



# 电解水对黄瓜白粉病的防效以及对黄瓜生长和品质的影响

魏肖鹏<sup>1</sup>, 董宇<sup>1</sup>, 栾广忠<sup>1\*</sup>, 孙娟娟<sup>1</sup>, 邱燕燕<sup>1</sup>, 张树学<sup>2</sup>

(1. 西北农林科技大学食品科学与工程学院, 陕西 咸阳 712100; 2. 西北农林科技大学园艺学院, 陕西 咸阳 712100)

**摘要:** 利用电解水喷施大棚黄瓜, 研究其对黄瓜白粉病的防治效果, 以及对植株生长指标、果实品质及产量的影响。结果表明, 施用农药、先喷酸性电解水后喷碱性电解水、酸性电解水、及先喷碱性电解水后喷酸性电解水 4 个处理后黄瓜叶面病情指数显著降低, 最终防治效果分别为 88.5%、75.1%、72.8%、57.6%, 碱性电解水处理防效为 15.5%。电解水除对黄瓜植株具有一定的促徒长作用外, 对黄瓜果实品质和产量未见不利影响, 且酸性电解水和先喷酸性电解水后喷碱性电解水可增加植株根部、地上部分干重, 促进黄瓜叶面生长。

**关键词:** 电解水; 黄瓜白粉病; 防治; 生长; 品质

**中图分类号:** S436.421.1; S5-33 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-6820(2015)02-0008-05

## Effect of electrolyzed water on controlling cucumber powdery mildew and cucumber growth and quality

Wei Xiaopeng<sup>1</sup>, Dong Yu<sup>1</sup>, Luan Guangzhong<sup>1</sup>, Sun Juanjuan<sup>1</sup>, Qiu Yanyan<sup>1</sup>, Zhang Shuxue<sup>2</sup>

(1. College of Food Science and Engineering, Northwest A & F University, Xianyang Shaanxi 712100, China; 2. College of Horticulture, Northwest A & F University, Xianyang Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** Effect of electrolyzed water on controlling cucumber powdery mildew and cucumber growth, quality and production quantity were studied. The results showed that disease index of cucumber powdery mildew on cucumber leaf decreased significantly by four treatments as spraying acidic electrolyzed water (AEW), spraying AEW basic electrolyzed water (BEW), spraying pesticides, spraying BEW followed by AEW with control efficiency of 72.8%, 75.1%, 88.5%, 57.6%, respectively, and control efficiency of treatment by spraying BEW was 15.5%. There was no obvious negative impact on yield and fruit quality of cucumber by treatment with electrolyzed water except some spindling growth, while spraying AEW and spraying AEW followed by BEW could increase plant dry weight and conducted to leaf growth.

**Key words:** electrolyzed water; cucumber powdery mildew; control; growth; quality

黄瓜白粉病俗称“白毛”, 是由单丝壳白粉菌 [*Sphaerotheca fuliginea* (Schlecht) Poll.] 引起的一种常见病害, 直接影响黄瓜产量、品质及经济效益<sup>[1]</sup>。白粉病防治方法主要有生物防治<sup>[2-3]</sup>、化学诱导抗性<sup>[4-5]</sup>及杀菌药剂防治<sup>[6-7]</sup>。生物防治一般成本较高, 很难达到防治效果, 施用化学农药会造成环境污染

及食品安全风险。因此, 开发一种简单易行、安全可靠的防治方法具有重要的意义。电解水 (electrolyzed water, EW) 又称电生功能水或离子水, 电解流经具有隔膜分离的电解槽中的稀盐溶液 (NaCl、KCl 等), 在阳极产生酸性电解水 (acidic electrolyzed water, AEW), 阴极产生碱性电解水

收稿日期: 2014-10-15; 修回日期: 2014-12-17

基金项目: 西北农林科技大学科技创新与成果转化专项 (NYY2013-53)

