植物保护学报 Journal of Plant Protection，2024，51(1)：170-177 DOI：10.13802/j.cnki.zwbhxb.2024.2022116

南疆杏李园梨小食心虫成虫消长动态及迷向防治效果

曹华毅[1,2] 杨 龙[2] 潘云飞[2] 王亚桥[1,2] 冯宏祖[1*] 陆宴辉[2,3*]

（1. 塔里木大学农学院，新疆 阿拉尔 843300；2. 中国农业科学院植物保护研究所，植物病虫害综合治理全国重点实验室，北京 100193；3. 中国农业科学院西部农业研究中心，新疆 昌吉 831100）

摘要：为明确南疆新兴特色水果杏李上梨小食心虫 *Grapholita molesta*（Busck）的发生规律和迷向防治效果，于2021—2022年在新疆维吾尔自治区阿克苏地区杏李园采用性诱剂诱集法监测梨小食心虫种群动态，评估性信息素迷向丝对梨小食心虫的防治效果。结果表明，梨小食心虫在阿克苏杏李园1年发生4代，其中越冬代羽化高峰期在4月上中旬，第1代羽化高峰期在5月下旬至6月上旬，第2代羽化高峰期在7月上旬，第3代羽化高峰期在8月上中旬，存在世代重叠现象。2022年农户常规防治区内梨小食心虫的蛀果率为2.46%，性信息素迷向防治区内蛀果率为0.06%；2021年和2022年使用性信息素迷向丝对梨小食心虫的蛀梢减退率为98.13%和88.65%，2022年的蛀果减退率为98.40%；对不同世代梨小食心虫的雄成虫迷向率在2021年为92.87%~100.00%，雌、雄成虫虫口减退率在2022年为58.75%~81.37%。表明采用梨小食心虫性信息素迷向丝为主的综合防控技术，可有效控制南疆杏李园梨小食心虫的发生与为害。

关键词：杏李；梨小食心虫；成虫防治；性信息素；防治成本

Adult population dynamic of the oriental fruit moth *Grapholita molesta* and the control efficacy of sex pheromone disorientation against it in a plumcot orchard in southern Xinjiang

Cao Huayi[1,2] Yang Long[2] Pan Yunfei[2] Wang Yaqiao[1,2] Feng Hongzu[1*] Lu Yanhui[2,3*]

（1. College of Agronomy, Tarim University, Alar 843300, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China; 2. State Key Laboratory of Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China; 3. Western Agricultural Research Center, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Changji 831100, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China）

Abstract: To determine the occurrence pattern and control efficacy of sex pheromone emitter against the oriental fruit moth *Grapholita molesta* (Busck), the population dynamics of this pest using sex pheromone traps in plumcot orchards in Aksu during 2021 and 2022 were monitored, and the efficiency of the sex pheromone emitter in controlling oriental fruit moths in plumcot orchards were also evaluated. The results showed that the oriental fruit moth occurred four generations per year in Aksu. The emergence of the overwintering generation peaked in early to mid-April, followed by the first generation in late May to early June, the second generation in early July, and the third generation in early to mid-August. There was a significant overlapping among these generations. The rate of boring fruits caused by oriental fruit moths in conventional control orchards (2.46%) was significantly higher than in orchards using sex pheromone emitters (0.06%) in 2022. The reduction in boring treetops ranged from 88.65% to 98.13% in 2021—2022, while the reduction in boring fruits was 98.40% in 2022. The disorientation rates of sex pheromone emitter among different generations of oriental fruit moths ranged from 92.87%

基金项目：中国农业科学院科技创新工程

* 通信作者（Authors for correspondence），E-mail：fhzzky@163.com，luyanhui@caas.cn

收稿日期：2022-12-10

to 100.00% in male adults in 2021, the reduction rates of adult abundance ranged from 58.75% to 81.37% in 2022. These results indicated that using sex pheromone emitter is an effective strategy to suppress the density and damage caused by oriental fruit moths in plumcot orchards in southern Xinjiang.

Key words: *Prunus simonii* (Decne.) Carrière; *Grapholita molesta* (Busck); pest management; sex pheromone; control cost

梨小食心虫 *Grapholita molesta*（Busck）属鳞翅目卷蛾科，是一种世界性果树害虫，严重影响杏、李、梨、苹果和桃等水果的生产（Benoit et al.，2016；Liu et al.，2022）。果实近成熟之前梨小食心虫成虫主要在果树嫩梢处产卵，果实近成熟期到成熟期之间主要在果面产卵，幼虫孵化后钻蛀嫩梢或果实，粪便堆积在蛀孔口，形成“红豆沙”，被钻蛀的果实会腐烂变质，形成“黑膏药”，虫害会造成树梢枯萎或果实脱落，严重影响果实产量与品质，若不进行有效防治，梨、桃等果树蛀果率可达到75%以上，甚至绝收（胡增丽和李海芳，2010；赵金良等，2010）。目前，生产上梨小食心虫的防治主要依靠化学农药，但其防治效果往往受幼虫钻蛀习性的影响（华曹杰等，2020）。此外，大量使用农药会引起害虫抗药性增强（Bras et al.，2022）、农区面源污染及果品农药残留等问题，从而影响农业安全生产，威胁生态环境安全，甚至危害人类健康。

