



李玲利, 苏振国, 张永红, 邵榆岚, 白兴荣. 不同消毒方法对家蚕微粒子的存活和侵染力影响 [J]. 环境昆虫学报, 2023, 45 (4): 1130–1136.

不同消毒方法对家蚕微粒子的存活和侵染力影响

李玲利^{*}, 苏振国^{*}, 张永红, 邵榆岚, 白兴荣^{**}

(云南省农业科学院蚕桑蜜蜂研究所, 云南蒙自 661101)

摘要: 家蚕微粒子病是家蚕 *Bombyx mori* 的重要病害, 探索其消毒杀灭方法对蚕业生产具有重要意义。本研究采用微粒子染色法和添食家蚕侵染法测试了温度、紫外线和消毒剂处理 10^8 个/mL 家蚕微粒子后对家蚕微粒子的消杀作用, 结果表明: 温度对家蚕微粒子虫灭活温度为 60°C 处理 30 min 以上; 使用 20 W 功率紫外灯距离 50 cm 照射 12 min 及以上时, 微粒子死亡率为 47.70%, 对家蚕侵染率为 0; 三氯异氰尿酸 800 mg/L 及以上浓度处理 6 min 以上家蚕微粒子死亡率为 100%, 对家蚕的侵染率为 0; 戊二醛癸甲溴铵 200 mg/L 及以上浓度处理 6 min 以上家蚕微粒子死亡率为 100%, 对家蚕的侵染率为 0。3 种消毒方法中温度法主要用于小型蚕具消杀微粒子; 紫外线用于蚕业辅助设施的表面微粒子的消杀; 三氯异氰尿酸和戊二醛癸甲溴铵均表现出较好的消杀效果, 其中戊二醛癸甲溴铵较含氯的消毒剂三氯异氰尿酸稳定性强, 刺激性小, 对养蚕的金属腐蚀性小, 可作为含氯消毒剂的部分替代使用。本研究结果可为蚕业生产中消杀微粒子提供参考。

关键词: 温度; 紫外线; 三氯异氰尿酸; 戊二醛癸甲溴铵; 消毒; 家蚕微粒子

中图分类号: Q965; S89

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2023) 04-1130-07

Effects of different disinfection methods on the survival and infectivity of *Nosema bombycis*

LI Ling-Li^{*}, SU Zhen-Guo^{*}, ZHANG Yong-Hong, SHAO Yu-Lan, BAI Xing-Rong^{**} (Sericulture and Apiculture Research Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Mengzi 661101, Yunnan Province, China)

Abstract: Pebrine is an important disease of silkworm. It is of great significance to explore the disinfection methods on *Nosema bombycis* for sericulture. 10^8 /mL concentration of nb were treated by temperature, uv and disinfectant methods. The inactivation of particles by three disinfection methods was tested by staining method and feeding silkworm method. The results showed the highest temperature tolerated to nb was more than 60°C , and the treatment time was more than 30 min. The UV lamp with 20 WX power was irradiated at a distance of 50 cm time more than 12 min, the mortality rate of nb was 47.70%, and the infection rate of silkworm was 0. Treatment with 800 mg/L trichloroisocyanuric and 200 mg/L glutaral and deciquam solution for more than 6 min, the mortality rate of nb was 100%, and the infection rate of silkworm was 0. Three methods of disinfection of high temperature method is mainly used for sericulture appliance disinfection nb. The uv can be used disinfect the surface nb on sericulture facilities. Glutaral and deciquam solution armour bromide relatively strong chlorine disinfectants light stability than

基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项 (CARS-18); 云南省重大科技专项 (202102AE090010)

^{*} 共同第一作者: 李玲利, 女, 1983 年生, 云南武定人, 助理研究员, 主要从事家蚕病害研究, E-mail: 842893290@qq.com;

苏振国, 男, 硕士, 助理研究员, 主要从事蚕桑病虫害化学防治研究, E-mail: szgmcn@163.com

^{**} 通讯作者 Author for correspondence: 白兴荣, 硕士, 研究员, 主要从事家蚕病害研究, E-mail: bxrong3@163.com

收稿日期 Received: 2022-04-22; 接受日期 Accepted: 2022-11-02

trichloroisocynuric, stimulation and corrosion resistance is small, can be used as a substitute for part of chlorine disinfectants. This research can provide reference for the sericultural production disinfection nb.