作者简介: 魏肖鹏, 硕士, 主要从事电解水对蔬菜大棚病害防治研究。E-mail: weixiaopeng007@163.com

\* 通讯作者: 栾广忠, 博士, 副教授, 主要从事有机认证技术及大豆蛋白深加工技术的研究。E-mail: qlgz@nwsuaf.edu.cn

致 谢: 感谢宝鸡长兴电解水开发技术有限公司在本研究中给予的支持及技术指导。

(basic electrolyzed water, BEW)。酸性电解水杀菌广谱且高效、安全,使其在食品加工、医疗等行业得以广泛应用<sup>[8]</sup>,在农业上主要用于作物病害防治<sup>[9-12]</sup>、蔬菜杀菌保鲜<sup>[13]</sup>及作物叶面喷施提高产品品质<sup>[14]</sup>。本研究以大棚黄瓜为材料,研究电解水对黄瓜白粉病的防治效果,以及对植株生长、黄瓜品质及产量的影响,以期为该技术进一步推广提供参考和依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料与仪器设备

供试黄瓜品种:津优35号;HL-DJX-N-02型电解水制备装置[长兴(宝鸡)电解水开发技术有限公司生产];ORP-501型氧化还原电位计的PHSJ-4A型pH计(上海雷磁仪器厂产品)。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 电解水制备及理化性质测定

电解水由HL-DJX-N-02型装置制取。电解电流11.5 A,NaCl溶液浓度0.6‰(纯净水配制)。电解水pH和氧化还原电位(oxidation reduction potential, ORP)利用ORP-501型氧化还原电位计的PHSJ-4A型pH计测定,有效氯浓度(available chlorine concentration, ACC)测定参照GB/T 601—2002,GB 19106—2003,电解水与自来水理化参数如表1所示。

#### 1.2.2 试验设计及喷施方法

试验于2013年8—12月,在西北农林科技大学阎良蔬菜试验站大棚内进行。黄瓜于8月17日育苗,9月2日定植。定植采用大小行,大行距70 cm,小行距50 cm,株距33 cm。

共设6个处理:试验电解水处理分别为酸性电

表1 电解水与自来水理化参数

种类	pH	有效氯浓度(mg/L)	氧化还原电位值(mV)
酸性电解水(AEW)	2.6±0.1	40.0±2.0	1 180.0±3.0
碱性电解水(BEW)	11.5±0.1	0	-870.0±3.0
自来水(TW)	7.5±0.1	0	680.0±20.0

解水(AEW)、碱性电解水(BEW)、先喷酸性电解水后喷碱性电解水(AEW/BEW)、先喷碱性电解水后喷酸性电解水(BEW/AEW),以农药(PT)和自来水(TW)为对照。3次重复。每小区面积约10.2 m<sup>2</sup>。采用随机区组排列。

采用手执式喷雾器于9月16日至12月11日对黄瓜叶面喷施电解水与自来水,喷施量约为0.2 L/株。每7~10 d喷施1次,发病期每4~5 d喷施1次。其中,先喷酸性电解水后喷碱性电解水,或先喷碱性电解水后喷酸性电解水,中间均间隔20 min。农药施用过程如表2所示。

#### 1.2.3 黄瓜白粉病防治效果测定

黄瓜于10月23日自然感染白粉病。喷施电解水前每小区随机取4点,每点挂牌2株,调查全部叶片。按照GB/T 17980.30—2000《田间药效实验准则》(一)杀菌剂防治黄瓜白粉病,分别计算病情指数和防治效果。白粉病分级标准:

- 0级:无病斑;
- 1级:病斑面积占整个叶面积5%以下;
- 3级:病斑面积占整个叶面积6%~10%;
- 5级:病斑面积占整个叶面积11%~20%;
- 7级:病斑面积占整个叶面积21%~40%;
- 9级:病斑面积占整个叶面积40%以上。

