

管送式温室药物气化装置气化效果的试验研究

刘中华¹, 李招弟², 刘珂², 冯慧敏¹, 王燕荣¹

(1. 山西农业大学城乡建设学院, 山西 太谷 030801; 2. 山西农业大学城乡工学院, 山西 太谷 030801)

摘要:在日光温室里搭载的二氧化碳智能释放系统中, 针对研制的管送式温室药物气化装置, 通过改变药物喷头、管道位置等因素试验研究了其气化效果, 研究结论为: (1) 安装喷头的管道处于竖直位置时气化效果较好; (2) 管道中心轴线上的气流大小和方向稳定, 喷头出液口处于此位置气化效果较好; (3) 药液袋和喷头间的水位差与药液气化时间成反比; (4) 环境温度与药液气化时间成正比; (5) 开关位置与药液流速成正比。

关键词: 气化; 水位差; 温度; 温室

中图分类号: S49

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2019)03-0040-05

Experimental Study on Gasification Effect of Pipe Type Greenhouse Chemical Gasification Device

LIU Zhonghua¹, LI Zhao di², LIU Ke², FENG Huimin¹, WANG Yanrong¹

(1. Urban and Rural Construction College, Shanxi Agricultural University, Taigu 030801; 2. Institute of Technology, Shanxi Agricultural University, Taigu 030801, China.)

Abstract: Carbon dioxide intelligent emission system in solar greenhouse, experimental study on gasification effect of nozzle was carried out. The main experimental conclusions were as follows: (1) the vertical placement effect of the pipe installed with spray nozzle was better; (2) the air flow on the central axis of the pipeline was stable and the nozzle outlet should be placed there; (3) the water level difference between the liquid bag and the spray head was proportional to the gasification time; (4) the environmental temperature was directly proportional to the gasification time of the liquid; (5) the switch position was negatively proportional to the liquid flow rate.

Key words: Gasification; Pressure head; Temperature; Greenhouse

我国设施农业近年来迅速发展, 至2016年已占世界设施农业总面积的90%以上, 极大地缓解了我国北方冬季蔬菜供应不足的现象^[1-2], 而病虫害的防治一直是一个棘手问题。目前对病虫害的防治手段主要是喷洒农药, 但传统的喷洒方式存在药滴粒径过大、植物间隙穿透性差、药量沉积不均等问题, 存在着极大的安全隐患^[3-5]。为了解决以上问题, 我们研制了比传统施药装置具有更高农药分散度的管送式温室农药气化装置, 此装置可与二氧化碳智能释放系统配合使用^[6]。为了提高此新型喷头^[7-8]的管送气化效果, 根据相关研

究^[9-13]分别对管道的倾斜度、喷头在PVC管道中安装位置、药液袋与喷头之间的水位差、施药温度等进行了气化效果的试验研究。

1 确定喷头结构及试验条件

由于目前我国大多数大跨度智能温室的棚高多在4~8 m之间, 因此设置PVC竖管长为4.0 m。风机功率为750 W, 喷头结构如图1所示。安装在PVC管底部, 保证喷头进风口正对PVC竖管内气流方向, 每次试验用液量为250.0 mL。

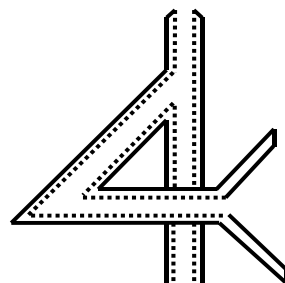


图1 喷头结构图

收稿日期: 2018-10-21

基金项目: 国家自然科学基金项目(41702263); 山西省煤基重大科技攻关项目(FT201402); 山西农业大学引进人才科研启动项目(XB2011005)。

作者简介: 刘中华(1975-), 男, 副教授, 博士, 主要从事农业设施结构工程技术及环境调控、工程力学等方面的教学与研究工作。

2 试验数据及结果

选择该喷头,利用控制变量法,分别进行喷头安装管道的倾斜度测试,以及增加竖管情况下新型温室农药气化喷头在管道中的安装位置、水位差及药液气化时间、施药温度和控制药液流速的开关位置等五组试验,记录相关的试验数据并绘制成表格。试验情景分别如图2、图3所示。

