



防虫网室对梨小食心虫的防治效果^{*}

徐金涛^{1**} 魏姿涵² 郝宝锋¹ 孙圣杰² 高旭辉²
李 贞² 张松斗² 刘晨曦² 刘小侠^{2***}

(1. 河北省农林科学院昌黎果树研究所, 昌黎 066600; 2. 中国农业大学植物保护学院昆虫学系, 北京 100193)

摘 要 【目的】明确河北省昌黎地区梨小食心虫 *Grapholita molesta* 的发生动态及飞行规律, 筛选出最佳的防虫网室孔径规格。【方法】连续 2 年 (2018-2019) 于河北省农林科学院昌黎果树所基地梨园内分别悬挂 1、2、3、4 和 5 m 不同高度的性诱捕器, 调查梨小食心虫的发生情况, 明确梨小食心虫的适飞高度, 将不同规格孔径的围网和顶网组合, 调查防虫网室内梨小食心虫的发生动态及蛀果率, 筛选最佳防治组合。【结果】比较不同高度性诱捕器对梨小食心虫成虫的诱捕效果发现, 在 2 m 左右诱捕量较高; 与露天区相比, 防虫网室内的梨小食心虫发生量和蛀果率均显著降低 ($df=16$, $F=13.360$, $P\leq 0.001$; $df=16$, $F=7.817$, $P\leq 0.05$)。围网网孔规格为 0.3 cm×0.3 cm 时, 梨小食心虫的全年诱捕量可从 150 头/诱捕器降至 40 头/诱捕器以下, 蛀果率由 70.0% 减少至 15.9%; 围网网孔规格相同, 顶部网孔规格不同的防虫网室间无显著差异 ($df=6$, $F=1.818$, $P=0.069$)。【结论】梨小食心虫成虫在梨园内的活动高度主要集中在 2 m 左右, 虽然顶网的设计对梨小食心虫的阻隔效果所起作用不大, 但在无袋栽培中承担着防雹和防鸟的重要作用, 从防控效果和经济情况来考虑, 围网网孔规格为 0.3 cm×0.3 cm、顶网网孔规格为 2.0 cm×2.0 cm 的防虫网室为最优组合。

关键词 梨小食心虫; 适飞高度; 防虫网室; 种群动态; 蛀果率

The optimum size of insect-proof mesh for reducing crop damage by *Grapholita molesta* in orchards

XU Jin-Tao^{1**} WEI Zi-Han² HAO Bao-Feng¹ SUN Sheng-Jie² GAO Xu-Hui²
LI Zhen² ZHANG Song-Dou² LIU Chen-Xi² LIU Xiao-Xia^{2***}

(1. Changli Institute of Pomology, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Changli 066600, China;

2. Department of Entomology, College of Plant Protection, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

Abstract 【Aim】To clarify the population dynamics patterns of *Grapholita molesta* in Changli, Hebei Province, and to optimize the size of insect-proof mesh to protect orchard fruits from this pest. 【Methods】Pheromone traps were hung at 1, 2, 3, 4 and 5 m heights in the insect-proof screens during 2018-2019 in experimental orchards at the Changli Fruit Research Station, Hebei Academy of Agricultural and Forestry Sciences. Both inside, and outside, enclosures screened with insect-proof mesh of different sizes, and the number of insects captured was recorded and compared. Population dynamics and the rate of fruit decay were investigated by setting different combinations of purse seine and top nets with different sized mesh to identify the optimal mesh size. 【Results】More *G. molesta* were caught in traps set at 2 m. Compared to the unscreened area, the number of *G. molesta* and rate of fruit decay were significantly reduced ($df=16$, $F=13.360$, $P\leq 0.001$; $df=16$, $F=7.817$, $P\leq 0.05$) within the screened areas. A mesh size of 0.3 cm×0.3 cm reduced the number of *G. molesta* captured annually from

*资助项目 Supported projects: 国家现代农业产业技术体系建设专项 (CARS-28); 河北省现代农业产业技术体系资助项目 (HBCT2024170406); 河北省农林科学院科技创新专项资助项目 (2022KJCXX-CGS-7)

**第一作者 First author, E-mail: 15833353703@163.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: liuxiaoxia611@cau.edu.cn

收稿日期 Received: 2024-09-12; 接受日期 Accepted: 2024-12-19

150 to 40 per trap, and the fruit decay rate from 70.0% to 15.9%. There was no obvious difference between areas screened with the same mesh size, but different top mesh size ($df=6$, $F=1.818$, $P=0.069$). **[Conclusion]** Most adult *G. molesta* in pear orchards fly at a height of about 2 m. Although the size of the top mesh had no significant effect on the number of *G. molesta* trapped, it plays an important role in preventing damage from hail and birds. Insect-proof mesh of 0.3 cm×0.3 cm with a top mesh size of 2.0 cm×2.0 cm is the most cost-effective choice for reducing damage to orchard fruits from *G. molesta*.

