山东省探照灯诱虫器和地面灯诱虫器诱集昆虫群落结构*

宋海燕** 李丽莉 张晴晴 孙晨可 李 超 卢增斌
朱振国 于 毅 门兴元***
（山东省农业科学院植物保护研究所，济南 250100）

摘 要 **【目的】** 山东省是昆虫南北迁飞的关键路径，了解山东省的迁飞性昆虫群落结构，对明确迁飞性昆虫种类，并对其进行预测预报具有重要意义。**【方法】** 在山东省 14 个地区建立监测点，每个监测点于 2018 年 9 月-10 月利用探照灯诱虫器和地面灯诱虫器诱集昆虫。**【结果】** 14 个监测点共诱捕到昆虫有 12 目 54 科 408 种，其中探照灯诱虫器诱集到 11 目 45 科 388 种，地面灯诱虫器诱集到 12 目 46 科 365 种，探照灯诱虫器诱集的主要昆虫类群为鳞翅目（79.12%）、鞘翅目（9.42%）、直翅目（8.14%）和脉翅目（2.26%）。地面灯诱虫器诱集的主要昆虫类群为鳞翅目（68.84%）、鞘翅目（23.46%）、膜翅目（3.69%）、直翅目（1.50%）、半翅目（1.14%）。探照灯诱虫器诱集昆虫数量显著多于地面灯诱虫器。**【结论】** 阐明了山东省昆虫群落结构和多样性，并证实了许多重大昆虫在山东省存在迁飞性。

关键词 探照灯诱虫器；地面灯诱虫器；迁飞；群落结构

Community structure of insects in Shandong province as revealed by searchlight and ground light-traps

SONG Hai-Yan** LI Li-Li ZHANG Qing-Qing SUN Chen-Ke LI Chao
LU Zeng-Bin ZHU Zhen-Guo YU Yi MEN Xing-Yuan***
(Institute of Plant Protection, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan 250100, China)

Abstract **[Objectives]** Shandong province is an important pathway for the north-south migration of many insect species in China. Understanding the community structure of migratory insects in Shandong is therefore important for identifying migratory insect species and predicting their population dynamics. **[Methods]** 14 monitoring sites were established in Shandong province and searchlight and ground light-traps deployed on each site to monitor insects from September to October 2018. **[Results]** A total of 408 insect species (12 orders and 54 families) were identified in 14 areas. Search light trapping resulted in a total of 388 insect species (12 orders and 45 families) being identified, whereas ground-light trapping identified 365 insect species (11 orders and 46 families). The main orders captured in searchlight traps were the Lepidoptera (79.12%), Coleoptera (9.42%), Orthoptera (8.14%) and Neuroptera (2.26%), and the main orders captured by ground-light traps were the Lepidoptera (68.84%), Coleoptera (23.46%), Hymenoptera (3.69%), Orthoptera (1.50%) and Hemiptera (2.26%). Searchlight traps captured more insects than ground light-traps. **[Conclusion]** These results reveal the structure and diversity of the Shandong insect community, and confirm the migratory behavior of many important insect species in this province.

Key words searchlight trap; ground light-trap; migration; community structure

*资助项目 Supported projects：国家重点研发计划（2018YFD0200603）；山东省农业科学院农业科技创新工程（CXGC2019G01）
**第一作者 First author，E-mail：shy_810903@126.com
***通讯作者 Corresponding author，E-mail：menxy2000@hotmail.com
收稿日期 Received：2020-04-13；接受日期 Accepted：2020-08-06

灯光诱虫器是一种利用昆虫趋光性诱杀昆虫或监测其种群动态的诱捕器，根据灯光的照射的方式分为探照灯诱虫器和地面灯诱虫器。探照灯诱虫器是监测迁飞性昆虫的非常有效的工具，装有垂直向上照射的探照灯，射程可以达到 500 m 以上，可以对空中迁飞的昆虫具有很强的诱集效果（封洪强，2003；Feng *et al.*，2005）。当昆虫聚集迁飞经过灯光时，诱虫数量会有个明显的突增（Nieminen *et al.*,，2000）。地面灯是将灯光投射到近地面的作物冠层，诱捕目标为低空活动的昆虫，主要用来收集本地昆虫。

昆虫迁飞是昆虫在本身或外力的帮助下，从一个发生区域远距离飞行转移到另一个区域（Williams，1957；Southwood,，1962；Dingle and Drake，2007）。昆虫迁飞不仅能使昆虫从时空上躲避不良环境的影响，还能主动开拓生境资源，实现种群繁衍（Dingle and Drake，2007；Chapman *et al.*，2015；付晓伟和吴孔明，2015）。鳞翅目、半翅目、膜翅目、双翅目、蜻蜓目等许多昆虫都具有迁飞现象（Dingle and Drake，2007），许多重大的农业害虫，如棉铃虫 *Helicoverpa armigera*、粘虫 *Mythimna separata*、甜菜夜蛾 *podoptera exigua*、草地螟 *Loxostege sticticalis*、稻纵卷叶螟 *Cnaphalocrocis medinalis* 等具有远距离迁飞的习性，害虫的远距离迁飞导致某些地区害虫的发生呈现突发性和暴发性，造成作物的严重损失。空中迁飞昆虫群落的多样性能直接影响农田生态系统中昆虫群落的多样性（翟保平，2001；封洪强，2003），目前我国对于空中迁飞昆虫群落的研究相对较少（高丽娜等，2013）。封洪强等（2003）在长岛县捕捉到 11 目 53 科 114 种昆虫，付晓伟（2015）在渤海湾通道捕捉到 9 目 36 科 119 种，其中害虫 26 科 100 种，天敌昆虫 10 科 19 种，张智（2013）在北京延庆县捕捉到半翅目、鳞翅目、鞘翅目、直翅目、双翅目、膜翅目、脉翅目 7 个目的迁飞性昆虫，周先涌等（2019）在海南省三沙市鉴定出 11 目 70 科 183 属 214 种，以上多是一个监测点的长期观测，尚未见多点探照灯和地面灯的昆虫监测研究。