Key words: Temperature; uv; trichloroisocynuric; glutaral and deciquam solution; disinfection; *Nosema bombycis*

家蚕微粒子 *Nosema bombycis* 是家蚕驯养中发现的一种专化寄生于家蚕细胞内的病原, 长期与家蚕协同进化后其增殖、能量代谢高度依赖宿主家蚕, 微粒子侵入家蚕体内后可呈 J 型指数增殖方式快速引起家蚕微粒子病爆发, 扩繁的病原通过蚕业生产的产品和废弃物等携带分布于养蚕区域环境中, 在适宜条件下通过水平和垂直传播再侵染家蚕完成其生活史和病原再扩展分布 (刘吉平等, 2000; 孙胜, 2001; 胡必利等, 2010; 鲁兴萌等, 2016; 高兴珂等, 2021)。

目前生产中根据微粒子水平和垂直传播特点, 制定的防治方法是通过家蚕母蛾微粒子病检验技术控制阻断垂直传播, 养蚕环节以防止微粒子水平感染家蚕为主, 具体的措施有对桑叶叶面消毒和防治桑园害虫以防止家蚕食下野外昆虫传播的病原微粒子, 饲喂喷洒苯并咪唑类杀菌剂多菌灵的桑叶预防和治疗家蚕微粒子病, 洗消家蚕饲喂环境降低家蚕微粒子密度减少家蚕染病机率 (黄旭华等, 2016; 廖森泰等, 2016), 常用的消毒方法是使用含氯消毒剂从养蚕前、中、后全程进行大面积洗消, 含氯消毒剂由于见光不稳定, 使用量大且使用周期长, 加之对人和养蚕设施用具有强烈的刺激性和腐蚀性, 一部分消毒液还会通过径流或河道进入土壤和水体对微生物、水生植物和动物群落结构产生影响, 破坏土壤和水生态功能 (叶利兰等, 2021)。

为了寻找更多较传统消毒方法更高效、安全、环保的靶向性消毒技术, 消灭净化残存于养蚕环境和蚕具中病原微粒子 (鲁兴萌等, 2013; 鲁兴萌等, 2016), 本研究开展了温度、紫外线和消毒剂 3 种不同消毒方法对家蚕微粒子病原灭活后染色试验和 3 龄起蚕添食消毒处理微粒子后的致死和侵染试验, 现将双重验证试验报告如下, 以其为蚕业生产中的微粒子消杀提供参考。

1 材料与方法

1.1 供试家蚕品种及家蚕微粒子

供试家蚕品种为菁松 × 皓月, 来源于云南省

农业科学院蚕桑蜜蜂研究所, 在 25℃、L:D = 16:8 条件下用桑叶养至 3 龄起蚕备用。家蚕微粒子由云南省农业科学院蚕桑蜜蜂研究所家蚕病研究室保存, 添食家蚕发病后, 收集病蚕, 研磨过滤后离心得到纯化微粒子, 用血球计数板加无菌水调整微粒子悬液浓度为 10^8 个/mL 备用。

1.2 不同温度对家蚕微粒子的活性和致病力影响

试验设 5 个温度处理 40、45、50、55、60℃, 取 10^8 个/mL 家蚕微粒子悬浮液 1 mL 分装至 1.5 mL 离心管中在水浴锅中加热, 每个温度设 2 个处理时间 30 min 和 1 h, 每个处理设 6 个重复, 微粒子悬浮液常温处理为阳性对照, 使用灭菌水为空白对照。取不同温度时间处理后的微粒子悬液涂片, 待未干时滴加 0.1% 亚甲基蓝染色 1 ~ 2 min 后显微镜检并用血球计数板计数, 死粒子被染上不同程度的蓝色, 而活粒子不着色, 观察时每个视野内数 100 个粒子, 观察死亡粒子个数, 计算死亡率 (杜立新等, 2018)。