表2 药剂防治黄瓜白粉病农药施用记录

施药日期 (年-月-日)	农药名称及剂型	有效成分用量 (g/hm <sup>2</sup> )	生产厂家
2013-09-17	50%多菌灵 WP	800	四川国光农化股份有限公司
2013-09-20	10%阿维·氟酰胺 SC	30	拜耳作物科学(中国)有限公司
2013-09-25	50%多菌灵 WP	800	四川国光农化股份有限公司
2013-10-01	50%多菌灵 WP	800	四川国光农化股份有限公司
2013-10-08	80%代森锰锌 WP	2 500	天津市施普乐农药技术发展有限公司
2013-10-23	400 g/L 氟硅唑 EC	45	美国杜邦公司
2013-11-07	400 g/L 氟硅唑 EC	45	美国杜邦公司
2013-11-15	15%腐霉·百菌清 FU	562	霍州市绿洲农药有限公司
2013-12-03	50%多菌灵 WP	800	四川国光农化股份有限公司

$$\text{病情指数} = \frac{\sum(\text{各级病叶数} \times \text{相对级数值})}{\text{调查总叶数} \times 9} \times 100 \quad (1)$$

防治效果(%)=

$$\frac{\text{自来水对照病情指数} - \text{防治区病情指数}}{\text{自来水对照区病情指数}} \times 100 \quad (2)$$

#### 1.2.4 黄瓜主要生长指标测定

测定黄瓜植株高、根茎粗、叶面积形态指标。试验结束后测定黄瓜地上部分和根鲜重、干重,并计算根冠比。每小区随机挂牌10株黄瓜,利用直尺和游标卡尺在每次喷施电解水前测定其株高和根茎粗<sup>[15]</sup>。12月11日测定黄瓜叶面积。每小区随机选取6株,测定每株第4、8、12片叶片最大叶长(L)和叶宽(W),利用回归方程  $A = 14.61 - 5.00(L) - 0.94(L^2) + 0.47(W) + 0.63(W^2) - 0.62(LW)$  计算叶面积(A)<sup>[16]</sup>。同时,另在每小区随机选取5株,获取地上部分和根茎,清洗擦干。测定其根鲜重、地上部分鲜重。随后在105℃烘箱中杀青,80℃下烘干至恒重,测定其根部、地上部分干重,计算根冠比<sup>[17]</sup>。

#### 1.2.5 黄瓜产量及品质测定

黄瓜采收后直接称重,累计计算每小区总产量。每小区抽取4~6个成熟度一致的黄瓜果实,采用分光光度法测定Vc含量<sup>[17]</sup>,考马斯亮蓝法测定可溶性蛋白含量<sup>[18]</sup>,蒽酮法测定可溶性糖含量<sup>[19]</sup>,可滴定酸测定参照GB/T 12456—2008,以柠檬酸计。

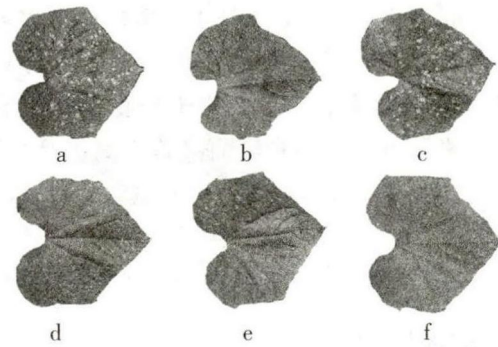
#### 1.3 数据分析

采用SPSS 21和Microsoft Excel 2003软件对试验数据进行处理和统计分析,用Duncan's新复极差法进行多重比较( $P < 0.05$ )。

## 2 结果与分析

### 2.1 电解水对黄瓜白粉病的防治效果

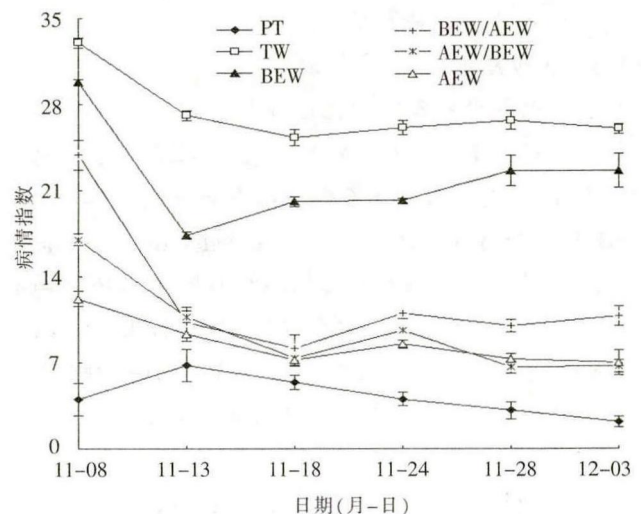
由图1(85页彩图I)、图2可知,酸性电解水、先喷酸性电解水后喷碱性电解水、先喷碱性电解水后喷酸性电解水及农药喷施后白粉病病情指数显著降低( $P < 0.05$ ),叶面病斑面积较小。农药处理组病情指数在7以下,酸性电解水与先喷酸性电解水后喷碱性电解水组在7~10之间,先喷碱性电解水后喷酸性电解水组在10左右;碱性电解水和自来水处理组分别在20和26左右,叶面病斑面积较大。此结果与Fujiwara等<sup>[12]</sup>利用电解水防治盆栽黄瓜白粉病结



