

# 酸性电解水对南方葡萄病毒害的防治效果

涂海华<sup>1</sup>, 唐乃雄<sup>1</sup>, 康念铅<sup>1</sup>, 周坚<sup>2</sup>, 林爱红<sup>3</sup>

(1. 江西农业大学理学院, 江西南昌 330045; 2. 江西省农业机械研究所, 江西南昌 330047; 3. 江西省新余市现代农业科技园, 江西新余 380007)

**摘要** [目的]探讨酸性电解水在南方葡萄种植中病毒害防治上的应用。[方法]研究酸性电解水、碱性电解水、先酸性电解水后碱性电解水、先碱性电解水后酸性电解水、生物农药5种处理对南方葡萄霜霉病、灰霉病等5种病毒害的防治效果,并研究了酸性电解水对葡萄平均颗粒重和糖度的影响。[结果]喷施酸性电解水和先喷酸性电解水后喷碱性电解水对葡萄霜霉病、灰霉病、炭疽病、穗轴褐枯病、黑痘病等病毒害的防治效果较好,分别为94.0%、79.2%;酸性电解水可提高葡萄平均颗粒重和糖度。[结论]酸性电解水对葡萄病毒害有较强的杀灭作用,且具有瞬时、广谱、高效、安全和无残留的杀菌特性,对农药具有可替代性。

**关键词** 酸性电解水; 葡萄; 病毒害; 防治效果

中图分类号 S436.631.1 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2016)06-140-03

DOI:10.13989/j.cnki.0517-6611.2016.06.047

**Control Effects of Acidic Electrolyzed Water in Grape Virus in South China**

TU Hai-hua, TANG Nai-xiong, KANG Nian-qiang et al. (College of Science, Jiangxi Agricultural University, Nanchang, Jiangxi 330045)

**Abstract** [Objective] To discuss the control effects of acidic electrolyzed water in grape virus diseases in south China. [Method] We researched the control effects of five treatments (acidic electrolyzed water, alkaline electrolyzed water, alkaline electrolyzed water after acidic electrolyzed water, acidic electrolyzed water after alkaline electrolyzed water, and biopesticide) on five virus diseases in grape in south China (downy mildew, gray mold and so on). Effects of acidic electrolyzed water on average grain weight and sugar degree were researched. [Result] Spraying acidic electrolyzed water and spraying alkaline electrolyzed water after acidic electrolyzed water had relatively good control effects on grape downy mildew, gray mold, anthracnose, spike-stalk brown spot and anthracnose, which were 94.0% and 79.2% respectively. Acidic electrolyzed water enhanced the average grain weight and sugar degree of grape. [Conclusion] Acidic electrolyzed water has relatively strong killing effects on grape virus diseases and has the sterilization characteristics of temporality, broad spectrum, efficiency, safety and no residues. It can take the place of pesticide in certain degree.

**Key words** Acidic electrolyzed water; Grape; Virus diseases; Control effect

近10年来,南方鲜食葡萄种植成为特色果业,品种以巨峰、夏黑、金手指、美人指、甬优一号、红富士、巨玫瑰、阳光玫瑰、醉金香、比昂扣、珍珠无核、黑巴拉多为主。南方种植葡萄有热资源丰富的优势,但也有气候环境多雨多湿的缺点,易引起病毒害多发,造成年防治用药次数过多、生物农药残留量大,直接影响种植户的经济效益与产业发展。因此,研究南方葡萄病毒害防治技术十分必要。