华北与东北地区是我国主要的小麦、玉米、大豆产区，山东省地处华北农区和东北农区的交汇处，是昆虫南北迁飞的关键路径，在山东省开展昆虫迁飞规律的研究，对于山东省乃至全国的迁飞性害虫监测与防控具有重要意义。为此，本文利用探照灯诱虫器和地面灯诱虫器对山东省 14 个地点的迁飞性昆虫进行系统监测，以期能了解山东省的主要迁飞昆虫种类和群落结构，为阐明昆虫迁飞性昆虫在山东省的迁飞规律，并为迁飞昆虫的害虫预测预报、综合治理提供科学依据。

1　材料与方法

1.1　昆虫监测点分布

本研究在山东省设置 14 个监测点，分别位于菏泽市牡丹区、曹县、莒南县、郯城县、德州市德城区、宁津县、庆云县、临清县、济宁市任城区、潍坊市寒亭区、昌邑县、日照市、威海市环翠区、济阳县。

1.2　诱虫器的设置

研究中使用的探照灯的灯体主要采用不锈钢材料，主体部分呈漏斗状，垂直向上照射，用以诱集高空飞行的昆虫。光源为 1 000 W 的 GT75 型探照灯，光源可以投射到 300 m 以上的高空，形成一个巨大的光柱。漏斗集虫口直径为 5 cm，接一个 60 目集虫网袋（50 cm×50 cm×50 cm），用以收集被灯光诱集的昆虫。地面灯整体采用不锈钢结构，装备 1 000 W 金属卤化物灯泡，灯泡上方有一个直径 35 cm 的圆形防雨罩阻挡灯光射向高空。在每个监测地点，探照灯、地面灯之间的距离超过 100 m。

探照灯置于空地上，地面灯周边是小麦-玉米轮作田。探照灯和地面灯于 2018 年 9 月 1 日开启，10 月 29 日结束。通过时空开关控制开灯和关灯时间，每日自动在日落开灯、日出关灯。每天关灯后，将集虫网袋带到实验室，进行昆虫分拣、种类鉴定，并记录各种昆虫的种群数量。

1.3　昆虫鉴定

将探照灯和地面灯诱虫器诱捕到的昆虫带

回室内，依据《北京飞蛾类图谱》（虞国跃，2014）、《王家园昆虫》（虞国跃，2016）、《中国昆虫生态大图鉴》（张巍巍和李元胜，2011）中的描述进行分类鉴定。

1.4 统计分析

采用 Microsoft Excel 2007 进行数据计算和曲线绘制，SPSS 19.0 进行 *t*-检验。

2 结果与分析

2.1 探照灯诱虫器和地面灯诱虫器诱集昆虫的群落结构

14 个地区探照灯、地面灯诱集到的昆虫共有 12 目 54 科 408 种组成（包括未鉴定出的 40 种），其中探照灯诱集 11 目 45 科 388 种，地面灯诱集 12 目 46 科 365 种（图 1）。探照灯诱集的昆虫中鳞翅目数量最多（79.12%），其次为鞘翅目（9.42%）、直翅目（8.14%）和脉翅目（2.26%），半翅目、同翅目、蜚蠊目、膜翅目、蜻蜓目、双翅目、革翅目、螳螂目数量较少，均不到 0.5%。地面灯诱集的昆虫鳞翅目数量最多（68.84%），其次为鞘翅目（23.46%）、膜翅目（3.69%）、直翅目（1.50%）、半翅目（1.14%），同翅目、蜚蠊目、脉翅目、蜻蜓目、双翅目、革翅目数量较少，均不到 1.00%（图 1）。菏泽、庆云、潍坊鞘翅目数量最多，莒南膜翅目数量最多，其余地区都是鳞翅目数量最多（表 1）。除莒南外，探照灯诱集昆虫数量显著多于地面灯（t=2.27，df=13，P=0.02）（图 2）。莒南地面灯诱集到大量的会飞的蚂蚁，导致地面灯诱集数量高于探照灯。

2.2 各监测点探照灯和地面灯诱集昆虫种类

有 62%的昆虫只在某 1 个或 2 个地区监测到，并且数量很少，只有 1 头或 2 头，本文仅列出了 155 种出现地区多于 3 个并且数量多于 3 头的昆虫（表 1）。30 种害虫诱集数量相对较多，并在 14 个地区的探照灯和地面灯中普遍出现，包括棉铃虫、粘虫、劳氏粘虫、黄地老虎、小地老虎、大地老虎、粉缘钻夜蛾、甜菜夜蛾、斜纹夜蛾、银纹夜蛾、甘蓝夜蛾、白条夜蛾、瘦银锭夜蛾、陌夜蛾、红棕灰夜蛾、庸肖毛翅夜蛾、曲紫线尺蛾、甘薯天蛾、亚洲玉米螟、桃蛀螟、瓜绢野螟、豆荚斑螟、甜菜白带野螟、黄翅缀叶野螟、豆蚀叶野螟、灰直纹螟、紫线尺蛾、宽缝斑龙虱、小雀斑龙虱、东方蝼蛄（表 1）。

14 个点的探照灯和地面灯均监测到的天敌主要有中华通草蛉、大草蛉、异色瓢虫、梭毒隐翅虫等。此外还有黄斑青步甲、毛婪步甲、龟纹瓢虫、多异瓢虫、十二斑褐菌瓢虫等（表 1）。与害虫相比，天敌数量较少。