Key words *Grapholita molesta*; flight height; insect-proof screen; occurrence dynamics; fruit decay rate

河北地处华北平原, 光照充足, 降水适中, 四季分明, 梨果实品质优良, 产量占全国梨总产量的 20%, 是我国梨生产的优势产区之一(高丽娟等, 2018)。主要栽植有雪花梨、黄冠梨、玉露香梨和香红梨等品种, 分布在赵县、晋州、泊头、宁晋、魏县、辛集、昌黎等 11 个主要产区, 栽培面积可达 120 000 hm² (杨念, 2013; 石会娟和王俊芹, 2019)。

梨小食心虫 *Grapholita molesta* 隶属鳞翅目 Lepidoptera 卷蛾科 Tortricidae 小食心虫属 *Grapholita*, 又名东方蛀果蛾, 简称“梨小”, 是河北省果树上的重要害虫之一(孙圣杰, 2021; 高梦琪等, 2024), 在梨园内均有不同程度发生, 影响果实的产量和品质(王荣敏, 2017)。早春时节幼虫危害嫩梢造成折梢, 夏季幼虫钻蛀果实危害, 盛发期果园的蛀果率达到 70%-80%, 蛀孔处发黑、腐烂变质成“黑膏药”状, 幼虫隐蔽性强, 防治困难(赵鹏等, 2023; Tan *et al.*, 2024)。

20 世纪 80 年代, 因套袋梨果表面光洁美观、具备更高的经济价值, 河北省大力推广果树套袋栽培技术。随着农村劳动力的匮乏和消费者对果实口感和营养价值的重视, 传统的不套袋梨果重回大众视野。传统不套袋梨园梨小食心虫为害严重, 防虫网覆盖栽培作为一项增产实用的环保型农业新技术, 既可以减少虫害、鸟害, 还可降低暴雨、冰雹、强风等自然灾害带来的损失。

广西南宁的明星农场采用 60 目防虫网建设了 2 hm² 防虫网室, 对柑橘木虱 *Diaphorina citri* 的防治效果达到 93%, 其他害虫和柑橘黄龙病的发生也显著降低, 极大地减少了杀虫剂的使用量(罗小玲等, 2021)。Ferrarezi (2022) 报道覆盖防虫网能够减少柑桔害虫种类和部分柑桔害虫数量。关于梨树栽培上防虫网室的应用当前仅有

少量研究(李学斌, 2012)。因此研究不同规格防虫网室内梨小食心虫种群发生和飞行规律对指导果树栽培过程中的害虫绿色防控具有重要意义。本文研究了 2018-2019 年河北省农林科学院昌黎果树研究所科技创新示范基地梨园监测点不同孔径组合防虫网室内梨小的发生动态和蛀果率, 探寻种群发生规律, 以期后续防虫网室孔径的规格选择提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验梨园概况

本研究设置的梨园监测点为河北省农林科学院昌黎果树所基地(39.41°N, 119.09°E), 当地平均海拔 16.2 m, 北依碣石山, 南临渤海湾, 东接秦皇岛市, 西界滦河, 属中国东部季风区、暖温带、半湿润大陆性气候, 年均温 11 °C, 最低气温 -20 °C, 最高气温 43 °C, 无霜期约 186 d, 年日照时数 2 800 h, 年平均降雨量 712.7 mm, 光照充足, 降水适中, 四季分明。以 9 年生晚熟梨品种“雪花梨”为试材, 株行距 2 m×4 m, 纺锤形整形, 行间自然生草, 定期刈割, 地布下滴灌, 管理水平较高。

1.2 防虫网室内不同高度梨小食心虫种群数量监测

在同一基地与网室覆盖试验区域相距 120 m 的园区, 于 1、2、3、4 和 5 m 不同高度分别随机设置 3 套梨小食心虫性诱捕器(北京中捷四方生物科技股份有限公司), 用于监测梨园不同高度梨小食心虫的发生量, 每月更换 1 次梨小食心虫性诱芯。各诱捕器之间相隔距离不小于 15 m, 每 15 d 调查一次并更换白色粘虫版, 期间受降雨等天气影响, 调查时间会略有波动, 统计分析