取不同温度时间处理微粒子悬液、阳性对照微粒子悬液和阴性对照灭菌水均匀涂抹于桑叶, 晾干后添食 3 龄饱食家蚕, 添食 1 次病原处理后正常饲养, 在室温 25℃, L:D = 16:8 条件下饲养, 每天给桑 3 次, 每处理 30 头, 每处理设 3 个重复。饲喂过程中收集死蚕镜检感染情况并记录, 添食 10 d 以后收集剩余的家蚕调查感染微粒子虫情况 (陈世良等, 2018)。

1.3 紫外线对家蚕微粒子的活性和致病力影响

参照文献 (杜立新等, 2018) 的方法并作改进, 试验中将 10^8 个/mL 微粒子悬浮液分装至 12 孔细胞培养皿中, 每皿加入 1 mL, 使用 20 W 功率的紫外灯照射紫外线, 照射距离为 50 cm 和 100 cm, 每处理设 4 个照射时间为 6、9、12、15 min, 期间每照射 1 min 搅拌 1 次培养皿中的微粒子悬浮液, 微粒子悬浮液不照射紫外线为阳性对照, 灭菌水为空白对照, 每个处理设 6 个重复, 紫外线对微粒子的染色活性试验和添食家蚕侵染

性试验方法参照温度处理微粒子试验。

1.4 消毒剂对家蚕微粒子的活性和致病力影响

参照文献(黄旭华等, 2010)采用微粒子和消毒剂混合法试验, 取灭菌 1.5 mL 离心管, 每处理取 6 个离心管, 分别加入经摇匀的 10^8 个/mL 微粒子悬浮液 0.5 mL 和消毒剂 0.5 mL, 使其达到说明书推荐使用的剂量(三氯异氰尿酸的浓度为 800 mg/L、1 600 mg/L、3 200 mg/L, 戊二醛癸甲溴铵浓度为 67 mg/L、100 mg/L、200 mg/L), 微粒子悬浮液加入灭菌水为阳性对照, 单独的灭菌水为空白对照, 分别在振荡器上轻轻振荡摇匀、离心、洗净, 再离心, 时间设为 6 min、8 min、12 min (含离心时间), 最后离心得到沉淀后加入灭菌水 0.5 mL, 振荡, 使孢子充分悬浮备用, 消毒剂对微粒子染色活性试验和添食侵染性影响试验方法参照温度处理微粒子试验。

1.5 数据处理

试验数据采用 Excel 和 DPS 7.05 计算、分析。

2 结果与分析

2.1 不同温度条件处理后对家蚕微粒子存活和侵染性影响

温度对家蚕微粒子的活性和侵染力有显著影响, 随着试验处理温度的升高, 家蚕微粒子活性和侵染性降低, 相同的温度下处理的时间越长家蚕微粒子活性和侵染率越低。家蚕微粒子在 40 ~ 60°C 处理后, 微粒子死亡率在 25.43% 以上, 结合微粒子添食家蚕后的死亡率和侵染率, 家蚕微粒子采用 55°C 以上温度处理 30 min 及以上时间, 家蚕微粒子死亡率达到 73.01% 以上, 对家蚕侵染率为 57.78% 以下, 添食家蚕后 3 d、6 d、10 d 的死亡率为 55.56% 以下, 较 55°C 以下温度处理呈显著下降, 当试验温度达到 60°C 以上, 处理时间为 30 min 以上时, 家蚕微粒子死亡率为 100%, 对家蚕侵染率为 0 (表 1)。

表 1 在不同温度条件处理后对家蚕微粒子存活和侵染力影响

Table 1 Effects of percentage germinated conidia and invasiveness of *Nosema bombycis* under different temperature

