

# 百合种球消毒害虫灭杀试验

杨迎东, 王伟东, 白一光, 胡新颖, 冯秀丽, 李雪艳

(辽宁省农业科学院 花卉研究所, 辽宁 沈阳 110161)

**摘 要:**以携带地下害虫的百合种球为试材,采用四因素三水平完全随机正交实验方法,研究了百合种球温水消毒处理温度、时间、杀虫剂种类、杀虫剂浓度4个因素对刺足根螨、迟眼熏蚊幼虫、跳虫、线虫的灭杀效果。结果表明:水温38℃,清水处理1h可有效杀死迟眼熏蚊幼虫;水温38℃,清水处理2h可以100%杀死跳虫;水温38℃,200倍甲醛溶液处理1h能够100%灭杀跳虫;水温38℃,印楝素750倍液或金满枝500倍液处理2h,甲醛200倍液处理3h可以100%灭杀刺足根螨;水温 $\geq 40$ ℃,清水消毒1h,刺足根螨死亡率达100.00%;温度、时间、药剂、浓度4个因素对线虫灭杀率均有显著影响,因素间存在明显的交互作用,各因素作用效应顺序如下:温度>时间>药剂种类>温度 $\times$ 时间>温度 $\times$ 浓度>温度 $\times$ 药剂种类>浓度。甲醛200倍液42℃处理2h或40℃处理3h,印楝素750倍液42℃处理3h,金满枝500倍液42℃处理3h,印楝素500倍液42℃处理1h或40℃处理2h线虫平均死亡率达99.00%以上,与其它处理差异极显著( $P<0.01$ )。

**关键词:**百合种球;地下害虫;消毒

**中图分类号:**S 682.2<sup>+</sup>65 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)05-0109-05

百合(*Lilium* spp.)属百合科百合属多年生球根花卉植物。百合种球很容易受到迟眼熏蚊幼虫(*Bradtsua idiruogaga* Yang et Zhang)、刺足根螨(*Rhizoglyphus echinopus*)、线虫(nematoda)和跳虫(Poduridae)等地下害虫的危害。REDDY<sup>[1]</sup>研究表明,东方百合、亚洲百合都十分容易受到根螨、蓟马、线虫的危害。石宝才等<sup>[2]</sup>、王阳等<sup>[3]</sup>描述了迟眼熏蚊幼虫的形态特征和对百合鳞茎的危害性。CIANCIO等<sup>[4]</sup>对线虫的致病性、地理分布和主要寄主植物进行了论述。DÍAZ等<sup>[5]</sup>研究发现根螨严重危害百合属植物。张丽芳等<sup>[6-7]</sup>通过室内培养和野外调查,发现刺足根螨在昆明每年可以发生16代。龙开道<sup>[8]</sup>研究了棘跳虫在百合上的发生规律。近年来我国百合主产区因种球受上述害虫危害导致切花品质大幅下降的问题日益严重。能否为农户提供无虫的健康种球不仅影响千家万户的经济收益,也关系到

我国百合切花产业的健康发展。

百合在田间生长过程中,很难采取有效的措施彻底灭杀地下害虫。LESNA等<sup>[9-10]</sup>尝试了用天敌防治根螨。PAULO等<sup>[11]</sup>在铁炮百合上通过转基因来抑制线虫的危害。马晓丹等<sup>[12]</sup>研究利用黄板对迟眼熏蚊成虫进行诱杀。MEYER<sup>[13]</sup>认为,温度变化会引起害虫体内代谢系统的改变。LANGENS等<sup>[14]</sup>研究认为40℃温水处理1h可显著降低百合组培外植体的污染率。SHINJI<sup>[15]</sup>尝试用热水处理消灭海岛上的外来植物携带的害虫。目前我国防治上述害虫多用化学药剂灌根,慕卫等<sup>[16]</sup>用胃毒法确定杀虫剂对迟眼熏蚊幼虫的毒性。王志超等<sup>[17]</sup>对迟眼熏蚊进行了农药混配室内毒力测定。大剂量、高浓度农药的使用不仅容易使害虫产生抗药性,而且对环境造成严重污染。研发一种效果好,成本低、环境友好型的新技术已经成为当务之急。该试验以携带4种害虫的百合种球为试材,对处理温度、处理时间、杀虫剂种类、浓度开展四因素三水平正交实验,拟探索一种能同时灭杀多种害虫、绿色环保的百合种球消毒新配方,解决百合种球繁育和切花生产的瓶颈问题。