杏李 *Prunus simonii*（Decne.）Carrière原产于我国，在美国经多年杂交培养得到多个新型品种，并于2000年引入我国河南省等地进行栽培。2004年由新疆林业科学院技术推广中心首次从河南省引种栽培，在新疆维吾尔自治区（简称新疆）阿克苏地区温宿县进行种植（杨红丽等，2014）。与传统的李相比，杏李的植株耐盐碱、产量高，果实风味独特、营养丰富且耐储存，有较高的经济效益（陈玉玲等，2021）。前期调查发现，梨小食心虫是南疆杏李上的主要害虫，有些杏李园在常规化学防治后其幼虫对果实的为害率仍达7%左右，严重影响果实的产量和品质。因此，亟需探索杏李园梨小食心虫防治的新方法。

性信息素由两性繁殖的动物外分泌腺释放，能够吸引同种异性个体产生求偶及相应生理反应的微量化学物质。一般是雌性分泌散发性信息素，诱引雄性产生性兴奋，但也有由雄性分泌性信息素的动物种类（王留洋等，2022）。George（1965）首次从梨小食心虫雌成虫腹部分离出性信息素，Roelofs et al.（1969）鉴定其主要成分为（*Z*）-8-十二碳烯-1-醇醋酸酯。之后，梨小食心虫性信息素的合成及应用研究快速发展，生产中已将梨小食心虫雌成虫性信息素及其类似化合物用于梨小食心虫成虫的监测和防控（杜娟等，2013；刘中芳等，2016；金唯新等，2022），如沈志杰等（2021）利用性信息素监测了多种果园梨小食心虫各代成虫的数量，明确了梨小食心虫在不同果园内的发生规律。王安佳等（2018）研究发现性信息素迷向丝通过持续释放人工合成的梨小食心虫雌成虫性信息素，使环境中弥散高浓度的性信息素，干扰梨小食心虫雄成虫对雌成虫的定位，降低交配概率，降低下一代虫口数量。李晓龙等（2013）、王荣辕（2020）和公义等（2022）分别在苹果园、桃园内测定性信息素迷向丝对梨小食心虫的防控效果，发现其对梨小食心虫的发生和为害有显著防效。然而，性信息素迷向技术的防治效果常受寄主植物种类、种植密度和气候条件等多种因素影响（马涛等，2018；庾琴，2019；胡仙和李莉，2020）。因此，性信息素迷向防治方法对南疆杏李园内梨小食心虫的防治效果需要进一步研究验证。本研究在2021—2022年使用性诱剂监测杏李园梨小食心虫成虫的种群消长，同时评估性迷向丝对梨小食心虫的防治效果及其经济效益，以期为迷向技术防治南疆杏李园梨小食心虫提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试地点：试验地点位于新疆阿克苏地区温宿县喀什克沙亚提村绿疆园果业农民专业合作社（41°4′20″ N，80°34′48″ E）。园内标准化混合种植恐龙蛋、味厚、味帝和风味皇后4个品种的杏李树，树龄为6~7年，株间距为3 m，行间距为5 m。合作社每年3月25日至4月10日在杏李园统一使用石硫合剂、高效氯氰菊酯和溴氰菊酯进行清园处理。

试剂及仪器：梨小食心虫性信息素诱芯（持效期1个月）、梨小食心虫性迷向丝（持效期6个月），中捷四方生物科技有限公司；糖醋液按照红糖∶醋∶酒精∶水体积比4∶1∶1∶16自制而成，使用前密封发酵2 d（崔艳波和王莉，2021）。与性诱剂配套使用的通用桶型诱捕器购自中捷四方生物科技有限公司；用高20.60 cm、上口径20.80 cm、下口径18.30 cm的白色密

封塑料桶自制盛装糖醋液的诱捕装置，容积5 L，桶体距上口5 cm处开2个宽5 cm、长15 cm的口用于散发气味及供梨小食心虫进入（张绍阳等，2021）。

1.2 方法

1.2.1 梨小食心虫种群动态监测

于2021年和2022年的4—9月在绿疆园果业农民专业合作社杏李种植区随机选择3个面积约10 000 m^2的果园开展梨小食心虫成虫种群动态监测试验，每个果园中央随机悬挂3个装有梨小食心虫性信息素诱芯的通用桶型诱捕器，每个诱捕器间隔不少于40 m，悬挂于高度约为树体1/2（距地面约1.5~1.8 m）且空气流通处（王荣辕等，2021）。每7 d对诱集到的梨小食心虫雄成虫数量进行统计，1个月更换1次诱芯。使用GraphPad Prism 8软件绘制种群消长动态图。

1.2.2 性信息素迷向法对梨小食心虫的防治效果评价

2021年和2022年在绿疆园果业农民专业合作社杏李种植区随机选择1个面积为40 000 m^2的果园开展迷向防治试验，果园划分为迷向防治区和对照区2个部分，分别为20 000 m^2。为避免迷向防治区与对照区相互干扰，两者间设置宽100 m的隔离带。迷向防治区按照性信息素迷向丝的使用说明，每667 m^2均匀悬挂40根性信息素迷向丝，间距4~5 m，悬挂在通风良好处，距地面高度1.5~1.8 m；以不悬挂迷向丝作为对照区。迷向防治区与对照区分别设置4个试验小区，小区面积均为1 333 m^2，同一处理区内相邻小区间间隔40 m，试验小区与果园边缘之间设置20 m宽的隔离带。

