北京梨园梨小食心虫综合防控技术探究*

杨雪琳** 孙圣杰** 高旭辉 赵 鹏 丁伟一 刘小侠***

（中国农业大学植物保护学院，北京 100193）

摘 要 **【目的】** 为减少梨果的农药残留，探索合理有效的绿色防控技术，有效提升我国梨果安全生产水平。**【方法】** 综合利用梨园生草、悬挂迷向散发器和喷施化学农药等技术，分别于 2018、2019 和 2021 年在北京市大兴区梨园设置综合防治生草区、综合防治无草区和常规防治区。通过对园区内梨小食心虫 *Grapholita molesta* 发生数量、果实蛀果率等因素进行分析，衡量综合防控技术对害虫的防控效果。**【结果】** 2018 年综合防治生草区、无草区内梨小食心虫年诱集总量分别为 38.8 和 63.2 头/诱捕器，显著低于常规防治区（1 416.7 头/诱捕器）。2019 年综合防治生草区、无草区内梨小食心虫年诱集总量分别为 14.0 和 15.5 头/诱捕器，显著低于常规防治区（498.3 头/诱捕器）。2021 年综合防治生草区、无草区内梨小食心虫年诱集总量分别为 84.0 和 109.8 头/诱捕器，显著低于常规防治区（802.6 头/诱捕器）。2018 年常规防治区新梨 7 号的蛀果率峰值为 22.80%，显著高于同期综合防治生草区（8.33%）与综合防治无草区（10.33%）内该品种的蛀果率峰值，综合防治生草区与综合防治无草区内红香酥品种的蛀果率峰值为 20.67%和 23.33%，显著低于常规防治区（55.33%）。2019 年综合防治生草区与综合防治无草区内雪青品种的蛀果率峰值分别为 6.00%和 5.83%，显著低于同时期常规防治区内蛀果率（21.33%）。2021 年常规防治区新梨 7 号的蛀果率峰值为 15.60%，显著高于综合防治生草区（6.00%）和综合防治无草区（6.80%）。通过不同园区用药量对比，发现 3 年内综合防治区内化学药剂使用量大幅减少，2018、2019 和 2021 年综合防治区总用药量比常规防治区减少 53.81%、54.50%和 34.00%，其中化学杀虫剂的使用量减少 69.51%、70.60%和 31.90%，综合防治区内梨果农药残留量明显低于常规防治园。**【结论】** 综合防治区梨小食心虫发生量、果实蛀果率、果园用药量均有效降低，本防控技术在降低化学农药施用的基础之上有效防控了梨小食心虫，该技术为日后梨园梨小食心虫的综合防控提供了数据支撑。

关键词 梨小食心虫；性信息素迷向散发器；梨园生草；技术模式

Effects of integrated management and pesticide-reduction technology on the prevention and control of major pests in a Beijing pear orchard

YANG Xue-Lin** SUN Sheng-Jie** GAO Xu-Hui ZHAO Peng
DING Wei-Yi LIU Xiao-Xia***

(College of Plant Protection, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

Abstract **[Objectives]** Reducing pesticide residues and developing effective, environmentally-friendly pest control and prevention methods are important for pear production in our country. [**Methods**] Different pest control techniques, including mulching, hanging diffusers and spraying chemical pesticides were tested and compared. Three different treatment areas were established; a comprehensive grass control area, a comprehensive grassless control area and a demonstration area. The effectiveness of different pest control methods was assessed by comparing the number of pests and fruit scabs in each area. **[Results]** In 2018, the total annual catch of *Grapholita molesta* in the comprehensive grass control area and comprehensive

*资助项目 Supported projects：国家现代农业（梨）产业技术体系（CARS-28）

**共同第一作者 Co-first authors，E-mail：yangxuelin1996@163.com；redsun1996@163.com

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

收稿日期 Received：2022-08-03；接受日期 Accepted：2022-11-09

grassless control area was 38.8 and 63.2 per trap, respectively, significantly lower than in the conventional control area (1 416.7 per trap). In 2019, the total annual catch of *G. molesta* in the comprehensive grass control area and comprehensive grassless control area was 14.0 and 15.5 per trap, respectively, significantly lower than in the conventional control area (498.3 per trap). In 2021, the total annual trap catch of *G.molesta* in the comprehensive grass control area and comprehensive grassless control area was 84.0 and 109.8 per trap, respectively, significantly lower than in the conventional control area (802.6 per trap). In 2018, the peak fruit decay rate of Xinli No. 7 in the conventional control area was 22.80%; significantly higher than that in the comprehensive grass control area (8.33%) or comprehensive grassless control area (10.33%) over the same period. The peak fruit decay rate of Hong Hongxiangsu in the comprehensive grass control area and comprehensive grassless control area were 20.67% and 23.33%, respectively, significantly lower than that in the control area (55.33%). In 2019, the peak fruit decay rate of Xueqing in the comprehensive grass control area and comprehensive grassless control area were 6.00% and 5.83%, respectively, significantly lower than that in the control area during the same period (21.33%). In 2021, the peak fruit decay rate of Xinli No. 7 in the control area was 15.60%; significantly higher than that in the comprehensive grass control area (6.00%) or the comprehensive grassless control area (6.80%). In 2018, 2019 and 2021, the overall use of chemical pesticides in the comprehensive prevention and control areas decreased by 53.81%, 54.50% and 34.00%, respectively, compared to the conventional prevention and control areas, and the use of chemical pesticides in each area decreased by 69.51%, 70.60% and 31.90%, respectively. Therefore, pesticide residues in the comprehensive control area were significantly lower than in the conventional control area. **[Conclusion]** Compared to conventional control methods, comprehensive control not only effectively controlled *G. molesta*, but significantly reduced both the fruit decay rate and chemical pesticide use. These results indicate the advantages of comprehensive control for the prevention and control of *G. molesta* in pear orchards.