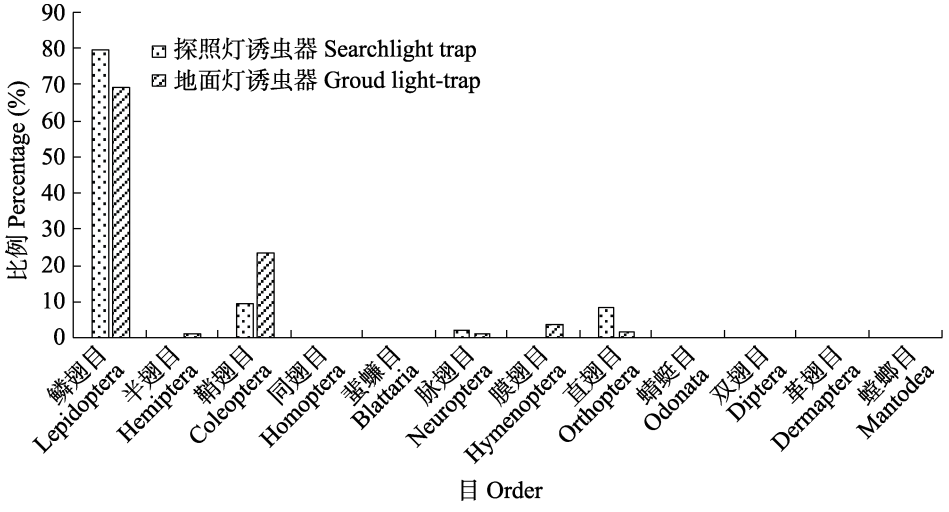

图 1 探照灯诱虫器和地面灯诱虫器诱集昆虫组成

Fig. 1 Order composition of insects in searchlight trap and groud light-trap

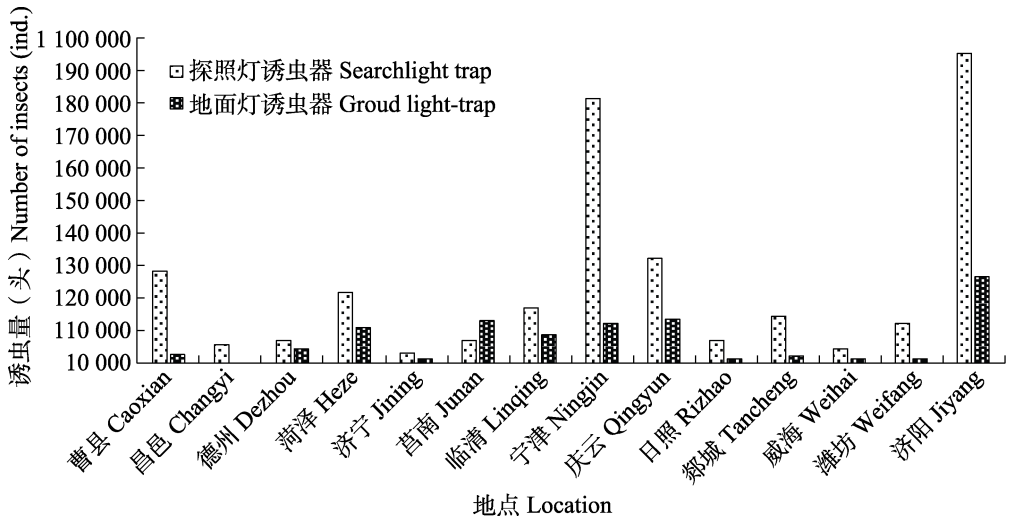

图 2　探照灯诱虫器和地面灯诱虫器诱虫数里

Fig. 2　Number of insects in searchlight trap and groud light-trap

表 1　诱虫器诱集昆虫种类

Table 1　The species of trapping insects

目 Order	科 Family	种 Species	发生地区数量 Number of area
鳞翅目 Lepidoptera	夜蛾科 Noctuidae	棉铃虫 *Helicoverpa armigera* (Hübner)	14
		粘虫 *Mythimna separata* (Walker)	14
		劳氏粘虫 *Leucania loreyi* (Duponchel)	14
		二点委夜蛾 *Athetis lepigone* (Möschler)	11
		黄地老虎 *Agrotis segetum* (Schiffermütiller)	14
		小地老虎 *Agrotis ipsilon* (Hufnagel)	14
		大地老虎 *Agrotis tokionis* (Butler)	14
		八字地老虎 *Xestia c-nigrum* (Linnaeus)	9
		粉缘钻夜蛾 *Earias pudicana* (Staudinger)	14
		甜菜夜蛾 *Spodoptera exigua* (Hübner)	14
		斜纹夜蛾 *Spodoptera litura* (Fabricius)	14
		瘦银锭夜蛾 *Macdunnoughia agnata* (Stephens)	14
		银纹夜蛾 *Ctenoplusia agnata* (Staudinger)	14
		陌夜蛾 *Trachea atriplicis* (Linnaeus)	14
		甘蓝夜蛾 *Mamestra brassicae* (Linnaeus)	14
		白条夜蛾 *Argyrogramma albostriata* (Bremer et Grey)	14
		红棕灰夜蛾 *Polia iloba* (Butler)	14
		懈毛胫夜蛾 *Mocis annetta* (Butler)	7
		超桥夜蛾 *Anomis fulvida* (Guenée)	11
		烟青虫 *Helicoverpa assulta* (Guenée)	5
		庸肖毛翅夜蛾 *Thyas juno* (Dalman)	14
		平嘴壶夜蛾 *Oraesia lata* (Butler)	11