2021年6月中旬（第2代梨小食心虫幼虫发生期），每小区随机选择5株树，调查每株树的蛀梢数量，并统计该树嫩梢总数，计算蛀梢率及蛀梢减退率，蛀梢减退率=（1−迷向防治区蛀梢率/对照区蛀梢率）×100%。同时，使用梨小食心虫性信息素诱芯于梨小食心虫不同世代成虫发生高峰期调查其雄成虫数量，每小区随机悬挂3个通用桶型诱捕器，方法同1.2.1，7 d后调查统计诱捕到的梨小食心虫雄成虫数量，计算迷向率，迷向率=（1−迷向防治区雄成虫数量/对照区雄成虫数量）×100%。

2022年6月下旬调查统计蛀梢率及蛀梢减退率，方法同2021年。7月下旬（第3代梨小食心虫幼虫发生期），每小区内随机选择5株树，调查每株树的蛀果数量，并统计该树果实总数，计算梨小食心虫蛀果率及蛀果减退率，蛀果减退率=（1−迷向防治区蛀果率/对照区蛀果率）×100%。同时，使用糖醋液于各世代成虫发生高峰期前后对梨小食心虫种群数量进行调查，每小区悬挂1个盛装糖醋液的诱捕装置。7 d后对诱捕到的梨小食心虫雌、雄成虫数量进行统计，计算虫口减退率，虫口减退率=（1−迷向防治区成虫数量/对照区成虫数量）×100%。

1.2.3 农户常规防治与性迷向防治的成本投入分析

2022年，采用问卷调查形式从绿疆园果业农民专业种植户获得防治梨小食心虫的农药种类、使用频次及人工费用等信息，结合迷向丝的单价和使用情况分别计算对照区与迷向防治区防治梨小食心虫的投入总成本。对照区防治总成本=每667 m^2农药费用+每667 m^2人工费用，迷向防治区防治总成本=每667 m^2迷向丝费用+每667 m^2人工费用。

1.3 数据分析

试验数据用Microsoft Excel 2019软件进行整理，使用GraphPad Prism 8软件进行假设性检验数据分析。2021年蛀梢、第1代成虫数量以及2022年蛀果数据不符合正态分布，采用Kolmogorov-Smirnov检验法进行检验，结果中统计量为D值；2022年蛀梢数据满足正态分布及方差齐性要求，采用t测验法检验，结果中统计量为t值。使用R 4.1.0软件的lme4包建立广义线性混合模型或线性模型分析不同处理（处理和对照）对成虫虫口数量的影响。2021年越冬代及2~3代成虫数量和2022年越冬代雌、雄成虫虫口数量不符合正态分布，采用广义线性混合模型，结果中统计量为z值；2022年1~3代雌、雄成虫虫口数量符合正态分布和方差齐性，采用线性模型，统计量为t值。

2 结果与分析

2.1 梨小食心虫种群动态

种群监测结果表明，阿克苏杏李园梨小食心虫1年发生4个世代。越冬代羽化时间在3月下旬至5月上旬，高峰期在4月上中旬；第1代成虫羽化时间在5月中旬至6月下旬，高峰期发生在5月下旬至6月上旬；第2代成虫羽化时间为6月下旬至7月上旬，高峰期发生在7月上旬；第3代成虫羽化时间为7月下旬至8月上旬，高峰期时间在8月上中旬；各世代之间存在重叠现象。2022年越冬代、第2~3代梨小食心虫成虫的发生数量小于2021年同期的发生数量，第1代的发生数量相近；2022年第1代梨小食心虫的发生时长比2021年的多2周时间，种群数量到达高峰的时间比2021年晚1周；2022年第3代成虫的高峰期时间晚于2021年；同时，2022年成虫的世代重叠现象更明显（图1）。

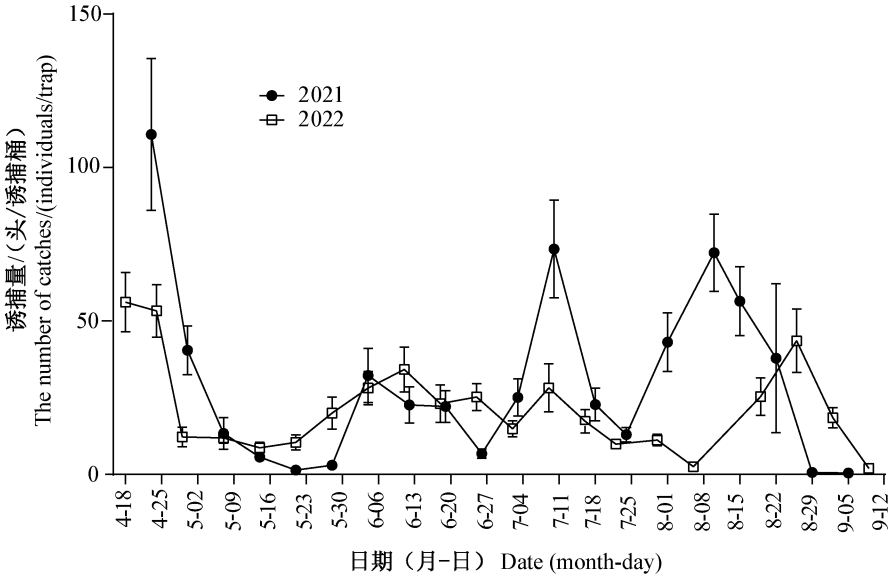

图1 2021年与2022年杏李园梨小食心虫种群动态

Fig. 1 The population dynamics of the oriental fruit moth in plumcot orchards in 2021 and 2022

图中数据为平均数±标准误。Data are mean±SE.