Key words　*Grapholita molesta*; sex pheromone diffuser; pear orchard grass; technology mode

梨小食心虫 *Grapholita molesta* Busck，又名梨果蛀蛾、桃折梢虫等，简称“梨小”，属鳞翅目 Lepidoptera 卷叶蛾科 Tortricidae。为害多种果树，包括樱桃、苹果、梨和海棠以及桃、杏、李等（范仁俊等，2013）。具有转主为害的特性，第 1 和 2 代主要为害桃和苹果的新梢，之后几代蛀食梨及苹果等其他寄主果实（陈梅香等，2009）。梨小食心虫在我国分布广泛，除西藏地区外，各省份梨园内均有梨小食心虫为害（冉红凡等，2016）。近年来，由于农业产业结构的调整、果树栽培种类增多、种植面积不断扩大以及栽培措施、气候等因素的变化，引发梨小食心虫为害大幅回升，已成为梨园内重要的蛀果害虫。

梨小食心虫在梨园中一年发生多代，因其钻蛀危害具有隐蔽性，致使防控难度大大增加。现阶段梨小食心虫的防治仍以化学防控为主（刘红飞，2019）。随着防控策略及农业生产方式不断转变，高效、科学、环保的绿色综合防控技术被广泛应用（萧玉涛等，2019）。为达到降低化学农药用量、减少农药残留的目的，发展绿色防控科技是目前病虫害防控的核心任务（吴孔明，2018）。范仁俊等（2019）提出根据苹果园害虫发生情况，以农业防治为基础，综合利用生态调控、理化诱控、生物防治等技术建立苹果园虫害综合防控模式。乔岩等（2017）针对果园内多种害虫，整合果园生草、释放天敌、悬挂太阳能杀虫灯、喷施生物农药等多种防控手段，力求达到精准防治减药控害的防控目的。

为探究适用于华北地区梨园的梨小食心虫减药控害技术，在课题组多年研究梨小食心虫成灾规律的基础上，结合试验地区的气候条件、栽培管理制度、历年梨小食心虫发生动态等因素，构建了一套以生物防控为主，化学防控和物理防控等为辅助的综合防控技术，对比此防控梨园与常规化学防治梨园内主要害虫发生情况、果实受害情况评价绿色防控效果，为梨园害虫的绿色防控提供技术支撑。

1　材料与方法

1.1　试验地点

试验地点为北京市大兴区庞各庄镇定福庄

村梨享庄园（116°27′E，39°59′N，海拔约 35 m），梨园主栽品种为新梨 7 号（翠玉酥），次栽品种为雪青、红香酥，树龄 7 年，株行距为 0.7 m × 3 m，树高 2.5 m。行间自然生草，为矮化密植园，面积 53.3 hm^2。

1.2 供试耗材

三角型屋式诱捕器、梨小食心虫性诱芯和白色粘虫板均购自北京中捷四方生物科技有限公司；梨小食心虫性信息素迷向散发器购自深圳百乐宝生物农业科技有限公司。

1.3 试验区域设置及药剂处理

试验共设置 3 个小区，分别为综合防治生草区、综合防治无草区和常规防治区，每个小区的试验面积为 0.3 hm^2。综合防治生草区和综合防治无草区依据往年害虫防治日历及当年害虫发生规律，分别于 2018 年 4 月 18 日、2019 年 5 月 2 日和 2021 年 5 月 5 日在综合防治区内及其四周悬挂 2.7 hm^2 梨小食心虫迷向散发器。2018 年综合防治生草区及综合防治无草区在萌芽期、幼果期、果实膨大期喷施 3 次化学杀虫剂；2019 年综合防治生草区及综合防治无草区在萌芽期、坐果期、幼果期、果实膨大期喷施 4 次化学杀虫剂；2021 年综合防治生草区及综合防治无草区在花絮分离期、盛花期、花后期、坐果期喷施 4 次化学杀虫剂。2018、2019 和 2021 年常规防治区按照果园的常规防治方法对害虫进行防控，在果树整个生长期内主要以化学防控为主，2018 年全年共喷施 7 次化学杀虫剂，2019 年全年共喷施 8 次化学杀虫剂，2021 年全年共喷施 8 次化学杀虫剂（表 1）。试验期间，各防控园内均正常喷施相同剂量的化学杀菌剂，保证对病害的控制一致。3 年间施用的化学杀虫杀菌剂，均符合施药标准。3 年综合防治生草区为自然生草，综合防治无草区、常规防治区定期利用除草机铲除杂草；各防控园内整枝、除草等工作同步进行，力求保证各处理园间环境条件一致，避免人为因素对试验的影响。

表 1 2018、2019 和 2021 年不同防治区用药量统计

Table 1 Pesticides use in different control areas in 2018, 2019 and 2021

年份 Year	防治区 Prevention zone	总用药次数 Times of drug use	总用药量（g/hm^2） Dosage (g/hm^2)	杀虫剂用药次数 Times of pesticide	杀虫剂用药量（g/hm^2） Pesticide Dosage (g/hm^2)
2018	综合防治区 Comprehensive area	7	8 455	3	4 320
	常规防治区 Demonstration area	7	18 305	7	14 170
2019	综合防治区 Comprehensive area	8	9 979	4	4 996
	常规防治区 Demonstration area	8	21 925	8	16 972
2021	综合防治区 Comprehensive area	4	18 750	4	15 937
	常规防治区 Demonstration area	8	28 406	8	23 406

