病原菌形态观察 活化供试菌株 2 d 后,取菌落边缘新鲜菌饼(直径 5 mm)移植于 PDA 平板上,25℃恒温培养 2~3 d,逐日观察、记录病原菌的培养性状,并挑取少许菌丝制成玻片在光学显微镜下观察病原菌的形态特征。

1.1.3 致病性测定 依据 Koch's 法则进行致病性测定。番茄果实用 70%乙醇表面消毒,无菌水冲洗 2~3 次后,采用针刺接种法接种测定病原菌的致病性,以无菌水为对照,每个处理重复 4 次。各处理番茄置于 25℃恒温箱中保湿培养 3~5 d,逐日观察接种结果,并对接种发病的部位进行病原再分离。

### 1.2 病原菌生物学特性研究

1.2.1 温度对菌丝生长及产孢的影响 将病原菌移植到 PDA 平板上,培养 3 d 后,用无菌打孔器在菌落边缘打取菌饼(直径为 5 mm)。将病原菌菌饼移植于 PDA 平板上,分别置于 4、10、15、20、25、30、35、40℃ 8 个不同温度下培养 5 d,每个处理重复 3 次。采用十字交叉法逐日测量菌落直径,5 d 后用血球计数板计数不同处理产孢量。

1.2.2 光照对菌丝生长及产孢的影响 将病原菌菌饼(直径为 5 mm)移植于 PDA 平板上,设置全黑暗、全光照和光暗交替 3 种处理,每处理重复 3 次,

25℃恒温培养 5 d。采用十字交叉法逐日测量菌落直径,5 d 后用血球计数板计数不同处理产孢量。

1.2.3 pH 值对菌丝生长及产孢的影响 用 1 mol/L HCl 和 1 mol/L NaOH 调节 PDA 培养基 pH 值分别为 3、4、5、6、7、8、9、10、11。将病原菌菌饼(直径 5 mm)分别接种于不同 pH 值的 PDA 平板上,置于 25℃恒温培养 5 d,每处理重复 3 次。采用十字交叉法逐日测量菌落直径,5 d 后用血球计数板计数不同处理产孢量。

1.2.4 分生孢子致死温度的测定 病原菌置于 PDA 平板上培养 3 d 后,用无菌水配制分生孢子悬浮液(浓度为  $8 \times 10^6$  个/mL)。吸取 2 mL 分生孢子悬浮液于离心管(容量 5 mL)中,分别置于 40、45、50、55、60℃水浴锅中,各处理 5 min 和 10 min。将处理过的孢子悬浮液均匀涂抹于 PDA 平板上,置于 25℃恒温培养 4 d 后,观察平板上菌落生长情况,每个处理重复 3 次。

1.2.5 湿度对分生孢子萌发的影响 采用密闭小容器空气相对湿度调节法控制湿度<sup>[17]</sup>(表 1),本试验设置 7 个湿度处理,分别为 66%、75%、85%、90%、95%、100%及无菌水。取 30  $\mu$ L 孢子悬浮液(浓度为  $1.72 \times 10^7$  个/mL)均匀涂布在灭菌玻片上,室温下自然风干后,分别置于不同湿度的密闭容器中,每个处理重复 3 次,分别培养 18 h、42 h 后,在光学显微镜下,随机观察 150 个孢子的萌发情况,计算孢子萌发率。

表 1 硫酸及各种盐类的饱和溶液在密闭容器中能保持的相对湿度

溶液	温度/℃	相对湿度/%
亚硝酸钠( $\text{NaNO}_2$ )	20	66
30.4%硫酸溶液	25	75
碳酸钠( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ )	24.5	85
硫酸锌( $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ )	20	90
磷酸二氢钾( $\text{K}_2\text{HPO}_4$ )	20	95
水	20	100