酸性电解水简称 AEW,又称电生功能水<sup>[1]</sup>。酸性电解水防治病毒害的原理在于酸水的物理特性与化学特性<sup>[2-5]</sup>。物理特性是其具有高氧化电位,一旦与细菌、真菌或病毒接触,其强制性地从生物膜上获取电子,从而改变细胞膜的正常电位与渗透性,使脂膜氧化渗透性破坏,导致细胞内容物外泄而致死。该过程能在1~10 min达到很好的效果,所以在运用上比化学杀菌的速度更快更彻底,而且不会使病菌产生任何抗性。其化学过程就是为病菌重建一个不适宜的强酸环境,从而起到病菌发育上的强烈抑制,大多病菌要求 pH 都超过 3.0,而强酸水 pH 可低于 2.7,从而起到抑菌效果,还有生成的酸水中亚次氯酸中的氯离子也是一种杀菌剂,这种综合的杀菌效应使其比其他农用杀菌剂有更好的防治效果。目前,酸性电解水因其高效、无残留、无污染等优点已逐渐被人们所接受<sup>[6-17]</sup>。鉴于此,笔者研究了酸性电解水对南方葡萄霜霉病、灰霉病、炭疽病、穗轴褐枯病、黑痘病的

防治效果及对葡萄平均颗粒重和糖度的影响,以期对南方葡萄病毒害防治提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

1.1.1 供试葡萄品种。夏黑、金手指、甬优一号、醉金香、比昂扣5个品种。

1.1.2 仪器。XY-450型电生功能灭菌水生成器; pH S-2C实验室 pH 计; RC-3F型有效氯检测仪; CLJ-0108型托盘天平; F600型高压喷雾器。

### 1.2 方法

1.2.1 酸性电解水制备与理化性质测定。电解水由 XY-450 型装置制取。电解电压为 13 V。氯化钠(NaCl)溶液浓度为 1%(纯净水配制)。电解水 pH 用 PHS-2C 实验室 pH 计测量;氧化还原电位由设备提供,也可用 ORP-501 型氧化还原电位计 PHSJ-4A 型测定;有效氯浓度 ACC 测定参照 GB/T 601-2002、GB19106-2003,由 RC-3F 型有效氯检测仪测定。电解水的理化参数见表 1。

1.2.2 试验设计与喷施方法。试验于 2015 年 4~8 月在江西省新余市国家农业科技园区葡萄种植基地进行。葡萄于 4 月初发芽,8 月底采摘。葡萄园采用避雨大棚结构,每个大棚宽 6 m,长 50 m,种植 25 株葡萄。共设 5 个处理组:酸性电解水(AEW)、碱性电解水(BEW)、先酸性电解水后碱性电解水(AEW/BEW)、先碱性电解水后酸性电解水(BEW/AEW)、生物农药(PT),其中生物农药为对照。5 次重复。对 5 个葡萄品种分别进行对照试验。采用手持式高压喷雾器于 4 月 20 日至 8 月 26 日对葡萄叶面和果实喷施电解水或生物农

基金项目 江西省科技支撑计划项目(20132BBF60073);江西省星火计划重点项目(20141212450001)。

作者简介 涂海华(1966-),男,江西南城人,副教授,硕士生导师,从事物理农业研究。

收稿日期 2016-02-14

药, 喷施量为  $750 \text{ kg/hm}^2$ 。每 7~10 d 喷施一次, 葡萄病毒害严重时 3~5 d 喷施一次。其中, 先酸性电解水后碱性电解水、先碱性电解水后酸性电解水均中间平均间隔 30 min。

表 1 电解水与自来水理化参数

Table 1 Physical and chemical parameters of electrolyzed water and tap water

种类 Type	pH	有效氯浓度 Available chlorine concentration // mg/L	氧化还原电位值 Oxidation-reduction potential value mV
酸性电解水 Acidic electrolyzed water ( AEW)	$2.4 \pm 0.1$	$56.0 \pm 2.0$	$1157.0 \pm 3.0$
碱性电解水 Alkaline electrolyzed water ( BEW)	$11.6 \pm 0.1$	0	$-870.0 \pm 3.0$
自来水 Tap water( TW)	$7.2 \pm 0.1$	0	$680.0 \pm 15.0$

