



吉林省中西部地区大豆蛾类害虫的群落结构及多样性研究

孙 嵬¹, 潘艺元², 杨 微¹, 周佳春¹, 高月波^{1,2}

(1. 吉林省农业科学院 植物保护研究所/农业部东北作物有害生物综合治理重点实验室, 吉林 公主岭 136100; 2. 吉林农业大学 植物保护学院, 吉林 长春 130118)

摘 要:为探明吉林省中西部地区大豆蛾类害虫的群落组成及多样性, 以对此类害虫进行监测预警及综合治理, 本研究于 2017—2020 年利用高空探照灯逐日诱集蛾类昆虫并分类, 分析虫源、危害方式, 阐明种群动态, 并在此基础上对大豆蛾类害虫群落多样性进行研究。结果表明: (1) 共采集、鉴定大豆蛾类害虫 7 科 18 种, 优势科为夜蛾科, 种数占比达到 50%。虫群来源包括本地越冬、单纯迁入、本地越冬结合迁入。按危害方式划分为地下害虫、钻蛀害虫、食叶害虫。明确了 11 个种群中数量大、可造成危害的关键害虫的种群动态。 (2) 蛾类群落丰富度随时间呈现波浪式变化, 5 月和 10 月的蛾类群落丰富度相对较低, 8 月群落多样性相对较高, 均匀度随时间变化不明显。5 月和 6 月的群落相似性高, 10 月与各月的相似性系数都较低。明确了各月份优势度指数较高的种类。本研究结果提供了吉林省中西部地区详尽的大豆蛾类害虫群落结构资料。

关键词:鳞翅目; 大豆害虫; 高空探照灯; 群落多样性; 种群动态

Study on Structure and Diversity of Soybean Moths Communities in Central and Western Jilin Province

SUN Wei¹, PAN Yi-yuan², YANG Wei¹, ZHOU Jia-chun¹, GAO Yue-bo^{1,2}

(1. Key Laboratory of Interated Pest Management on Crops in Northeast, Ministry of Agriculture/Institute of Plant Protection, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Gongzhuling 136100, China; 2. College of Plant Protection, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China)

Abstract: In order to explore the community composition and diversity of soybean moth pests in the central and western regions of Jilin Province, to monitor, early warning and comprehensive management of these pests, we investigated the moths communities of Lepidoptera by vertical-pointing searchlight-traps from 2017 to 2020 to reveal the composition, population source, harm way, population dynamics and community diversity. The results showed as follows: (1) There were 18 soybean moth species belonging to 7 families, Noctuidae was the main family, and the proportion of individual species was 50%. Population source consisted of overwintering, migration, overwintering and migration. Based on harm way, these species were divided into underground, borer and leaf-eating pests. The population dynamics of most abundant eleven species were analyzed. (2) The varied richness exhibited a discreet picking phenomenon. The index of richness in May and October were relative higher, while index of community diversity in August was relative higher than other moths. The evenness index was not significantly correlated with season. The community similarity was very high between May and June, while those were very low between October and other moths. The dominant species in different moths were confirmed. In conclusion, this study provides theoretical basis for community structure of soybean moth pests in the central and western regions of Jilin Province.

Keywords: Lepidoptera; Soybean pest; Vertical-pointing searchlight-traps; Community diversity; Population dynamics

吉林省位于东北地区的中部, 是我国重要的农作物种植区及粮食输出省份^[1]。近年来吉林省优化种植结构, 全省大豆种植面积持续增长, 达到 26.67 万 hm² 以上。吉林省按地貌主要分为东部山地和中西部平原。中西部平原地区位于松辽平原腹地, 因气候和地形等优势, 是吉林省大豆种植的重要区域。大豆虫害是影响栽培大豆产量和品质的重要生物因子, 严重影响着吉林省中西部区域大豆产业发展。鳞翅目蛾类害虫是大豆害虫中重要的一个类群, 其以幼虫为害, 属完全变态类昆虫, 常

见的有地老虎、斜纹夜蛾 (*Spodoptera litura* Fabricius)、豆卜馍夜蛾 (*Bomolocha tristalis* Lederer)、豆天蛾 (*Clanis bilineata tsingtauca* Mell)、大造桥虫 [*Ascotis selenaria* (Schifferrmüller et Denis)]、草地螟 [*Loxo-stege sticticalis* (L.)]、大豆食心虫 (*Leguminivora glycinivorella* Matsumura) 等。蛾类害虫在吉林省中西部地区大豆田发生严重^[2]。

前人针对吉林省大豆蛾类害虫的研究工作主要集中在大豆食心虫, 内容包括生理生化、生长发育、性诱监测与防治工作等^[3-6], 对其它大豆蛾类害

收稿日期: 2021-05-30

基金项目: 吉林省科技发展规划重点研发项目 (20210202120NC); 吉林省农业科学院创新工程创新团队项目 (CXGC2021TD001); 吉林省农业科学院基本科研经费 (KYJF2021ZR015)。