续表 1（Table 1 continued）

目 Order	科 Family	种 Species	发生地区数量 Number of area
		标瑙夜蛾 *Maliattha signifera* (Walker)	13
		东北巾夜蛾 *Dysgonia mandschuriana* (Staudinger)	10
		棉小造桥虫 *Anomis flava* (Fabricius)	4
		棉大造桥虫 *Ascotis selenaria* diarnia (Hübner)	4
		黑点贪夜蛾 *Simplicia rectalis* (Eversmann)	12
		平梢鹰夜蛾 *Hypocala subsatura* (Guenée)	6
		其它 37 种 37 other species	
	菜蛾科 Plutellidae	小菜蛾 *Plutella xylostella* (Linnaeus)	4
	天蛾科 Sphingidae	甘薯天蛾 *Agrius convolvuli* (Linnaeus)	14
		雀纹天蛾 *Theretra japonica* (Orza)	12
		其它 12 种 12 other species	
	螟蛾科 Pyralididae	亚洲玉米螟 *Ostrinia furnacalis* (Guenée)	14
		桃蛀螟 *Conogethes punctiferalis* (Guenée)	14
		白蜡绢须野螟 *Palpita nigropunctalis* (Bremer)	13
		瓜绢野螟 *Diaphania indica* (Saunders)	14
		豆荚斑螟 *Etiella zinckenella* (Treitschke）	14
		甜菜白带野螟 *Spoladea recurvalis* (Fabricius)	14
		黄翅缀叶野螟 *Botyodes diniasalis* (Walker)	14
		豆荚野螟 *Maruca testulalis* (Geyer)	13
		菜螟 *Hellula undalis* (Fabricius)	8
		草地螟 *Loxostege sticticalis* (Linne)	12
		豆蚀叶野螟 *Lamprosema indicata* (Fabricius)	14
		稻纵卷叶螟 C*naphalocrocis medinalis* (Guenée)	10
		纯白草螟 *Pseudocatharylla simplex* (Zeller)	10
		灰直纹螟 *Orthopygia glaucinalis* (Linnaeus)	14
		四斑绢野螟 *Diaphania quadrimaculalis* (Bremer et Grey)	5
		二点织螟 *Melissoblaptes zelleri* (Joannis）	6
		盐肤木黑条螟 *Arippara indicator* (Walker)	5
		金黄螟 *Pyralis regalis*（Denis et Schiffermüller）	5
		其它 20 种 20 other species	
	尺蛾科 Geometridae	槐尺蛾 *Semiothisa cinerearia* (Bremer et Grey)	8
		紫线尺蛾 *Calothysanis comptaria* (Walker)	14
		曲紫线尺蛾 *Timandra comptaria* (Walker）	14
		桦尺蛾 *Biston betularia* （Linnaeus）	9
		泛尺蛾 *Orthonama obstipata* (Fabricius)	10
		锯线尺蛾 *Phthonosema serratilinearia* (Leech)	6
		其它 10 种 10 other species	

续表 1（Table 1 continued）

目 Order	科 Family	种 Species	发生地区数量 Number of area
	灯蛾科 Arctiidae	人纹污灯蛾 *Spilarectia subcarnea* (Walker)	7
		美国白蛾 *Hyphantria cunea* (Drury)	12
		其它 6 种 6 other species	
	毒蛾科 Lymantridae	戟盗毒蛾 *Euproctis pulverea* (Leech）	12
		盗毒蛾 *Porthesia similis* (Fueszly)	8
		杨雪毒蛾 *Stilpnotia candida* (Staudinger)	9
		折带黄毒蛾 *Euproctis flava* (Bremer）	5
		丽毒蛾 *Calliteara pudibunda* (Linnaeus）	5
		结丽毒蛾 *Calliteara lunulata* (Butler）	5
		侧柏毒蛾 *Parocneria furva* (Leech）	6
		连丽毒蛾 *Calliteara conjuncta* (Wileman）	4
		榆黄足毒蛾 *Ivela ochropoda* (Eversmann)	6
		白毒蛾 *Arctornis l-nigrum* (Müller)	8
		其它 8 种 8 other species	
	枯叶蛾科 Lasiocampidae	李枯叶蛾 *Gastropacha quercifolia (Linnaeus)*	8
		苹果枯叶蛾 *Odonestis pruni (Linnaeus)*	8
		其它 4 种 4 other species	
	舟蛾科 Notodontidae	杨扇舟蛾 *Clostera anachoreta* (Fabricius）	6
		刺槐掌舟蛾 *Phalera grotei*（Moore）	5
		杨二尾舟蛾 *Cerura menciana*（Moore）	6
		杨小舟蛾 *Micromelalopha troglodyta* (Graeser）	5
		槐羽舟蛾 *Pterostoma sinicum*（Moore）	8
		仿白边舟蛾 Paranerice *hoenei* (Kiriakoff）	5
		榆掌舟蛾 *Phalera takasagoensis*（Matsumura）	7
		杨谷舟蛾 *Gluphisia japonica* (Wileman）	7
		栎枝背舟蛾 *Hybocampa umbrosa* (Staudinger）	5
		其它 3 种 3 other species	
	卷蛾科 Tortricidae	梨小食心虫 *Grapholita molesta* (Busck)	5
		棉褐带卷蛾 *Adoxophyes orana* (Fischer von Rosslerstamm)	6
		其它 6 种 6 other species	
	雕蛾科 Glyphipterygidae	含羞草雕蛾 *Homadaula anisocentra* (Meyrick)	5
	鹿蛾科 Ctenuchidae	蕾鹿蛾 *Amata germana* (Felder)	5
	袋蛾科 Psychidae	小黑袋蛾 *Psyche* sp.	5
	大蚕蛾科 Saturniidae	绿尾大蚕蛾 *Actias selene ningpoana* (Felder)	5
		其它 1 种 1 other specie	
	麦蛾科 Gelechiidae	麦蛾 *Sitotroga cerealella* (Olivier)	5
		奥菲麦蛾 *Filatima autocrossa* (Meyrick)	4

续表 1（Table 1 continued）

目 Order	科 Family	种 Species	发生地区数量 Number of area
		其它 2 种 2 other species	
	刺蛾科 Eucleidae	褐边绿刺蛾 *Parasa consocia (*Walker)	4
		扁刺蛾 *Thosea sinensis* (Walker)	4
		梨娜刺蛾 *Narosoideus flavidorsalis* (Staudinger)	6
		黄娜刺蛾 *Narosoideus fuscicostalis* (Fixsen)	4
		黑眉刺蛾 *Narosa nigrisigna* (Wileman)	5
		黄刺蛾 *Monema flavescens* (Walker)	7
		中国绿刺蛾 *Parasa sinica* (Moore)	7
		褐边绿刺蛾 *Parasa consocia* (Walker)	5
		枣奕刺蛾 *Phlossa conjuncta* (Walker)	4
		长腹凯刺蛾 *Caissa longisaccula* (Wu et Fang)	4
		拟三纹环刺蛾 *Birthosea trigrammoidea* (Wu et Fang)	4
		其它 6 种 6 other species	
	木蠹蛾科 Cossidae	榆木蠹蛾 *Holcocerus vicarius* (Walker）	5
		白斑木蠹蛾 *Catopta albonubilus*（Graeser）	4
		其它 5 种 5 other species	
	苔蛾科 Lithosiidae	黄边美苔蛾 *Miltochrista pallida* (Bremer)	4
		玫痣苔蛾 *Stigmatophora rhodophila* (Walker)	4
		明痣苔蛾 *Stigmatophora micans* (Bremer et Grey)	5
半翅目 Hemiptera	蝽科 Pentatomidae	斑须蝽 *Dolycoris baccarum* (Linnaeus)	9
		广二星蝽 *Stollia ventralis* (Westwood)	4
		茶翅蝽 *Halyomorpha halys* (Fabricius)	7
		珀蝽 *Plautia fimbriata* (Fabricius)	4
		其它 8 种 8 other species	
	盲蝽科 Miridae	斯氏后丽盲蝽 *Apolygus spinolae* (Meyer-Dür)	5
		三点苜蓿盲蝽 *Adelphocoris fasciaticollis* (Reuter)	4
		绿盲蝽 *Apolygus lucorum* (Meyer-Dür)	6
		中黑盲蝽 *Adelphocoris suturalis* (Jakovlev)	4
		其它 6 种 6 other species	
	长蝽科 Lygaeidae	角红长蝽 *Lygaeus hanseni* (Jakovlev)	4
		其它 2 种 2 other species	
	猎蝽科 Reduviidae	茶褐盗猎蝽 *Pirates fulvescens* (Lindberg)	4
		黄足猎蝽 *Sirthenea flavipes* (Stal)	4
		其它 3 种 3 other species	
	缘蝽科 Coreidae	点蜂缘蝽 *Riptortus pedestris* (Fabricius)	4
		黄边迷缘蝽 *Myrmus lateralis* (Hsioa)	7
		其它 1 种 1 other specie	