1.4 调查方法

1.4.1 梨小食心虫数量调查方法 在上述 3 个防治区，分别采用对角线五点法选择 5 个点，每个点悬挂并标记 1 个屋式诱捕器，诱捕器中放置 1 粒梨小食心虫性诱芯，每月更换 1 次。诱捕器悬挂高度约 1.7 m，间距大于 15 m。调查时间为 2018 年 4 月 18 日至 10 月 4 日、2019 年 3 月 27 日至 10 月 9 日和 2021 年 4 月 6 日至 10 月 12 日，每周调查 1 次（期间受降雨等天气影响，调查时

间会略有变动）。

1.4.2　蛀果率调查方法　在上述 3 个防治区，对新梨 7 号、红香酥和雪青 3 个品种采用对角线五点法选择 5 个点，每点选取不同品种各 5 株梨树，每株梨树随机调查 20 个果实，即每一试验区每个品种调查 500 个果实，并记录蛀果率；调查时间为 2018 年 7 月 12 日至 8 月 30 日、2019 年 7 月 10 日至 8 月 21 日和 2021 年 7 月 13 日至 8 月 10 日，每周调查 1 次。蛀果率=虫果数/总调查果实数 × 100%。

1.5　农药残留测定

每个防治区内随机采集 20 颗梨果，委托山东省农业科学院农业质量标准与检测技术研究所检测梨果农药残留量。按照张艳等（2019）农残测定方法，将梨果去柄匀浆，取 10.0 g 样品加入 20.0 mL 乙腈，在匀浆机中高速匀浆 3 min 后加入 5 g 氯化钠，涡旋 3 min，静置分层，在离心机中 12000 r/min 离心 5 min，吸取 10 mL 上清液于 PSA 净化管，摇匀，在离心机中 12 000 r/min 离心 5 min，取 5 mL 上清液于 250 mL 圆底烧瓶中，在旋转蒸发仪中旋蒸至干，用 2.5 mL 正己烷定容。利用气质联用仪分析样品，根据色谱峰峰面积归一化定量计算梨果的农药残留量。

1.6　数据分析

梨小食心虫种群消长动态内，每个时间节点的诱虫量为该处理内 5 个诱虫装置在该时间点诱虫量的均值，害虫发生总量为单个诱虫装置内全年诱集害虫总量的均值。年发生总量的试验数据经单因素方差分析（One-way ANOVA）统计差异显著后，平均值采用 Ducan's 进行多重比较。蛀果率采用独立样本 *t* 检验（Independent-samples *t*-test）进行方差分析。试验数据均采用 Excel 2016 和 SPSS 21.0 进行处理。

2　结果与分析

2.1　不同防控园区梨小食心虫发生情况比较

2018、2019 及 2021 年分析梨小食心虫种群消长动态见图 1，该园一年内共出现 4 次发生高峰期，4 月中下旬出现越冬代成虫高峰期，第 1 代成虫高峰期出现在 6 月中下旬，第 2 代成虫高峰期出现于 7 月下旬至 8 月上旬，相较于第 1 代，其发生数量有所增加。第 3 代成虫高峰期出现在 8 月下旬至 9 月上旬，第 3 代成虫发生量明显多于第 1 代与第 2 代。之后随着温度降低，其发生量也逐渐减少，直至 10 月初种群完全消退。纵观 3 年梨小食心虫种群消长动态，可初步明确其第 1 代发生高峰不明显，2 代、3 代世代重叠，第 3 代成虫发生呈爆发态势，数量持续增多。

在 2018 年、2019 年及 2021 年，综合防治生草区与综合防治无草区梨小食心虫诱集数量始终保持在较低水平，低于同期常规防治区内（图 1）。2018 年常规防治区内梨小食心虫年诱集为 1 416.7 头/诱捕器，2019 年常规防治区内梨小食心虫年诱集为 498.3 头/诱捕器，2021 年常规防治区内梨小食心虫年诱集为 802.6 头/诱捕器，2018 年梨小食心虫年发生量最高，其次是 2021 年，2019 年梨小食心虫年发生量最低。2018 年综合防治生草区和综合防治无草区内梨小食心虫年诱集总量分别为 38.8 和 63.2 头/诱捕器，显著低于常规防治区（1 416.7 头/诱捕器）。2019 年综合防治生草区和综合防治无草区内梨小食心虫年诱集总量分别为 14.0 和 15.5 头/诱捕器，显著低于常规防治区（498.3 头/诱捕器）。2021 年综合防治生草区、无草区内梨小食心虫年诱集总量分别为 84.0 和 109.8 头/诱捕器，显著低于常规防治区（802.6 头/诱捕器）（图 2）。

2.2　不同园区蛀果情况比较

分析比较 2018 年不同防控园区内蛀果率发现，常规防治区新梨 7 号的蛀果率峰值为 22.80%，显著高于同期综合防治生草区（8.33%）与综合防治无草区（10.33%）内该品种的蛀果率峰值。2018 年综合防治生草区与综合防治无草区内红香酥品种的蛀果率峰值为 20.67%和 23.33%，显著低于常规防治区（55.33%）。2019 年常规防治区内新梨 7 号的蛀果率峰值为 1.67%，高于综合防治生草区（0）与综合防治无草区（0.88%）该品种蛀果率峰值，但未达到显

