

DOI:CNKI:61-1390/S.20111216.1202.037

网络出版时间:2011-12-16 12:02

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20111216.1202.037.html>

高压静电灭虫器的设计与试验

朱琳¹, 薛少平¹, 陈军¹, 杨忠浩², 阎勤劳¹

(1 西北农林科技大学 机械与电子工程学院, 陕西 杨凌 712100; 2 湖北武汉市润浩科技有限公司, 湖北 武汉 430001)

【摘要】 **【目的】**研制高压静电灭虫器,为实现高压静电杀灭农作物害虫提供新的装置。**【方法】**研制 10~60 kV 可调高压静电灭虫器,以茶树害虫茶尺蠖和茶小绿叶蝉为杀灭对象,对其杀虫效果进行检测,并对高压静电灭虫器的放电特性及不同电压下其对植物的影响进行分析。**【结果】**当电极直径为 0.5 mm、电极间距为 40 mm、使用电压为 30~50 kV、击穿距离取 25~30 mm 时,研制出的高压静电灭虫器对茶小绿叶蝉的防治效果为 2.3%~12.8%,对茶尺蠖的防治效果为 64.3%~71.1%。高压静电灭虫器的放电电压上升至 30 kV 以上时,在设定距离内能稳定持续放电,且随着电压上升,放电强度增强。高压静电灭虫器的电压设定为 30 kV 时,扫过茶树植株幼芽 2~3 s,对茶树植株幼芽叶片杀伤无明显影响;当高压静电灭虫器的电压上升至 40 kV 时,对幼芽有轻微影响,有枯萎但能恢复;当电压上升至 50 kV 时,幼芽枯萎,不能恢复。当高压静电灭虫器扫过茶树植株幼芽的时间降为 1~2 s 时,50 kV 电压下其对幼芽造成的枯萎可恢复。**【结论】**成功研制了一种高压静电灭虫器,其对茶树植株害虫茶尺蠖有明显的杀灭作用。

【关键词】 高压静电灭虫器;茶尺蠖;茶小绿叶蝉;防治效果;放电特性

【中图分类号】 S499

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2012)01-0210-05

Design and test of high voltage electrostatic deinsectization machine

ZHU Lin¹, XUE Shao-ping¹, CHEN Jun¹, YANG Zhong-hao², YAN Qin-lao¹

(1 College of Mechanical and Electronic Engineering, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 Runhao Plant Protection Technology Co., Wuhan, Hubei 430001, China)

Abstract: **【Objective】**In order to provide a kind of new machine using high voltage static electricity to kill crop pests, the high voltage electrostatic extermination device was designed in this article. **【Method】**High voltage electrostatic deinsectization machine of adjustable voltage from 10 to 60 kilovolts was designed. Field experiment with tea plant was tested, and the discharge performance and pests-killing data were analyzed. **【Result】**When the electrode diameter was 0.5 mm in high voltage electrostatic deinsectization machine, the distance in electrode was 40 mm, the using voltage range 30 to 50 kilovolts, breakdown distance 25 to 30 mm, the killing rate 2.3%—12.8% for tea cicada, and the killing rate 64.3%—71.1% for tea inchworm. When output voltage exceeded 30 kilovolts and operation time from 2 to 3 second, it didn't affect tea plant. When output voltage exceeded 40 kilovolts, it made a little effect on tea plant. When output voltage exceeded 50 kilovolts, it affected tea plant badly. **【Conclusion】**The high voltage electrostatic deinsectization machine was successfully designed, and the tea plant pests, inchworm in particular, can be killed by the new machine.

Key words: high voltage electrostatic deinsectization machine; inchworm; tea cicada; prevention effect;

* [收稿日期] 2011-06-30

[基金项目] 国家星火计划项目(2005EA850034)