第一作者: 孙嵬 (1982—), 男, 博士, 副研究员, 主要从事昆虫生态学研究。E-mail: swwsw1221@sina.com。

通讯作者: 高月波 (1974—), 男, 博士, 研究员, 主要从事昆虫与害虫防治研究。E-mail: gaoyuebo8328@163.com。

虫的研究报道较少,鲜见针对吉林省中西部蛾类害虫种类及群落组成的相关研究。目前对于大豆蛾类害虫群落组成及多样性研究的缺乏不利于害虫预测预报及防控工作的开展。基于此,本研究于2017—2020年,利用高空探照灯,在吉林省中西部地区的公主岭市,对大豆蛾类害虫的种类进行了系统调查,并依据周燕等^[7]报道的跨越渤海迁入东北的蛾子种类分析了虫源组成,阐明了关键种在此地区的种群消长动态,在此基础上研究了蛾类群落多样性水平。研究旨在明确吉林省中西部地区大豆蛾类害虫的种类组成,为蛾类害虫监测预警体系的建立及绿色防控技术的完善提供科学理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

吉林省属温带大陆性季风气候,四季分明,无霜期100~160 d。年平均气温5.6℃,夏季平原平均气温23℃以上,冬季寒冷漫长,平均气温-11℃以下,作物生长期为4—10月。调查期内,除2020年有台风发生,其它年份未见特殊气象条件。试验选择在吉林省公主岭市吉林省农业科学院试验基地进行(43°31'69"N,124°49'28"E)。基地农作物种类除大面积种植的大豆[*Glycine max* (L.) Merr.]外,还包括玉米[*Zea mays* (L.)]、高粱[*Sorghum bicolor* (L.) Moench]和小麦[*Triticum aestivum* (L.)]等。

1.2 方法

1.2.1 高空探照灯取样 采用自制的高空探照灯逐日诱集蛾类昆虫,高空探照灯的具体设计参照程登发等^[8]的报道,所用的光源为ZJD 1 000 W金属卤化物灯、GT75型探照灯(上海亚明照明有限公司)。在试验区设立1台高空探照灯,安装于四周空旷的空地,四周无遮挡光线的高建筑,距离大豆田约100 m。具体的设置方法为:利用铁圈将灯固定在大漏斗内,灯光发出向上照射的光柱,诱集到的昆虫掉入塑料水桶中(内有微量洗衣粉溶液)。利用定时器控制开关,日落开灯,日出关闭,每日清晨取虫,带回室内烘干、分类并统计。各年的调查时间分别为2017年5月9日—9月28日、2018年5月9日—9月28日、2019年3月13日—10月20日、2020年3月24日—10月19日。

1.2.2 种类鉴定 采集蛾类标本的分类鉴定主要参考以下专著:《中国动物志》^[9-11]、《中国经济昆虫志》^[12-16]、《中国蛾类图鉴(I-IV)》^[17]和《大豆害虫综合防控理论与技术》^[18]。

为提高鉴定准确性,本研究使用了DNA分子鉴

定方法确认部分蛾类物种。具体方法是选用DNA条形码引物 LCO1490 (5'-GGTCAACAAATCATAA-AGATATTGG-3')和 HCO2198 (5'-TAAACTTCAGGG-TGACCAAAAAATCA-3')^[19]对未知种的基因组DNA进行PCR扩增,扩增成功后委托生工生物工程(上海)股份有限公司单向测序,测序结果在NCBI网站上进行BLAST比对、确认,与GenBank上已发表物种序列一致性达99%以上则确认为该物种。详细的试验方法、分析方法参照孙崑等^[20]。

1.2.3 虫源分析 依据周燕等^[7]在渤海中间的山东省长岛县系统监测并明确的跨越渤海迁飞的昆虫种类结果,确认本研究所诱蛾类是否有跨海迁飞进入吉林的行为。

1.3 数据分析

采用戈峰等^[21]各种多样性指数对蛾类群落多样性进行分析。采用Excel 2010软件对各项数据进行分析并制图。丰富度(S)为灯下蛾类群落中调查到的物种数。

群落多样性指数 $H' = -\sum_{i=1}^S Pi \ln Pi$, 式中, Pi 为第*i*种蛾的数量占蛾类总量的比例。

均匀性指数 $J' = \frac{H'}{H'_{max}} = \frac{H'}{\ln S}$ 。

不同月份蛾类群落相似性 $I = \frac{2J}{a+b}$, 式中, I 为相似性, a 为A月蛾类种类数, b 为B月蛾类种类数, J' 为A、B两月相同种类数。

优势度指数 (Berger-Parker 优势度指数) $Dn = Ni/N$, 式中, Ni 和 N 分别为第*i*种蛾类数量和蛾类总量。

2 结果与分析

2.1 吉林省中西部地区蛾类害虫的群落组成

2017—2020年对大豆田蛾类群落连续取样,利用高空探照灯共采集、鉴定大豆蛾类害虫18种,分属鳞翅目的7科。其中,夜蛾科(数量占比50%)为优势科,其它包括灯蛾科(16.67%)、草螟科(11.11%)、刺蛾科(5.56%)等(表1)。