2.2 性信息素迷向的防治效果

2.2.1 2021年防治效果

2021年6月中旬梨小食心虫主要为害嫩梢，对照区平均蛀梢率为17.00%，迷向防治区蛀梢率为0.25%，两者间有显著差异（P=0.008），蛀梢减退率为98.13%（表1）。使用性诱剂在迷向防治区诱集到的梨小食心虫雄成虫数量均显著低于对照区诱集到的雄成虫数量（越冬代：P<0.001；第1代：P=0.029；第2代：P<0.001；第3代：P<0.001），性信息素迷向丝对不同世代梨小食心虫雄成虫的迷向率为92.87%~100.00%（表2）。

表1 2021年性信息素迷向丝对梨小食心虫蛀梢的影响

Table 1 Effects of sex pheromone emitters on boring treetops by oriental fruit moths in 2021

世代（日期）Generation (date)	处理 Treatment	蛀梢率 Rate of boring treetops/%	蛀梢减退率 Reduction rate of boring treetops/%	*D*	*P*
第2代（6-19）2nd generation (6-19)	对照 Control	17.00±4.06	–	1.00	0.008
	迷向防治 Disorientation	0.25±0.15	98.13±0.013		

表中数据为平均数±标准误。Data are mean±SE.

表2 2021年性信息素迷向丝对性诱剂诱捕的梨小食心虫雄成虫数量的影响

Table 2 Effects of sex pheromone emitters on the abundance of male oriental fruit moths trapped by sex pheromone in 2021

世代（日期）Generation (date)	处理 Treatment	平均数量/(头/诱捕器) Average abundance/(individuals/trap)	迷向率 Disorientation rates/%	统计量 Statistic	*P*
越冬代（4-23）Overwintering generation (4-23)	对照 Control	32.80±11.30	–	−7.03	<0.001
	迷向防治 Disorientation	1.75±0.56	92.87±2.30		
第1代（6-04）1st generation (6-04)	对照 Control	4.42±1.24	–	1.00	0.029
	迷向防治 Disorientation	0.00±0.00	100.00±0.00		
第2代（7-10）2nd generation (7-10)	对照 Control	24.20±3.88	–	−8.70	<0.001
	迷向防治 Disorientation	0.42±0.21	98.50±0.60		
第3代（8-10）3rd generation (8-10)	对照 Control	53.10±7.16	–	−10.81	<0.001
	迷向防治 Disorientation	0.83±0.35	98.58±0.56		

表中数据为平均数±标准误。第1代成虫数据的统计量为D值，其他世代的统计量为z值。Data are mean±SE. The statistic D value is for the first generation and z value for the other generations.

2.2.2 2022年防治效果

2022年6月下旬对照区的平均蛀梢率为6.86%，显著高于迷向防治区的0.43%（P=0.002），蛀梢减退率为88.65%（表3）。2022年7月下旬梨小食心虫主要为害果实，对照区平均蛀果率为2.46%，显著高于迷向防治区平均蛀果率0.06%（P =0.029），蛀果减退率为98.40%（表3）。

表3 2022年性信息素迷向丝对梨小食心虫蛀梢、蛀果的影响

Table 3 Effects of sex pheromone emitters on boring treetops and boring fruits by oriental fruit moths in 2022

世代（日期）Generation(date)	为害状 Damage symptoms	处理 Treatment	为害率 Damage rate/%	为害减退率 Reduction rate/%	统计量 Statistic	P
第2代（6-27）2nd generation (6-27)	蛀梢 Boring treetops	对照Control	6.86±1.23	–	5.06	0.002
		迷向防治Disorientation	0.43±0.33	88.65 ± 0.10		
第3代（7-30）3rd generation (7-30)	蛀果 Boring fruits	对照Control	2.46±0.21	–	1.00	0.029
		迷向防治Disorientation	0.06±0.02	98.40 ± 0.33		

表中数据为平均数±标准误。蛀梢数据的统计量为t值，蛀果数据的统计量为D值。Data are mean±SE. The statistic t value is for the boring treetops, and D value for the boring fruits.

采用糖醋液在迷向防治区诱集不同世代梨小食心虫成虫，迷向防治区诱捕数量均低于对照区的诱集数量。其中，越冬代成虫的平均虫口数量分别为57.75头和38.50头，两者差异不显著（P=0.096）；对第1~3代的诱集数量均有显著差异（第1代：P<0.001；第2代：P=0.007；第3代：P=0.005），第1~3代梨小食心虫的雌、雄成虫虫口减退率为58.75%~81.37%（表4）。

表4 2022年性信息素迷向丝对糖醋液诱捕到的梨小食心虫雌、雄成虫虫口数量的影响

Table 4 Effects of sex pheromone emitters on the population abundance of female and male oriental fruit moths trapped by sugar-vinegar liquid in 2022

世代（日期）Generation (date)	处理 Treatment	平均数量/（头/诱捕器）Average abundance/(individuals/trap)	成虫虫口减退率 Reduction rate of adult abundance/%	统计量 Statistic	P
越冬代（4-18）Overwintering generation (4-18)	对照Control	57.75±3.09	–	−1.66	0.096
	迷向防治Disorientation	38.50±10.27	31.01±21.16		
第1代（6-11）1st generation (6-11)	对照Control	84.00±7.67	–	−6.10	<0.001
	迷向防治Disorientation	20.00±7.15	74.45±8.88		
第2代（7-16）2nd generation (7-16)	对照Control	3.75±0.48	–	−4.03	0.007
	迷向防治Disorientation	1.50±0.29	58.75±9.01		
第3代（8-19）3rd generation (8-19)	对照Control	16.50±3.10	–	−4.28	0.005
	迷向防治Disorientation	2.75±0.85	81.37±7.07		

表中数据为平均数±标准误。越冬代数据的统计量为z值，其他世代统计量为t值。Data are mean±SE. The statistic z value is for the overwintering generation, and t value for the other generations.