温度与时间处理 Temperature and time	微粒子 死亡率 (%) Nb mortality	添食后 3 d 死亡率 (%) 3 d mortality after supplementation	添食后 6 d 死亡率 (%) 6 d mortality after supplementation	添食后 10 d 死亡率 (%) 10 d mortality after supplementation	处理微粒子对 家蚕侵染率 (%) Infection rate of Nb was treated
40°C 30 min	25.43 ± 3.05 d	29.32 ± 4.77 b	79.97 ± 3.258 b	100 a	100 a
40°C 1 h	28.98 ± 5.21 d	37.78 ± 8.68 b	85.56 ± 6.76 ab	100 a	100 a
45°C 30 min	31.19 ± 2.29 cd	26.67 ± 8.39 b	72.22 ± 4.84 b	100 a	100 a
45°C 1 h	35.51 ± 1.74 cd	32.22 ± 9.09 b	97.78 ± 2.22 a	100 a	100 a
50°C 30 min	40.70 ± 4.04 c	12.22 ± 4.84 cd	76.67 ± 10.18 cd	100 a	100 a
50°C 1 h	43.23 ± 1.84 c	8.01 ± 3.07 d	69.58 ± 5.38 d	100 a	100 a
55°C 30 min	73.01 ± 5.93 bc	3.33 ± 1.93 b	3.33 ± 3.33 b	55.56 ± 4.44 b	57.78 ± 2.22 bc
55°C 1 h	83.83 ± 0.69 b	1.11 ± 1.11 d	8.89 ± 8.89 d	48.89 ± 5.12 b	31.11 ± 4.01 b
60°C 30 min	100 a	1.11 ± 1.11 d	5.56 ± 4.01 d	11.11 ± 2.21 c	0 d
60°C 1 h	100 a	0 d	0 d	8.89 ± 2.26 c	0 d
阳性对照 Positive control	2.92 ± 0.89 e	55.56 ± 2.94 a	100 a	100 a	100 a
空白对照 CK		0 d	0 d	9.34 ± 1.01 c	0 d

注: 表中为 3 次重复的平均数, 小写字母表示在 0.05 水平下的差异显著性。Note: Data in the table were averages of three repetitions. Different lowercase letters following the data meant significant difference ($P < 0.05$).

2.2 紫外线照射处理后对家蚕微粒子存活和侵染力影响

紫外灯不同照射距离下, 距离越近微粒子活性越低, 对家蚕侵染率也越低, 20 wx 功率紫外灯距离 50 cm 照射后, 微粒子死亡率为 28.43% ~ 67.13%, 添食后对家蚕的侵染率在 0 ~ 21.64%, 0、3、6、10 d 的家蚕最高死亡率为 14.10% ~ 34.44%, 照射距离为 100 cm 时, 微粒子死亡率为 5.33% ~ 37.85%, 添食后对对家蚕的侵染率在 35.68% ~ 100%, 0、3、6、10 d 的家蚕最高死亡率为 33.02% ~ 63.02%。相同照射距离下照射的时间越长家蚕微粒子活性越低, 对家蚕侵染率越

低, 50 cm 照射距离下, 照射时间为 9 min 及以下时微粒子死亡率为 28.43% ~ 37.14%, 添食后对家蚕的侵染率在 10.10% ~ 21.64%; 当照射时间为 12 min 及以上时微粒子死亡率为 47.70% ~ 67.13%, 添食后对家蚕的侵染率为 0, 较 9 min 及以下处理时间微粒子活性和侵染率显著降低; 照射距离为 100 cm 时, 照射时间为 6 min 时微粒子死亡率为 5.33%, 添食后对家蚕的侵染率为 100%, 当照射时间为 9 min 及以上时微粒子死亡率为 9.17% ~ 37.85%, 添食后对家蚕的侵染率为 35.68% ~ 75.82%, 较处理 6 min 时微粒子活性和侵染率显著降低 (表 2)。

表 2 紫外线照射后对家蚕微粒子存活和侵染力影响

Table 2 Effects of percentage germinated conidia and invasiveness of *Nosema bombycis* under ultraviolet radiation treatment