续表 1（Table 1 continued）

目 Order	科 Family	种 Species	发生地区数量 Number of area
	土蜂科 Cydnidae	青革土蜂 *Macroscyrtus subaenus* (Dallas)	7
		其它 4 种 4 other species	
	臭蜂科 Cimicidae	大臭蜂 *Metonymia glandulosa* (Wolff)	5
		其它 2 种 2 other species	
	蝎蝽 Nepidae	中华螳蝎蝽 *Ranatra chinensis* (Mayrt)	4
		其它 2 种 2 other species	
鞘翅目 Coleoptera	步甲科 Carabidae	黄斑青步甲 *Chlaenius micans* (Fabricius)	11
		毛婪步甲 *Harpalus griseus* (Panzer)	13
		双斑青步甲 *Chlaenius bioculatus* (Motschulsky)	8
		中华广肩步甲 *Calosoma maderae chinense* (Kirby)	6
		其它 9 种 9 other species	
	拟步甲科 Tenebrionidae	网目拟地甲 *Opatrum subaratum* (Fald)	10
		其它 3 种 3 other species	
	瓢甲科 Coccinellidae	龟纹瓢虫 *Propylaea japonica* (Thunberg)	6
		异色瓢虫 *Harmonia axyridis* (Pallas)	14
		十二斑褐菌瓢虫 *Vibidia duodecimguttata* (Poda)	7
		多异瓢虫 *Hippodamia variegata* (Goeze)	13
		其它 2 种 2 other species	
	花金龟科 Cetoniidae	白星花金龟 *Protaetia brevitarsis* (Lewis)	7
		其它 3 种 3 other species	
	鳃金龟科 Melolonthidae	东北大黑鳃金龟 *Holotrichia diomphalia* (Bates)	8
		黑绒鳃金龟 *Serica orientalis* (Motschulsky)	5
		福婆鳃金龟 *Brahmina faldermanni* (Kraatz)	5
		其它 4 种 4 other species	
	金龟科 Scarabaeidae	臭蜣螂 *Copris ochus* (Motschulsky)	6
		其它 2 种 2 other species	
	丽金龟科 Rutelidae	黄褐丽金龟 *Anomala exoleta* (Fald)	4
		其它 3 种 3 other species	
	虎甲科 Cicindelidae	中华虎甲 *Cicindela chinensis* (De Geer)	4
		其它 4 种 4 other species	
	龙虱科 Dytiscidae	齿缘龙虱 *Eretes sticticus* (Linnaeus)	13
		宽缝斑龙虱 *Hydaticus grammicus* (Germar)	14
		黄缘龙虱 *Cybister japonicas* (Sharp)	
		小雀斑龙虱 *Rhantus suturalis* (Mcleay)	14
		其它 4 种 4 other species	
	葬甲科 Silphidae	黄角尸葬甲 *Necrodes littoralis* (Linnaeus)	10
		其它 3 种 3 other species	

续表 1（Table 1 continued）

目 Order	科 Family	种 Species	发生地区数量 Number of area
	叩甲科 Elateridae	筛胸梳爪叩甲 *Melanotus cribricollis* (Faldermann)	4
		其它 2 种 2 other species	
	薪甲科 Latridiidae	隆背花薪甲 *Cortinicara gibbosa* (Herbst)	4
	隐翅虫科 Staphylinidae	梭毒隐翅虫 *Paederus fuscipes* (Curtis)	14
	水龟虫科 Hydrophilidae	钝刺腹牙甲 *Hydrochara affinis* (Sharp)	6
		其它 4 种 4 other species	
同翅目 Homoptera	叶蝉科 Cicadellidae	大青叶蝉 *Cicadella viridis* (Linnaeus)	12
		其它 3 种 3 other species	
蜚蠊目 Blattaria	地鳖蠊科 Corydiidae	中华真地鳖 *Eupolyphaga sinensis* (Walk)	11
		其它 2 种 2 other species	
脉翅目 Neuroptera	草蛉科 Chrysopidae	中华通草蛉 *Chrysoperla sinica* (Tjeder)	14
		大草蛉 *Chrysop pallens* (Rambur)	14
		其它 3 种 3 other species	
膜翅目 Hymenoptera	姬蜂科 Ichneumonidae	地老虎细颚姬蜂 *Enicospilus rossicus* (Kokujev)	13
		其它 5 种 5 other species	
	茧蜂科 Braconidae	燕麦芽茧蜂 *Aphidius avenae* (Haliday)	6
		其它 3 种 3 other species	
	蜜蜂科 Apidae	意蜂 *Apis mellifera ligustica* (Spinola)	8
		其它 2 种 2 other species	
	蚊科 Culicidae	小黄家蚊 *Monomorium pharaonis* (L.)	4
		其它 1 种 1 other specie	
直翅目 Orthoptera	蝗科 Acrididae	东亚飞蝗 *Locusta migratoria manilensis* (Meyen)	11
		其它 1 种 1 other specie	
	蝼蛄科 Gryllotalpidae	东方蝼蛄 *Gryllotalpa orientalis* (Burmeister)	14
		其它 1 种 1 other specie	
	蟋蟀科 Gryllidae	大扁头蟋 *Loxoblemmus donitzi* (Stein)	13
		油葫芦 *Cryllus testaceus* (Walker)	5
蜻蜓目 Odonata	蜻科 Libellulidae	黄蜻 *Pantala flavescens* (Fabricius)	4
双翅目 Diptera	食蚜蝇科 Syrphidae	黑带食蚜蝇 *Episyrphus balteatus* (De Geer)	10
		其它 2 种 2 other species	
螳螂目 Mantodea	螳螂科 Mantidea	中华大刀螳螂 *Tenodera aridifolia sinensis* (Stoll)	5