**第一作者简介:**杨迎东(1973-),男,硕士,副研究员,现主要从事球根花卉育种与栽培技术等研究工作。E-mail: yangyingdong2011@163.com.

**基金项目:**辽宁省农村科技特派团资助项目(2014215031)。

**收稿日期:**2016-09-23

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试的携带地下害虫的“西伯利亚”(‘Siberia’)百合种球于2015年3月5日采自辽宁省凌源市花农的日光温室。

供试印楝素购自沈阳东大迪克化工药业有限公司;金满枝(有效成分为丁氟螨酯)购自苏州富美实植物保护剂有限公司;甲醛购自沈阳化学试剂厂。试剂原液用水进行稀释至使用浓度。

### 1.2 试验方法

室内试验于2015年3月9—15日在辽宁省花卉科学重点实验室进行;田间试验于2015年3月11日至6月25日在辽宁省农业科学院花卉所球宿根花卉栽培试验温室进行。

1.2.1 百合种球携带的害虫情况调查 在温室内随机挖取刚切完花的种球300粒,种球周径18~20 cm,带回实验室在常温下保存。试验前随机抽取10粒百合种球,对种球携带的害虫进行形态学鉴定,发现有韭菜根蛆、跳虫、刺足根螨、线虫4种害虫,各种害虫活动旺盛,每粒种球携带害虫数量见表1。

1.2.2 正交实验设计 该试验为四因素三水平完全随机正交设计,选用 $L_{27}(3^4)$ 正交表,试验因素为种球消毒温度(A)、时间(B)、杀虫剂种类(C)、浓

表4

正交实验设计

Table 4

Orthogonal experiment design

列号 Column number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
因素 Factor	A	B	A×B <sub>1</sub>	A×B <sub>2</sub>	C	A×C <sub>1</sub>	A×C <sub>2</sub>	A×D <sub>1</sub>	D	A×D <sub>2</sub>	空	空	空

1.2.3 操作过程 提前一日检查恒温振荡器运行是否正常;试验当天,挑选均匀一致的“西伯利亚”带虫百合种球243粒备用(每处理3粒,27个处理,3次重复)。按表3所列浓度和当天溶液总用量配制好各试剂溶液。将3台恒温振荡器温度分别设定为38、40、42℃,根据表5所列水平组合将编号为1~27的烧杯分别加入适量对应试剂溶液,放入对应振荡器内,确保振荡器内水面不超过烧杯上沿。待水温达到预定温度并稳定后将种球放入烧杯,使种球完全浸泡在液面下,按设定时间和温度进行处理。

### 1.3 项目测定

1.3.1 迟眼熏蚊幼虫、刺足根螨、跳虫灭杀效果调查 种球处理达到设定时间后,将盛有种球的烧杯从振荡器中取出,在活体解剖镜下观察,分别调查种球上和烧杯残留液中3种害虫的活虫和死虫数量,计算各处理活虫总数和死虫总数。

度(D),每个因素设3个水平,在前期预备试验的基础上,确定各试验因素水平见表2、3,拟考察交互作用A×B,A×C,A×D,见表4。为降低试验误差,试验重复3次。

表1 每粒百合种球携带的害虫种类和数量

Table 1 Specie and quantity of pests on each lily bulb

害虫种类 Pest species	迟眼熏蚊幼虫 <i>Bradtsua idiruogaga</i> Yang et Zhang	刺足根螨 <i>Rhizoglyphus</i> <i>echinopus</i>	跳虫 Poduridae	线虫 Nematoda
虫态 Stage	老熟幼虫	若螨、成螨	成虫	幼、成虫
数量 Quantity/只	6.3	19	13.2	2 180

表2 种球消毒试验因素及水平

Table 2 Factors and levels of bulb disinfection test

水平 Level	因素 Factor			
	温度 A Temperature/℃	时间 B Time/h	农药 C Pesticide	浓度 D Concentration
1	38	1	印楝素	低
2	40	2	金满枝	中
3	42	3	甲醛	高

