

温室营养液循环利用装置及消毒效果研究

马万征^{1,2}, 但琼鹏¹, 马万敏³, 尹炳¹, 操甜甜¹, 江成劼¹, 徐彦涵¹

(1. 安徽科技学院资源与环境学院, 安徽 凤阳 233100; 2. 农业部生物有机肥创制重点实验室, 安徽 蚌埠 233000; 3. 青岛西海岸新区工委农工办, 山东 青岛 266400)

摘要: 本实验研究基于不同营养液水培黄瓜, 使用不同浓度的霍格兰营养液(稀释倍数分别为20%、40%、100%、150%、200%)水培黄瓜。培养一个周期后, 利用营养液消毒装置测定其消毒效果以及水培黄瓜的生长情况。结果表明, 该消毒装置对营养液余液最佳消毒条件为: 紫外强度30 W、营养液浓度150%、消毒时间200 s。研究结果对营养液余液的回收利用具有非常重要的意义。

关键词: 温室; 营养液; 回收; 紫外消毒

中图分类号: S626.5

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2019)01-0052-05

Research on the Recycling Device and Disinfection Effect of Greenhouse Nutrient Solution

MA WanZheng^{1,2}, DAN Qiongpeng¹, MA Wanmin³, YIN Bing¹, CAO Tiantian¹, JIANG Chengjie¹, XU Yanhan¹

(1. Resource and Environmental Engineering College, Anhui Science and Technology University, Fengyang 233100; 2. Key Laboratory of Bio-organic Fertilizer Creation, Ministry of Agriculture, Bengbu 233000; 3. Agro-Industrial Office, Qingdao West Coast New Area Working Committee, Qingdao 266400, China)

Abstract: In this experiment, based on different nutrient solutions of water cultured cucumbers, different concentrations of Hogan's nutrient solution (with 20%, 40%, 100%, 150%, and 200% dilution ratios) were used to hydroponics cucumber. After one cycle of cultivation, the effect of disinfection by the nutrient solution disinfection device and the growth of cucumber with hydroponics were measured. The results showed that the optimal disinfection conditions of the sterilization device for the remaining nutrient solution were: ultraviolet intensity of 30 W, nutrient solution concentration of 150%, and disinfection time of 200 s. The result has great significance for the recovery and utilization of nutrient residual liquid.

Key words: Greenhouse; Nutrient solution; Recycling; UV disinfection

与传统的水培相比, 封闭式的无土栽培可以节约30%的水分和40%的肥料, 具有非常广阔的应用前景, 但是同时封闭式的水培系统也存在着许多问题, 首先是作物疾病问题, 封闭系统中一旦有作物感染细菌或者真菌病毒就会快速传染其他作物, 导致成片发病^[1]。另一方面, 由于不同作物对营养元素的选择性吸收, 会导致营养液中营

养元素失衡, 一味添加新配营养液会导致营养液pH和EC值不稳定变化, 不利于作物的生长。所以对于封闭式无土栽培来说, 将余液消毒后再与新配营养液按一定比例混合重新利用具有非常重要的现实意义, 对提高水肥利用率具有重要强力推动作用。

本试验在Venlo型玻璃温室环境下进行, 针对营养液培养过后的余液回用问题, 利用营养液消毒回用装置, 其主要包括栽培床、过滤装置、紫外消毒装置、余液收集装置、余液与新配营养液混合装置以及驱动泵吸液装置, 进行消毒效果研究, 主要测定对于细菌与真菌杀灭效果。

1 余液回用装置

余液回用装置包括栽培床、过滤装置、紫外消

收稿日期: 2018-08-29

基金项目: “十三五”国家重点研发计划(2017YFD0200808); 安徽省自然科学基金青年项目(1808085QD110); 安徽科技学院校级科研项目(ZRC2016483); 安徽科技学院大学生创新创业训练计划项目(201710879018、201810879X099、201810879X101)