3 讨论

李世良等(1986)发现昆虫的迁飞习性不同，有些种类以夜间迁飞为主，也有些种类是白天迁飞，总体上夜间迁飞的数量远高于白天迁飞的数量。高空投射式诱虫灯对于夜间活动具有趋光性的多数农业害虫和天敌都有很好的诱集作用，因此高空灯是一种很好的研究昆虫迁飞的手段(张云慧，2008)。本研究表明，探照灯诱虫器和地面灯诱虫器都能有效的诱集昆虫，并且探照灯诱集数量多于地面灯，这是由于地面灯只能诱集在作物冠层飞行的昆虫，而这类昆虫大多是出于觅

食、求偶、产卵等目的的飞行（封洪强，2003），而探照灯能够诱集到大量的高空迁飞性昆虫。虽然地面灯和探照灯诱捕到的昆虫物种丰富度没有显著性差异，但是地面灯诱集昆虫的多样性指数显著高于探照灯，主要是由于探照灯诱捕到大量的迁飞性昆虫使群落的均匀性降低。

本研究首次在山东省多个地点开展迁飞性昆虫和当地昆虫监测，共监测出 12 目 54 科 408 种昆虫，鳞翅目数量最多。监测到的棉铃虫、粘虫、小地老虎、大地老虎、黄地老虎、甜菜夜蛾、斜纹夜蛾、银纹夜蛾、甘薯天蛾、豆荚斑螟、豆荚野螟、稻纵卷叶螟、桃蛀螟、草地螟等都是常见的迁飞性害虫。棉铃虫是探照灯和地面灯诱集的主要迁飞性昆虫，Bt 棉花的种植有效地控制了棉铃虫区域性发生危害（Wu *et al.*，2008），近年来棉花面积在黄淮海地区大大减少，玉米面积增加，应加强棉铃虫对玉米等作物的危害监测和防治。二点委夜蛾近年来在黄淮海夏玉米主产区暴发成灾，在 14 个地点都发现二点委夜蛾，马继芳等（2012）通过吊飞实验，表明可能其具有一定的迁飞能力，姜京宇等（2011）推测该虫可能有近距离扩散的习性，确定二点委夜蛾是否具有迁飞性，还需要系统摸清该虫的越冬虫源等生态学信息，结合生态学因素以及雷达监测和分子标记技术的研究来确定（王静等，2013）。张智等（2013）结合气象资料对高空探照灯诱虫器、垂直监测昆虫雷达等对二点委夜蛾成虫监测数据进行了分析，认为二点委夜蛾可能是一种兼性迁飞昆虫。付晓伟（2015）首次证实二点委夜蛾和银锭夜蛾具有远距离迁飞行为。甘蓝夜蛾是主要的蔬菜害虫，本研究探照灯监测到大量的甘蓝夜蛾，吴晓（2016）分析了 2003-2014 年长岛站对甘蓝夜蛾长期系统监测数据，发现甘蓝夜蛾能够进行季节性远距离迁飞，并且其跨海迁飞行为是一种常见的生态学现象（Wu *et al.*，2015）。亚洲玉米螟是我国主要的玉米害虫之一，王振营等（1994）研究未发现玉米螟有远距离迁飞现象，但并未完全否定其迁飞的可能（王振营等，1995），张汝霖等（1992）通过分析 11 年的系统资料认为玉米螟具有迁飞现象，封洪强（2003）通过长岛县诱虫结果证明玉米螟具有迁飞性。利用诱虫灯长期监测，观察种群动态是否存在突增，可以对昆虫的迁飞进行判断（张智，2013）。本文在 14 个地点的探照灯和地面灯都诱集到较多的亚洲玉米螟，并且都具有突增的现象。近期有研究认为亚洲玉米螟具有很强的长距离飞行能力，具有迁飞性（Shen *et al.*，2020）。在 14 个监测点普遍监测到甜菜白带野螟，甜菜白带野螟是甜菜的重要害虫之一，曾在山东省春播油菜上普遍发生危害（丁瑞金和冷加启，1983），张智等（2017）分析认为北京延庆诱集的甜菜白带野螟成虫属于迁飞性种群。

天敌伴迁现象在国内外已有很多报道（Mochida and Takada，1978；Greenstone *et al.*，1987；Reynolds and Wilson，1989；吴孔明等，1998，2001；翟保平，2001）。梭毒隐翅虫是一种世界性分布的昆虫，是农田生态系统中的重要天敌昆虫，同时由于其叮咬人类后分泌的毒素引起皮肤炎，也是一种卫生害虫（张建民等，2008）。李世良等（1986）利用空中航捕的方法发现龟纹瓢虫、隐翅虫、大草蛉都有空中迁飞行为。Feng 等（2007）研究发现毛婪步甲在夜间 200 -300 m 的空中迁飞，每次飞行可达数百公里。Liu 等（2011）通过对中华通草蛉的飞行行为研究，发现其具有较强的迁飞能力。研究发现诱集到的主要天敌均出现种群数量的突增或突减，说明存在天敌伴迁现象。但本文仅有 9 月、10 月的监测数据，因监测时间较短，迁飞昆虫的迁飞途径、迁飞机制目前还不明确，还需长期监测才能确定其迁飞规律。

参考文献 (References)

Chapman JW, Reynolds DR, Wilson K, 2015. Long-range seasonal migration in insects: Mechanisms, evolutionary drivers and ecological consequences. *Ecology Letters*, 18(3): 287–302.