表3 杀虫剂浓度及水平

Table 3 Concentration and level of pesticide

序号 Order number	浓度 Concentration	印楝素 Azadirachtin	金满枝 Cyflumetofen	甲醛 Formaldehyde
1	低	0	0	0
2	中	750倍	750倍	400倍
3	高	500倍	500倍	200倍

1.3.2 线虫灭杀效果调查 上述3种害虫调查完后,用移液管从烧杯残留液上、中、下层各取1 mL分别滴入不同培养皿中。在活体解剖镜20倍视野下观察,将整个视野均分成4个区域,逐一调查每个区域中活线虫和死线虫的数量并计算总数,以3次取样的平均值作为该处理的试验结果。害虫死亡率(%)=死亡虫数/(死亡虫数+活虫数)×100。

### 1.4 数据分析

将害虫死亡率导入DPS分析软件,运用Duncan新复极差法(new multiple range method)进行统计检验。

## 2 结果与分析

### 2.1 迟眼熏蚊幼虫灭杀效果分析

由表5可知,27个处理对迟眼熏蚊幼虫的灭杀率全部达到100.00%,说明在水温38℃,不添加任何杀虫剂的条件下,清水处理百合种球1 h可以有效

杀死迟眼熏蚊幼虫。

## 2.2 跳虫灭杀效果分析

除了处理 1 与处理 2 对跳虫的灭杀率为 98.50%和 98.68%外,其它 25 个处理的灭杀率均为 100.00%(表 5)。由此可以判断温度 38℃,清水处理 2 h,可以完全杀死百合种球上携带的跳虫。温度 38℃,200 倍甲醛溶液处理 1 h 的灭杀效果也为 100.00%。

## 2.3 刺足根螨灭杀效果分析

水温为 38℃,清水消毒 1 h(处理 1)、2 h(处理 6)、3 h(处理 8)刺足根螨的死亡率分别为 92.01%、

96.14%、98.08%;当水温为 40℃或 42℃时,清水处理 1 h 刺足根螨的死亡率即达到 100.00%(表 5),可见水温对杀死刺足根螨起到了关键作用。当在水中添加杀虫剂时,除了处理 3(甲醛 200 倍液、38℃处理 1 h)刺足根螨死亡率为 97.24%以外,其它处理下刺足根螨的死亡率均为 100.00%。

## 2.4 线虫灭杀效果分析

各处理对线虫的灭杀效果差异显著(表 5)。处理 24、25 线虫死亡率达到 100.00%,可以初步判断,处理温度越高、时间越长线虫死亡率就越高,适量添加杀虫剂,可以显著提高灭杀效果。

表 5 各处理害虫平均死亡率

Table 5 Average death rate of pests

处理 Treatment	温度 Temperature/℃	时间 Time/h	种类 Kind	浓度 Concentration/倍	死亡率 Mortality rate/%			
					迟眼熏蚊幼虫 <i>Bradtsuaidiruogaga</i> Yang et Zhang	跳虫 Poduridae	刺足根螨 <i>Rhizoglyphus</i>	线虫 Nematoda
1	38	1	印楝素	0	100.00	98.50	92.01	0.00rR
2	38	1	金满枝	750	100.00	98.68	100.00	67.29iI
3	38	1	甲醛	200	100.00	100.00	97.24	87.92fF
4	38	2	印楝素	750	100.00	100.00	100.00	45.71mM
5	38	2	金满枝	500	100.00	100.00	100.00	52.32lL
6	38	2	甲醛	0	100.00	100.00	96.14	25.01qQ
7	38	3	印楝素	500	100.00	100.00	100.00	92.35dD
8	38	3	金满枝	0	100.00	100.00	98.08	32.38pP
9	38	3	甲醛	400	100.00	100.00	100.00	41.27nN
10	40	1	印楝素	750	100.00	100.00	100.00	57.23kK
11	40	1	金满枝	500	100.00	100.00	100.00	40.90nN
12	40	1	甲醛	0	100.00	100.00	100.00	35.51oO
13	40	2	印楝素	500	100.00	100.00	100.00	99.00aA
14	40	2	金满枝	0	100.00	100.00	100.00	66.62iI
15	40	2	甲醛	400	100.00	100.00	100.00	95.22cC
16	40	3	印楝素	0	100.00	100.00	100.00	94.48cC
17	40	3	金满枝	750	100.00	100.00	100.00	83.30hH
18	40	3	甲醛	200	100.00	100.00	100.00	99.73aA
19	42	1	印楝素	500	100.00	100.00	100.00	99.52aA
20	42	1	金满枝	0	100.00	100.00	100.00	58.83jJ
21	42	1	甲醛	400	100.00	100.00	100.00	90.68eE
22	42	2	印楝素	0	100.00	100.00	100.00	86.23gG
23	42	2	金满枝	750	100.00	100.00	100.00	97.45bB
24	42	2	甲醛	200	100.00	100.00	100.00	100.00aA
25	42	3	印楝素	750	100.00	100.00	100.00	100.00aA
26	42	3	金满枝	500	100.00	100.00	100.00	99.93aA
27	42	3	甲醛	0	100.00	100.00	100.00	87.06fgFG