[作者简介] 朱琳(1969—),男,陕西富平人,副教授,在读博士,主要从事农业装备创新研究。E-mail:zhulin@nwsuaf.edu.cn

[通信作者] 陈军(1970—),男,宁夏固原人,副教授,博士生导师,主要从事机电一体化与控制技术研究。

E-mail:chenjun_jdxy@nwsuaf.edu.cn

discharge performance

农药对农林产品的污染,给人类及其生存环境直接或间接地带来了危害。长期使用化学农药,不仅杀伤了大量天敌,使害虫失去自然控制力,出现了害虫越治越多的现象,而且还可能造成农药在农产品中的残留量超标,影响农产品质量,以致人类的健康和生存环境面临威胁^[1-3]。近年来,人们不断寻求高效低毒的农药,可是没有毒性的农药是不存在的。应用物理防治方法可最大限度地减少农药的使用,从而保护生态环境。用静电灭虫是一种不用农药、不污染环境、不残留的物理灭虫方法^[4-8]。高压静电场对病菌也有明显的致死作用^[9-12]。静电技术作为一门新兴的边缘学科,其应用已经渗透到农业的各个领域,甚至成为改造传统农业生产的方式和手段之一^[13-16]。然而大部分研究者应用静电技术进行液体均匀雾化^[17-18],而对于直接采用静电技术杀灭害虫并未进行系统研究。为此,本研究基于高压静电放电原理,设计了一种高压静电灭虫器,并以茶树害虫茶尺蠖和茶小绿叶蝉为对象检测其杀虫效果,以期农作物病虫害的物理防治提供新的装置。

1 高压静电灭虫器的设计

1.1 高压静电灭虫器的原理

高压静电灭虫器主要由蓄电池、控制电路板、变

压器、高压电容、前后面板、操作杆、调压开关、探头等组成。高压静电场发生原理如图 1 所示,该系统由蓄电池提供 12 V 电源,低压直流电源通过升压控制电路变换成高频交流电输出,然后经可调变压器升压,最后经高压电容和高压硅堆组成的倍压升压电路,按不同的倍压级数要求将其升压,从而达到要求的高压静电场,在几千伏到几十千伏的高压电场下,将置于电场内的农作物害虫和病菌杀死。

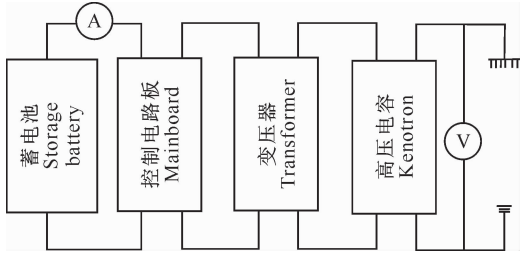


图 1 高压静电灭虫器电场发生原理的示意图

Fig.1 Electric field principle of equipment

1.2 高压静电灭虫器的结构

1.2.1 总体结构 高压静电灭虫器主要由外部面板结构和内部电路部分以及探头等组成,其总体结构如图 2 所示。

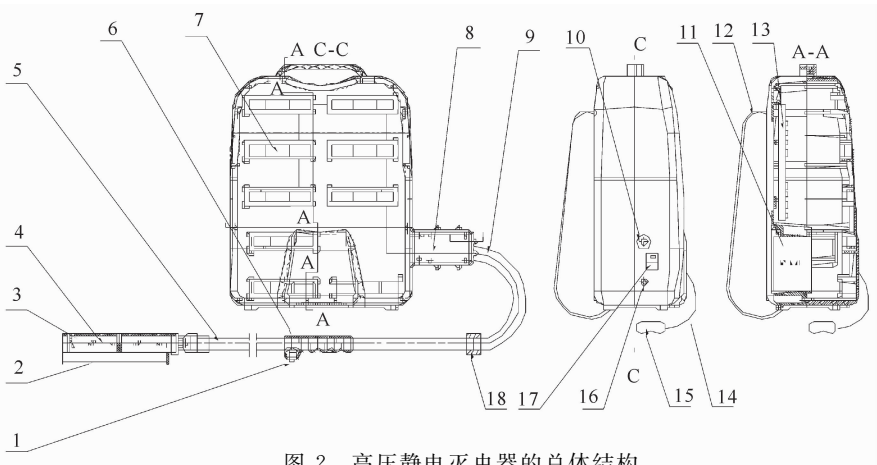


图 2 高压静电灭虫器的总体结构

1. 接触开关;2. 负极;3. 探头;4. 正极;5. 延长杆;6. 手柄;7. 高压发生器;8. 导线;9. 软管;10. 调压旋钮;11. 蓄电池;
12. 背带;13. 升压控制电路板;14. 接地线;15. 胶鞋;16. 充电插口;17. 电源开关;18. 软管接头