在 2018 和 2019 年 5-10 月期间梨小食心虫的发生量。

1.3 不同网孔规格防虫网室对梨小食心虫种群数量和蛀果率的影响

在试验园区中设置不同网孔规格 (0.3 cm×0.3 cm、0.5 cm×0.5 cm、1.0 cm×1.0 cm 和 2.0 cm×2.0 cm) 的防虫网室, 防虫网购于南昌绿景农资有限公司, 防虫网室以作为“墙壁”围住果园四周的围网和作为“屋顶”盖在果园上方的顶网组成, 围网上设有 6 m 长立杆, 底部插入地面 1 m, 用以支撑防虫网室, 网室四周底边用土压实。防虫网室网孔规格如表 1。

表 1 不同防虫网室网孔规格
Table 1 The specification of different insect-proof screens

处理编号 Treatment code	网孔规格 (cm×cm) Mesh size specification (cm×cm)	
	围网 Purse seine	顶网 Top net
T1	0.3×0.3	0.3×0.3
T2		1.0×1.0
T3		2.0×2.0
T4	0.5×0.5	0.5×0.5
T5		1.0×1.0
T6		2.0×2.0
T7	1.0×1.0	1.0×1.0
T8	0	0

共设置 21 个防虫网室, T1-T7 分别为不同网孔规格的防虫网室, T8 为未设置防虫网室的空白对照, 每个处理覆盖 3 棵树, 重复 3 次, 随机区组排列。防虫网室中梨树的管理与梨园其他梨树管理措施相同, 但不进行化学防治, 仅在 5 月防虫网室设置之初, 喷施化学农药 (螺虫·噻嗪酮 2 000 倍液、三唑锡 2 500 倍液) 以压低网室内虫口基数。以防虫网室外的雪花梨品种的梨树为对照, 管理与防虫网室中保持一致。

1.3.1 梨小食心虫发生动态调查 每个防虫网室内的 3 棵梨树分别悬挂 1 套梨小食心虫诱捕器, 防虫网室外雪花梨品种所在行随机设置 3 套

梨小食心虫诱捕器作为对照, 用于监测梨小食心虫种群动态, 每月更换 1 次梨小食心虫性诱芯。诱捕器的悬挂高度为 1.8-2.2 m, 调查方法同 1.2。

1.3.2 梨小食心虫蛀果率调查 每个防虫网室内及对照区域按照树体高度分为上、中、下 3 层, 每层随机选取 50 个梨果, 统计虫果数, 分别在 2018 和 2019 年的 8 月 6 日、8 月 19 日和 9 月 4 日调查 3 次梨小食心虫的蛀果率。

1.4 数据分析

种群动态为监测园区内 3 个诱捕器在同一时间段内诱虫量的均值±标准误, 蛀果率为监测园区内 3 次调查的梨小食心虫蛀果率的均值±标准误。通过单因素方差分析 (One-way ANOVA) 比较发生总量的差异, 采用 Duncan 氏新复极差法进行差异显著性比较 ($P<0.05$), 数据统计分析利用 SPSS 22.0, 数据绘图利用 Graphpad 9.5.1。

2 结果与分析

2.1 不同高度防虫网室对梨小食心虫的诱捕效果

不同高度的诱捕器监测结果表明, 梨小食心虫成虫在梨园内的活动主要集中在 3 m 以下, 以 2 和 3 m 高度诱虫屋的诱捕量最多, 其次为 1 m, 其中 2 m 高度诱虫屋两年内的诱虫数量平均为 67 头/诱捕器, 显著高于其余高度诱虫屋的诱捕数量 ($df=4$, $F=326.317$, $P\leq 0.001$)。而 4 和 5 m 诱虫屋内平均诱虫数量最高仅为 3 头/诱捕器 (图 1)。

2.2 防虫网室中梨小食心虫发生总量和种群动态

2018 年 5-10 月期间, 昌黎地区梨园的梨小食心虫在 8 月中下旬出现一次高峰, 各网孔组合防虫网室是这一趋势 (图 2: A)。防虫网室外对照区域的梨小食心虫数量显著高于防虫网室中的梨小食心虫数量 ($df=16$, $F=136.829$, $P\leq 0.001$); 围网网孔规格为 0.3 cm×0.3 cm 的各防