1.2.3 葡萄病毒害防治效果标准设置。葡萄叶面于 4 月初发芽, 于 5 月 20 日叶面自然感染灰霉病、霜霉病和大小褐斑病, 6 月 10 日果穗自然感染炭疽病、穗轴褐枯病。喷施电解水前每个大棚内随机取 3 个点, 调查每株葡萄上全部叶片, 确定感染面积和病毒种类。参照 GB/T17980.30-2000《田间药效实验标准》(一) 杀菌剂防治葡萄灰霉病、霜霉病、大小褐斑病、炭疽病、穗轴褐枯病, 分别计算病情指数和防治效果。

叶面病毒害分级标准: 0 级, 无病斑; 1 级, 病斑面积占整个叶面积的 5% 以下; 3 级, 病斑面积占整个叶面积的 6%~10%; 5 级, 病斑面积占整个叶面积的 11%~20%; 7 级, 病斑面积占整个叶面积的 21%~40%; 9 级, 病斑面积占整个叶面积的 40% 以上。果实病毒害分级标准: 0 级, 无病果; 1 级, 病果个数占整个果实个数的 5% 以下; 3 级, 病果个数占整个果实个数的 6%~10%; 5 级, 病果个数占整个果实个数的 11%~20%; 7 级, 病果个数占整个果实个数的 21%~40%; 9 级, 病果个数占整个果实个数的 40% 以上。

叶面病情指数 =  $\Sigma(\text{各级病毒叶数} \times \text{相对级数值}) / (\text{调查总叶数} \times 9) \times 100$

叶面防治效果 =  $(\text{自来水对照区叶面病情指数} - \text{防治区叶面病情指数}) / \text{自来水对照区叶面病情指数} \times 100\%$

果实病情指数 =  $\Sigma(\text{各级病毒果实个数} \times \text{相对级数值}) / (\text{调查总果实数} \times 9) \times 100$

果实防治效果 =  $(\text{自来水对照区果实病情指数} - \text{防治区果实病情指数}) / \text{自来水对照区果实病情指数} \times 100\%$

1.2.4 酸性电解水防控效果调查。在葡萄浆果成熟期, 对示范区和对照区各进行 1 次病毒害防控效果调查。随机选取 2 块葡萄种植田, 每块田 5 点取样, 每点调查 5 株, 每株调查 20 片叶和 5 串果穗, 共调查 25 株、500 片叶和 75 串果穗的霜霉病、灰霉病、炭疽病、穗轴褐枯病、黑痘病等的病叶数、发病果穗数, 并计算叶片发病率、病指、果穗发病率。并在整个示范过程中, 严格记载示范区和对照区葡萄长势、果农施药次数、用药量、葡萄的生产和效益情况。

1.2.5 葡萄主要生长指标测定。测定葡萄植株高、根茎粗、叶面积形态指标。试验开始时随机选取 6 株葡萄, 利用直尺和游标卡尺每 7 d 测量一次株高和根茎粗, 直到试验结束。在每次喷施电解水前, 测定随机选取的 6 株葡萄的嫩叶、中

叶、老叶各 6 片, 测量最大叶长 ( $L$ ) 和叶宽 ( $W$ ), 叶面积 ( $A$ ) 计算采用回归方程:  $A = 0.94L^2 + 0.47W^2 + 0.63L \times W - 0.62L \times W$ , 同时测定叶片的叶绿素含量。