紫外线距离与 时间处理 Uv distance and time	微粒子 死亡率 (%) Nb mortality	添食后 3 d 死亡率 (%) 3 d mortality after supplementation	添食后 6 d 死亡率 (%) 6 d mortality after supplementation	添食后 10 d 死亡率 (%) 10 d mortality after supplementation	处理微粒子对 家蚕侵染率 (%) Infection rate of Nb was treated
50 cm 6 min	28.43 ± 1.57 d	0 b	2.22 ± 1.11 c	34.44 ± 4.01 cd	21.64 ± 0.59 e
50 cm 9 min	37.14 ± 2.04 c	0.90 ± 0.90 b	1.78 ± 0.89 c	23.79 ± 6.97 cd	10.10 ± 1.01 f
50 cm 12 min	47.70 ± 3.24 b	1.98 ± 1.01 b	1.86 ± 0.98 c	17.66 ± 4.33 d	0 g
50 cm 15 min	67.13 ± 2.69 a	0 b	0 c	14.10 ± 2.12 d	0 g
100 cm 6 min	5.33 ± 0.92 e	2.22 ± 2.22 b	7.85 ± 2.93 b	63.02 ± 15.18 b	100 a
100 cm 9 min	9.17 ± 1.78 e	0 b	0.83 ± 0.83 c	44.07 ± 5.38 bc	75.82 ± 2.20 b
100 cm 12 min	23.82 ± 4.52 d	0 b	2.19 ± 1.10 c	36.11 ± 9.64 cd	44.38 ± 3.15 c
100 cm 15 min	37.85 ± 0.95 c	0 b	4.07 ± 2.59 bc	33.02 ± 5.16 cd	35.68 ± 0.68 d
阳性对照 Positive control	3.13 ± 1.31 e	71.67 ± 1.67 a	100 a	100 a	100 a
空白对照 CK		0 b	0 c	11.67 ± 1.67 d	0 g

注: 表中为 3 次重复的平均数, 小写字母表示在 0.05 水平下的差异显著性。Note: Data in the table were averages of three repetitions. Different lowercase letters following the data meant significant difference ($P < 0.05$).

2.3 不同消毒剂处理后对家蚕微粒子存活和侵染力

试验所用的 2 种消毒药剂处理家蚕微粒子后的出现的死亡率和对家蚕的侵染率见表 3。三氯异氰尿酸 800 mg/L 及以上浓度, 处理 6 min 及以上时微粒子死亡率为 100%, 处理后的微粒子添食家蚕侵染率为 0。戊二醛癸甲溴铵 67 ~ 100 mg/L 不同时间处理对家蚕微粒子虫的死亡率介于 11.78% ~

49.18% 之间, 处理后的微粒子添食家蚕侵染率为 31.36% ~ 100%, 添食后的家蚕 10 d 死亡率在 33.34% ~ 89.97%, 随着戊二醛癸甲溴铵浓度升高为 200 mg/L 处理时间为 6 min 及以上时家蚕微粒子虫的死亡率和侵染率显著降低, 死亡率为 100%, 处理后的微粒子对家蚕侵染率为 0。

表3 消毒剂对家蚕微粒子的存活和侵染力影响

Table 3 Effects of disinfectants on the percentage germinated conidia and invasiveness of *Nosema bombycis*