## 2 结果与分析

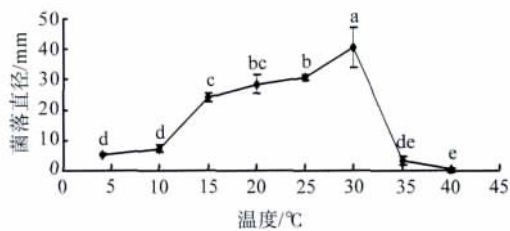
### 2.1 病原菌形态观察及鉴定

分离的病原菌在 PDA 培养基上的培养性状为:菌落扁平,乳白色,表面粉状;菌丝无色,有隔膜;菌丝匍匐,分生孢子梗直立,很短;老熟菌丝断裂为分生孢子,分生孢子圆筒形,末端钝圆,单胞,无色,串生,大小为  $(5.3 \sim 15.0) \mu\text{m} \times (4.7 \sim 7.6) \mu\text{m}$ 。番茄果实接种病原菌后,病部开始为水渍状褐斑,组织软化,之后病部产生大量白色霉层,闻之有酸臭味。从发病病果上再次分离得到的菌株与原接种菌株形态相同,从而证明原接种菌株为致病菌。依据致病性测定结果、病

菌菌落特征、病菌形态特征及果实发病症状等鉴定分离物为白地霉(*Geotrichum candidum*)<sup>[18-19]</sup>。

## 2.2 温度对菌丝生长及产孢的影响

温度对病原菌菌丝生长和产孢均具有显著性影响。如图1所示,该菌菌丝在4~40℃的温度范围内均能生长,最适温度为30℃;温度过低(4~10℃)或温度过高(35~40℃)均不利于病菌菌丝的生长。如图2所示,病菌在4~35℃的温度范围内均能产孢,其中,20~30℃有利于病菌产孢,最适温度为25℃,产孢量达 $8.32 \times 10^8$ 个/皿;温度过低(4~10℃)或温度过高(35~40℃)均不利于病菌产孢,当温度高至40℃,病菌不产孢。



标注不同的字母表示在LSD法多重比较中差异显著( $P < 0.05$ ),下同

图1 温度对菌丝生长的影响

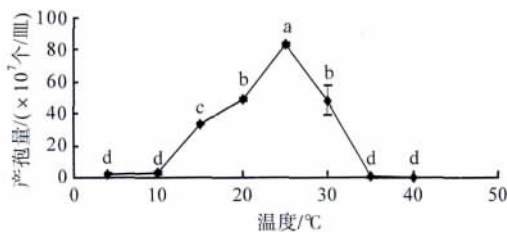


图2 温度对病菌产孢的影响

## 2.3 光照对菌丝生长及产孢的影响

如图3所示,培养5d后,全黑暗处理菌落直径为24.3 mm,全光照处理直径为24.7 mm,光暗交替处理生长稍快,菌落直径为26.8 mm,但各处理之间在统计学上无显著差异。如图4所示,全光照处理5d产孢量最大,为 $6.7 \times 10^8$ 个/皿,其次为光暗交替处理(产孢量 $5.5 \times 10^8$ 个/皿),全黑暗处理最小(产孢量 $5.3 \times 10^8$ 个/皿),但各处理之间差异不显著。

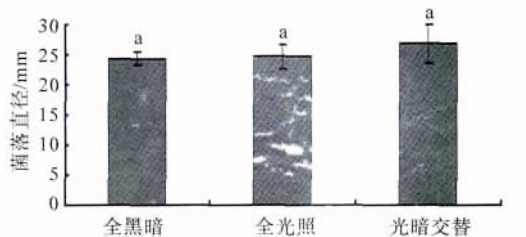


图3 光照对菌丝生长的影响

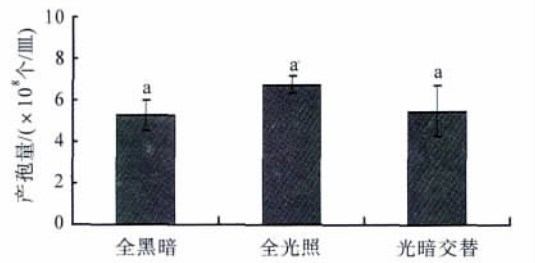


图4 光照对病菌产孢的影响

## 2.4 pH值对菌丝生长和产孢的影响

测定结果表明,番茄酸腐病菌菌丝在3~11的pH值范围内都能生长(图5)。从第5天菌落直径来看,各pH值处理之间差异显著,病菌菌丝生长最适pH值为5,菌落直径达43 mm。就培养5d的产孢量来看,各pH值处理间差异明显(图6)。病菌在3~11的pH值范围内均能产孢,pH值为5时最适于病菌的产孢,其产孢量达 $1.01 \times 10^9$ 个/皿。