1.2.6 葡萄的株产量及品质测定。葡萄进入采摘期后, 计算每株的挂果数及每挂的重量和粒数。用糖度仪测量随机选取的葡萄糖度和酒精度。

1.3 数据处理 采用 Microsoft Excel 2010 软件对试验数据进行处理和统计分析。

## 2 结果与分析

2.1 酸性电解水对葡萄病毒害的防治效果 示范区葡萄采取酸性电解水处理后, 大大减少或避免了霜霉病、灰霉病、炭疽病、穗轴褐枯病、黑痘病等病菌的传播和侵染发病, 有效地控制了示范区葡萄病毒害的发生和蔓延。据 7 月中旬(葡萄浆果成熟期) 调查(表 2), 示范区葡萄霜霉病的叶片发病率、病指、果穗发病率分别比对照区低 84.0、37.9 和 80.0 个百分点, 防效分别为 94.0%、93.5%、88.0%; 示范区葡萄灰霉病的叶片发病率、病指、果穗发病率分别比对照区低 79.4、33.3 和 52.0 个百分点, 防效分别为 95.4%、96.2%、92.0%; 示范区葡萄炭疽病的叶片发病率、病指、果穗发病率分别比对照区低 69.8、38.4 和 80.0 个百分点, 防效分别为 97.6%、93.2%、84.0%; 示范区葡萄穗轴褐枯病的叶片发病率、病指、果穗发病率分别比对照区低 48.0、40.3 和 64.0 个百分点, 防效分别为 100%、100%、84%; 示范区葡萄黑痘病的叶片发病率、病指、果穗发病率分别比对照区低 89.8、39.5 和 56.0 个百分点, 防效分别为 90.8%、87.9%、72.0%。

2.2 3 种处理方案对葡萄病毒害的防治效果比较 为了研究电生功能水的防治效果, 采用酸性电解水、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 3 种方案进行对比试验, 同时与喷洒生物农药组对比, 研究酸性电解水能够在葡萄种植过程中取代农药, 产生与生物农药相同甚至更好的效果。

针对南方葡萄种植过程中霜霉病和灰霉病频发且病情较严重的特点, 当发现葡萄感染霜霉病或灰霉病时, 采用生物农药和 3 种电解水方案进行研究, 发现不同方案处理对葡萄霜霉病和灰霉病最终防治效果(2015 年 6 月 23 日调查结果) 差异显著(图 1)。生物农药、先喷酸性电解水后喷碱性电解水、酸性电解水的防治效果较好, 病情指数分别为 2.1、

表2 2015年7月中旬江西省新余市酸性电解水对葡萄主要病害的控制效果

Table 2 Control effect of acidic electrolyzed water on main diseases of grape in Xinyu City in Jiangxi Province in the middle of July, 2015

处理 Treatment	病害名称 Disease name	病叶数量 Number of diseased leaves//片	发病率 Incidence rate//%	病叶防控效果 Control effects of diseased leaves//%	病情指数 Disease index	病指防控效果 Control effects of diseased index//%	病果数量 Number of diseased fruit 穗	果穗发病率 Incidence rate of fruit ear//%	病穗防控效果 Control effect of diseased ear//%
示范区 Demonstration Area	霜霉病	30	6.0	94.0	1.6	93.5	9	12.0	88.0
	灰霉病	23	4.6	95.4	1.2	96.2	6	8.0	92.0
	炭疽病	12	2.4	97.6	1.0	93.2	12	16.0	84.0
	穗轴褐枯病	0	0	0	0	100	12	16.0	84.0
对照区 Control area	黑痘病	46	9.2	90.8	6.2	87.9	21	28.0	72.0
	霜霉病	460	92.0	0	38.5	0	69	92.0	0
	灰霉病	420	84.0	0	34.5	0	45	60.0	0
	炭疽病	360	72.0	0	39.4	0	72	96.0	0
	穗轴褐枯病	240	48.0	0	40.3	0	60	80.0	0
	黑痘病	450	90.0	0	45.7	0	63	84.0	0

2.8.2.2 先喷碱性电解水后喷酸性电解水病情指数为4.8。喷施酸性电解水与先喷酸性电解水后喷碱性电解水对葡萄霜霉病和灰霉病的防治效果较生物农药差距不明显,而先喷酸性电解水后喷碱性电解水差距较大。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葡萄霜霉病和灰霉病的防治效果较好,在防治过程中可减少农药施用次数或不使用农药,以降低农药对产品和环境的残留和污染。