消毒剂剂量与时间处理 Disinfectant concentration and time	微粒子死亡率 (%) Nb mortality	添食后 10 d 死亡率 (%) 10 d mortality after supplementation	处理微粒子对 家蚕侵染率 (%) Infection rate of Nb was treated
三氯异氰尿酸 800 mg/L 6 min Trichloroisocyanuric 800 mg/L 6 min	100 a	4.44 ± 1.11 f	0 c
三氯异氰尿酸 800 mg/L 8 min Trichloroisocyanuric 800 mg/L 8 min	100 a	0 f	0 c
三氯异氰尿酸 800 mg/L 12 min Trichloroisocyanuric 800 mg/L 12 min	100 a	1.11 ± 1.11 f	0 c
三氯异氰尿酸 1 600 mg/L 6 min Trichloroisocyanuric 1 600 mg/L 6 min	100 a	1.11 ± 1.11 f	0 c
三氯异氰尿酸 1 600 mg/L 8 min Trichloroisocyanuric 1 600 mg/L 8 min	100 a	0 f	0 c
三氯异氰尿酸 1 600 mg/L 12 min Trichloroisocyanuric 1 600 mg/L 12 min	100 a	0 f	0 c
三氯异氰尿酸 3 200 mg/L 6 min Trichloroisocyanuric 3 200 mg/L 6 min	100 a	1.11 ± 1.11 f	0 c
三氯异氰尿酸 3 200 mg/L 8 min Trichloroisocyanuric 3 200 mg/L 8 min	100 a	1.11 ± 1.11 f	0 c
三氯异氰尿酸 3 200 mg/L 12 min Trichloroisocyanuric 3 200 mg/L 12 min	100 a	2.22 ± 1.11 f	0 c
戊二醛癸甲溴铵 67 mg/L 6 min Glutaral and deciquam solution 67 mg/L 6 min	11.78 ± 2.27 d	89.97 ± 1.89 b	100 a
戊二醛癸甲溴铵 67 mg/L 8 min Glutaral and deciquam solution 67 mg/L 8 min	27.14 ± 2.04 c	85.02 ± 5.01 b	100 a
戊二醛癸甲溴铵 67 mg/L 12 min Glutaral and deciquam solution 67 mg/L 12 min	42.11 ± 2.15 bc	66.67 ± 1.67 c	100 a
戊二醛癸甲溴铵 100 mg/L 6 min Glutaral and deciquam solution 100 mg/L 6 min	37.15 ± 3.69 c	71.67 ± 8.34 c	100 a
戊二醛癸甲溴铵 100 mg/L 8 min Glutaral and deciquam solution 100 mg/L 8 min	45.23 ± 2.93 bc	50.00 ± 3.33 d	47.78 ± 7.78 c
戊二醛癸甲溴铵 100 mg/L 12 min Glutaral and deciquam solution 100 mg/L 12 min	49.18 ± 2.77 b	33.34 ± 3.34 e	31.36 ± 7.99 b
戊二醛癸甲溴铵 200 mg/L 6 min Glutaral and deciquam solution 200 mg/L 6 min	100 a	4.44 ± 1.11 f	0 c
戊二醛癸甲溴铵 200 mg/L 8 min Glutaral and deciquam solution 200 mg/L 8 min	100 a	2.22 ± 2.22 f	0 c
戊二醛癸甲溴铵 200 mg/L 12 min Glutaral and deciquam solution 200 mg/L 12 min	100 a	3.33 ± 1.93 f	0 c
阳性对照 Positive control	3.70 ± 1.24 e	100 a	100 a
空白对照 CK		2.22 ± 1.11 f	0 c

注: 表中 3 次重复的平均数, 小写字母表示在 0.05 水平下的差异显著性。Note: Data in the table were averages of three repetitions. Different lowercase letters following the data meant significant difference ($P < 0.05$).