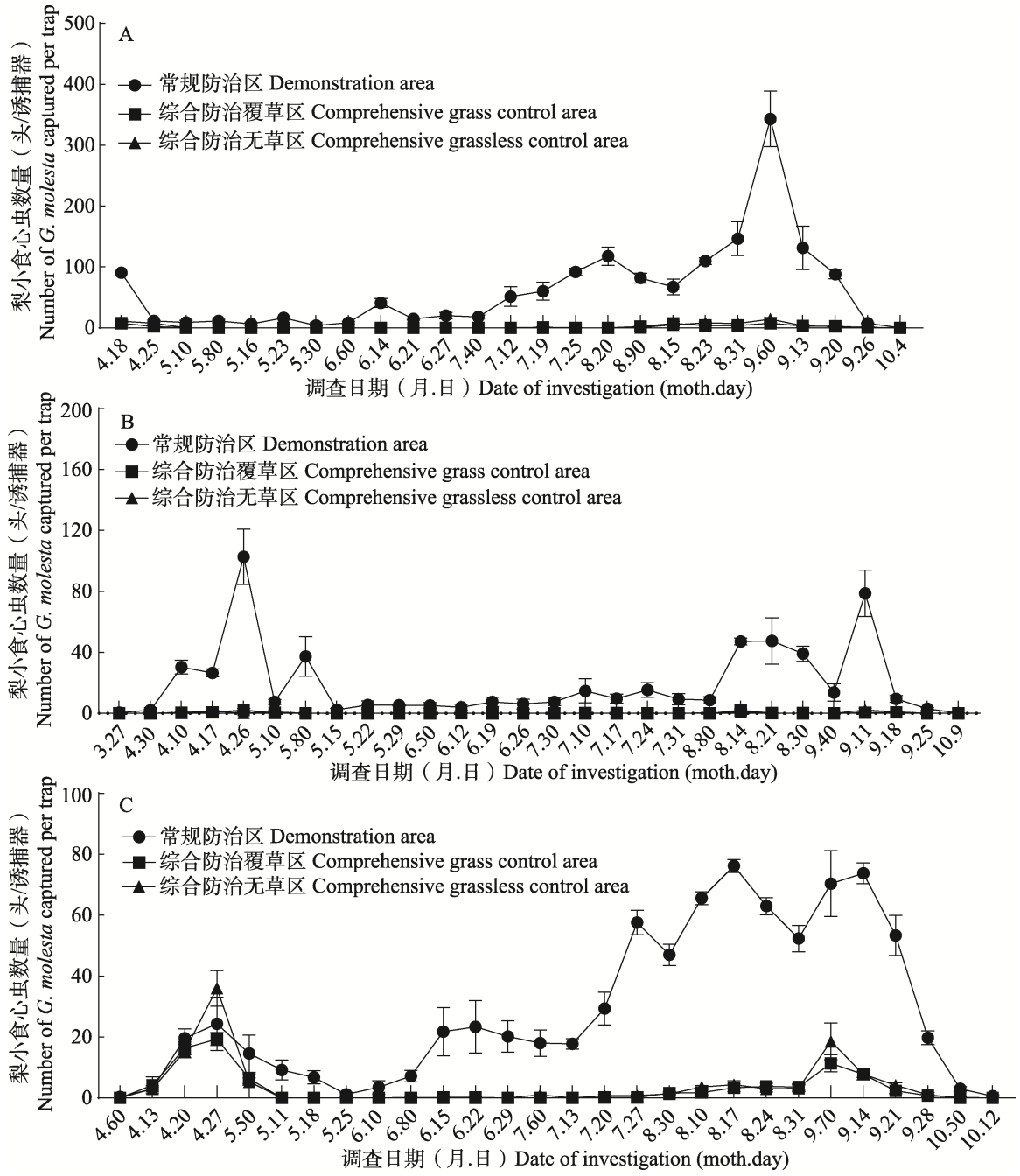

图 1　2018（A）、2019（B）和 2021（C）年不同防治园区梨小食心虫种群消长动态

Fig. 1　Population growth and decline trends of *Grapholita molesta* in different control zones in 2018（A）, 2019 (B) and 2021(C)

著差异水平，常规防治区内红香酥的蛀果率峰值为 2.67%，与综合防治生草区（1.33%）和综合防治无草区（1.33%）相比，该品种蛀果率并未达到显著差异水平,综合防治生草区与综合防治无草区内雪青品种的蛀果率峰值分别为 6.00%和 5.83%，显著低于同时期常规防治区内蛀果率（21.33%）。2021 年常规防治区新梨 7 号的蛀果率峰值为 15.60%，显著高于综合防治生草区（6.00%）和综合防治无草区（6.80%），常规防治区红香酥的蛀果率为 11.00%，高于综合防治生草区（7.20%）和综合防治无草区（7.00%），但未达到显著差异水平，常规防治区雪青的蛀果率为 16.60%，高于综合防治生草区（11.20%）和综合防治无草区（8.40%），也未达到显著差异水平（图 3）。

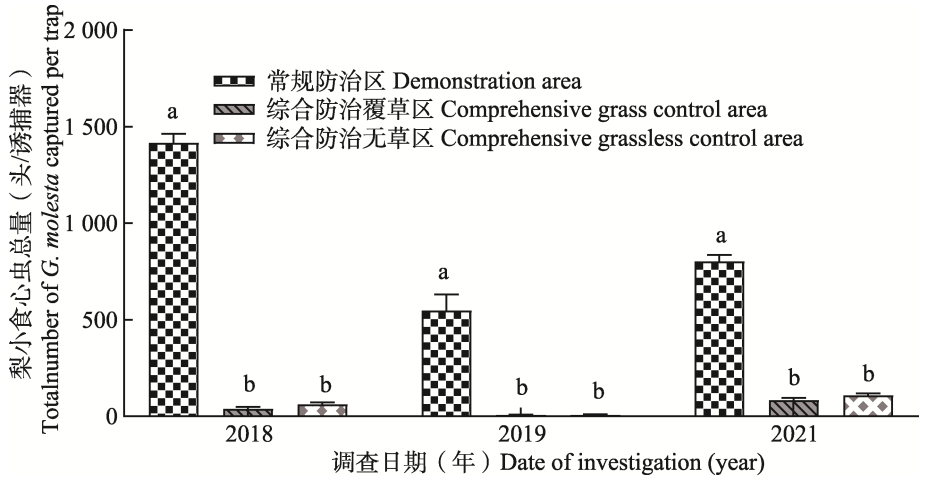

图 2　2018、2019 和 2021 年不同防治园区内梨小食心虫发生总量

Fig. 2　Total annual occurrences of *Grapholita molesta* in different parks in 2018, 2019 and 2021