a. 自来水处理 b. 农药处理 c. 碱性电解水 d. 先喷碱性电解水后喷酸性电解水 e. 先喷酸性电解水后喷碱性电解水 f. 酸性电解水

(2013年10月23日发病,2013年11月13日调查)

图1 电解水处理后黄瓜白粉病叶面感染典型症状



PT. 农药处理 TW. 自来水处理 BEW. 碱性电解水  
BEW/AEW. 先喷碱性电解水后喷酸性电解水  
AEW/BEW. 先喷酸性电解水后喷碱性电解水  
AEW. 酸性电解水处理

图2 电解水处理后黄瓜白粉病病情发展趋势

果相似,但其结果中病情指数整体偏高,可能由于黄瓜生长季节、试验条件不同等原因所致。

不同处理对黄瓜白粉病最终防治效果(2013年12月03日调查结果)差异显著( $P < 0.05$ )。农药、先喷酸性电解水后喷碱性电解水、酸性电解水防治效果较好,分别为88.5%、75.1%、72.8%;先喷碱性电解水后喷酸性电解水、碱性电解水分别为57.6%、15.5%。本试验喷施酸性电解水与先喷酸性电解水后喷碱性电解水对黄瓜白粉病防治效果较农药仍有一定差距,主要由于农药施用种类较多所致。据报道,

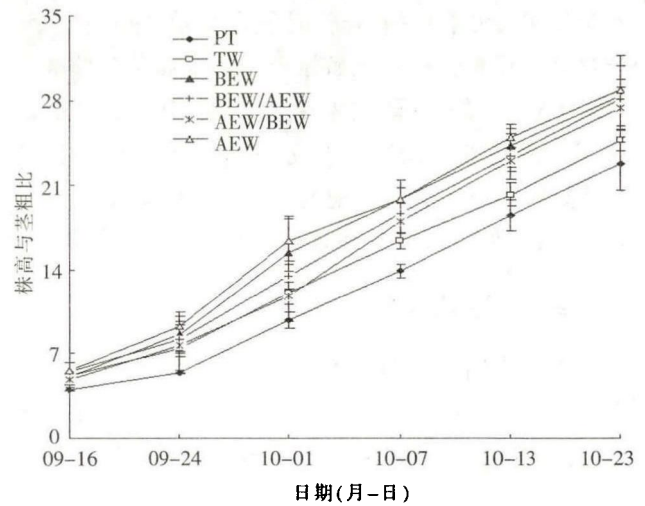
单一施用50%多菌灵可湿性粉剂、40%氟硅唑乳油对黄瓜白粉病防治效果在80%左右,10%戊菌唑乳油为74.4%,75%百菌清可湿性粉剂为43.9%<sup>[20-21]</sup>,可见喷施酸性电解水和先喷酸性电解水后喷碱性电解水对黄瓜白粉病防治效果较好,在防治中可减少农药施用次数或不用农药,以降低农药对产品和环境的残留和污染。此外,先喷碱性电解水后喷酸性电解水防治效果一般,其原因有待进一步研究。

## 2.2 电解水对黄瓜株高与茎粗比的影响

由图3可知,喷施前不同处理间株高与茎粗之比差异不显著( $P>0.05$ ),喷施后电解水可显著增加株高与茎粗比( $P<0.05$ )。说明电解水对黄瓜植株有一定的促徒长作用。