作者简介: 马万征(1978-), 男, 讲师, 硕士, 主要从事现代设施农业与环境控制技术研究。

毒装置、余液收集装置、余液与新配营养液混合装置以及驱动泵吸液装置^[2]。

2 装置消毒效果研究

2.1 试剂仪器

试剂:霍格兰营养液配方试剂、营养琼脂培养基、马丁培养基、硫酸链霉素、无菌水等。

仪器:紫外灯管、超净工作台、高压灭菌锅、烘箱、无菌培养皿、微生物培养箱、接种工具、万分之一天平、无菌采集袋以及常用玻璃仪器等。

2.2 试验材料

试验所选取的黄瓜品种为京津优2号。

2.3 霍格兰营养液

本次试验在培养床无土栽培的条件下,用霍格兰营养液水培黄瓜幼苗。在无土栽培方面,霍格兰营养液是一直被沿用的配方,能够更好地保证植物生长发育。黄瓜幼苗生长发育所需的营养元素来自于营养液。试验时依次选取20%(T₁)、40%(T₂)、100%(T₃)、150%(T₄)、200%(T₅)5个浓度指标,分别进行黄瓜的培育。

2.4 紫外消毒试验设计

2.4.1 试验设计原理

试验选取不同强度的紫外灯管,包括6 W、12 W、18 W、24 W、30 W 5个不同强度。水平放置于盛有余液的容器上方50 cm处,为了确定最佳的消毒参数,选取3个变量进行正交试验。第一个变量是紫外强度^[3],即以上5个灯管强度;第二个是照射时间分别为50 s、100 s、150 s、200 s、250 s;第三个为不同浓度营养液培养过后余液,即20%、40%、100%、150%、200% 5个不同浓度的霍格兰营养液水培黄瓜一个周期后收集的余液。采用稀释涂布平板计数法计算消毒前后的菌落总数,通过研究余液消毒效果以及黄瓜生长情况来确定最佳消毒参数,以达到营养元素利用最大化的目的。

2.4.2 试验操作步骤

首先,使用不同浓度的营养液水培黄瓜,经过一个周期(10 d)后在余液回收装置内盛有消毒过后的余液,使用消毒过后的移液枪吸取少量余液至无菌采集袋内,标记好日期与营养液浓度。然后进行预试验,将营养液用无菌水分别稀释为 10^{-2} 、 10^{-3} 、 10^{-4} 、 10^{-5} 、 10^{-6} 倍,培养后发现当稀释倍数为 10^{-6} 时,细菌菌落分布均匀,比较好计数,确定细菌稀释倍数为 10^{-6} ,当稀释倍数为 10^{-3} 时,真菌菌落明显清晰,确定真菌稀释倍数为 10^{-3} 。预

试验后,将收集好的营养液和消毒前余液一起带回实验室,在超净工作台上进行接种。对于细菌,用已完成消毒的1 mL移液管吸取0.1 mL稀释 10^{-6} 倍的消毒后余液至营养琼脂培养基内,用接种环均匀涂抹,接着将已完成接种的培养皿置于37℃微生物培养箱中培养1 d;对于真菌,用已完成消毒的1 mL移液管吸取0.1 mL稀释 10^{-3} 倍的消毒后余液置于已经加入过1 mL 100 mg/mL硫酸链霉素的马丁培养基内,用接种环均匀涂抹,将已完成接种的培养皿置于28℃微生物培养箱中培养3 d。在完成培养后,观察培养皿上的菌落形态,仔细计数细菌和真菌菌落个数并做好试验记录^[4]。

2.5 紫外消毒结果分析

2.5.1 细菌处理数据分析

由图1可以看出,当消毒强度为6 W、12 W、18 W时,细菌总数总体上随消毒时间呈线性下降,符合一级动力学模型,同时符合紫外消毒规律公式,初始消毒灭活速率较慢,一方面是由于细菌的灭活需要达到一定的紫外剂量,刚接触紫外时,紫外剂量累计程度较小,对细菌灭活作用较小,另一方面可能是因为光复活,一部分已灭活细菌重新获得活性。当消毒强度为24 W和30 W时可以看出,前50 s内消毒基本满足一级动力学规律,在50 s后灭菌速率逐渐下降,动力学参数减小,在消毒时间为150 s后,可以明显看出灭活细菌数减少趋于平缓,灭活率保持在较低水平,这可能是因为紫外剂量已达到消毒最大水平,也可能是因为消毒时间较长,细菌产生了抵抗力,消毒已基本达到饱和水平。