数据是平均值±标准误，柱上标有不同小写字母表示 2018、2019 和 2021 年不同防治园内梨小食心虫发生总量具有显著性差异（$P < 0.05$，Ducan's 多重比较）。

Data are mean± SE, and histograms with difference lowercase letters indicate that the total occurrence of *G. molesta* in different control gardens in 2018, 2019 and 2021 are significantly different ($P < 0.05$, Ducan's multiple comparison).

2.3　不同防治园区用药情况及农残分析

由于综合防控生草区与综合防治无草区使用化学药剂的次数与剂量相同，以下比较将其统称为综合防治区。通过对 2018、2019 和 2021 年不同防治园区内化学药剂的使用量进行分析发现，2018 年综合防治区总用药量（8 455 g/hm^2）相对常规防治区（18 305 g/hm^2）减少 53.81%，其中杀虫剂使用量（4 320 g/hm^2）相对常规防治区（14 170 g/hm^2）减少 69.51%。2019 年综合防治区总体用药量（9 979 g/hm^2）相对常规防治区（21 925 g/hm^2）减少 54.50%，杀虫剂使用量（4 996 g/hm^2）相对常规防治区（16 972 g/hm^2）减少 70.60%。2021 年综合防治区总体用药量（18 750 g/hm^2）相对常规防治区（28 406 g/hm^2）减少 34.00%，杀虫剂使用量（15 937 g/hm^2）相对常规防治区（23 406 g/hm^2）减少 31.90%。对不同防控园内梨果农药残留量进行分析发现，综合防控生草区内未检测到残留农药，综合防治无草区内仅检测到戊唑醇与氯氟氰菊酯两种化学农药，且残留量远低于常规防治园，上述两园内农药残留量均符合最高残留限量（Maximum residue limit，MRL）标准（表 2）。

3　讨论

梨小食心虫的田间发生情况受温度、湿度、食物、天敌等多种生态因子调控（金立等，2014），不同地区发生代数有所差异。本研究对北京大兴区梨小食心虫种群动态进行监测，初步掌握其发生规律。调查期间该地区梨小食心虫 1 年发生 3 代，越冬代成虫及第 3 代成虫发生数量较多，主要以第 3 代成虫产卵后，初孵幼虫为害梨果为主。当前为防控梨小食心虫，大多数梨园仍使用以化学防治为主的方法对其进行防控。有调查显示我国多数梨园从梨树开花到果实成熟施药次数为 10 次左右，有些梨园年施药次数甚至达 13 次及更多（乔晓芳等，2018）。长期不正确使用化学杀虫剂不仅增加了农业生产成本，而且对于农产品质量安全、有益生物生态服务功能、生物多样性等造成不可估量的影响（吴孔明，2018）。

本研究为探究较为合理的化学药剂使用方案，将梨园综合情况及前人研究经验相结合，利用监测得到的梨小食心虫种群发生动态，设计了综合防治区内化学药剂的施用时期及施用量。结果表明，综合防治区 2018、2019 及 2021 年在梨果生长季总体用药量比常规防治区大幅降低，尤

其是杀虫剂的施用量比常规防治区减少了69.51%（2018 年）、70.60%（2019 年）和 31.90%（2021 年）。由于本研究化学防治方案主要围绕梨小食心虫而设定，对梨园其他害虫的药剂选择及施药时间并未作出相应研究。已有研究表明，在防控某一害虫时，也要注重对其他害虫的防范，避免影响害虫群落的演替进而造成灾变（赵中华等，2011 年）。仅针对梨小食心虫设计的化学防控方法，对其他害虫的防控具有一定的局限性。为达到梨园害虫统防统治的目的，今后需在本研究防控方法的基础上，结合梨园管理现状及害虫发生种类等因素，选用高效低毒杀虫谱广的植物源杀虫剂、生物杀虫剂，力求在防控梨小食心虫的同时，对其他害虫有一定的兼防效果。