## 2.3 电解水对黄瓜叶面积和根冠比的影响

由表3可知,电解水可促进黄瓜叶面生长。其中,先喷酸性电解水后喷碱性电解水组黄瓜叶面积最大,分别比农药和自来水对照高14.9%、11.2%,且达到显著水平( $P<0.05$ )。与其他电解水相比酸性电解水可显著增加黄瓜根干重,但与自来水对照相比差异不显著( $P>0.05$ );喷施酸性电解水和先喷酸性电解水后喷碱性电解水可增加黄瓜地上部分干重,



PT. 农药处理 TW. 自来水处理 BEW. 碱性电解水  
 BEW/AEW. 先喷碱性电解水后喷酸性电解水 AEW/BEW. 先喷酸性电解水后喷碱性电解水 AEW. 酸性电解水

图3 电解水处理对黄瓜植株株高与茎粗比的影响

但与自来水和农药对照相比差异不显著;不同处理对黄瓜根冠比总体影响不大。

## 2.4 电解水对黄瓜产量及品质的影响

由表4可知,不同处理间黄瓜产量差异不显著( $P>0.05$ )。说明电解水不会造成黄瓜减产。不同处理

表3 电解水处理对黄瓜叶面积和根冠比影响<sup>1)</sup>

处理	叶面积 (cm <sup>2</sup> )	根鲜重 (g)	地上部分鲜重 (g)	根干重 (g)	地上部分干重 (g)	根冠比
碱性水	(274.8±9.1)cb	(6.7±0.2)b	(192.4±6.7)b	(0.7±0.1)b	(18.7±0.4)b	(4.0±0.1)ab
碱性水/酸性水	(273.5±17.7)cb	(7.9±0.6)b	(238.9±30.0)ab	(0.8±0.1)b	(23.1±2.6)ab	(3.8±0.3)abc
酸性水/碱性水	(304.4±17.6)a	(7.7±0.4)b	(237.4±13.2)ab	(0.9±0.1)b	(27.6±4.7)a	(3.3±0.3)bc
酸性水	(296.5±19.2)ab	(10.6±1.5)a	(273.5±22.6)a	(1.1±0.1)a	(27.6±1.6)a	(4.1±0.2)ab
农药 <sup>2)</sup> (对照)	(258.1±6.1)c	(7.3±0.3)b	(250.4±17.2)ab	(0.8±0.1)b	(27.3±1.6)a	(3.0±0.3)c
自来水(对照)	(269.4±6.5)cb	(8.4±0.2)ab	(216.1±13.2)ab	(0.9±0.1)ab	(22.2±1.2)ab	(4.2±0.2)a

1) 表中数据为平均值±标准差,同列数据后不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )。

2) 农药处理组施用过程及用药量见表1。

表4 电解水处理对黄瓜产量及品质的影响<sup>1)</sup>

处理	产量 (kg)	Vc (mg/kg)	含量			糖酸比
			可溶性蛋白 (μg/g)	可溶性糖 (mg/g)	可滴定酸 (mg/g)	
碱性水	(34.4±3.3)a	(156.9±15.6)a	(72.9±5.4)ab	(13.2±0.3)a	(1.1±0.1)a	(11.8±1.5)ab
碱性水/酸性水	(29.6±3.7)a	(126.2±19.5)a	(72.8±4.0)ab	(13.6±1.8)a	(1.1±0.1)a	(12.5±0.8)ab
酸性水/碱性水	(31.1±4.1)a	(137.0±24.0)a	(62.8±8.2)ab	(13.0±0.5)a	(1.2±0.1)a	(11.2±1.0)ab
酸性水	(33.3±2.4)a	(148.2±20.9)a	(59.5±7.9)ab	(13.1±0.3)a	(0.9±0.1)a	(14.1±1.4)a
农药 <sup>2)</sup> (对照)	(32.5±3.4)a	(130.6±15.0)a	(51.2±0.4)a	(13.7±0.7)a	(1.2±0.1)a	(11.5±1.6)ab
自来水(对照)	(34.2±1.4)a	(175.9±28.1)a	(68.0±5.1)ab	(11.9±0.5)a	(1.2±0.1)a	(10.0±0.8)b