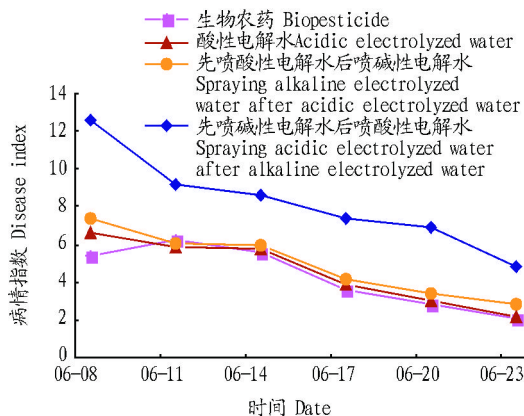


图1 3种处理方式与生物农药防治效果对比  
Fig. 1 Comparison of the control effects of three treatment methods and biopesticides

2.3 电解水对葡萄颗粒重和糖度的影响 间隔7d左右采摘同一时期成熟的夏黑葡萄,通过采样对比发现喷施酸性电解水的夏黑葡萄在平均颗粒重和糖度2个指标上明显高于传统种植的品种(图2)。夏黑葡萄平均颗粒重增加了11.2%,糖度高于普通品种1.8个百分点,提高了9.6%,说明酸性电解水具有促进葡萄生长和提高品质的作用。

3 结论与讨论

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葡萄霜霉病、灰霉病、炭疽病、穗轴褐枯病、黑痘病等病害的防治效果较好,分别为94.0%、79.2%,对农药具有可替代性。酸性电解水可促进葡萄平均颗粒重和糖度,所以酸性电解水可在大棚葡萄种植过程中安全施用。

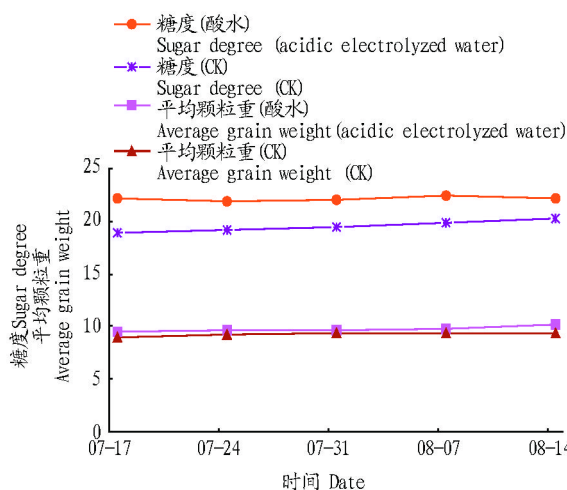


图2 酸性电解水对葡萄平均颗粒重和糖度的影响  
Fig. 2 Acid electrolysis of water's influence on the grapes, the average grain weight and sugar

该研究中电解水设备酸性电解水出水量约为150L/h,1h制水量可满足5个温室大棚(300m<sup>2</sup>)使用。该设备能耗、电解质成本较低,简单易行,具有较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。

研究表明,酸性电解水对各类微生物均有较强的杀灭作用,具有瞬时、广谱、高效、安全和无残留的杀菌特性<sup>[18-19]</sup>。与其他化学消毒剂相比,酸性电解水杀菌后可完全还原成无毒、无残留的普通水,排放后对环境无任何污染,对生态环境不会造成危害,且酸性电解水制造成本低廉、使用简便,从而使其成为一种安全的杀菌剂或消毒剂。

该试验不足之处在于未对葡萄的V<sub>C</sub>含量、可溶性糖、可溶性蛋白含量等品质进行深入研究,在后续试验中需进行研究。

参考文献

[1] 关东胜,李里特.强酸化水的制备及其灭菌效果[J].中国农业大学学报,1997,2(2):109-113.