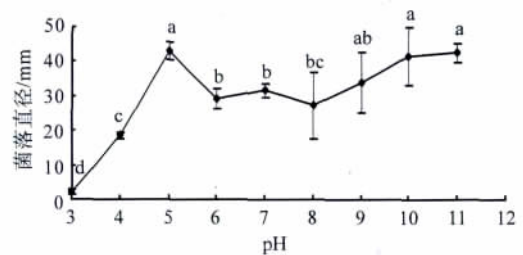


图5 pH值对菌丝生长的影响

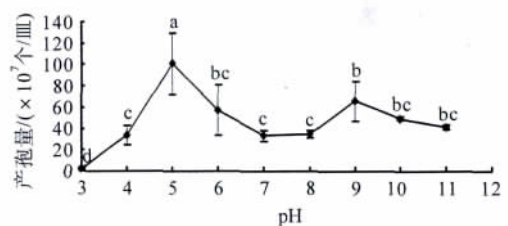


图6 pH值对病菌产孢的影响

## 2.5 分生孢子致死温度的测定结果

如表2所示,病菌的分生孢子经40℃、45℃、50℃恒温水浴5 min和10 min后,接种PDA平板,培养4d后均能萌发形成菌落;分生孢子经55℃恒温水浴5 min,接种PDA平板4d后能萌发形成菌落,而经10 min水浴处理的孢子则不能萌发形成菌落;分生孢子经60℃恒温水浴5 min和10 min,接种PDA平板4d后均不能萌发形成菌落。因此,番茄酸腐病菌分生孢子的致死温度为55℃,10 min。

表2 病菌孢子致死温度测定结果

时间/min	温度/℃				
	40	45	50	55	60
5	+	+	+	+	-
10	+	+	+	-	-

注:“+”表示产生菌落;“-”表示不产生菌落。

## 2.6 湿度对孢子萌发的影响

以 18 h 和 42 h 孢子萌发状况的观测结果来看,各处理之间差异显著,随着湿度的增大,孢子萌发率升高(图 7)。就 42 h 分生孢子萌发率来看,高湿度有利于孢子的萌发,相对湿度 95% 时,孢子萌发率最高,为 5.3%;在无菌水中分生孢子萌发率最低,仅有 1.2%。

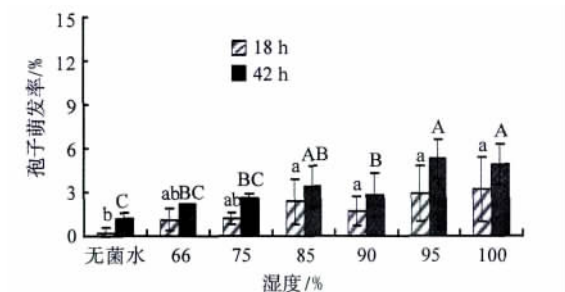


图 7 湿度对病菌孢子萌发的影响

## 3 结论与讨论

1) 采用组织分离法从发病番茄果实上分离番茄酸腐病菌,并进行致病性测定。依据 Koch's 法则致病性测定结果、病菌菌落特征、形态特征及果实发病症状等鉴定番茄酸腐病菌为白地霉(*Geotrichum candidum*),这与司凤举等<sup>[16]</sup>研究结果不同。

2) 病原菌的生物学特性研究,对于研究和掌握病害的发生发展规律以及流行等方面具有重要意义。对番茄酸腐病菌的生物学特性研究结果表明:20~30℃ 有利于病菌菌丝生长和产孢,菌丝生长最适温度为 30℃,病菌产孢最适温度为 25℃,这与前人研究结果基本一致<sup>[2,11]</sup>;光照不影响病菌菌丝的生长和产孢;当环境 pH 值为 5 时,最有利于病菌菌丝的生长和产孢,这与蔡学清等<sup>[11]</sup>、蔡志浓等<sup>[12]</sup>研究结果有所不同,可能与菌株采集地点、寄主不同有关。湿度对孢子萌发影响试验结果表明,高湿度有利于病菌孢子的萌发,而孢子在水滴中萌发最差,说明有氧条件有利于该病菌孢子的萌发。蔡学清等<sup>[11]</sup>研究表明,不同营养成分、培养时间对孢子萌发影响较大,而本研究也发现,不同湿度处理下孢子萌发率普遍较低,这可能与设置的营养条件、培养时间有关,有待于进一步的研究。本研究还表明,该病菌分生孢子的致死温度为 55℃,10 min,这与蔡学清等<sup>[11]</sup>研究结果(65℃,10 min)略有不同。