本研究在减少化学杀虫剂使用次数的前提下，将综合防控园内自然生草并悬挂梨小食心虫

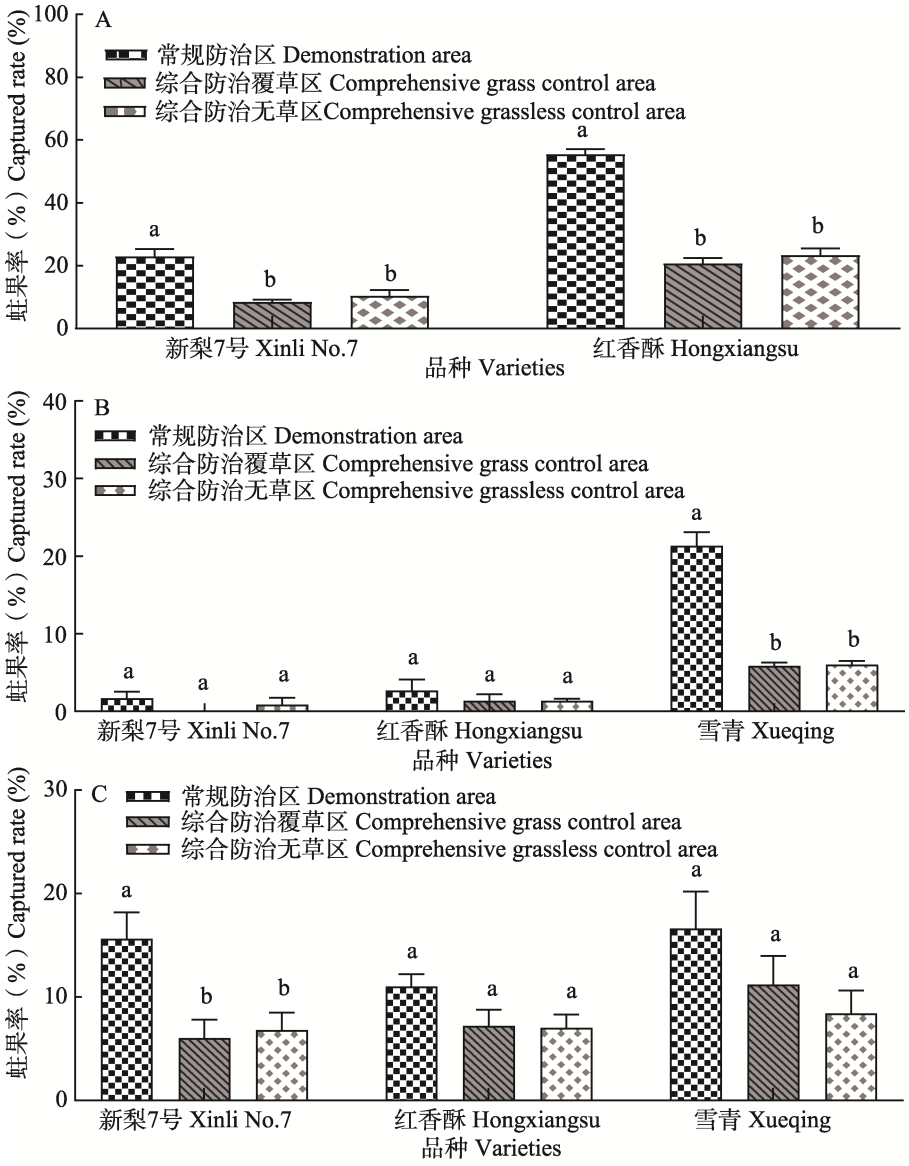

图 3　2018 (A)、2019 (B)和 2021 (C)年不同品种蛀果情况

Fig. 3　Capsules of different varieties in 2018 (A), 2019 (B) and 2021 (C)

数据是平均值±标准误，柱上标有不同小写字母表示 2018、2019 和 2021 年同一品种在不同防治园内蛀果率具有显著性差异（$P < 0.05$，Ducan's 多重比较）。

Data are mean± SE, and histograms with difference lowercase letters indicate that the captured rate of the same vatiety in different control gardens in 2018, 2019 and 2021 are significantly different (P <0. 05, Ducan's multiple comparison).

表 2　不同防控园区内梨果农药残留情况

Table 2　Pesticide residues in pears in different control areas

防控区域 Prevention zone	检测项目 Test items	MRL 值（mg/kg） MRL value (mg/kg)	实测数据（mg/kg） Measured data (mg/kg)
常规防治区 Demonstration area	氯虫苯甲酰胺 Chlorantraniliprole	0.4	0.021
	戊唑醇 Tebuconazole	0.5	0.028
	氯氟氰菊酯 Cyhalothrin	0.2	0.026
综合防治无草区 Comprehensive grassless control area	戊唑醇 Tebuconazole	0.5	0.016
	氯氟氰菊酯 Cyhalothrin	0.2	0.012
综合防治生草区 Comprehensive grass control area	/	/	/
	/	/	/

/表示未检测到农药残留。MRL: 最高残留限量。

/ indicate no pesticide residues are detected. MRL: Maximum residue limit.

性信息素迷向散发器，以加强对其有效防控。已有研究表明，迷向散发器对雄成虫的迷向效果显著，通过影响梨小食心虫的求偶交配行为达到控制虫口数量的目的（Kovanci *et al.*，2005；涂洪涛，2012）。本研究结果与周洪旭等（2011）研究结论较为相似，2018、2019 和 2021 年综合防治区在减少用药量的同时，能较好地对梨小食心虫实行防控，使其发生数量始终保持在较低水平。但由于本研究选用的梨小食心虫迷向散发器持效期为 6 个月，受自然环境影响使其在试验后期不能较好发挥作用，例如 2018 年 8 月下旬综合防治区梨小食心虫数量及蛀果率增高。结合 2018 年经验，2019 及 2021 年调整悬挂迷向丝散发器悬挂时间，使得梨小食心虫的暴发受到抑制，并且能有效控制果实成熟期梨小食心虫造成的危害。3 年的防控结果表明，果实采收前期及果实采收期无法使用化学药剂，为害虫的猖獗发生埋下隐患，故迷向散发器的悬挂时间至关重要。建议结合梨园物候条件、气象因素及采收时间，适时悬挂迷向散发器避免梨果生长后期蛀果害虫猖獗与为害。潘介春等（2019）研究表明，梨园常年生草可以改变根际土壤结构，影响园内冠层的光谱构成。梨园生草同时可改善园内的生态环境（Wang *et al.*，2020），吸引天敌繁衍切实减轻病虫危害（孔凡来等，2020）。李丽莉等（2021）分析果园生草对天敌及其控害功能的影响，表明果园生草能显著提高天敌密度和益害比，在控制害虫发生方面有重要作用。李建瑛等（2020）研究不同生草模式对梨园害虫和天敌的影响，结果表明人工生草区的害虫总量最少，同时蚜虫和梨木虱的种群数量较清耕区显著减少，生草有利于控制梨园害虫。冉红凡等（2022）研究表明，梨园覆草后梨木虱和梨黄粉蚜的各虫态总发生数量较清耕梨园减少，说明梨园生草可以降低害虫数量。通过比较综合防治生草区及无草区内梨小食心虫发生数量及蛀果情况，可看出园区生草对梨小食心虫的防控效果并未显著提升。以上结果与前人研究有所出入，分析原因可能是由于综合防治生草区生草时间较短，草种选择不恰当，稳定的天敌生态群落还未建立等因素导致，今后可选用黑麦草、紫花苜蓿、白三叶草等植物资源，探究梨园生草对害虫防控的作用。