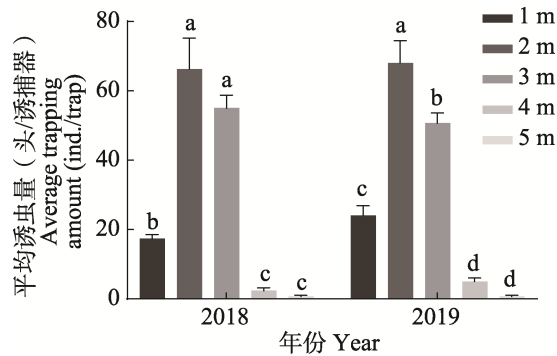
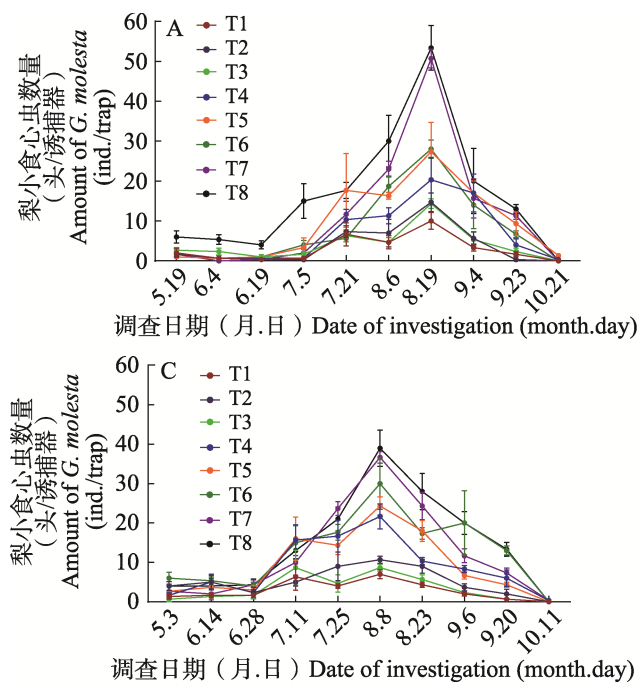


图 1 不同高度防虫网室对梨小食心虫的诱捕效果比较
Fig. 1 The trapping effect of *Grapholita molesta* with setting up trap house in different height

图中数据为平均值±标准误, 柱上不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$, One-way ANOVA, Duncan 氏新复极差法)。下图同。

Data in the figure are presented as mean±SE. Different lowercase letters above bars indicate significant difference ($P<0.05$, One-way ANOVA, Duncan's new multiple range test). The same below.



虫网室中诱集到的梨小食心虫总量最低, 与围网网孔规格为 $1.0\text{ cm} \times 1.0\text{ cm}$ 和 $0.5\text{ cm} \times 0.5\text{ cm}$ 具有极显著差异 ($df=8$, $F=46.844$, $P \leq 0.001$); 当围网网孔规格相同, 顶网网孔规格不同时, 不同规格防虫网室中诱集到的梨小食心虫数量无明显差异 ($df=6$, $F=1.818$, $P=0.069$) (图 2: B)。

2019 年 5-10 月对园区内梨小食心虫总量及发生动态持续监测结果表明, 与 2018 年的研究结果基本一致, 以未加防虫网室为对照, 防虫网室内梨小食心虫的发生数量显著降低 ($df=4$, $F=20.687$, $P \leq 0.01$), 以围网网孔规格为 $0.3\text{ cm} \times 0.3\text{ cm}$ 的防虫网对梨小食心虫的防控效果最好, 显著优于其它围网网孔规格的防控效果 ($df=8$, $F=17.894$, $P \leq 0.001$), 顶部孔径大小对防控效果无显著影响 ($df=6$, $F=1.869$, $P=0.225$) (图 2: C, D)。

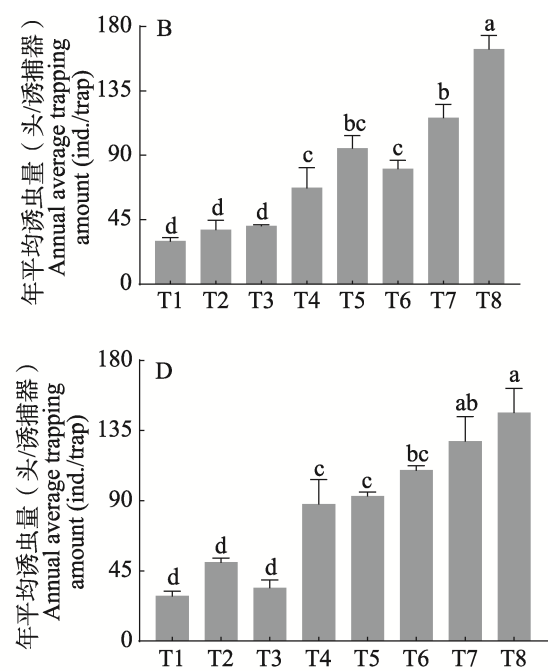


图 2 不同孔径防虫网内梨小食心虫发生情况

Fig. 2 The occurrence of *Grapholita molesta* in different aperture insect-proof screens