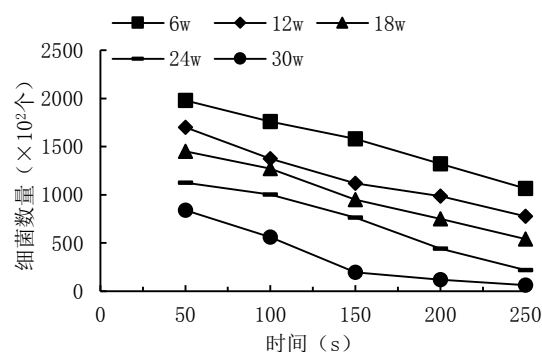


图1 不同时间、强度紫外消毒细菌数量

由图2可以看出,当消毒时间小于50 s时,灭活率呈现一级动力学模型,并且消毒强度越大时,灭活速率越快,由于余液刚接触紫外消毒时,消毒速率较快,对细菌杀灭效率较高。随着消毒时间的增加,可以明显看出灭活速率增加速度逐

渐变小,在消毒强度为6 W时,灭活率增长缓慢,这是由于消毒强度较小,有效的紫外剂量增加速率较低,导致余液中细菌灭活率较低。但是,随着消毒强度的增加,灭活速率也在增加,当消毒强度为24 W时,在消毒时间为150 s后灭活率有较低幅度的增加,这是由于当消毒剂量持续增加到一定值时,光复活现象会被抑制,会出现一段灭活率的增加。当消毒强度为30 W时,可知在100 s后出现了这一现象,但是在之后可以看见灭活曲线趋于平缓,因为消毒剂量基本达到饱和或者细菌产生了抵抗力,导致灭活率增加变得缓慢。

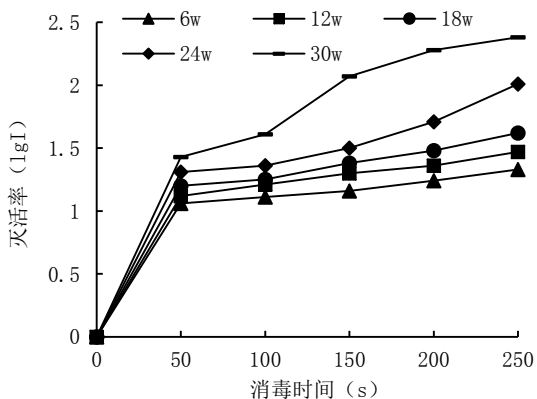


图2 不同时间、强度紫外消毒细菌灭活率

2.5.2 真菌处理数据分析

真菌菌落形态比细菌大,相较于细菌基本呈现乳白色小颗粒状,真菌菌落呈绒毛状、棉絮状、蛛网状等不同形态,真菌颜色也是五颜六色,随不同菌种呈现不同颜色。

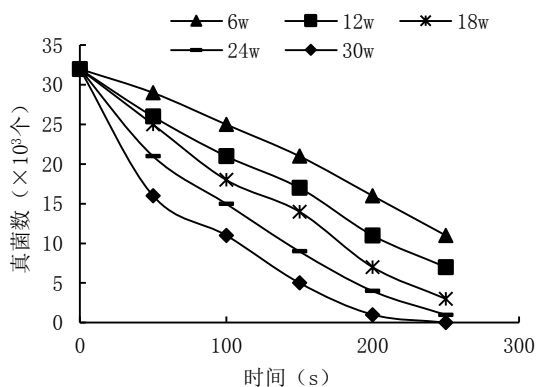


图3 不同时间、强度紫外消毒真菌数量

由图3可以看出,在消毒强度为6 W、12 W、18 W时,可以看出真菌数量呈线性下降,这是因为真菌在接受紫外照射较短时间内灭活速率较稳定。6 W、12 W和18 W不同消毒强度真菌数量曲线斜率相近,因为在一定紫外剂量范围内,真菌灭活率保持在恒定水平。当消毒强度为24 W和

30 W时,在消毒时间为0至150 s内,消毒速率较快,真菌总数曲线下落明显,符合上述的消毒前期真菌灭活速率较快的结论。当消毒时间在150 s以后,可知真菌总数下降幅度变小,曲线斜率有明显的平缓,发生这种现象的原因一方面是因为随着紫外剂量的增加,大量真菌已经失活,存留真菌数量已经较少,所以灭活率会逐渐下降,另一方面是因为随着消毒时间和消毒强度的逐渐增加,部分真菌产生了抵抗力,导致消毒效率下降。在强度为30 W,消毒时间在200~250 s之间时,残留真菌数量极少,已基本达到真菌灭活阈值。