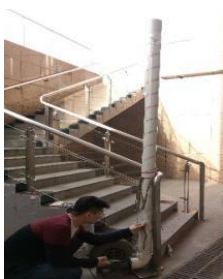


图2 直立竖管试验图

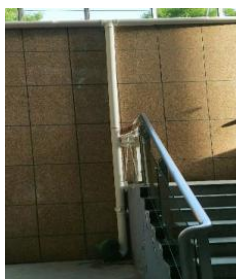


图3 添加横管后的试验图

2.1 竖管倾角对液体雾化效果的影响试验

在大气温度 26°C 、喷头与药液袋之间的水位差为 0.5 m 、喷头出液口置于PVC竖管横截面的中心、开关位置设置在 25 mm 处的情况下,进行竖管倾角的试验,根据试验结果选出药液雾化效果较好的竖管倾斜程度。将 4 m 长的PVC管水平放置,之后逐渐升高气出口端的高度,分别控制其气出口端距进口端的竖直距离为 0.50 m 、 1.00 m 、 1.50 m 、 2.00 m 、 3.00 m 、 4.00 m ,试验情景见图4。



图4 上下端竖直距离 3.0 m 试验情景图

试验结果如下:①当竖管气出口端与进口端的竖直距离分别为 0.50 m 、 1.00 m 、 1.50 m 时,液体从气出口端汇聚流出;②当竖管气出口端与进口端的竖直距离为 2.00 m 时, 250 mL 液体气化后的剩余量在 $10.0\text{ mL} \sim 15.0\text{ mL}$ 之间,即未气化液体所占比例在 5.0% 左右;③当竖管气出口

端与进口端的竖直距离为 3.00 m 时, 250 mL 液体气化后的剩余量为 6.0 mL ,即未气化液体所占比例为 2.4% ;④当竖管竖直放置时, 250 mL 液体完全气化,无剩余液体从竖管底部流下。

2.2 喷头在PVC管道中安装位置的试验

将本组试验控制条件定为:大气温度 26°C 、喷头与药液袋之间的水位差为 0.5 m 、PVC管竖直放置、将控制药液流速的开关调整至 20.0 mm 处,喷头出液口距PVC竖管外壁的距离如图5所示。调整喷头出液口在喷头进液口方向上距PVC竖管外壁的距离分别为 50.0 mm 、 55.0 mm 、 60.0 mm ,进行药液气化试验,试验数据及效果见表1。其中“气化时间”表示从试验开始至药液袋中药液完全气化所用的时间。

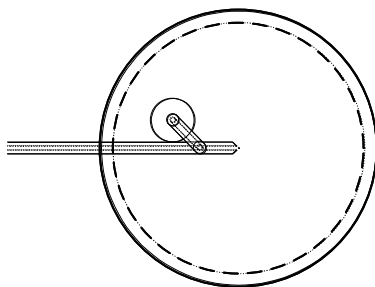


图5 喷头安装俯视原理图

表1 喷头出液口距PVC管外壁的距离变化情况下
喷头气化时间及效果

喷头出液口距管道 外壁的距离(mm)	气化时间	气化效果
50.0	9'27"	两端横管 均干燥且无积液
55.0	12'06"	
60.0	10'19"	
65.0	11'27"	

当喷头出液口距PVC管外壁的距离为 50.0 mm 时,喷头出液口位于PVC竖管横截面的中心,药液喷头在本试验条件下的气化时间最短。随着喷头出液口距PVC管外壁的距离的增大,喷头出液口越偏离PVC竖管横截面的中心,越靠近PVC竖管内壁。