Dingle H, Drake VA, 2007. What is migration? *BioScience*, 57(2): 113–121.

Ding RJ, Leng JQ, 1983. The occurence and prevention of *Spoladea recurvalis*. *Entomological Knowledge*, 20(6): 264–265. [丁瑞金, 冷家启, 1983. 甜菜白带野螟的发生与防治. 昆虫知识, 20(6): 264–265.]

Feng HQ, 2003. Community aloft and radar observations of seasonal migration of insects in northern China. Doctoral dissertation.

Beijing: Chinese Acdemy of Agricultural Sciences. [封洪强, 2003. 华北地区空中昆虫群落及昆虫季节性迁移的雷达观测. 博士学位论文. 北京: 中国农业科学院.]

Feng HQ, Wu KM, Ni YX, Cheng DF, Guo YY, 2005. High-altitude windborne transport of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) and other moths in mid-summer in northern China. *Journal of Insect Behavior*, 18(3): 335–350.

Feng HQ, Zhang YH, Wu KM, Cheng DF, Guo YY, 2007. Nocturnal windborne migration of ground beetles, particularly *Pseudoophonus griseus* (Coleoptera: Carabidae), in China. *Agricultural and Forest Entomology*, 9(2):103–113.

Fu XW, 2015. Study on the community structure and population dynamics of migratory insects across the Bohai strait. Doctoral dissertation. Beijing: Chinese Acdemy of Agricultural Sciences. [付晓伟, 2015. “渤海湾通道”迁飞性昆虫群落结构及种群动态研究. 博士学位论文. 北京: 中国农业科学院.]

Fu XW, Wu KM, 2015. Responses of migratory insects to Global Climate change. *Scientia Agricultura Sinica*, 48(Suppl.): 1–15. [付晓伟, 吴孔明, 2015. 迁飞性昆虫对全球气候变化的响应. 中国农业科学, 48(增刊): 1–15.]

Greenstone MH, Morgan CE, Hultsch AL, Farrow RA, Dowse JE, 1987. Ballooning spiders in Missouri, USA, and New South Wales, Australia: Family and mass distributions. *Journal of Arachnology*, 15:163–170.

Jiang JY, Li XQ, Liu L, Hao YT, Xu YH, 2011. Study on occurrence regularity of *Athetic lepigone* in Hebei province. *Journal of Hebei Agricultural Sciences*, 15(10): 1–3. [姜京宇, 李秀芹, 刘莉, 郝延堂, 许佑辉, 2011. 河北省二点委夜蛾的发生规律研究. 河北农业科学, 15(10): 1–3.]

Li SL, Zhang FH, Liang JR, Liu SF, 1986. The aerial capture of aerial insect. *Entomological Knowledge*, 23(2): 53–56. [李世良, 张凤海, 梁家荣, 刘树法, 1986. 空中昆虫的航捕观察. 昆虫知识, 23(2): 53–56.]

Liu Z, Wyckhuys KAG, Wu K, 2011. Migratory adaptations in *Chrysoperla sinica* (Neuroptera: Chrysopidae). *Environmental Entomology*, 40(2): 49–454.

Ma JF, Wang YQ, Li LT, Jiang JY, Gan YJ, Dong ZP, 2012. The research brief of field survey before winter and overwintering state of *Athetis lepigone*. *China Plant Protection*, 32(1): 28–30. [马继芳, 王玉强, 李立涛, 姜京宇, 甘耀进, 董志平, 2012. 二点委夜蛾冬前田间调查及越冬虫态研究简报. 中国植保导刊, 32(1): 28–30.]

Mochida O, Takada H, 1978. Possible migration of aphid parasites (Hymenoptera: Aphidiidae) across the East China Sea. *Applied Entomology and Zoology*, 13(2): 125–127.

Nieminen M, Leskinen M, Helenius J, 2000. Doppler radar detection of exceptional mass-migration of aphids into Finland. *International Journal of Biometeorology*, 44(4): 172–181.

Reynolds DR, Wilson MR, 1989. Aerial samples of micro-in-sects at night over central India. *Journal of Plant Protection in the Tropic*s, 6(2): 89–101.

Shen XJ, Fu XW, Huang YX, Guo JL, Wu QL, He LM, Yang XM, Wu KM, 2020. Seasonal migration patterns of *Ostrinia furnacalis* (Lepidoptera: Crambidae) across the Bohai Strait in northern China. *Journal of Economic Entomology*, (1): 194–202.

Southwood T, 1962. Migration of terrestrial arthropods in relation to habitat. *Biological Reviews*, 37(2): 171–211.

Wang J, Yu Y, Zhao N, Zhang AS, Zhou XH, Zhuang QY, Men XY, Li LL, 2013. The research progress of *Proxenus lepigone* in China. *Biological Disaster Science*, 36(1): 95–99. [王静, 于毅, 赵楠, 张安盛, 周仙红, 庄乾营, 门兴元, 李丽莉, 2013. 二点委夜蛾研究进展. 生物灾害科学, 36(1): 95–99.]

Wang ZY, Zhou DR, Song YY, Li BX, Zhang GY, Gao SL, Liu Y, Zheng L, Wang YS, Xie WM, Li WD, Pan YC, 1994. Studies on behaviour of dispersal and possibility of migration in adult overwintering generation asian corn borer by using release-and recapture technique. *Acta Phytophylacica Sinica*, 21(1): 25–30. [王振营, 周大荣, 宋彦英, 李璧铣, 张广义, 高书兰, 刘勇, 郑礼, 王蕴生, 谢为民, 李文德, 潘永成, 1994. 亚洲玉米螟越冬代成虫扩散行为与迁飞可能性研究. 植物保护学报, 21(1): 25–30.]