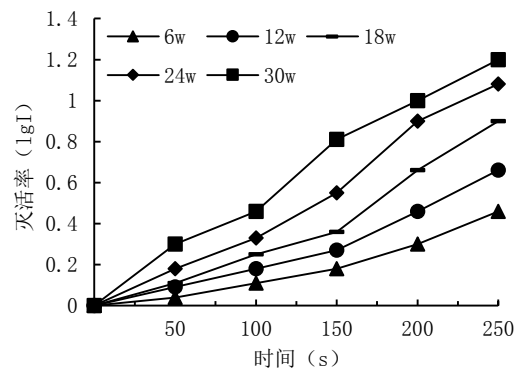


图4 不同时间、强度紫外消毒真菌灭活率

由图4可以看出,在最低剂量下,并没有出现一段平坦区域,即真菌灭活对紫外照射反应速度较快,在剂量较低时,反应符合一级动力学模型,并且拟合效果较好,由6 W、12 W、18 W 3个强度灭活率曲线可以明显看到上述结论。在紫外剂量逐渐增大后,导致灭活速率逐步下降,灭活真菌数量逐渐减少,消毒基本达到饱和水平。

2.5.3 正交试验结果分析

根据试验要求,选取L25(5⁴)正交表,其中三列作为误差项,确定因素与水平:消毒时间(A)、消毒强度(B)、不同营养液浓度(C),根据试验结果测得灭活率,具体试验结果见表1。

由表1中的极差分析可知,影响紫外灭活各因素主次顺序为:消毒强度>消毒时间>不同营养液浓度,其最佳组合为A₅B₃C₅。即在最大营养液浓度下消毒强度越大消毒时间越长消毒效果越好,符合上述所说的消毒剂量越大,对细菌灭活越显著的结论。在上述3个影响因素中,紫外强度为最显著影响因素,其变化会导致消毒结果有重大波动。高强度短时间紫外照射灭活效果好于低强度长时间照射。为了更加直观观察各因素对消毒结果的影响程度,上述k值即均值绘制成折线图5所示。

表 1 细菌灭活影响效果表

实验号	A(s)	B(W)	C	灭活率(%)
1	50	6	20%	42.1
2	50	12	40%	61.4
3	50	18	100%	74.3
4	50	24	150%	84.4
5	50	30	200%	90.6
6	100	6	40%	55.7
7	100	12	100%	70.7
8	100	18	150%	82.6
9	100	24	200%	90.6
10	100	30	20%	93.6
11	150	6	100%	59.6
12	150	12	150%	73.6
13	150	18	200%	86.5
14	150	24	20%	92.3
15	150	30	40%	96.1
16	200	6	150%	65.2
17	200	12	200%	75.6
18	200	18	20%	87.3
19	200	24	40%	93.1
20	200	30	100%	97.7
21	250	6	200%	70.6
22	250	12	20%	81.6
23	250	18	40%	91.4
24	250	24	100%	96.4
25	250	30	150%	99.7
K ₁	352.80	293.20	396.90	
K ₂	393.20	362.90	397.70	
K ₃	408.10	422.10	398.70	
K ₄	418.90	456.80	405.50	
K ₅	439.70	477.70	413.90	
k ₁	70.56	58.64	79.38	
k ₂	78.64	72.58	79.54	
k ₃	81.42	84.22	79.74	
k ₄	83.78	91.36	81.11	
k ₅	87.94	95.54	82.58	
极差(R)	17.38	36.90	3.20	
主次		B>A>C		
优水平	A ₅	B ₅	C ₅	
优组合			A ₅ B ₅ C ₅	