2.3 对照区与性迷向防治区的成本投入

相比于化学防治方法，使用迷向丝防治可减少5次化学药剂的使用。对照区使用化学药剂高效氯氰菊酯、氯虫苯甲酰胺、四氯虫酰胺和甲维盐防治梨小食心虫，防治总成本为143.40元/667 m^2；迷向防治区使用性信息素迷向丝的防治总成本为125.00元/667 m^2（表5），对照区的防治总成本投入比迷向防治区的成本多18.40元/667 m^2。

3 讨论

性信息素类诱捕产品具有高效、专一性强等特点，可用来监测梨小食心虫成虫的发生规律（王留洋等，2022；吴帆等，2023）。本试验利用性信息素监测南疆地区杏李园梨小食心虫雄成虫的发生情况，发现在杏李园内梨小食心虫1年发生4代，各世代的发生时间与该地区苹果园、梨园等果园内梨小食心虫的发生时间基本一致（林伟丽等；2006；庞华，2015；宋博文等，2022）。然而，梨小食心虫发生数量和各世代的持续时间受温度（鲍晓文等，2019）、湿度（庾琴等，2017）和光周期（杨小凡等，2017；王怡等，2019）等因素影响，不同年份梨小食心虫的种群数量稍有差别，但发生代次和成虫羽化高峰期相差不

大。目前市面上性诱剂有效成分主要为雌性性信息素，仅能对雄成虫的消长规律进行监测（Witzgall et al.，2010），冉红凡等（2013）研究发现梨小食心虫雌成虫羽化时间与雄成虫相差无几，因此性诱剂诱捕结果可以反映梨小食心虫成虫的种群动态。

表5 2022年梨小食心虫不同防治方法的成本投入

Table 5 Inputs for different control methods against *Grapholita molesta* in 2022

处理 Treatment	农药 Pesticide	次数 Frequency	施药日期 Date for applying pesticide	单价/（元/kg农药或元/根迷向丝） Unit price/(yuan/kg pesticide or yuan/emitter piece)	每667 m²用药量/（kg/根） Pesticide dosage per 667 m²/(kg/emitter pieces)	每667 m²人工费用/（元/次） Labor cost per 667 m²/(yuan/time)	防治总成本/元 Total control cost/yuan
对照 Control	氯虫苯甲酰胺 Chlorantraniliprole	2	5-01，7-01	850.00	0.04	10.00	143.40
	四氯虫酰胺 Tetrachlorantraniliprole	1	5-15	180.00	0.10		
	甲维盐 Emamectin benzoate	1	6-01	90.00	0.06		
	高效氯氰菊酯 Beta-cypermethrin	1	8-01	120.00	0.10		
迷向防治 Disorientation	性信息素迷向丝 Sex pheromone emitter	1	4-10	3.00	40.00	5.00	125.00

本研究于2021年使用性诱剂诱芯诱捕雄成虫来评价性信息素迷向丝对雄成虫的迷向效果，结果发现迷向丝在整个生产季能有效干扰梨小食心虫雄成虫定位雌成虫，对越冬代到第3代雄成虫的迷向率均在90.00%以上。李晓龙等（2019）在多个果园内的研究也发现迷向丝对梨小食心虫的迷向率达到96.00%以上。本研究于2022年使用糖醋液调查迷向防治区与对照区内梨小食心虫成虫的数量，发现在越冬代成虫虫口数量无明显差异的情况下，迷向丝的使用显著降低了1~3代雌、雄成虫的数量，表明迷向丝干扰雄成虫定位雌成虫后能有效降低后续世代的虫口数量。在多数性迷向防治试验中采用与迷向丝成分类似的性诱剂模拟雌成虫诱集靶标害虫雄成虫（李晓龙等，2019；公义等，2022；金唯新等，2022），仅能确定迷向丝对雄成虫的迷向效果。使用糖醋液食诱或粘虫板诱捕等方法调查试验区域中的雌、雄成虫，能够明确性迷向防治对靶标害虫成虫数量的控制效果（曾云等，2023）。迷向防治技术对靶标害虫的防治效果较好，但其对害虫的作用方式并不直观，致使农户的接受度不高。在实际推广应用迷向防治法防治梨小食心虫的过程中，可以使用性诱剂和糖醋液诱捕2种方法作为观测手段，便于农户观察到迷向丝的作用效果，提高对迷向防治等绿色防控措施的认可与接受程度。另外，利用糖醋液诱捕法进行实时的虫口数量监测能够判定是否需要使用其他辅助性防治措施，确保对梨小食心虫的有效防治。

性迷向技术能够干扰梨小食心虫雄成虫定位雌成虫（王安佳等，2018；程杰等，2022），并不能直接减少当代成虫的数量。本研究中2022年使用性迷向丝对杏李园内越冬代成虫数量并没有显著防效。梨小食心虫为多寄主害虫，存在明显的寄主转移现象，仅对当前果园内梨小食心虫进行迷向干扰，无法影响其他虫源地成虫的交配以及已交配雌成虫的迁入。因此，大区域范围内推广迷向防治技术，实行统防统治、多年连续防治有利于控制区域范围内梨小食心虫的发生数量，减少梨小食心虫从周围虫源地迁入果园造成为害（金唯新等，2022）。