Fig.2 Structure sketch of equipment

1. Switch;2. Cathode;3. Palp;4. Anode;5. Lengthening pole;6. Handspike;7. Kenotron;8. Wire;9. Tube;

10. Control knob;11. Storage battery;12. Gallus;13. Mainboard;14. Kelly wire;15. Rubber overshoes;16. Charge input;17. Power; 18. Tie-in

1.2.2 灭虫探头 灭虫探头是静电灭虫器的关键工作部件,其结构如图 3 所示。该装置中放电电极为 8 根针状电极,分 4 组正反方向布置,针为正极,电极直径 0.5 mm,4 组电极间距 40 mm,击穿距离取 25~30 mm。在 10~60 kV 的试验范围内调节电压(U),得到正电晕放电伏安特性如图 4 所示。

由图 4 可以看出,电压在 30~50 kV 时,电流(I)急剧增加,脉冲在该段是以陡峭的电流波出现的;若使

电压进一步上升,则电流上升幅度极小,几乎趋于平稳,故选用 30~50 kV 电压作为试验电压。

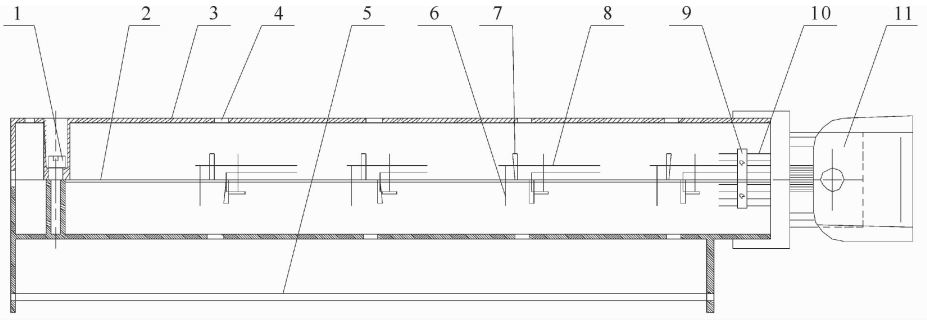


图 3 高压静电灭虫器探头的结构示意图

1. 螺钉;2. 绝缘固定板;3. 外壳;4. 通孔;5. 感应阴极;6. 针状电极;7. 针极固定板;8. 导线;9. 输入线固定板;10. 输入线;11. 接头

Fig. 3 Distributing sketch of electrode

1. Bolt;2. Insulating board;3. Shell 4. Hole;5. Cathode;6. Anode;7. Anode fixation;
8. Wire;9. Input fixation;10. Input wire;11. Tie-in

1. 2. 3 高压脉冲发生器 本研究采用倍压整流升压电路,通过整流升压方式提高电路电压,可以避免普通变压器线圈在 30 kV 以上高电压的绝缘处理问题。倍压整流升压电路的工作原理为:当变压器次

级输出电压为上正下负时,电流方向如图 5 中箭头所示方向,变压器向上臂电容充电储能;当变压器次级输出电压为上负下正时,电流方向则与图 5 箭头方向相反,上臂电容通过变压器次级向下臂充电。

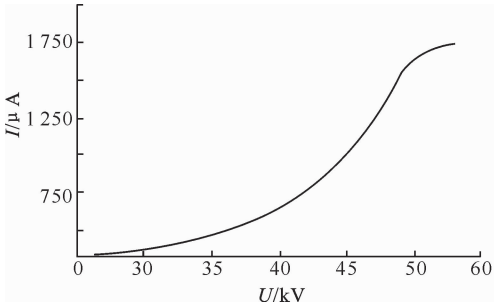


图 4 高压静电灭虫器的正电晕放电伏安特性

Fig. 4 Characteristic of positive electricity discharge

如果不带负载,稳态时,除了变压器次级电容,其他每个电容上的电压为 $2U$,所以总的电压输出为 $6U$,由于高阶倍压整流电路负载能力差,且输出功率较低,这会导致输出电压大幅度跌落,假设输出电流为 I ,且每个电容的容量 C 相同,交流电源频率为 f ,每 2 倍压为一阶,倍压阶数为 N ,则:

电压跌落(ΔU)= $\frac{1}{6fC} \cdot (4N^3 + 3N^2 + 2N)$;