(下转第148页)

3 结论与讨论

该研究表明 综合比较各处理农艺性状、生育期进程、主要病害发生情况以及经济性状 处理 1 在主要指标上表现较好 为最佳处理 其次为处理 3、处理 4。即 25% 阿维·丁硫水剂(金东旺) 2 次,分别于烟苗移栽、中耕培土时灌根,使用浓度为 2 000 倍 200 mL/株灌根表现最好。

该次根结线虫病防控试验结合膜下小苗移栽进行 移栽日期相比常规移栽提前约 30 d,团棵期提前约 20 d,即在 5 月 25 日进入团棵,土壤温度较高,由于雨季尚未来临,土壤含水量较低,墒情不佳。研究表明,温度对线虫的发生起主导作用,土壤水分、类型、pH 及含氧量也有一定影响。春节气温回升快、土壤含水量在 40% ~80% 时对根结线虫活动最有利,壤土、砂壤土通气良好,食线虫真菌等天敌数量少,氧气充足,土壤颗粒间孔隙大,便于线虫活动,一般受害严重<sup>[8, 11-13]</sup>。该试验土壤为红壤,质地偏砂,土壤颗粒较碎,气温较往年同时期偏高 3 ℃,上年同样栽烟,从而导致前期根结线虫发生较严重,能很好地检验各处理药剂的防治效果。由于进入 7 月降水增加,月平均降水量比往年高出 50 ~ 80 mm,所以后期根结线虫病危害有所减轻。

药剂的防效受施药时期、方法与浓度的影响很大。该试验采用移栽、团棵分别用药,浓度按照药剂说明配制,施药方法以拌土撒施、灌根为主,烟田环境基本一致,从而很好地体现了各种药剂对根结线虫病的防效,试验结果对大田生产有很好的指导作用。需要注意的是,由于金东旺及类似药物已经在生产上推广使用多年,为避免病菌产生抗药性降低药效,需要多种药剂及时更换使用。

参考文献

[1] 孔凡玉. 我国烟草侵染性病害发生趋势原因及防治对策[J]. 中国烟草, 1995(1): 31-34.

[2] 刘延荣. 山东省烟草侵染性病害名录[J]. 中国烟草, 1995(4): 28-33.
[3] POWELL N T, ELENDEN P L, BATTEN C K. Disease complexes in tobacco involving *Meloidogyne incognita* and certain soil-borne fungi[J]. Phytopathology, 1971, 61: 1332-1337.
[4] 吴青. 烟草根结线虫削弱烟草对黑胫病抗病性的初步研究[J]. 华北农学报, 1987, 3(2): 76-80.
[5] TAYLOR A L. Biology Identification and Control of Root-knot Nematodes [M]. North Carolina State University Graphics, 1978.
[6] 杨铭. 云南烟草根结线虫病发生及防治研究[J]. 中国烟草, 1995, (3): 10-15.
[7] 陈昌梅. 四川烟草根结线虫病研究综述[J]. 烟草科技, 1990(5): 40-42.
[8] 李淑君. 烟草根结线虫病发生规律及防治研究[J]. 河南农业大学学报, 1992, 26(S1): 97-99.
[9] 李惠琴. 陕西烟草根结线虫病调查鉴定初报[J]. 陕西农业科学, 1992(2): 29.
[10] 张广民. 烟草根结线虫病综合防治技术研究[J]. 中国烟草, 1996(4): 1-6.
[11] EISENBACK J D. 四种最常见根结线虫分类指南[M]. 昆明: 云南人民出版社, 1981.
[12] SASSER J N. Identification and host-parasite relationships of certain root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp) [M]. Raleigh NC: University of Maryland and Agricultural Experimental Station Bull, 1954: 1-31.
[13] DICKSON D W, SASSER J N, HUISSHING D. Comparative disc-electrophoretic protein analyses of selected *Meloidogyne Ditylenchus Heterodera* and *Aphelenchus* spp[J]. Journal of nematology, 1970, 2(4): 286-293.
[14] ESBENSHADE P R, TRIANTAPHYLLOU A C. Use of enzyme phenotypes for identification of meloidogyne species[J]. Journal of nematology, 1985, 17(1): 6-20.
[15] 胡凯基. 酯酶在根结线虫分类上应用的研究[J]. 林业科学研究, 1988, 1(6): 650-656.
[16] 陈永芳. 用 Phast System 电泳仪快速鉴定根结线虫种类[J]. 植物病理学报, 1998, 28(1): 73-77.
[17] 中国农业科学院烟草研究所. 中国烟草栽培学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
[18] 刘维志. 植物线虫学研究技术[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 1995.
[19] 朱贤朝. 烤烟主要推广品种对根结线虫病(*Meloidogyne* sp.) 的反应[J]. 中国烟草, 1989(3): 29-32.
[20] 祝明亮, 李天飞, 夏振远 等. 云南省烟草根结线虫病土壤生态因子分析[J]. 中国烟草学报, 2003, 9(4): 30-34.