使用性迷向防治代替常规化学药剂防治杏李园梨小食心虫提高了成果率的同时降低了防治成本的投入。另外，绿色防控技术的使用也有利于打造绿色农产品品牌，提高果实单价，将获得更高的经济效益。人类的生产活动在带来经济效益的同时会对环境中的一些因素及整个生态系统本身带来影响，即产生生态效益。从长远来看，性迷向丝的使用减少了杏李园化学杀虫剂的使用，有利于自然天敌的保

护，提高对其他害虫的自然控害能力，能带来较高的生态效益。本试验仅比较了迷向防治技术的成本与农户常规防治的成本，对性信息素迷向法的经济效益与生态效益还有待进一步评估。

参 考 文 献（References）

Bao XW, Fang AS, Wu JX, Xu XL. 2019. Effects of short-term heat treatment on adult's reproduction and longevity of oriental fruit moth, *Grapholita molesta* Busck. Journal of Fruit Science, 36(4): 486−492 (in Chinese) [鲍晓文, 房爱省, 仵均祥, 许向利. 2019. 短期高温对梨小食心虫成虫生殖及寿命的影响. 果树学报, 36(4): 486−492]

Benoit G, Christine B, Samantha B, Myriam S, Miguel L. 2016. Host range extension of *Cydia pomonella* granulovirus: adaptation to oriental fruit moth, *Grapholita molesta*. BioControl, 62(1): 19−27

Bras A, Roy A, Heckel DG, Anderson P, Karlsson GK. 2022. Pesticide resistance in arthropods: ecology matters too. Ecology Letters, 25(8): 1746−1759

Chen YL, Su YX, Huang ZY, Xia LH, Chen L. 2021. Present situation analysis and development suggestions of *Prunus domestica×armeniaca* industry in China. China Fruits, (3): 98−100 (in Chinese) [陈玉玲, 苏衍修, 黄振宇, 夏乐晗, 陈龙. 2021. 我国杏李产业现状分析与发展建议. 中国果树, (3): 98−100]

Cheng J, Zhao P, Li JY, Li Z, Zhang SD, Li JC, Liu XX. 2022. Advances in pest control of deciduous fruit trees over the past 60 years in China. Journal of Plant Protection, 49(1): 87−96 (in Chinese) [程杰, 赵鹏, 李建瑛, 李贞, 张松斗, 李建成, 刘小侠. 2022. 我国落叶果树主要害虫及其防治技术60年研究进展. 植物保护学报, 49(1): 87−96]

Cui YB, Wang L. 2021. Comparison of trapping effects of different sex lures and sweet and sour solution on pear fruit borer. Seed Science & Technology, 39(16): 33−35 (in Chinese) [崔艳波, 王莉. 2021. 不同性诱芯与糖醋液诱捕梨小食心虫效果比较. 种子科技, 39(16): 33−35]

Du J, Liu YF, Tan SQ, Wu JX. 2013. Control index based on number of adults of *Grapholita molesta* captured by sex pheromone traps. Journal of Plant Protection, 40(2): 140−144 (in Chinese) [杜娟, 刘彦飞, 谭树乾, 仵均祥. 2013. 基于性诱剂监测的梨小食心虫防治指标. 植物保护学报, 40(2): 140−144]

George JA. 1965. Sex pheromone of the oriental fruit moth *Grapholita molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae). The Canadian Entomologist, 97(9): 1002−1007

Gong Y, Wu HB, Wei SJ, Yang QM. 2022. The experimental effect of sex pheromone on the control of *Grapholita molesta* in peach orchard. China Fruits, (7): 62−65 (in Chinese) [公义, 武海斌, 魏书军, 杨勤民. 2022. 性迷向丝防治桃园梨小食心虫的试验效果. 中国果树, (7): 62−65]

Hu X, Li L. 2020. Host location and its influence factors of the oriental fruit moth, *Grapholita molesta* Busck (Lepidoptera: Tortricidae). Journal of Henan Agricultural Sciences, 49(5): 1−14 (in Chinese) [胡仙, 李莉. 2020. 梨小食心虫的寄主定位及其影响因素研究进展. 河南农业科学, 49(5): 1−14]

Hu ZL, Li HF. 2010. A preliminary report on the occurrence regularity of oriental fruit moth in peach orchard. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 38(6): 46−47, 54 (in Chinese) [胡增丽, 李海芳. 2010. 桃园梨小食心虫发生规律研究初报. 山西农业科学, 38(6): 46−47, 54]

Hua CJ, Du M, Zhu YC, Gao H. 2020. Field efficacy test of different pesticides against peach fruit borer in peach orchard. Modern Agricultural Science and Technology, (19): 103−105 (in Chinese) [华曹杰, 堵墨, 朱瑜超, 高寒. 2020. 不同药剂防治桃园梨小食心虫田间药效试验. 现代农业科技, (19): 103−105]

Jin WX, Jiang YP, Shen F, Wang RY, Gao H, Wan CD, Xiao LB. 2022. Control of *Grapholita molesta* by using mating disruption in peach orchard for many years. Chinese Journal of Biological Control, 38(2): 360−366 (in Chinese) [金唯新, 姜义平, 沈斐, 王汝艳, 高寒, 万成东, 肖留斌. 2022. 多年迷向防治对桃园梨小食心虫的控制作用评估. 中国生物防治学报, 38(2): 360−366]