输出电压纹波= $\frac{(N+1)N}{4} \cdot \frac{1}{fC}$ 。

由以上公式可以看出,倍压阶数 N 越高,电压跌落幅度越大,输出电压纹波也越大。考虑到高压静电场灭虫器对电源质量要求较低,故采用 6 倍压整流电路。

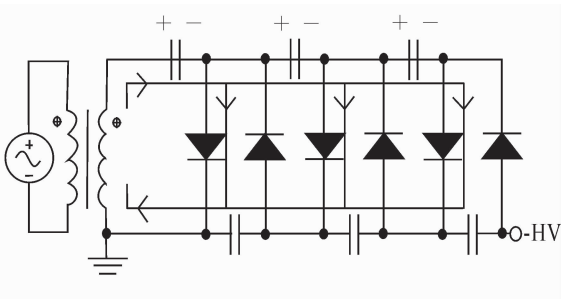


图 5 高压静电灭虫器的倍压升压电路图

Fig. 5 Diagram of voltage doubling circuit

2 高压静电灭虫器的杀虫效果试验

2.1 方法

防治前,对茶园害虫进行调查,并分类记录种类和数量。采用本试验研制的 10~60 kV 高压静电灭虫器对茶尺蠖(幼虫)和茶小绿叶蝉进行防治,并与化学农药(4.5%氯氰菊酯乳油,采用喷雾器喷洒)的灭虫效果进行比较,以不采取任何方式灭虫处理为对照(CK)。以在试验园区对害虫密度的调查数据作为灭虫试验后的计算基数。在试验后的第 2、5 和 7 天分别调查虫口数,统计防虫效果。虫口减退率=(药前活虫数-药后活虫数)/药前活虫数×100%;防治效果=(虫口减退率-CK 虫口减退率)/(100-CK 虫口减退率)×100%。

2.2 高压静电灭虫器对茶尺蠖和小绿叶蝉的防治效果

由表 1 可以看出,第 2,5 和 7 天,高压静电灭虫器对茶尺蠖的防治效果分别为 64.3%,67.1%和 71.1%,均低于化学农药处理。因为物理灭虫是强电场接触灭虫,总有某些害虫未到达强电场,而使其得以逃生,故需要间隔 1~2 d 再重复防治 1 次。

表 1 高压静电灭虫器对茶尺蠖的防治效果

Table 1 Experiment data of inchworm-killed

处理 Method	防治前 基数 Number of pre-deal	试验后第 2 天 2 days			试验后第 5 天 5 days			试验后第 7 天 7 days		
		活虫数 Number of live insects	虫口 减退率/% Drop rate	防治 效果/% Effect	活虫数 Number of live insects	虫口 减退率/% Drop rate	防治 效果/% Effect	活虫数 Number of live insects	虫口 减退率/% Drop rate	防治 效果/% Effect
高压静电灭虫器 Deinsectization machine	52	18	65.1	64.3	16	68.5	67.1	14	72.3	71.1
化学农药 Pesticide CK	50	8	84.0	83.6	4	92	96.1	2	96	95.8
	45	44	2.2	—	43	4.3	—	43	4.3	—

表 2 高压静电灭虫器对茶小绿叶蝉的防治效果

Table 2 Experiment data of tea cicada-killed

处理 Method	防治前 基数 Number of pre-deal	试验后第 2 天 2 days			试验后第 5 天 5 days			试验后第 7 天 7 days		
		活虫数 Number of live insects	虫口 减退率/% Drop rate	防治 效果/% Effect	活虫数 Number of live insects	虫口 减退率/% Drop rate	防治 效果/% Effect	活虫数 Number of live insects	虫口 减退率/% Drop rate	防治 效果/% Effect
高压静电灭虫器 Deinsectization machine	118	102	13.5	12.8	100	15.2	8.2	98	16.3	2.3
化学农药 Pesticide CK	120	6	95.0	94.9	0	100.0	100.0	0	100.0	100.0
	119	120	-0.8	—	128	-7.6	—	136	-14.3	—