A. 2018 年园区梨小食心虫发生动态; B. 2018 年园区梨小食心虫发生总量; C. 2019 年园区梨小食心虫发生动态; D. 2019 年园区梨小食心虫发生总量。T1-T7 分别为不同网孔规格的防虫网室, 具体规格见表 1, T8 为未设置防虫网室的空白对照。图 3 同。

A. The occurrence dynamics of *G. molesta* in pear orchard in 2018; B. The total occurrence of *G. molesta* in pear orchard in 2018; C. The occurrence dynamics of *G. molesta* in pear orchard in 2019; D. The total occurrence of *G. molesta* in pear orchard in 2019. The insect-proof screens (T1-T7) were constructed with different mesh apertures (mesh sizes detailed in Table 1), whereas T8 served as the untreated control under open-field conditions. The same for Fig. 3.

2.3 防虫网室中梨小食心虫蛀果率

为明确不同组合防虫网室中的蛀果率, 分别于 2018-2019 年的 8 月 6 日、8 月 19 日和 9 月 4 日进行调查统计, 结果表明, 果实蛀果率不断上升, 在 9 月 4 日摘果前夕蛀果率达到高峰。对照梨果为害严重, 蛀果率显著高于防虫网室内蛀果率 ($df=16$, $F=20.875$, $P\leq 0.001$), 最高可达到 70.0% 左右。围网网孔规格均为 0.5 cm×0.5 cm, 顶网网孔规格分别为 2.0 cm×2.0 cm、1.0 cm×1.0 cm 和 0.5 cm×0.5 cm 的 3 种组合, 防虫网室内蛀果率依次降低, 但无显著性差异 ($df=6$,

$F=4.435$, $P=0.066$)。围网网孔规格均为 0.3 cm×0.3 cm, 顶网网孔规格分别为 2.0 cm×2.0 cm、1.0 cm×1.0 cm 和 0.3 cm×0.3 cm 的 3 种组合, 防虫网室内的蛀果率依次降低, 差异不显著 ($df=6$, $F=1.124$, $P=0.385$)。围网网孔规格为 1.0 cm×1.0 cm 与围网网孔规格为 0.5 cm×0.5 cm 的防虫网室内的蛀果率无显著差异 ($df=10$, $F=1.154$, $P=0.448$), 但这二者的蛀果率显著高于围网网孔规格为 0.3 cm×0.3 cm 防虫网中的蛀果率 ($df=6$, $F=17.569$, $P<0.05$), 防虫网内最低蛀果率为 15.9% (图 3: A, B)。

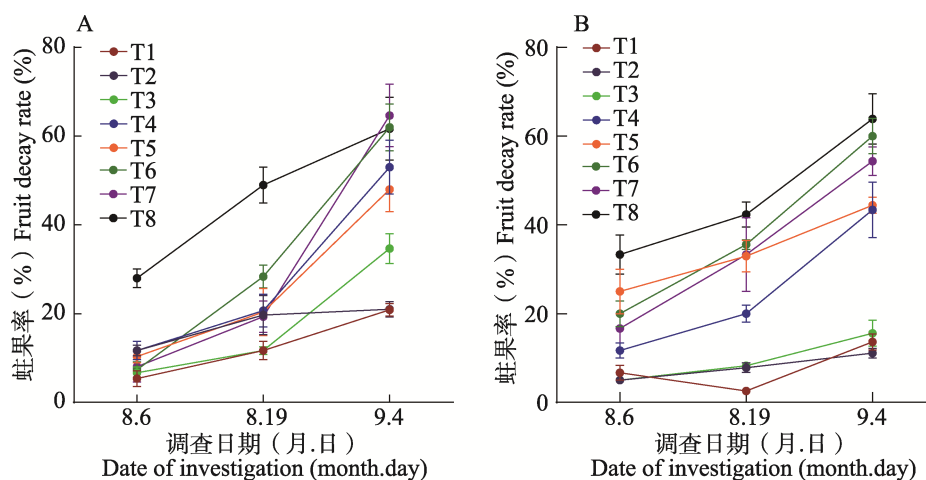


图 3 防虫网对梨小食心虫的防治效果

Fig. 3 The effect of setting up insect-proof screen on the prevention and control of *Grapholita molesta*