Li XL, Jia YH, Dou YP, Liu XL, Wang CL, Li F. 2019. Control effects of a sex pheromone wire on the oriental fruit moth in mix orchards. Plant Protection, 45(1): 212−215 (in Chinese) [李晓龙, 贾永华, 窦云萍, 刘晓丽, 王春良, 李锋. 2019. 性信息素迷向丝对不同果树梨小食心虫的防控效果. 植物保护, 45(1): 212−215]

Li XL, Xia GN, He JC, Jia YH, Chen HJ, Li F, Xu ZH, Liu XL, Wang CL. 2013. Control effects of a dual sex pheromone cream on the oriental fruit moth and peach fruit moth in apple orchards. Plant Protection, 39(6): 147−152 (in Chinese) [李晓龙, 夏国宁, 何建川, 贾永华, 陈汉杰, 李锋, 许泽华, 刘晓丽, 王春良. 2013. 复合式膏体迷向剂对梨小、桃小食心虫的防控效果. 植物保护, 39(6): 147−152]

Lin WL, Yu JN, Xue GH, Wang YP. 2006. Study on population fluctuations of *Cydia pomonella* (L.) and *Grapholitha molesta* Busck in Aksy, Xinjiang. Xinjiang Agricultural Sciences, 43(2): 100−102 (in Chinese) [林伟丽, 于江南, 薛光华, 王永平. 2006. 新疆阿克苏地区苹果蠹蛾和梨小食心虫消长规律的研究. 新疆农业科学, 43(2): 100−102]

Liu CM, Phukhahad S, Auamcharoen W, Matsuyama S, Kainoh Y. 2022. Oviposition preferences of the oriental fruit moth *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae) to pear HIPVs. Arthropod-Plant Interactions, 16(5): 517−523

Liu ZF, Yu Q, Gao Y, Shi GC, Wang BX, Fan RJ. 2016. Mating disruption control of *Grapholitha molesta* by using sex pheromone in pear orchard. Chinese Journal of Biological Control, 32(2): 155−160 (in Chinese) [刘中芳, 庾琴, 高越, 史高川, 王冰霞, 范仁俊. 2016. 梨园梨小食心虫性信息素迷向防治技术. 中国生物防治学报, 32(2): 155−160]

Ma T, Lin N, Zhou LL, Shi XH, Zhou QH, Wang C, Sun ZH, Chen XY, He YR, Wen XJ. 2018. Research progress and application prospect of insect sex pheromone mating disruption. Forest Research, 31(4): 172−182 (in Chinese) [马涛, 林娜, 周丽丽, 史先慧, 周秋宏, 王偲, 孙朝辉, 陈晓阳, 何余容, 温秀军. 2018. 性信息素迷向干扰防控害虫的研究进展及应用前景. 林业科学研究, 31(4): 172−182]

Pang H. 2015. Test of monitoring occurrence dynamic of borer using sex attractant in orchard. Shanxi Fruits, (2): 3−6 (in Chinese) [庞华. 2015a. 利用性诱剂监测果园食心虫发生动态试验. 山西果树, (2): 3−6]

Ran HF, Lu ZY, Liu WX, Qu ZG, Li JC. 2013. The sex ratio, circadian emergence rhythm and activity patterns of adult oriental fruit moth, *Grapholitha molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae). Chinese Journal of Applied Entomology, 50(6): 1524−1531 (in Chinese) [冉红凡, 路子云, 刘文旭, 屈振刚, 李建成. 2013. 梨小食心虫成虫性比、日羽化节律及活动规律. 应用昆虫学报, 50 (6): 1524−1531]

Roelofs WL, Comeau A, Selle R. 1969. Sex pheromone of the oriental fruit moth. Nature, 224(5220): 723

Shen ZJ, Fang MH, Hong WY, Liu T, Wo LF, Sun Y, Lan CYH, Deng JY. 2021. Differences of adult peak periods of each generation of male oriental fruit moth, *Grapholita molesta* (Busck) in different habitat orchards. Plant Protection, 47(3): 222−225, 236 (in Chinese) [沈志杰, 房明华, 洪文英, 刘涛, 沃林峰, 孙媛, 蓝陈仪航, 邓建宇. 2021. 不同生境果园梨小食心虫各代成虫高峰期差异. 植物保护, 47(3): 222−225, 236]

Song BW, Yang L, Pan YF, Li HQ, Li H, Feng HZ, Lu YH. 2022. Effects of agricultural landscape on the population dynamic of *Grapholitha molesta* adults in apple orchards in southern Xinjiang. Scientia Agricultura Sinica, 55(1):85−95 (in Chinese) [宋博文, 杨龙, 潘云飞, 李海强, 李浩, 冯宏祖, 陆宴辉. 2022. 农田景观格局对南疆苹果园梨小食心虫成虫种群动态的影响. 中国农业科学, 55(1): 85−95]

Wang AJ, Zhang KX, Mei XD, Gao YL, Zhang T, She DM, Ning J. 2018. Research progress on mechanisms and applications of insect mating behavior disruption by insect sex pheromones and analogues. Chinese Journal of Pesticide Science, 20(4): 425−438 (in Chinese) [王安佳, 张开心, 梅向东, 高玉林, 张涛, 折冬梅, 宁君. 2018. 昆虫性信息素及其类似物干扰昆虫行为的机理和应用研究进展. 农药学学报, 20(4): 425−438]