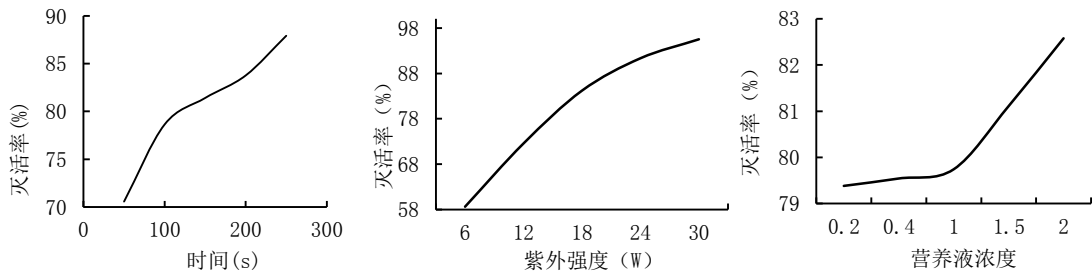


图5 不同影响因素均值图

由图5可知,紫外强度对消毒效果影响较大,消毒时间次之,营养液浓度影响最小。从均值曲线中可以看出,随着紫外强度的逐渐增加,灭活率变化最快,可见紫外强度对灭活率影响最大。在消毒时间的均值曲线中,随着时间的增加,曲线变化也较为明显,消毒时间对灭活率也有明显的影响。在试验选定的因素中,不同的营养液浓度对细菌灭活率影响幅度较小,波动幅度较小,由此可知不同的营养液浓度对试验影响较小^[5]。

2.5.4 黄瓜生长发育状况

黄瓜叶片的鲜重也是衡量黄瓜生长状况的重要指标,采集使用消毒后余液继续培养水培黄瓜各个时期的叶,测定鲜重,结果如图6所示。

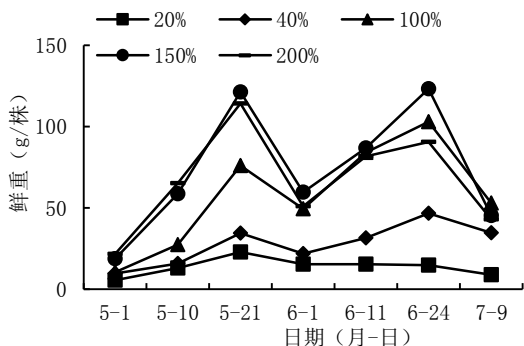


图6 不同浓度营养液对温室黄瓜叶鲜质量的影响

由图6可以看出,当营养液浓度为 T_4 时,黄瓜叶鲜重最大,即黄瓜生长状况最好。还可以从图中得知,当营养液浓度为 T_1 、 T_2 、 T_3 时营养液中营养元素明显不足,会影响黄瓜正常生长发育。当营养液浓度为 T_5 时,叶鲜重反而降低,过多的营养元素限制了黄瓜对营养元素的吸收能力,抑制

了黄瓜的生长发育^[6]。通过对比正常水培黄瓜叶鲜重,可以发现使用消毒后余液加新配营养液水培黄瓜生长情况与正常黄瓜基本持平,表明余液回用确实可行。

3 结 论

通过对紫外消毒效果的研究,微生物灭活是由其所接受的紫外剂量决定的,通过正交试验确定了最佳的消毒水平组合,即在最大营养液浓度下消毒强度越大消毒时间越长消毒效果越好,消毒剂量越大,对细菌灭活越显著。另一方面,由于高强度长时间的持续消毒会使得消毒达到饱和,在饱和后消毒效率大幅下降,造成浪费。综上所述,最佳消毒参数应定为30 W的紫外强度、150%的营养液余液、200 s的消毒时长。

参考文献:

[1] 李发虎,李 明,刘金泉,等.生物炭对温室黄瓜根际土壤真菌丰度和根系生长的影响[J].农业机械学报,2017,48(4):265-270,341.

[2] 孙梦阳,李 江,房 军,等.喀斯特山区农村户用型饮水自动消毒装置构建及应用研究[J].中国农村水利水电,2018(2):194-197,203.

[3] 龚军辉,王 晶.稀释涂布平板法计数活菌的方法简介[J].生物学教学,2018,43(2):70-71.

[4] 刘超然,王 璐,刘 盛,等.浅析紫外线消毒对自来水中藻类的去除效果[J].城镇供水,2017(1):35-39.

[5] 刘瑞江,张业旺,闻崇炜,等.正交试验设计和分析方法研究[J].实验技术与管理,2010,27(9):52-55.

[6] 邵兴华,熊佳文,季天委.无土栽培常用营养液及应用综述[J].东北农业科学,2018,43(2):40-43.