A. 2018 年不同孔径防虫网内梨小食心虫蛀果率; B. 2019 年不同孔径防虫网内梨小食心虫蛀果率。

A. The fruit decay rate of *G. molesta* in different aperture insect-proof screens in 2018;

B. The fruit decay rate of *G. molesta* in different aperture insect-proof screens in 2019.

3 结论与讨论

防虫网利用物理阻隔的方法直接阻挡害虫对作物的侵害。我国从 20 世纪 90 年代中期开始引入防虫网覆盖蔬菜栽培技术, 随后应用在柑橘种植上 (张小凤等, 2017)。防虫网除了能阻隔柑橘木虱以外, 还能有效阻隔柑橘上的其它害虫如粉虱和潜叶蛾等, 在美国佛罗里达州和我国赣州市的柑橘基地已经大面积采用 (桑文等, 2018)。四川盐边县为保护当地“红格脐橙”品种, 建设 40 目防虫网棚, 成功阻隔了木虱等害虫的侵袭 (冯正才等, 2017)。在黄皮、甜瓜、蔬菜等作物

上的应用也取得理想的效果 (吴健华等, 2019)。

防虫网在食心虫上的研究较少 (张小凤等, 2017), 本研究是基于防虫、防鸟、防雹、无袋栽培等于一体的应用研究, 主要从防虫的角度进行阐述, 以梨小食心虫为防治对象, 通过开展不同高度梨小食心虫的数量监测, 发现梨小食心虫成虫在梨园内的活动主要集中在 2 m 左右, 高度为 4 和 5 m 的诱虫屋诱捕数量较少, 因此在对防虫网室内梨小食心虫进行动态监测时选择将性诱捕器悬挂在 2 m 高度。本研究以 9 年生的晚熟梨品种“雪花梨”为试材, 其株高基本位于 4-4.5 m (含主枝延长枝长度), 因此防虫网室的

设置高度参考了株高,且为了方便机械挂网作业,本研究设置的防虫网室高度为 5 m。结果显示防虫网室的设置能够有效阻隔梨小食心虫的为害,显著降低虫口基数和蛀果率,在设置围网网孔规格为 0.3 cm×0.3 cm、顶网网孔规格为 2.0 cm×2.0 cm 时,梨小食心虫虫口减退率为 73.3%,蛀果率由 70.0%下降至 15.9%。围网网孔规格相同、顶部网孔规格不同的防虫网室梨小食心虫的虫口基数无显著差异,这可能与梨小食心虫的飞行高度有关 (Mahmood *et al.*, 2018; Hu *et al.*, 2023)。虽然围网规格一致时,顶网的设计对梨小食心虫的阻隔作用不大,但其承担着防雹和防鸟的重要作用,是不能忽略的产业需求,在无袋栽培中具有重要意义。袁高鹏 (2017) 及张小凤等 (2017) 研究发现防虫网栽培技术通过对柑橘害虫和网室温湿度的调控使柑橘花期提前,显著增加新梢粗度、叶片数和节间长度,促进新梢的生长,但会显著减少植株产量。因此,防虫网材料的透气性能和光学性质研究是该项技术能够有效推广的关键。充分考虑节约资源、降低成本的因素,应选择孔径大、价格实惠的防虫顶网,也可以选择一些新型顶部覆盖材料——能量转换膜 (UV 膜) (Wang *et al.*, 2023),在构建绿色环保害虫阻隔屏障的同时,保障防虫网室内适宜的光照、温度、湿度等,实现整个生长期内对果树的有效保护。

本研究中,随着围网孔径逐渐降低,虫口基数逐渐下降,除了受试虫个体大小和行为特征限制外,推测防虫网孔径大小会影响梨小食心虫对寄主的选择性,Chouinard 等 (2023) 在研究苹果树上不同孔径和形状的防虫网对苹果实蝇 *Rhagoletis pomonella*、斑翅果蝇 *Drosophila suzukii* 等害虫得出的结论相一致,防虫网室网孔的大小和形状对出入的昆虫具有一定的选择性,细长的矩形网孔更适宜天敌进入,对害虫具有一定防控作用。张小凤等 (2017) 发现防虫网室可以影响树冠的温湿度、光照强度及土壤温度等,从而影响果园内病虫害的发生,而且防虫网室在阻隔害虫的同时,可能会减少松毛虫赤眼蜂 *Trichogramma dendrolimi* 等天敌的数量。此外,