2.3 药液袋与喷头的水位差对药液气化时间的影响试验

将本组试验控制条件定为:大气温度 26°C 、PVC管竖直放置,喷头安装在PVC竖管距地面高 1.00 m 处,将控制药液流速的开关调整至最大。

将药液袋悬挂在PVC竖管一侧, h 为药液袋与喷头的水位差,见图6。调整药液袋与喷头的

水位差 h , 即令水位差 h 分别为 0.50 m、0.40 m、0.30 m, 进行水位差对药液气化时间的影响试验, 试验数据及效果见表 2。

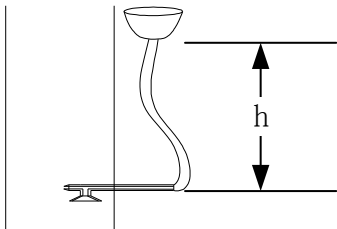


图 6 药液袋与喷头的水位差示意图

表 2 改变高差对应的喷头气化时间及效果

H(m)	气化时间	气化效果
0.50	2'34"	PVC 管道内无剩余液体
0.40	2'40"	
0.30	2'48"	

根据伯努利方程:

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2$$
, 水位差 h 越大, 液体流速越快; 流速与水位差成正比关系。药液流速越快, 则药液气化时间越短, 表 2 试验数据与蒋永奎等^[14]的研究结论一致。

2.4 适宜的施药温度的试验

将本组试验控制条件定为: PVC 管竖直放置、喷头出液口置于竖管横截面的中心、喷头与药液袋之间的水位差为 0.5 m、将控制液体流速的开关调整至 25.0 mm 处。

选择大气温度分别为 7℃、12℃、26℃ 的情况进行施药温度的测试试验, 研究环境温度对药液气化时间的影响, 试验数据结果见表 3。

表 3 不同温度下药液气化时间及效果

环境温度(℃)	气化时间	气化效果
7	5'25"	剩余药液 10.0 mL
16	4'30"	管道内壁附着有液滴
26	2'34"	管道内壁干燥无积液

由分子热运动理论可知, 温度越高, 分子的无规则运动越剧烈, 扩散越快; 同时, 液体在大气环境中时, 具有高动能的分子会从液滴表面挣脱, 形成气化现象, 因此大气温度越高, 具有相对高动能的分子比例也越多, 气化现象越剧烈。表 3 中的数据与上述理论相吻合。

2.5 控制药液流速的开关位置的测试试验

由于开关位置的调整直接影响了药液的流动

速度, 继而影响到药液气化的时间。并且实际使用时, 农户不希望出现因调整开关造成药液释放不均及药液浪费。因此给出一个合适的开关位置就显得至关重要。

将控制条件定为: 大气温度 27℃、PVC 管竖直放置、喷头出液口置于竖管横截面的中心、喷头与药液袋之间的水位差为 0.5 m。

改变控制液体流速的开关位置, 将开关位置分别调节至 15.0 mm、18.0 mm、20.0 mm、22.5 mm、25.0 mm 的位置, 进行控制药液流速的开关位置的试验研究, 分析较为适合温室农药气化装置的开关位置, 试验数据对比见表 4。

表 4 改变开关位置时药液气化时间及效果

开关位置 (mm)	气化时间	气化效果
15.0	17'42"	PVC 管内壁干燥,
18.0	12'37"	气化效果良好
20.0	11'47"	PVC 管内壁基本无液体,
22.5	5'56"	气化效果一般
25.0	3'30"	PVC 管内壁有积液回流, 气化效果较差

由表 4 可知, 开关位置对气化时间影响很大, 开关位置与气化时间成反比。随着开关位置距离的加大, 液体气化时间缩短, 气化效果也越差。

3 试验结果分析

对以上结果进行分析, 总结新型温室农药气化喷头在使用时, 其在 PVC 管道中的适宜安装位置、药液袋和喷头的水位差对药液气化时间的影响关系、施药温度以及控制药液流速的开关位置对药液气化效果的影响。

3.1 竖管倾角对液体气化效果的影响

当 PVC 管出气端(上端)距地面的距离分别为 2 m、3 m、4 m 时, 剩余液体量较少, 且随着管道上端口距地面竖直距离的增加, 液体剩余量越来越少, 液体气化率越来越高, 试验数据如表 5 所示。