Wang ZY, Zhou DR, Song YY, Wang ZY, He KL, Zhang GY, Liu Y, 1995. A release-and-recapture study on dispersal of adults of first and second generation asian corn borer in north China. *Acta Phytophylacica Sinica*, 22(1): 7–11. [王振营, 周大荣, 宋彦英, 王忠跃, 何康来, 张广义, 刘勇, 1995. 亚洲玉米螟一二代成虫扩散规律研究. 植物保护学报, 22(1): 7–11.]

Williams C, 1957. Insect migration. *Annual Review of Entomology*, 2: 163–180.

Wu KM, Cheng DF, Xu G, Zhai BP, Guo YY, 2001. Radar observation of autumn migration of insects in Northern China. *Acta Ecologica Sinica*, 21(11): 1833–1838. [吴孔明, 程登发, 徐广, 翟保平, 郭予元, 2001. 华北地区昆虫秋季迁飞的雷达观测. 生态学报, 21(11): 1833–1838.]

Wu KM, Lu YH, Feng HQ, Jiang YY, Zhao JZ, 2008. Suppression of cotton bollworm in multiple crops in China in areas with Bt toxin-containing cotton. *Science*, 321(5896): 1676–1678.

Wu KM, Xu G, Guo YY, 1998. Observations on migratory activity of cotton bollworm moths across the Bohai gulf in China. *Acta Phytophylacica Sinica*, 25(4): 337–340. [吴孔明, 徐广, 郭予元,

1998. 棉铃虫一代成虫在渤海海面迁飞的考察. 植物保护学报, 25(4): 337–340.]

Wu X, 2016. Study on moth migratory principle across the Bohai Strait and flight capacity in *Mamestra brassicae* L. Master dissertation. Zhengzhou: Henan Agricultural University. [吴晓, 2016. 甘蓝夜蛾渤海湾迁飞规律及飞行能力研究. 硕士学位论文. 郑州: 河南农业大学.]

Wu X, Fu XW, Guo JL, Zhao XC, Wu KM, 2015. Annual migration of cabbage moth, *Mamestra brassicae* L. (Lepidoptera: Noctuidae), over the sea in Northern China. *PLoS ONE*, 10(7): e0132904.

Yu GY, 2014. Moths in Beijing. Beijing: Science Press. 1–478. [虞国跃, 2014. 北京蛾类图谱. 北京: 科学出版社. 1–478.]

Yu GY, 2016. Insects of Wangjiayuan. Beijing: Science Press. 1–544. [虞国跃, 2016. 王家园昆虫. 北京: 科学出版社. 1–544.]

Zhai BP, 2001. Accomanying migration of natural enemies and biodiversity. *Biodiversity Science*, 9(2): 176–180. [翟保平, 2001. 天敌伴迁与生物多样性. 生物多样性, 9(2): 176–180.]

Zhang JM, Li CR, Zhu XY, 2008. The research progress of *Paederus fuscipes* Curtis. *Journal of Yangtze University* (*Nat. Sci. Edit.*), 5(4): 10–13. [张建民, 李传仁, 朱小义, 2008. 青翅蚁形隐翅虫研究进展. 长江大学学报(自然科学版)农学卷, 5(4): 10–13.]

Zhang RL, Li TL, Ma TZ, Han YG, Yu SY, Xu YX, 1992. The discussion of hair-moth synchronization phenomenon between *Ostrinia nubilalis* and *Mythimna separata*. *Entomological Knowledge*, 29(6): 331–333. [张汝霖, 李庭乐, 马拖寨, 韩玉桂, 于锁英, 徐艳霞, 1992. 玉米螟与粘虫发蛾期同步现象的探讨. 昆虫知识, 29(6): 331–333.]

Zhang WW, Li YS, 2011. Chinese Insects Illustrated. Chongqing: Chongqing Uniersity Press. 1–691. [张巍巍, 李元胜, 2011. 中国昆虫生态大图鉴. 重庆: 重庆大学出版社.1–691.]

Zhang YH, 2008. Radar observation and population analysis of migratory insects in north and northeast of China. Doctoral dissertation. Beijing: Chinese Acdemy of Agricultural Sciences. [张云慧, 2008. 东北与华北地区迁飞昆虫的垂直昆虫雷达监测与虫源分析. 博士学位论文. 北京: 中国农业科学院.]

Zhang Z, 2013. Monitoring and population dynamics analyses of important migratory pest insects in northern china. Doctoral dissertation. Beijing: Chinese Acdemy of Agricultural Sciences. [张智, 2013. 北方地区重大迁飞性害虫的监测与种群动态分析. 博士学位论文. 北京: 中国农业科学院.]

Zhang Z, Wang J, Zhang YH, Qi JF, Xie AT, Guo SC, Yang JG, Zheng SH, 2017. Analysis on population dynamics of Hawaiian beet webworm moth *Spoladea recurvalis* Fabricius in Yanqing district of Beijing. *China Plant Protection*, 37(5): 37–41. [张智, 王健, 刘宇, 张云慧, 祁俊峰, 谢爱婷, 郭书臣, 杨建国, 郑书恒, 2017. 北京延庆甜菜白带野螟的种群动态分析. 中国植保导刊, 37(5): 37–41.]

Zhang Z, Zhang YH, Jiang YY, Xie AT, Wei SJ, Cheng DF, Jiang JW, Zhang FM, Peng H, 2013. Monitoring of the population dynamics of *Proxenus lepigone* (Lepidoptera: Noctuidae) in north China and analysis of the source of its populations in northern Beijing. *Acta Entomologica Sinica*, 56(10): 1189–1202. [张智, 张云慧, 姜玉英, 谢爱婷, 魏书军, 程登发, 蒋金炜, 张方梅, 彭赫, 2013. 华北二点委夜蛾种群动态监测及北京北部地区虫源性质分析. 昆虫学报, 56(10): 1189–1202.]

Zhou XY, Zhao SY, Chen SJ, Cai B, Tang HR, Wu KM, 2019. Diversity of airborne insects in Sansha city, Hainan province. *Chinese Journal of Applied Enomology*, 56(4): 804–818. [周先涌, 赵胜园, 陈少健, 蔡波, 唐海荣, 吴孔明, 2019. 海南省三沙市空中昆虫类群结构研究. 应用昆虫学报, 56(4): 804–818.]