防虫网透光透气性存在差异,直接影响网室内温度、湿度、光照强度等环境因子的变化,导致植株光合速率、生长发育、产量和品质发生改变,且其对果园的生物多样性和天敌的影响等都需要进一步的研究 (Bethke and Paine, 1991)。虽然更大的网眼尺寸会导致害虫进入内网,但同样天敌数量和种类也会增加,研究表明,当防虫网孔径增加时并没有观察到蚜虫激增,这可能是因为当网目尺寸较大时,捕食性天敌数量较多 (Bethke and Paine, 1991)。其他研究也显示了防虫网对蚜虫和/或其天敌的不同效果 (Dib *et al.*, 2010; Marliac *et al.*, 2013)。在不同果园中确定适当的网目尺寸需要考虑多种因素,包括对害虫的有效性和对该系统中存在的有益生物的选择性,以及不同网目尺寸的种植和网内微气候的影响。

从防治效果和经济成本的因素综合考虑,于 7 种规格的防虫网室中筛选出围网网孔规格为 0.3 cm×0.3 cm、顶网网孔规格为 2.0 cm×2.0 cm 的最佳组合,可大大降低梨小食心虫的蛀果率,为梨园害虫的高效绿色防控提供理论依据。针对“漏网害虫”,可以抓住其越冬代发生高峰期,利用性信息素诱捕器和糖醋液等诱杀成虫,在产卵初科学释放松毛虫赤眼蜂等进行有效防治,推进梨产业的绿色可持续发展。

参考文献 (References)

- Bethke JA, Paine TD, 1991. Screen hole size and barriers for exclusion of insect pests of glasshouse crops. *Journal of Entomological Science*, 26(1): 169–177.
- Chouinard G, Pelletier F, Larose M, Knoch S, Pouchet C, Dumont MJ, Tavares JR, 2023. Insect netting: Effect of mesh size and shape on exclusion of some fruit pests and natural enemies under laboratory and orchard conditions. *Journal of Pest Science*, 96(2): 857–869.
- Dib H, Sauphanor B, Capowiez Y, 2010. Effect of codling moth exclusion nets on the rosy apple aphid, *Dysaphis plantaginea*, and its control by natural enemies. *Crop Protection*, 29(12): 1502–1513.
- Feng ZC, Xie CD, Nie QS, Jiao FY, Liu HL, Chen QD, 2017. High-yield techniques of navel orange cultivated in insect-proof net facilities in Yanbian County. *Sichuan Agricultural Science and Technology*, 2017(11): 19–21. [冯正才, 谢成德, 聂青松, 焦富玉, 刘虹伶, 陈庆东, 2017. 盐边县防虫网设施栽培脐橙