3 结论与讨论

本试验结果表明, 3 种消毒方式在一定的条件下对微粒子消杀均表现出较好的效果, 但不同消毒方法可应用范围不同。试验中测定家蚕微粒子的杀灭温度为 60℃ 处理 30 min 以上, 高温杀灭微孢子主要是阻碍微孢子裂殖体的发育和生长 (王璐等, 2018), 其可作为小型养蚕用具的消毒, 如: 蚕箔、蚕簇等; 试验中使用的 20 W 功率紫外灯距离 50 cm 照射家蚕微孢子, 照射时间 12 min 以上, 可以有效杀灭微孢子, 由于紫外线对家蚕等生物的遗传物质或免疫系统有影响 (黄旭华等, 2011), 故使用时只能作为间接消毒方法使用, 如对贮桑室地面角落、上簇室地面、蚕室墙壁、蚕室门窗、蚕室顶棚等养蚕辅助设施的表面消毒。消毒剂方面比较了新型的高含氯消毒剂三氯异氰尿酸和醛类铵盐类混合消毒剂戊二醛癸甲溴铵, 三氯异氰尿酸其主要作用机理是溶解微粒子的细胞壁后消解其细胞器使其死亡 (黄旭华等, 2010), 其在 800 mg/L 及以上浓度, 接触微孢子时间 6 min 以上均可以取得很好的消杀效果, 含氯类消毒剂是目前蚕业生产中应用时间最久、范围最广、使用量最大的消毒剂, 其缺点也较为明显, 如对家蚕和人有强烈刺激性, 对金属设备有强腐蚀性等; 戊二醛癸甲溴铵是由醛类消毒剂戊二醛和铵盐类消毒剂癸甲溴铵混合而成消毒剂, 戊二醛癸甲溴铵优点是毒性低, 见光稳定、不易分解, 对金属腐蚀影响较小, 其主要消杀原理是破坏病原物的蛋白质和酶活性达到快速高效的协同消毒作用 (徐秀荣等, 2015; 王利平等, 2021), 试验中对微粒子的消杀浓度为 200 mg/L 接触时间达到 6 min 及以上, 其可作为蚕业生产中易受含氯类消毒剂腐蚀的蚕业设施和工具消杀微孢子替代使用。本试验中 3 种消毒方法, 均采用了微孢子染色法和添食家蚕法进行了双重验证, 其结果基本都是趋于一致, 受限于试验规模和不同地区的养蚕环境, 具体的操作条件可以在本试验基础上进一步摸索完善。

参考文献 (References)

Chen SL, Xiao SY, Pan QL, et al. Infectivity and transmissibility of *Nosema* sp. CP isolated from *Catopsilia pyranthe* (Lepidoptera: Pieridae) in the domestic silkworm (*Bombyx mori*) [J]. *Acta*

- Entomologica Sinica*, 2017, 60 (2): 155-162. [陈世良, 肖圣燕, 潘秋玲, 等. 梨花迁粉蝶微孢子虫对家蚕的侵染力与胚传性 [J]. 昆虫学报, 2017, 60 (2): 155-162]
- Du LX, Cao WP, Zhang HJ, et al. Effects of environmental factors on microsporidian pathogenicity on *Aethis lepigone* [J]. *China Plant Protection*, 2018, 38 (6): 47-50. [杜立新, 曹伟平, 张海剑, 等. 环境因子对二点委夜蛾微孢子虫侵染能力的影响 [J]. 中国植保导刊, 2018, 38 (6): 47-50]
- Gao XK, Ban LP. Genomics research progresses in microsporidia *Antonospora locustae* and its application status [J]. *Journal of Plant Protection*, 2021, 48 (1): 60-64. [高兴珂, 班丽萍. 蝗虫微孢子的基因组学研究进展及应用现状 [J]. 植物保护学报, 2021, 48 (1): 60-64]
- Hu BL, Zhang ZX, Li YP, et al. Distribution and dynamics of *Nosema bombycis* at sericulture circumstance of farmers [J]. *Progress in Veterinary Medicine*, 2010, 31 (11): 107-110. [胡必利, 张正新, 李玉平, 等. 家蚕微孢子虫孢子在养蚕环境中的分布及动态变化 [J]. 动物医学进展, 2010, 31 (11): 107-110]
- Huang XH, Lu RH, Shi MN, et al. Application of chlorine dioxide (ClO_2) on mulberry leaf disinfection [J]. *Guangxi Agricultural Sciences*, 2010, 41 (7): 714-718. [黄旭华, 陆瑞好, 石美宁, 等. 二氧化氯 (ClO_2) 在桑叶消毒上的应用研究 [J]. 广西农业科学, 2010, 41 (7): 714-718]
- Huang XH, Pan ZX, Luo ML, et al. Effect test of ultraviolet irradiation inactivation on silkworm (*Bombyx mori*) disease pathogen [J]. *Guangxi Sericulture*, 2011, 48 (4): 24-26. [黄旭华, 潘志新, 罗梅兰, 等. 紫外线照射对家蚕病原灭活作用的研究 [J]. 广西蚕业, 2011, 48 (4): 24-26]
- Huang XH, Pan ZX, Wei TX, et al. Screening and application of drugs for pebrine disease of *Bombyx mori* [J]. *Guangxi Sericulture*, 2016, 53 (1): 6-11. [黄旭华, 潘志新, 韦廷秀, 等. 家蚕微孢子病治疗药物筛选和应用技术研究 [J]. 广西蚕业, 2016, 53 (1): 6-11]
- Liao ST, Yang Q, Xing DX, et al. A brief introduction to the whole control and prevention technology system against *Bombyx mori* pebrine disease [J]. *Science of Sericulture*, 2016, 42 (1): 148-151. [廖森泰, 杨琼, 邢东旭, 等. 家蚕微孢子病全程防控技术体系简述 [J]. 蚕业科学, 2016, 42 (1): 148-151]
- Liu JP, Xu XY. The history and present situation of the epidemic of pebrine disease [J]. *China Sericulture*, 2000, 1: 9-11. [刘吉平, 徐兴耀. 家蚕微孢子病流行发生的历史和现状 [J]. 中国蚕业, 2000, 1: 9-11]
- Lu XM, Meng XK, Shen BM, et al. Epidemiological survey methods based on testing environmental samples of silkworm rearing [J]. *Science of Sericulture*, 2013, 39 (5): 913-920. [鲁兴萌, 孟祥坤, 沈柏民, 等. 基于养蚕环境样本检测的流行病学调查方法 [J]. 蚕业科学, 2013, 39 (5): 913-920]
- Lu XM, Shao YQ. A review on current status and development trend of pebrine prevention and control technology [J]. *Science of Sericulture*, 2016, 42 (6): 945-952. [鲁兴萌, 邵勇奇. 家蚕微孢子病防控技术研究的发展现状与趋势 [J]. 蚕业科学, 2016, 42 (6): 945-952]