注:同列数据后不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ ),不同大写字母表示差异极显著( $P<0.01$ )。

Note: Different lowercase letters in the same column indicate significant difference at 0.05 level; different capital letters indicate highly significant difference at 0.01 level.

## 2.5 统计检验

通过表 5 可以看出,线虫的灭杀难度比其它 3 种都大,只要满足了线虫的灭杀条件,其它 3 种害虫都能够被灭杀,因此该试验重点对线虫灭杀效果展开了研究。通过表 6 可以看出,温度、时间、药剂、浓度 4 个因素对线虫灭杀率均有显著影响,因素间存

在明显的交互作用,各因素作用效应如下:温度>时间>药剂种类>温度×时间>温度×浓度>温度×药剂种类>浓度。由于存在交互作用,各试验因素水平间的差异已不能真正反映因素的主效,进行各因素水平间的多重比较无多大实际意义,因此该试验只进行处理间的多重比较,以寻求最佳消毒处理。

表 6 线虫灭杀试验方差分析

Table 6 Analysis variance of the nematode killing experiment

变异来源 Sources of variation	平方和 Sum of squares	自由度 df	均方 Mean square	F 值 F value	P 值 P value
温度 Temperature	20 007.089 0	2	10 003.544 5	2 109.382 2	0
时间 Time	5 208.688 7	2	2 604.344 3	549.161 1	0
药剂 Pesticide	2 491.471 6	2	1 245.735 8	262.680 2	0
浓度 Concentration	469.696 7	2	234.848 3	49.520 9	0
温度×时间 Temperature×Time	2 938.236 9	4	734.559 2	154.891 7	0
温度×药剂 Temperature×Pesticide	1 286.892 2	4	321.723 1	67.839 6	0
温度×浓度 Temperature×Concentration	2 358.144 9	4	589.536 2	124.311 7	0
模型误差 Model error	953.239 0	6	158.873 2		
重复误差 Repetition error	256.089 9	54	4.742 4		

由表 5 可知,处理 13、18、19、24、25、26 线虫的平均死亡率达到 99.00%以上,与其它处理差异极显著( $P<0.01$ ),均达到生产要求。在达到同样灭杀效果的前提下,温度越低,处理时间越短,能耗越低,操作难度越小,对百合造成伤害的可能性越低,按照这个原则,处理 13 即 40℃处理 2 h+印楝素 500 倍液为百合种球杀虫最佳处理。

### 3 结论与讨论

该试验对危害百合种球的 4 种害虫进行了研究,主要得出以下结论:水温 38℃,清水处理百合种球 1 h 可以有效地杀死迟眼熏蚊幼虫。水温 38℃,清水处理 2 h 或 200 倍甲醛溶液处理 1 h 能够达到 100%灭杀跳虫。水温 38℃,印楝素 750 倍液或金满枝 500 倍液处理 2 h,甲醛 200 倍液处理 3 h 可以 100%灭杀刺足根螨;水温 40℃,清水消毒 1 h 刺足根螨的死亡率达到 100.00%。温度、时间、药剂、浓度 4 个因素对线虫灭杀率均有显著影响,因素间存在明显的交互作用,各因素作用效应如下:温度>时间>药剂种类>温度×时间>温度×浓度>温度×药剂种类>浓度。处理 25、24、26、18、19、13 线虫的平均死亡率达到 99.00%以上,与其它处理差异极显著( $P<0.01$ )。