本研究优先采用农业防治、生物防治等非化学农药防治技术，提高了对梨园主要害虫的防控效率。由于综合防控园内化学药剂施用量的降低以及使用的防控手段有限，致使对除梨小食心虫外的害虫无法有效防控。今后可在本研究基础上结合使用释放赤眼蜂、频振式杀虫灯、扎绑瓦楞纸诱虫带等技术（石桥德等，2011；许建军等，2014），加强各种防控技术之间的联动性，探索形成了一套融合生态调控、物理防治、化学防治和生物防治技术的全程绿色防控技术。

参考文献 (References)

Chen MX, Luo YQ, Zhao CJ, Tao WQ, Ma WE, Wang H, Liu X, Yu

JX, 2009. Research advance on *Grapholitha molesta* Busck. *Northern Horticulture*, 2009(8): 144–147. [陈梅香, 骆有庆, 赵春江, 陶万强, 马万娥, 王合, 刘曦, 禹菊香, 2009. 梨小食心虫研究进展. 北方园艺, 2009(8): 144–147.]

Fan RJ, Liu ZF, Lu JJ, Feng YT, Yu Q, Gao Y, Zhang RX, 2013. research progress on integrated control of *Grapholitha molesta* in China. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 50(6): 1509–1513. [范仁俊, 刘中芳, 陆俊姣, 封云涛, 庾琴, 高越, 张润祥, 2013. 我国梨小食心虫综合防治研究进展. 应用昆虫学报, 50(6): 1509–1513.]

Fan RJ, Liu ZF, Gao Y, Yang J, Zhang PJ, Fan JB, Shi GC, 2019. Advances in the integrated pest management of apple crops in China. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 56(6): 1148–1162. [范仁俊, 刘中芳, 高越, 杨静, 张鹏九, 樊建斌, 史高川, 2019. 二十一世纪我国苹果主要害虫的研究现状与展望. 应用昆虫学报, 56(6): 1148–1162.]

Jin L, Lin HF, Wang XL, Yue LJ, Li JD, 2014. Effects of climatic condition of spring on the population dynamics of *Grapholitha molesta* (Busck). *Plant Protection*, 40(3): 169–173, 182. [金立, 林华峰, 王学良, 岳兰菊, 李建东, 2014. 春季气候条件对梨小食心虫发生的影响. 植物保护, 40(3): 169–173, 182.]

Kong FL, Zhang S, Chi BJ, Liu J, Yang XL, Liu YJ, 2020. Effects of grassy pattern with muti-nectariferous plants on natural enemies in apple orchards. *Shandong Agricultural Sciences*, 52(7): 105–112. [孔凡来, 张硕, 迟宝杰, 刘锦, 杨向黎, 刘永杰, 2020. 多蜜源植物组合生草模式对果园天敌的繁育作用. 山东农业科学, 52(7): 105–112.]

Kovanci OB, Walgenbach JF, Kennedy GG, Schal C, 2005. Effects of application rate and interval on the efficacy of sprayable pheromone for mating disruption of the oriental fruit moth *Grapholita molesta*. *Phytoparasitica*, 33(4): 334–342.

Liu HF, 2019. Occurrence and control of oriental fruit moth. *Jilin Agriculture*, 31(23): 77–78. [刘红飞, 2019. 梨小食心虫的发生与防治. 吉林农业, 31(23): 77–78.]

Li JY, Chen P, Sun B, Guo YR, Liu J, Chi BJ, Liu YJ, 2020. Effects of artificial planting of hairy vetch on pests and natural enemies in pear orchard. *Shandong Agricultural Sciences*, 52(9): 124–127. [李建瑛, 陈鹏, 孙冰, 郭翊蓉, 刘锦, 迟宝杰, 刘永杰, 2020. 人工种植长柔毛野豌豆对梨园害虫及天敌的影响. 山东农业科学, 52(9): 124–127.]

Li LL, Men XY, Guo WX, Qu CH, Cao HJ, Ding L, Zhu WJ, Qu ZL, Li Z, Lv SH, Song YY, Cui HY, 2021. Effects of grass mode on natural enemies in apple orchard and its regulation on aphis citricola. *Chinese Journal of Biological Control*, 37(5): 885–891. [李丽莉, 门兴元, 郭文秀, 曲诚怀, 曹洪建, 丁荔, 朱文君, 曲在亮, 李卓, 吕素洪, 宋莹莹, 崔洪莹, 2021. 生草模式对苹果园天敌及其调控苹果绣线菊蚜作用的影响. 中国生物防治学报, 37(5): 885–891.]