1) 表中数据为平均值±标准差,同列数据后不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )。

2) 农药处理组施用过程及用药量见表1。



对黄瓜 Vc、可溶性糖、可溶性蛋白含量影响不显著,与自来水相比,酸性电解水可显著提高黄瓜糖酸比 ( $P<0.05$ )。此外,本研究采用排序检验法<sup>[21]</sup>,由 33 位从事食品专业的研究人员分别对 6 组黄瓜整体外观、风味、口感方面进行感官评价(数据未列出)。结果表明,各处理后黄瓜在感官品质上无显著差异。

### 3 结论与讨论

本试验结果表明,喷施酸性电解水和先喷酸性电解水后喷碱性电解水对黄瓜白粉病防治效果较好,分别为 72.8%、75.1%,对农药具有可替代性。酸性电解水和先喷酸性电解水后喷碱性电解水可促进黄瓜叶面生长,提高黄瓜根部、地上部干重,且电解水不会对植株生长、果实品质及产量造成不利影响,可在大棚黄瓜生产中安全施用。

本研究中电解水设备酸性电解水出水量约为 120 L/h,1 h 制水量可满足 1~2 个温室大棚(400 m<sup>2</sup>)施用。该设备能耗、电解质成本较低,简单易行,具有很好的利用及推广价值。但电解水设备对水质要求稍高,水质较差地区需配备自来水软化装置。

### 参考文献

[1] Morsy S M, Drgham E A, Mohamed G M. Effect of garlic and onion extracts or their intercropping on suppressing damping-off and powdery mildew diseases and growth characteristics of cucumber [J]. Egypt J Phytopathol, 2009, 37(1): 35-46.

[2] Verhaar M A, Hijwegen T, Zadoks J C. Glasshouse experiments on biocontrol of cucumber powdery mildew (*Sphaerotheca fuliginea*) by the mycoparasites *Verticillium lecanii* and *Sporothrix rugulosa* [J]. Biological Control, 1996, 6(3): 353-360.

[3] Verhaar M A, Ostergaard K K, Hijwegen T, et al. Preventative and curative applications of *Verticillium lecanii* for biological control of cucumber powdery mildew [J]. Bio-control Science and Technology, 1997, 7(4): 543-552.

[4] 陈喜文, 郝友进, 陈德富. 几种化学诱导物对黄瓜白粉病抗性的诱导作用[J]. 华北农学报, 2000, 15(4): 103-107.

[5] Awad M E M, Abo-Elyousr K A, Abdel-Monaim M F. Management of cucumber powdery mildew by certain biological control agents (BCAs) and resistance inducing chemicals (RICs) [J]. Archives of Phytopathology and Plant Protection, 2012, 45(6): 652-659.

[6] 夏声广. 蔬菜病虫害防治: 原色生态图谱[M]. 北京: 中国农业出版社, 2005: 138.

[7] Derbalah A S, Elkot G A. Cultural filtrates of certain microbial isolates as an alternative to powdery mildew chemical control in cucumbers [J]. Journal of Pesticide Science, 2011, 36(3): 402-406.

[8] Hricova D, Stephan R, Zweifel C. Electrolyzed water and its application in the food industry [J]. Journal of Food Protection, 2008, 71(9): 1934-1947.

[9] 武龙, 肖卫华, 李里特. 电生功能水防治葡萄炭疽病试验[J]. 植物保护, 2004, 30(6): 82-83.

[10] Abbasi P A, Lazarovits G. Effect of acidic electrolyzed water on the viability of bacterial and fungal plant pathogens and on bacterial spot disease of tomato [J]. Canadian Journal of Microbiology, 2006, 52(10): 915-923.

[11] 肖卫华, 李里特, 王慧敏, 等. 电生功能水防治黄瓜白粉病试验初报[J]. 植物保护, 2003, 29(2): 50-51.

[12] Fujiwara K, Fujii T, Park J S. Successive spraying efficacy of acidic electrolyzed oxidizing water and alkalic electrolyzed reducing water on controlling powdery mildew infection and suppressing visible physiological disorder on cucumber leaves [J]. Horticulture, Environment and Biotechnology, 2011, 52(4): 387-392.