热水处理除虫技术是一项受环境条件限制和影响小的新技术,在国外农业生产中已广泛应用于种球、块茎和种子消毒。CONIJN<sup>[18]</sup>通过热处理和低温贮藏防治百合种球上的根螨。国内也开展了相关研究,方少忠等<sup>[19]</sup>认为 40℃热处理 120 min 可作为种球冷藏前的预处理技术加以应用。丁仁展等<sup>[20]</sup>研究表明 40℃温水处理 120 min 可有效地杀灭百合螨虫。王祥宇等<sup>[21]</sup>研发了一套百合种球温水消毒设备。张洁等<sup>[22]</sup>认为 40℃是百合种球热处理除螨高温致死的临界点。

上述研究主要针对某一种害虫,并侧重于温度

和时间 2 个因素。该试验在前人研究的基础上,充分考察温度、时间、药剂、浓度 4 个影响百合种球消毒效果的重要因素及主要交互作用。通过预备试验确定药品种类和浓度水平,针对迟眼熏蚊幼虫、刺足根螨、跳虫和线虫 4 种地下害虫,开展正交实验,分别明确了每种害虫的有效灭杀条件。该试验考察因素多(4 个),同时灭杀的害虫种类多(4 种),这在相关文献中尚鲜见相关论述。综合比较杀虫效果与成本、环保等因素,确定 40℃热水处理 2 h+印楝素 500 倍液为百合种球消毒杀虫最佳配方,这是该试验的创新结果。

杀虫效果受害虫种类、虫态、环境等因素影响,生产实践中应灵活掌握。建议在该试验的基础上,先进行小规模试验,再开展大规模应用,以免给生产带来不必要的损失。该试验重点考察了害虫的灭杀效果,有关消毒方法对百合生长的影响还有待于进一步研究。

### 参考文献

- [1] REDDY P P. Lilies sustainable crop protection under protected cultivation[M]. Singapore: Springer Science, 2016: 381-391.
- [2] 石宝才,路虹,宫亚军,等. 韭菜迟眼蕈蚊的识别与防治[J]. 中国蔬菜, 2010(11): 21-22.
- [3] 王阳,崔文山,孙晓梅,等. 百合新虫害的发现[J]. 辽宁林业科技, 2006(5): 31-54.
- [4] CIANCIO A, PROF K G M. Integrated management of plant pests and diseases[M]. Berlin: Springer Netherlands, 2009(4): 275-315.
- [5] DÍAZ A K, OKABE C J, ECKENRODE M G, et al. Biology, ecology, and management of the bulb mites of the genus *Rhizoglyphus* (Acari: Acaridae) [J]. Experimental and Applied Acarology, 2000, 24(2): 85-113.
- [6] 张丽芳,施永发,瞿素萍,等. 刺足根螨的生物学研究[J]. 江西农业学报, 2010, 22(2): 93-94.
- [7] 张丽芳,丁仁展,瞿素萍,等. 刺足根螨对切花百合不同品种的选择性差异[J]. 江苏农业科学, 2010(3): 155-156.
- [8] 龙开道. 棘跳虫在百合上的发生规律及防治技术初探[J]. 中国植保导刊, 2004, 24(9): 5-7.