(上接第 142 页)

[2] 朱世华. 强酸性水的制备及其在消毒上的应用[J]. 中国消毒学杂志, 1998, 15(3): 179-180.
[3] 武龙, 肖卫华, 李里特 等. 酸性电解水用于葡萄杀菌保鲜的试验研究[J]. 食品科学, 2004, 39(9): 81-83.
[4] 魏肖鹏, 董宇, 梁广忠 等. 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[J]. 中国植保导刊, 2015, 35(2): 9-13.
[5] VENKITANARAYANAN K S, EZEIKE G O, HUNG Y C et al. Efficacy of electrolyzed oxidizing water for inactivating *Escherichia coli* O157: H7, *Salmonella enteritidis*, and *Listeria monocytogenes* [J]. Applied and environmental microbiology, 1999, 65(9): 4276-4279.
[6] 李里特. 电生功能水在农业上的应用研究进展和展望[J]. 中国农业信息, 2006(10): 15-16.
[7] SHIMMURA S, MATSUMOTO K, YAGUCHI H. Acidic electrolysed water in the disinfection of the ocular surface [J]. Exp Eye Res, 2000, 70: 1-6.
[8] ISSA-ZACHARIA A, KAMITANI Y, MIWA N et al. Application of slightly acidic electrolyzed water as a potential non-thermal food sanitizer for decontamination of fresh ready-to-eat vegetables and sprouts [J]. Food control, 2011, 22(3/4): 601-607.
[9] AOKI T, MUNEMORL M. Continuous flow determination of free chlorine in water[J]. Anal Chem, 1983, 55: 209-212.
[10] 刘媛媛, 刘海杰, 辰巴英三 等. 紫外分光光度法对微酸性电生功能水

中有效氯成分的检测[J]. 现代食品科技, 2011, 27(11): 1393-1397.
[11] 郝建雄, 李里特. 电生功能水消除蔬菜残留农药的实验研究[J]. 食品工业科技, 2006, 27(5): 164-166.
[12] 李华贞, 李里特, 刘海杰 等. 酸性电解水对果蔬杀菌及保鲜效果的研究[J]. 现代食品科技, 2011, 27(3): 361-365.
[13] 肖卫华, 李里特, 李再贵. 电生功能水对草莓的保鲜试验研究[J]. 食品科学, 2003, 24(5): 152-155.
[14] LEN S V, HUNG Y C, ERICKSON M et al. Ultraviolet spectrophotometric characterization and bactericidal properties of electrolyzed oxidizing water as influenced by amperage and pH[J]. Journal of food protection, 2000, 63(11): 1534-1537.
[15] 肖卫华, 李里特, 李再贵. 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.
[16] BLOCK S S. Disinfection, sterilization, and preservation [M]. 3rd ed. Philadelphia: Lea and Febiger, 1983.
[17] FABRIZIO K A, CUTTER C N. Application of electrolyzed oxidizing water to reduce *Listeria monocytogenes* on ready-to-eat meats [J]. Meat science, 2005, 71: 327-333.
[18] 罗新希. 酸性电解水防治黄瓜白粉病的效应分析[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(36): 207-209.
[19] 高新昊, 刘兆辉, 李晓林 等. 强酸性电解水的杀菌机理与应用[J]. 中国农学通报, 2008, 24(7): 393-399.