3 高压静电灭虫器的放电特性及不同电压下其对植物的影响

3.1 放电特性分析

将高压静电灭虫器背负在身上,穿上绝缘胶鞋,将电源开关打开,调节电位器,在 10~60 kV 的电压范围内进行测试和观察,由正电晕放电伏安特性图可以看出,在外施电压均匀上升条件下,放电电流升幅逐渐增大,上升曲线很光滑,说明在试验的电压范围内,高压静电灭虫器保持了正常电晕放电。当电压低于 30 kV 时,因缩小了放电距离,虽然也可以放电,但在试验中放电情况不够稳定;电压上升至 30 kV 以上时,在设定距离内能稳定持续放电,且随着电压上升,放电辉光和放电发出的声音明显增强,说明放电强度增大。

3.2 不同电压下对植物的影响

探头与电极距离设定 30 mm,电极间距为 40 mm,将探头紧贴茶树枝叶扫过 2~3 s,在 10~60 kV 的电压范围内调节灭虫器电压,当电压为 30 kV 时,高压静电灭虫器对茶树植株幼芽叶片杀伤无明

由表 2 可以看出,第 2,5 和 7 天,高压静电灭虫器对茶小绿叶蝉的防治效果分别为 12.8%,8.2%和 2.3%,均低于化学农药处理。因为在田间操作时,茶小绿叶蝉对轻微动作非常敏感,高压静电灭虫器探头一接触到叶片,附近茶小绿叶蝉就迅速飞离茶树,故只有小部分被杀灭。

显影响;当电压上升至 40 kV 时,高压静电灭虫器对幼芽有轻微影响,使其发生枯萎,但幼芽很快能恢复;当电压上升至 50 kV 时,高压静电灭虫器使幼芽发生了枯萎,且不能恢复,在此电压下将扫过茶树植株幼芽的时间缩短为 1~2 s 时,高压静电灭虫器对幼芽造成的枯萎可恢复。故在灭虫试验中,将扫过时间均设定为 1~2 s,输出电压不超过 50 kV。

4 结论与讨论

本研究基于 6 倍压整流电路装置在特定条件下可产生高压静电场,且该电场能稳定持续放电、对作物害虫有较好杀灭效果的原理,设计开发了高压静电灭虫器。本研究研制的高压静电灭虫器,解决了害虫对农药的选择性和抗药性问题,以及生产中存在的农药污染、残留严重和费用高等问题,同时还能对农作物植株进行灭菌、消毒,避免操作人员农药中毒。此外,本研究还分析了高压静电灭虫器在茶树植株上对茶尺蠖、茶小绿叶蝉的防治效果。结果表明,在 30~50 kV 电压其能有效杀灭茶树植株上的茶尺蠖,对茶尺蠖的防治效果可达 64.3%~71.1%,

但对茶小绿叶蝉的防治效果较差。因此,对于高压静电灭虫器的杀虫灭菌机理有待于进一步研究,以提高其杀虫效果。

[参考文献]