表 5 PVC 管上端距地面高度不同时液体剩余量

PVC 管上端距 地面的距离(m)	剩余液体量 (mL)	未气化液体比例 (%)
2	10 ~ 15	4 ~ 6
3	6	2.4
4	0	0

随着竖管与水平方向的夹角从 0° 不断增大到 90° , 250 mL总用液量经气化后的剩余液体量逐渐减少,至管道竖直放置(与水平方向夹角为 90°)时,250 mL液体完全气化,无剩余液体流出,气化效果最好。因此实际安装管道时,应将管道竖直安放,避免倾斜。

3.2 喷头安装位置对药液气化时间的影响

由图5可知,当喷头出液口在喷头进液口方向上距PVC竖管外壁的距离为50.0 mm时,喷头的出液口位于PVC管道横截面正中,对比表1可知,只有在喷头出液口距PVC管外壁的距离50.0 mm时,药液气化时间最短。因气流在管道内壁周围会形成紊流边界层,形成涡流^[15],所以受PVC管内涡流的影响,管道内壁周围区域的气流速度并不稳定,而管道中心轴线上的气体流速则相对稳定,且流速较大,致使气化速度更快,同时也能保证较均匀的药液气化效果。因此,新型温室药液气化喷头安装时,应将其喷头的出液口置于PVC竖管横截面的中心位置。

3.3 水位差对药液气化时间的影响

根据伯努利方程的能量守恒原理,药液袋与喷头的水位差与液体流速成正比,也就是药液袋和喷头的水位差与药液气化速度成正比,即药液袋与喷头的水位差越大,药液气化速度越快。

为了温室内人员作业方便,同时避免药液气化速度过快造成药液浪费和温室土壤过度污染,将水位差定在0.30~0.50 m范围内,试验测试了水位差0.50 m、0.40 m、0.30 m情况下的药液气化速度,三种情形的药液气化速度差异不大。考虑温室内实际作业情况,水位差也不宜过小,综合上述因素,建议实际安装时将液袋与喷头的水位差控制在0.50 m左右。

3.4 确定适宜的温室施药温度

根据分子热运动理论及液体蒸发条件,药液气化速度与温度成正比。分析表3数据可知, 7°C 时气化时间最长,PVC管道内有剩余液体聚集流下,气化效果较差; 26°C 时气化时间最短,且PVC管道内壁干燥无积液,气化效果良好。因此应尽量在实际温室作业时保证温室内环境温度在 26°C 左右。在此温度下使用新型温室农药气化喷头,进行管道传输释放农药,农药的气化效果较好。在实际中可结合具体天气情况做适当的改变。

3.5 确定适合的控制药液流速的开关位置

对表4数据进行线性拟合得到开关位置与药液气化时间的关系式: $y = -1.3846x + 38.011$,其中 x 为开关位置, y 为药液气化时间。

开关的调节直接决定药液的流动速度,继而影响到药液气化的速度。随着开关位置的加大,药液气化时间会越来越短,即开关位置与气化时间成反比。并且随着开关位置变大,药液气化效果也越来越差。为气化时间不至于过长同时保证药液气化效果良好,建议实际使用时将开关位置调整至20.0 mm。

随着使用时间的增加,药液袋到药液喷头之间的器件内壁可能黏附药液颗粒导致内径减小,进而减缓药液流速,拖延药液气化时间,此时可将开关适当调大,保证正常的温室作业。

经过上述试验,测得适合温室用的新型农药气化喷头的使用条件如下:(1)在本试验条件下水平放置PVC管喷头气化效果最差,PVC管竖直放置时药液气化效果较好;(2)喷头出液口偏离PVC竖管中心轴线位置时,气化效果不稳定,因此安装喷头时应将喷头出液口置于PVC竖管横截面正中;(3)药液袋底部与喷头出液口之间的水平距离尽量保证在0.50 m左右;(4)尽可能选择施药温度在 26°C 左右的温度下进行施药;(5)控制药液流速的开关位置最好设置在20.0 mm处,且开关位置越大,气化效果越差。

只有在上述条件下,才能保证管送式新型温室农药释放系统达到良好的施药效果。从而高效地解决大跨度智能温室病虫害防治的难题,降低温室农产品病虫害的比例,提高温室农产品的产出率,增加温室效益。