Pan JC, Xu SL, Ding F, Zhang ZJ, Zhou YM, Wang JY, Xu JZ, Deng YY, Cheng XR, Mo YC, 2019. Study on the effects of cover crops on the physic and chemical properties and the organism of soils in longan orchards. *China Fruits*, 2019(6): 59–64. [潘介春, 徐石兰, 丁峰, 张振镜, 周煜棉, 王金英, 徐炯志, 邓英毅, 程夕冉, 莫云川, 2019. 生草栽培对龙眼果园土壤理化性质和微生物学性状的影响. 中国果树, 2019(6): 59–64.]

Qiao XF, Liu QZ, Liu J, Liu SZ, Liu HC, 2018. The evaluation of soil heavy metals potential risk with conventional pesticide application in pear orchards. *Journal of Fruit Science*, 35(8): 947–956. [乔晓芳, 刘奇志, 刘军, 刘松忠, 刘聪鹤, 2018. 梨园常规施药与土壤重金属潜在污染风险评价. 果树学报, 35(8): 947–956.]

Qiao Y, Yue J, Wang PS, Zhang T, Zheng SH, Wang BY, Zhang BC, Dong J, 2017. Integrated demonstration and extension of key technologies for green pest control in orchards in Beijing. *China Plant Protection*, 37(5): 89–91. [乔岩, 岳瑾, 王品舒, 张涛, 郑书恒, 王步云, 张保常, 董杰, 2017. 北京地区果园害虫绿色防控关键技术集成示范与推广. 中国植保导刊, 37(5): 89–91.]

Ran HF, Lu ZY, Liu WX, Ma AH, Liu XX, Sun HP, Li JC, Zhang QW, 2016. Advances in research on the biological control of the oriental fruit moth. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 53(5): 931–941. [冉红凡, 路子云, 刘文旭, 马爱红, 刘小侠, 孙海鹏, 李建成, 张青文, 2016. 梨小食心虫生物防治研究进展. 应用昆虫学报, 53(5): 931–941.]

Ran HF, Ma, AH, Yang XF, Lu ZY, Liu WX, Li JC, 2022. Effects of grass planting in pear orchard on the occurrence dynamics and quantity of pear psyllid and pear phylloxera. *Hebei Agricultural Sciences*, 26(3): 47–52. [冉红凡, 马爱红, 杨小凡, 路子云, 刘文旭, 李建成, 2022. 梨园生草对梨木虱和梨黄粉蚜发生动态及发生量的影响. 河北农业科学, 26(3): 47–52.]

Shi QD, Wen H, Zhao RB, 2011. Preliminary report on two kinds of solar insecticidal lamps trapping and killing pests in pear orchard. *China Plant Protection*, 31(6): 30–31. [石桥德, 文鸿, 赵荣标, 2011. 两种太阳能杀虫灯诱杀梨园害虫试验初报. 中国植保导刊, 31(6): 30–31.]

Wang YJ, Liu L, Yang JF, Duan YM, Luo Y, Taherzadeh MJ, Li YF,

Li HK, Awasthi MK, Zhao ZY, 2020. The diversity of microbial community and function varied in response to different agricultural residues composting. *Science of the Total Environment*, 715: 136983.

Wu KM, 2018. Development direction of crop pest control science and technology in China. *Journal of Agriculture*, 8(1): 35–38. [吴孔明, 2018. 中国农作物病虫害防控科技的发展方向. 农学学报, 8(1): 35–38.]

Xiao YT, Wu C, Wu KM, 2019. Agricultural pest control in China over the past 70 years: Achievements and future prospects. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 56(6): 1115–1124. [萧玉涛, 吴超, 吴孔明, 2019. 中国农业害虫防治科技 70 年的成就与展望. 应用昆虫学报, 56(6): 1115–1124.]

Tu HT, Zhang JY, Chen HJ, Guo XH, 2012. Experiments on mating disruption control of *Grapholitha molesta* by using sex pheromone in peach orchard. *Journal of Fruit Science*, 29(2): 286–290. [涂洪涛, 张金勇, 陈汉杰, 郭小辉, 2012. 应用性信息素缓释剂迷向防治桃树梨小食心虫研究. 果树学报, 29(2): 286–290.]

Xu JJ, Feng HZ, Li CM, Tu EX, Wang L, Li ZG, He J, Guo WC, 2014. Effect of releasing *Trichogramma* to control the *Cydia pomonella* (L.) and *Grapholitha molesta* (Busck). *Chinese Journal of Biological Control*, 30(5): 690–695. [许建军, 冯宏祖, 李翠梅, 吐尔逊, 王兰, 李志刚, 何江, 郭文超, 2014. 释放赤眼蜂防治苹果蠹蛾、梨小食心虫效果研究. 中国生物防治学报, 30(5): 690–695.]

Zhang Y, Li HD, Ding RY, Guo CY, Mao JS, Chen ZL, 2019. Simultaneous determination of 21 organophosphorus pesticide residues in pears by QuEChERS-GC-MS. *Food Industry*, 40(11): 323–327. [张艳, 李慧冬, 丁蕊艳, 郭长英, 毛江胜, 陈子雷, 2019. QuEChERS-GC-MS同时测定梨中21种有机磷农药残留. 食品工业, 40(11): 323–327.]

Zhao ZH, Zhou Y, Yang PY, 2013. Progress of national green prevention and control of crop pests and diseases in 2012. *China Plant Protection*, 33(10): 69–72. [赵中华, 周阳, 杨普云, 2013. 2012 年全国农作物病虫害绿色防控工作进展. 中国植保导刊, 33(10): 69–72.]

Zhou HX, Li LL, Yu Y, 2011. Scale control over *Grapholitha molesta* with mating disruption of sex pheromone. *Acta Phytophylacica Sinica*, 38(5): 385–389. [周洪旭, 李丽莉, 于毅, 2011. 信息素迷向法规模化防治梨小食心虫. 植物保护学报, 38(5): 385–389.]