[13] 郝建雄, 李里特, 肖卫华. 电生功能水对番茄的保鲜[J]. 食品科技, 2006(2): 100-102.

[14] Suzuki A, Aoba K. Effects of electrolytic water sprays on apple fruit development [J]. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science, 1998, 67(1): 130-132.

[15] 储昭胜, 陈海丽, 吴震, 等. 双砧木嫁接对温室黄瓜生长、产量和品质的影响[J]. 中国蔬菜, 2010(8): 14-20.

[16] Robbins N S, Pharr D M. Leaf area prediction models for cucumber from linear measurements [J]. Hort Science, 1987, 22(6): 1264-1266.

[17] 赫建军, 康宗利, 于洋. 植物生理学实验技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007.

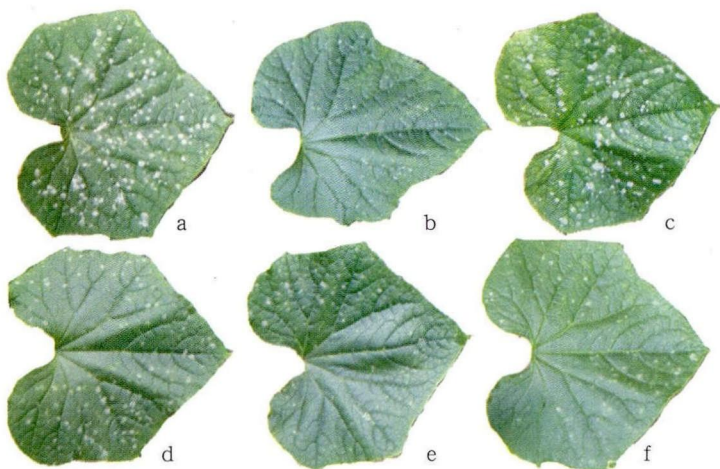
[18] 孔祥生, 易现峰. 植物生理学实验技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 2008: 160.

[19] 曹建康, 姜微波, 赵玉梅. 果蔬采后生理生化实验指导[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2007: 54.

[20] Ilhe B M, Garad B V, Asane G B, et al. Chemical control of powdery mildew disease of cucumber [J]. Agricultural Science Digest, 2007, 27(2): 148-149.

[21] 尹立红, 曹秀丽. 六种杀菌剂防治黄瓜白粉病药效试验[J]. 北方园艺, 2010, (23): 158-159.

[22] 方忠祥. 食品感官评定[M]. 北京: 中国农业出版社, 2010: 81-82.

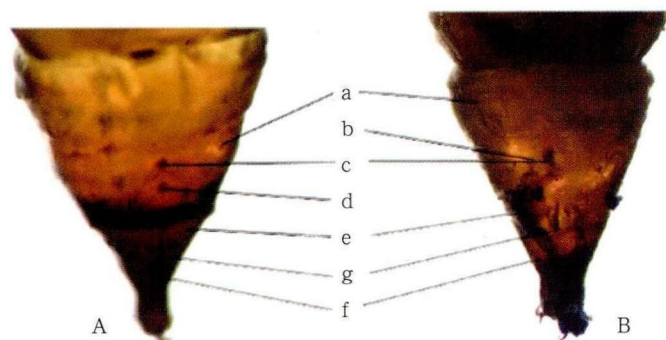


a.自来水处理 b.农药处理 c.碱性电解水 d.先喷碱性电解水后喷酸性电解水  
e.先喷酸性电解水后喷碱性电解水  
f.酸性电解水 (2013年10月23日发病, 2013年11月13日调查)

图 I 电解水处理后黄瓜白粉病叶面感染典型症状 (见正文10页)



图 II 人参灰霉病叶部症状 (见正文70页)



A.雌蛹 B.雄蛹

a.第8腹节 b.瘤状突起 c.生殖孔(裂缝) d.产卵孔 e.第9腹节  
f.第10腹节 g.肛门

图 III 柑橘长卷蛾雌雄蛹腹部末端 (见正文83页)



图 IV 柑橘长卷蛾雌雄成虫 (见正文83页)