参考文献:

- [1] 王 腾. 新型日光温室模式发展现状与展望[J]. 吉林农业, 2017(23):45.
- [2] 李虎岗,王双喜. 节能日光温室研究现状与发展方向[J]. 现代农业科技, 2015(13):241-243.
- [3] 朱正阳,张慧春,郑加强,等. 风送转盘式生物农药离心雾化喷头的性能[J]. 浙江农林大学学报, 2018, 35(2):361-366.
- [4] 樊桂菊,王永振,仇 利,等. 履带风送式喷雾机的设计与试验[J]. 农机化研究, 2018(5):117-120,126.
- [5] 王士林,宋坚利,何雄奎,等. 电动背负式风送喷雾器设计与作业性能试验[J]. 农业工程学报, 2016, 32(21):67-73.
- [6] 刘 珂,刘中华,李招弟. 温室药液汽化装置效果研究[J]. 安徽农业科学, 2018, 46(36):185-188,199.

- [7] 刘中华,邢国明,刘珂,等.一种温室内农药气化装置:中国,CN208300467U[P].2019-01-01.
- [8] 刘中华,邢国明,李招弟,等.一种药液气化喷头装置:中国,CN208853053U[P].2019-05-14.
- [9] 张慧春,周宏平,郑加强,等.喷头雾化性能及雾滴沉积可视化模型研究[J].林业工程学报,2016,1(3):91-96.
- [10] 贾卫东,颜杰,欧鸣雄,等.基于遥控的温室喷雾机自适应控制系统设计与试验[J].农机化研究,2018(4):62-67.
- [11] 陈裕林.植保机械雾化喷头的设计分析[J].南方农机,2017(19):40,42.
- [12] 徐亚辉,许林云,周宏平,等.基于函数模型的喷杆式组合喷头雾滴沉积效果研究[J].林业工程学报,2018,3(1):117-122.
- [13] 王俊,董祥,严荷荣,等.风幕式喷杆喷雾机玉米田间施药试验[J].农业机械学报,2015,46(7):79-84.
- [14] 蒋永奎,朱力力.临涣闸淹没出流闸孔流速与上下游水位差关系分析[J].江淮水利科技,2016(6):39-40.
- [15] 杨文文,于志成,李灿,等.基于管道内气流噪声模拟分析与控制实践[A].第十四届全国噪声与振动控制工程学术会议论文集[C],2015:246-249.

(上接第39页)确定一个适宜的浓度再进行处理,以免造成大的损失^[8]。

参考文献:

- [1] 梁俊峰,谢丙炎,冯兰香.番茄诱导抗病性研究进展[A].第二届全国绿色环保农药新技术、新产品交流会[C].北京:中国腐殖酸工业协会,2003:64-71.
- [2] 李少波,石延霞,刘君丽,等.4种诱抗剂诱导番茄抗晚疫病的初步效果[J].中国蔬菜,2013(12):49-54.
- [3] 李芳,陈建明,陈忠其,等.植物免疫诱抗剂对番茄灰霉病和早疫病的抑菌效果[J].农药,2016,55(3):214-216.
- [4] 杨鑫,李丽淑,樊吴静,等.诱抗剂对马铃薯疮痂病抗性诱导的生理机制[J].南方农业学报,2018,49(6):1111-1117.
- [5] 庞舒予.两种诱抗剂对黄瓜抗棒孢叶斑病的影响[D].沈阳:沈阳农业大学,2018.
- [6] 黄伟,张培岭,王敏,等.化学诱抗剂在控制甜瓜采后病害中的应用及其作用机制的研究进展[J].保鲜与加工,2017,17(2):126-132.
- [7] 牛贞福,徐金强,田召玲,等.诱抗剂对番茄植物学性状和灰霉病抗性的影响[J].江苏农业科学,2017,45(2):103-105.
- [8] 李芳,张珏锋,钟海英,等.植物免疫诱抗剂对茭白黑粉菌生长的影响[J].浙江农业科学,2016,57(10):1613-1616.