- Sun S. A research on the Trend of *Nosema bombycis* Population and Prevention & Cure Technology [D]. Chendu: Sichuan normal University, 2001. [孙胜. 家蚕微粒子种群数量动态及防治技术的研究 [D]. 成都, 四川师范大学, 2001]
- Wang L, Yang Q, Xing DX, et al. Research progress in prevention on the pebrine disease of silkworm (*Bombyx mori*) by heat treatments [J]. *Guangdong Sericulture*, 2018, 52 (2): 1-3. [王璐, 杨琼, 邢东旭, 等. 热处理法防治家蚕微粒子病的研究进展 [J]. 广东蚕业, 2018, 52 (2): 1-3]
- Wang LP, Tan DH, Liu XY, et al. Evaluation of disinfection effect of glutaraldehyde decamethylammonium bromide on *Streptococcus* [J]. *Modern Journal of Animal Husbandry and Veterinary Medicine*, 2021, 11: 10-13. [王利平, 谭东鹤, 刘新月, 等. 戊二醛癸甲溴铵对链球菌的消毒效果评价 [J]. 现代畜牧兽医, 2021, 11: 10-13]
- Xu XR, Liu X, Huang DH, et al. Effect test of disinfection compound of glutaral and deciquam solution on *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* [J]. *Chinese Journal of Veterinary Drug*, 2015, 49 (3): 30-34. [徐秀荣, 刘霞, 黄迪海, 等. 戊二醛癸甲溴铵溶液对大肠杆菌和金黄色葡萄球菌的杀菌效果研究 [J]. 中国兽药杂志, 2015, 49 (3): 30-34]
- Ye LC, Gan CJ, Chen Y, et al. Effect of chlorinated disinfectants usage on aquatic organism during the epidemic control: A review [J]. *Environmental Pollution & Control*, 2021, 43 (5): 644-648. [叶利兰, 甘春娟, 陈焱, 等. 疫情防控期间含氯消毒剂大量使用对水生生物的影响综述 [J]. 环境污染与防治, 2021, 43 (5): 644-648]