- [9] LESNA I, SABELIS M W, BOLLAND H R, et al. Candidate natural enemies for control of *Rhizoglyphus robini* Claparède (Acari, Astigmata) in lily bulbs: exploration in the field and pre-selection in the laboratory[J]. Experimental and Applied Acarology, 1995, 19(11): 655-669.
- [10] LESNA I, SABELIS M W, CONIJN C G M. Biological control of the bulb mite *Rhizoglyphus robini* by the predatory mite, *Hypoaspis aculeifer* on lilies: implementation in practice[J]. Acta Hort, 1997, 430: 619-624.
- [11] PAULO V, SARAH W, CATHERINE J L, et al. Expression of a cystatin transgene can confer resistance to root lesion nematodes in *Lilium longiflorum* cv. 'Nellie White' [J]. Transgenic Research, 2011, 24(3): 421-432.
- [12] 马晓丹, 李朝霞, 薛明, 等. 韭菜迟眼蕈蚊成虫诱杀技术研究[J]. 中国植物导刊, 2013, 33(12): 33-36.
- [13] MEYER S G E. Effects of heat, cold, anaerobiosis and inhibitors on metabolite concentrations in larvae of *Callitro gamacellaria* [J]. Insect Biochem, 1978(6): 471-477.
- [14] LANGENS G M, AIBERS M, DE K G J. Hot-water treatment before tissue culture reduces initial contamination in *Lilium* and *Acers* [J]. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 1998, 52: 75-77.
- [15] SHINJI S. Hot water tolerance of soil animals; utility of hot water immersion in preventing invasions of alien soil animals[J]. Applied Entomology and Zoology, 2008, 43: 207-212.
- [16] 慕卫, 刘峰, 贾忠明, 等. 八种杀虫剂对韭菜迟眼蕈蚊发育和繁殖的亚致死效应[J]. 昆虫学报, 2005, 48(1): 147-150.
- [17] 王志超, 王思一, 史雪岩, 等. 吡虫啉与三种有机磷杀虫剂混配对韭菜迟眼蕈蚊幼虫的室内毒力测定[J]. 植物保护学报, 2014, 41(4): 511-512.
- [18] CONIJN C G M. Hot-water treatment and cold storage to control the bulb mite *Rhizoglyphus robini*, *Rhizoglyphus robini* on lily bulbs [J]. Acta Hort, 1992, 325: 797-804.
- [19] 方少忠, 郭文杰, 蔡宣梅, 等. 热激处理对东方百合种球冷藏生理的影响[J]. 江西农业大学学报, 2011, 33(6): 1072-1076.
- [20] 丁仁展, 吴学尉, 王祥宁, 等. 温水处理对百合蟥虫杀灭效果的研究[J]. 北方园艺, 2009(10): 194-195.
- [21] 王祥宁, 赵培飞, 黎霞, 等. 种球热水除害设备研制及应用效果[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(13): 7680-7682.
- [22] 张洁, 郭文杰, 蔡宣梅, 等. 热处理对百合种球根腐防治效果的研究[J]. 热带作物学报, 2014, 35(5): 980-984.

## Insecticidal Experiment for Lily Bulbs Disinfection

YANG Yingdong, WANG Weidong, BAI Yiguang, HU Xinying, FENG Xiuli, LI Xueyan

(Institute of Flowers Research, Liaoning Academy of Agricultural Sciences, Shenyang, Liaoning 110161)

**Abstract:** Lily bulbs with underground pests were used as test materials, four factor and three levels completely random orthogonal test method was used, the killing effects of the temperature, processing time, pesticide kinds and concentrations on *Rhizoglyphus echinopus*, *Bradysia odoriphaga* Yang et Zhang, Poduridae, nematode were studied. The results showed that it was effective in 38 °C of the water for 1 hour. It could kill the *Bradysia odoriphaga* Yang et Zhang effectively. *Poduridae* could be killed completely in 38 °C of water for 2 hours. *Poduridae* could also be killed completely in 38 °C of the water with formaldehyde solution 200 times dilution for 2 hours. The *Rhizoglyphus* in bulb could be killed completely when the bulbs were soaked in 38 °C of the water with azadirachtin 750 times dilution or Cyflumetofen 500 times dilution for 2 hours, and then in formaldehyde 200 times dilution for 3 hours. When the bulbs were soaked in the water which temperature was equal or greater than 40 °C for 1 hour, the death rate of *Rhizoglyphus echinopus* could reach 100.00%. The temperature, processing time, the kinds and concentrations of pesticide had significant impacts on the death rate of nematode respectively, there were obvious interactions between factors. The factors effect was as follows, temperature > processing time > pesticide kinds > temperature × time > temperature × concentration > temperature × pesticide kinds > concentration. The nematode mortality rate could reach more than 99.00% on average with treatment Formaldehyde 200 times liquid of 42 °C for 2 hours or 40 °C for 3 hours, Azadirachtin 750 times liquid 42 °C for 3 hours, Cyflumetofen 500 times liquid 42 °C for 3 hours, Azadirachtin 500 times liquid 42 °C for 1 hour or 40 °C for 2 hours. There were extremely significant differences from other treatments at 0.01 level.

**Keywords:** lily bulbs; pests; disinfection