- [1] 闫勤劳,薛少平,朱琳,等.用静电杀灭蚜虫的初步试验研究[J].农业工程学报,2000(11):85-87.
Yan Q L,Xue S P,Zhu L,et al. Preliminary experimental study on aphid-killing by using static electricity [J]. Transactions of the CSAE,2000(11):85-87. (in Chinese)
- [2] 彭萍,王晓庆,肖玉华,等.茶树病虫害预测预报方法的回顾与展望[J].西南农业学报,2010,23(5):1742-1745.
Peng P,Wang X Q,Xiao Y H,et al. Review and prospect on forecasting of tea pests and diseases [J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences,2010,23(5):1742-1745. (in Chinese)
- [3] 李捷,冯丽芳.农业害虫物理防治研究进展[J].山西农业科学,2007(7):67-70.
Li J,Feng L F. Effective physical control way of the pests and its study evolvement [J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences,2007(7):67-70. (in Chinese)
- [4] 张俐,申勋业,杨方.高压静电场对生物效应影响的研究进展[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2000,31(3):307-312.
Zhang L,Shen X Y,Yang F. Influence of high-voltage electrostatic field to the biological effect [J]. Journal of Northeast Agricultural University: Natural Science Edition,2000,31(3):307-312. (in Chinese)
- [5] 王晓臣,朱益民.多针对板式负电晕放电电极间距确定[J].高电压技术,2003,29(7):40-42.
Wang X C,Zhu Y M. Determination of clearance between electrodes of multi-needle to negative corona discharge [J]. High Voltage Engineering,2003,29(7):40-42. (in Chinese)
- [6] 贾卫东,邱白晶,施爱平,等.农用高压静电喷雾场的实验[J].农业机械学报,2007,38(12):66-69.
Jia W D,Qiu B J,Shi A P,et al. Measurement of agricultural high-voltage electrostatic spraying field by using PDPA [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery,2007,38(12):66-69. (in Chinese)
- [7] 林海峰,戚大伟,李花顺. γ 射线辐照对舞毒蛾幼虫DNA作用的研究[J].森林工程,2008(5):3-5.
Lin H F,Qi D W,Li H S. Effects of gamma ray irradiation on DNA of gypsy moth larv [J]. Forest Engineering,2008(5):3-5. (in Chinese)
- [8] 张广学,郑国,李学军,等.从保护生物多样性角度谈频振式杀虫灯的应用[J].昆虫知识,2004,41(6):532-535.
Zhang G X,Zheng G,Li X J,et al. Discussion of using frequency trembler grid lamps from angle of protecting biodiversity [J]. Entomological Knowledge,2004,41(6):532-535. (in Chinese)
- [9] 张佰清,罗莹,魏宝东.高压静电场杀菌效果研究[J].保险研究,2005(6):39-40.
Zhang B Q,Luo Y,Wei B D. Research on sterilization by high voltage electrostatic field [J]. Storage Process,2005(6):39-40. (in Chinese)
- [10] 廖贡献,张箐.高压静电场对植物细胞的影响[J].中南民族学院学报,2000,19(3):9-12.
Liao G X,Zhang Q. Effects of high voltage electrostatic field on plant cell [J]. Journal of South-Central University for Nationalities,2000,19(3):9-12. (in Chinese)
- [11] 赵剑,杨文杰,马福荣,等.高压静电场对苜蓿叶片愈伤组织诱导的影响[J].生物物理学报,1996,12(3):517-521.
Zhao J,Yang W J,Ma F R,et al. Effects of high voltage electrostatic field on callus induction of alfalfa leaves [J]. Acta Biophysica Sinica,1996,12(3):517-521. (in Chinese)
- [12] Law S E,Scherm H. Electrostatic application of a plant-disease biocontrol agent for prevention of fungal infection through the stigmatic surfaces of blueberry flowers [J]. Journal of Electrostatics,2005,63(5):399-408.
- [13] 陆军,贾卫东,邱白晶,等.黄瓜叶片喷雾药液持留量试验[J].农业机械学报,2010,41(4):60-64.
Lu J,Jia W D,Qiu B J,et al. Experiment on retention of spray liquid on cucumber leaves [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery,2010,41(4):60-64. (in Chinese)
- [14] 冯明祥,姜瑞德,王继青,等.茶园种茶对茶树主要害虫及其捕食性天敌的影响[J].山东农业科学,2010(10):89-91.
Feng M X,Jiang R D,Wang J Q,et al. The effect of plant grass to tea plant pest and natural enemy in tea garden [J]. Shandong Agricultural Sciences,2010(10):89-91. (in Chinese)
- [15] 付绍军,郭康权.电致生物效应与电场杀虫技术[J].农机化研究,2008,2(2):39-45.
Fu S J,Guo K Q. Principle of bioelectrical effect and the study on killing pests by electronic field [J]. Journal of Agricultural Mechanization Research,2008,2(2):39-45. (in Chinese)
- [16] 王建伟,郭康权,焦静,等.土壤的电特性及电场杀虫的研究[J].农机化研究,2007,3(3):128-130.
Wang J W,Guo K Q,Jiao J,et al. Research on the electronic behavior of soil and the kill pests by electronic pulse [J]. Journal of Agricultural Mechanization Research,2007,3(3):128-130. (in Chinese)
- [17] 于辉,何雄奎,仲崇山,等.在静电喷雾中喷液物化特性对荷质比的影响[J].安徽农业科学,2007,35(15):4706-4707.
Yu H,He X K,Zhong C S,et al. Effect of the liquid properties of electrostatic spraying on charge-mass ration [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences,2007,35(15):4706-4707. (in Chinese)
- [18] 杨超珍,吴春笃,陈翠英,等.静电喷雾电晕充电特性研究[J].排灌机械,2006,24(1):27-30.
Yang C Z,Wu C D,Chen C Y,et al. Mechanism of corona charge on electrostatic spray [J]. Drainage and Irrigation Machinery,2006,24(1):27-30. (in Chinese)