Wang LY, Yang CX, Guo BB, She DM, Mei XD, Yang XL, Ning J. 2022. Research progress and application prospects on insect sex pheromone. Chinese Journal of Pesticide Science, 24(5): 997−1016 (in Chinese) [王留洋, 杨超霞, 郭兵博, 折冬梅, 梅向东, 杨新玲, 宁君. 2022. 昆虫性信息素研究进展与应用前景. 农药学学报, 24(5): 997−1016]

Wang RY. 2020. Study on the effect of different density sex pheromone silk on the prevention and control of *Grapholitha molesta*. Northern Fruits, (5): 6−8 (in Chinese) [王荣辕. 2020. 不同密度迷向丝防治梨小食心虫的效果. 北方果树, (5): 6−8]

Wang RY, Liu GQ, Li BF, Cheng ZX, Chen JR, Wang ZL, Qu SC. 2021. Impact of different suspension methods of sex pheromone traps on trapping and killing of pear heartworm. Jiangsu Agricultural Sciences, 49(6): 99−102 (in Chinese) [王荣辕, 刘广勤, 李佰峰, 程真霞, 陈京瑞, 王正林, 渠慎春. 2021. 性信息素诱捕器不同悬挂方式对梨小食心虫诱杀效果. 江苏农业科学, 49(6): 99−102]

Wang Y, Kong WN, Guo YF, Chai XH, Li J, Ma RY. 2019. Effect of pupal exposure to different photoperiods on emergence, mating and reproduction of *Grapholita molesta* (Lepidoptera, Tortricidae). Chinese Journal of Applied Entomology, 56(2): 307−315 (in Chinese) [王怡, 孔维娜, 郭永福, 柴晓晗, 李捷, 马瑞燕. 2019. 不同光周期处理蛹对梨小食心虫羽化及交配繁殖的影响. 应用昆虫学报, 56(2): 307−315]

Witzgall P, Kirsch P, Cork A. 2010. Sex pheromones and their impact on pest management. Journal of Chemical Ecology, 36(1): 80−100

Wu F, Liu SY, Zhang L, Zhang XF, Li HL. 2023. Research advances in insects pheromones. Journal of Plant Protection, 50(2): 287−297 (in Chinese) [吴帆, 刘深云, 张莉, 张旭凤, 李红亮. 2023. 昆虫信息素研究进展. 植物保护学报, 50(2): 287−297]

Yang HL, Li JG, Xu YY, Wang M. 2014. Study on the cold resistance of six varieties of *Prunus domestica* planted in Aksu, Xinjiang. Xinjiang Agricultural Sciences, 51(10): 1782−1786 (in Chinese) [杨红丽, 李建贵, 徐业勇, 王明. 2014. 新疆阿克苏地区6个杏李品种抗寒性研究. 新疆农业科学, 51(10): 1782−1786]

Yang XF, Fan F, An LN, Lei LP, Ma R, Wei GS. 2017. Oviposition rhythm of oriental fruit moth *Grapholita molesta* under different light conditions. Journal of Plant Protection, 44(5): 873−874 (in Chinese) [杨小凡, 范凡, 安立娜, 雷利平, 马冉, 魏国树. 2017. 不同光照环境下梨小食心虫的产卵节律. 植物保护学报, 44(5): 873−874]

Yu Q. 2019. Studies on main factors of outbreak damage of *Grapholitha molesta* (Busck) and host selection. PhD thesis. Taigu: Shanxi Agricultural University (in Chinese) [庾琴. 2019. 影响梨小食心虫暴发为害的主要因子及其寄主选择研究. 博士学位论文. 太谷: 山西农业大学]

Yu Q, Feng YT, Guo XJ, Guo GM, Hao C, Fan RJ. 2017. Effects of humidity on the survival and fecundity of *Grapholitha molesta* (Lepidoptera: Tortricidae). Acta Entomologica Sinica, 60(6): 659−665 (in Chinese) [庾琴, 封云涛, 郭晓君, 郭贵明, 郝赤, 范仁俊. 2017. 湿度对梨小食心虫存活和繁殖的影响. 昆虫学报, 60(6): 659−665]

Zeng Y, Tang SJ, Luo LC, Gao DJ, Xu HH, Si XQ, Zhou B, Dai YQ. 2023. Effect of sex pheromone mating disruption on the control of *Chilo suppressalis*. Hunan Agricultural Sciences, (1): 72−76 (in Chinese) [曾云, 唐善军, 罗利成, 高杜娟, 徐海涵, 侣小庆, 周斌, 戴耀擎. 2023, 应用性信息素迷向技术防治二化螟的效果. 湖南农业科学, (1): 72−76]

Zhang SY, Wang JS, Sun ZY, Yin XJ, Wu YB. 2021. New device for pest control by fruit sugar vinegar: CN 214801875U. 2021-11-23 (in Chinese) [张绍阳, 王家帅, 孙紫漪, 尹欣洁, 吴怡蓓. 2021. 果树糖醋液防治虫害新型装置: CN 214801875 U. 2021-11-23]

Zhao JL, Zhang YZ, Li J, Jiang GF, Zhu CD. 2010. IPM measures of fruit borer in organic orchard. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 38(5): 39−43, 67 (in Chinese) [赵金良, 张彦周, 李捷, 蒋国芳, 朱朝东. 2010. 有机果园食心虫的综合防治. 山西农业科学, 38(5): 39−43, 67]

（责任编辑：王　璇）