- 丰产技术. 四川农业科技, 2017(11): 19–21.]
- Ferrarezi RS, 2022. Hand pruning and photoselective netting improve yield and quality of mandarins cultivated commercially under protective screen. Annual Meeting of the Southern-Region of the American-Society-for-Horticultural-Science (ASHS). New Orleans, LA: S17.
- Gao LJ, Zhang HE, Xu JT, Li LF, Hao BF, 2018. Present situation, existing problems and development countermeasures of pear industry in Hebei Province. *South Fruit Chinese*, 47(S1): 119–121. [高丽娟, 张海娥, 徐金涛, 李龙飞, 郝宝锋, 2018. 河北省梨产业现状、存在问题及发展对策. 中国南方果树, 47(S1): 119–121.]
- Gao MQ, Niu HL, Jin CL, Gu HL, Tang TQ, Xie H, 2024. Occurrence characteristics and comprehensive control measures of pear diseases and insect pests in Hebei Province. *Hebei Agriculture*, 2024(1): 81–83. [高梦琪, 牛海林, 靳昌霖, 谷红玲, 唐甜绮, 谢欢, 2024. 河北省梨树病虫害发生特点及综合防治技术. 河北农业, 2024(1): 81–83.]
- Hu XF, Li N, Cao WY, Wang Y, Hu RS, Li J, Ma RY, Kong WN, 2023. Effects of pear fruit-derived volatiles and their concentrations on the responses of oriental fruit moths. *Entomological Research*, 53(11): 456–468.
- Li XB, 2012. Planting technique of insect repellent net covering on fruit trees. *South China Fruits*, 41(6): 93, 96. [李学斌, 2012. 果树防虫网覆盖栽培技术. 中国南方果树, 41(6): 93, 96.]
- Luo XL, Hu YB, Chen XY, 2021. Occurrence and comprehensive control measures of *Diaphorina citri* in Deqing County. *Country Science and Technology*, 12(33): 65–67. [罗小玲, 胡益波, 陈小艳, 2021. 德庆县柑橘木虱的发生和综合防控对策. 乡村科技, 12(33): 65–67.]
- Mahmood A, Hu YG, Tanny J, Asante EA, 2018. Effects of shading and insect-proof screens on crop microclimate and production: A review of recent advances. *Scientia Horticulturae*, 241(7): 241–251.
- Marliac G, Simon S, Fleury A, 2013. Contrasting effects of codling moth exclusion netting on the natural control of the rosy apple aphid. *International Organization for Biological and Integrated Control of Noxious Animals and Plants, West Palaearctic Regional Section Bulletin*, 91: 81–85.
- Sang W, Liu YM, Qiu BL, 2018. Advances in the eco-friendly management of *Diaphorina citri*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 55(4): 557–564. [桑文, 刘燕梅, 邱宝利, 2018. 柑橘木虱绿色防控技术研究进展. 应用昆虫学报, 55(4): 557–564.]
- Shi HJ, Wang JQ, 2019. Analysis of pear industry development status and countermeasures based on SWOT method in Hebei Province. *China Fruits*, 195(1): 96–99. [石会娟, 王俊芹, 2019. 基于 SWOT 法的河北省梨产业发展现状及对策分析. 中国果树, 195(1): 96–99.]
- Sun SJ, 2021. Research on green control technology of borer pest in pear orchard in Beijing and Heilongjiang province. Master dissertation. Beijing: China Agriculture University. [孙圣杰, 2021. 北京与黑龙江地区梨园蛀果害虫绿色防控技术研究. 硕士学位论文. 北京: 中国农业大学.]
- Tan SQ, Wei HS, Li Z, Liu XX, 2024. The odorant-binding protein 1 mediates the foraging behavior of *Grapholita molesta* larvae. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 72(1): 116–127.
- Wang LK, Chen JW, Zhao CY, Jin HF, Li F, Wu SY, 2023. Production and quality of Hami melon and pest population of *Thrips palmi* in UV-blocking film greenhouses. *Pest Management Science*, 79(10): 4011–4017.
- Wang RM, 2017. Discard bag cover net-an innovative model of pear cultivation. *China Fruits*, 2017(S1): 49–50. [王荣敏, 2017. 弃袋盖网——梨树栽培的创新模式. 中国果树, 2017(S1): 49–50.]
- Wang RM, 2017. Pear tree fertilizer and pesticide control quantity, damage reduction and efficiency. *Hebei Fruits*, 25(4): 17–19. [王荣敏, 2017. 梨树化肥农药控量减害增效技术. 河北果树, 25(4): 17–19.]
- Wu JH, Luo ZX, Li SQ, Wang C, Pan HB, 2019. Cultivation technique of *Clausena lansium* insect-proof net covering. *Sichuan Agricultural Science and Technology*, 2019(1): 43–44. [吴健华, 罗照西, 李所清, 王成, 潘宏兵, 2019. 黄皮防虫网覆盖栽培技术. 四川农业科技, 2019(1): 43–44.]
- Yang N, 2013. Research on countermeasures of pear fruit industry development in Hebei Province. Master dissertation. Baoding: Hebei Agricultural University. [杨念, 2013. 河北省梨果产业发展对策研究. 硕士学位论文. 保定: 河北农业大学.]
- Yuan GP, 2017. Study on environmental factors and physiological changes of citrus trees under insect-proof screen cultivation. Master dissertation. Chongqing: Southwest University [袁高鹏, 2017. 防虫网栽培下环境因子及柑橘生理变化研究. 硕士学位论文. 重庆: 西南大学.]
- Zhang XF, Guo YJ, Jiang H, Guo LY, Zhou XQ, Hu YP, Ji QH, 2017. Changes of environmental factors by using the insect-proof net in *Citrus* orchard in Zhaoqing area. *Chinese Horticulture Abstracts*, 33(9): 57–60, 175. [张小凤, 郭雁君, 蒋惠, 郭丽英, 周希琴, 胡亚平, 吉前华, 2017. 广东肇庆地区柑橘防虫网栽培条件下环境因素的变化. 中国园艺文摘, 33(9): 57–60, 175.]
- Zhao P, Yang XL, Sun SJ, Gao XH, Zhang SD, Liu XX, 2023. The effect of temperature and humidity on the population dynamics of *Grapholita molesta* in pear orchards in Daxing district, Beijing. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 60(1): 216–222. [赵鹏, 杨雪琳, 孙圣杰, 高旭辉, 张松斗, 刘小侠, 2023. 北京市大兴区梨园梨小食心虫发生动态与温湿度度的关系. 应用昆虫学报, 60(1): 216–222.]