3) 在果实过熟、伤口多、雨季或田间湿度大时,番茄酸腐病发生较重<sup>[16]</sup>。本研究发现,番茄酸腐菌的分生孢子在相对湿度为 95% 时萌发率最高,25~30℃ 有利于病菌生长和产孢,因此,在高温多雨的夏季更要注意预防该病的发生与流行。

本研究对引起番茄酸腐病的病原白地霉(*Geotrichum candidum*)的生物学特性进行了研究,旨在为该病害的防治提供理论参考,关于该病害的发生发展规律及防治措施等还有待于进一步的研究。

### 参考文献:

- [1] Pritchard F J, Porte W S. Watery rot of tomato fruits[J]. J Agric Res, 1923, 24: 895-906.
- [2] Moline H E. Comparative studies with two *Geotrichum* species inciting postharvest decays of tomato fruits[J]. Plant Disease, 1984, 68: 46-48.
- [3] Mahmood T. *Geotrichum candidum* causing sour rot of lemon in Turkey[J]. Plant Disease Report, 1970, 54: 881-882.
- [4] 吴慧珍, 陈子伟, 吴文希. 胡萝卜酸腐病之发病生态及防治[J]. 植物病理学会刊, 1999, 8(1): 1-8.
- [5] Jamaluddin M P, Tandon R N. Rot of fruits of litchi (*Litchi chinensis*) in marketing processes[J]. Indian Phytopathology, 1975, 28(4): 530-531.
- [6] Wells J M. Sour rot of peaches caused by *Monilia impletate* and *Geotrichum candidum*[J]. Phytopathology, 1977, 67(3): 404-408.
- [7] Wright W R, Smith M A, Beraha L. Sour rot of carrots[J]. Plant Disease Report, 1964, 48(11): 837-838.
- [8] 宋来庆, 赵玲玲, 赵华渊. 葡萄酸腐病发病原因及防治对策分析[J]. 烟台果树, 2008(3): 38-39.
- [9] Holmes G J, Clark C A. First report of *Geotrichum candidum* as a pathogen of sweetpotato storage roots from flooded fields in North Carolina and Louisiana[J]. Plant Disease, 2002, 86(6): 695.
- [10] Mohammad A Y, Richard M B, David P M, et al. Biology and sources of inoculum of *Geotrichum candidum* causing sour rot of peach and nectarine fruit in California[J]. Plant Disease, 2012, 96(2): 204-210.
- [11] 蔡学清, 林通, 谢玲平, 等. 福建荔枝酸腐菌的生物学特性研究[J]. 热带作物学报, 2009, 30(12): 1858-1864.
- [12] 蔡志浓, 谢文瑞. 荔枝酸腐病之发生及病原菌特性[J]. 植物病理学会刊, 1998, 7(1): 10-18.
- [13] Kuramoto T, Yamada S. DF-125, a new experimental fungicide for the control of *Satsuma mandarin* postharvest decays[J]. Plant Dis Rep, 1976, 60: 809-812.
- [14] Mahmood T. *Geotrichum candidum*, causing sour rot of lemon in Turkey[J]. Plant Dis Rep, 1970, 54: 881-882.
- [15] Morris S C. Synergism of *Geotrichum candidum* and *Penicillium digitatum* in infected citrus[J]. Phytopathology, 1982, 72: 1336-1339.
- [16] 司凤举, 司越, 吴仁峰. 番茄酸腐病的发生与防治[J]. 长江蔬菜, 2008(19): 35, 58.
- [17] 方中达. 植物研究方法[M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 1998.
- [18] 魏景超. 真菌鉴定手册[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1979.
- [19] 喻璋, 张猛. 半知菌分属图册[M]. 北京: 科学出版社, 2009.