本研究采用DNA分子标记法,通过测序确认了3种蛾类昆虫。跨越渤海迁入吉林的种类为人纹污灯蛾(红腹白灯蛾)、白雪灯蛾、草地螟、豆莢野螟、小地老虎、银纹夜蛾、棉铃实夜蛾(棉铃虫)、贪夜蛾(甜菜夜蛾)。

在危害方式上,可分为3类:一是地下害虫(小地老虎);二是钻蛀害虫(豆莢野螟);三是食叶害虫(其它16种)。

本研究统计的是在此区域以大豆为主要寄主的害虫种类。部分昆虫为害植物范围广,除为害主要寄主植物外,也为害大豆。此类昆虫灯下可见黄地老虎[*Agrotis segetum* (Denis et Schiffermüller)]、

苜蓿夜蛾[*Heliothis virescens* (Hufnagel)]、二点委夜蛾 [*Athetis lepigone* (Möschler)]、美国白蛾 [*Hyphantria cunea* (Drury)] 和粘虫 [*Mythimna separata* (Walker)] 等。

表 1 吉林省中西部大豆蛾类害虫的群落组成

Table 1 The composition of moth species in central and western Jilin Province		
科 Family	种 Species	拉丁名 Grusjaponensis
灯蛾科 Arctiidae	白雪灯蛾	<i>Chionarctia niveus</i> (Ménétriés , 1859)
	优美苔蛾	<i>Mitochrista striata</i> (Wileman , 1910)
	人纹污灯蛾	<i>Spilarctia subcarnea</i> (Walker , 1855)
尺蛾科 Geometridae	大造桥虫	<i>Ascotis selenaria</i> (Schiffermüller et Denis , 1775)
刺蛾科 Limacodidae	褐边绿刺蛾	<i>Parasa consocia</i> Walker , 1865
毒蛾科 Lymantriidae	古毒蛾	<i>Orgyia antique</i> (Linnaeus , 1758)
草螟科 Crambidae	草地螟	<i>Loxostege sticticalis</i> (Linnaeus , 1761)
	豆莢野螟	<i>Maruca vitrata</i> (Fabricius , 1787)
天蛾科 Sphingoidae	洋槐天蛾	<i>Clanis deucalion</i> (Walker , 1856)
夜蛾科 Noctuidae	小地老虎○	<i>Agrotis ipsilon</i> (Hufnagel , 1766)
	后委夜蛾○	<i>Athetis gluteosa</i> (Treitschke , 1835)
	筱客来夜蛾	<i>Chrysorithrum flavomaculata</i> (Bremer , 1861)
	银纹夜蛾	<i>Ctenoplusia agnata</i> (Staudinger , 1892)
	棉铃实夜蛾	<i>Helicoverpa armigera</i> (Hübner , [1805])
	豆鬚须夜蛾	<i>Hypena tristalis</i> (Lederer , 1853)
	瘦银锭夜蛾	<i>Macdunnoughia confusa</i> (Stephens , 1850)
	焰夜蛾	<i>Pyrrhia umbra</i> (Hufnagel , 1766)
	贪夜蛾○	<i>Spodoptera exigua</i> (Hübner , [1808])

○. DNA 分子标记及测序确认物种。
○. The species confirmed by molecular marker and DNA sequencing.

2.2 吉林省中西部地区蛾类害虫的种群动态

部分蛾类的种群数量处于较低水平。白雪灯蛾、优美苔蛾、褐边绿刺蛾、豆鬚须夜蛾、筱客来夜蛾、古毒蛾和豆莢野螟在调查期间仅少量被调查到,在田间也较为少见,无法进一步分析其发生规律。图 1 为发生量较高的蛾类的消长规律。大造桥虫种群发生动态在整个发生期呈双峰型,分别为 6 月和 8 月,除 2019 年诱集量较高外,其它年份峰值差异不大。部分蛾类的种群动态呈现明显的单峰型,人纹污灯蛾发生高峰期集中在 7 月下旬至 8 月上旬,银纹夜蛾发生高峰期集中在 8—9 月,焰夜蛾发生高峰期集中在 7—9 月,贪夜蛾发生高峰期集中在 8—9 月。其中,人纹污灯蛾、银纹夜蛾、焰夜蛾在 2019 年诱集数量较高,贪夜蛾各年度间的

数值差异不大。草地螟在 5—8 月均可见,2019 年数量较高,在局部地区形成了危害。棉铃实夜蛾主要发生在 8—10 月,包括迁入、迁出两个时期,2020 年数量较高,其它年份差异不大。小地老虎主要发生在 6—8 月,洋槐天蛾在 6 月和 7 月可见,瘦银锭夜蛾在 5—9 月可见,后委夜蛾在 5—7 月可见。

2.3 吉林省中西部地区蛾类害虫的群落多样性

研究表明蛾类昆虫群落的丰富度随时间呈波浪式变化,不同年度之间变化的趋势相近,5 月和 10 月数值处于较低水平,与此时期当地较低的温度有直接关系。9 月份具有相对较高的数值。物种数以 2019 年 7 月调查最多,共 12 种(图 2A)。

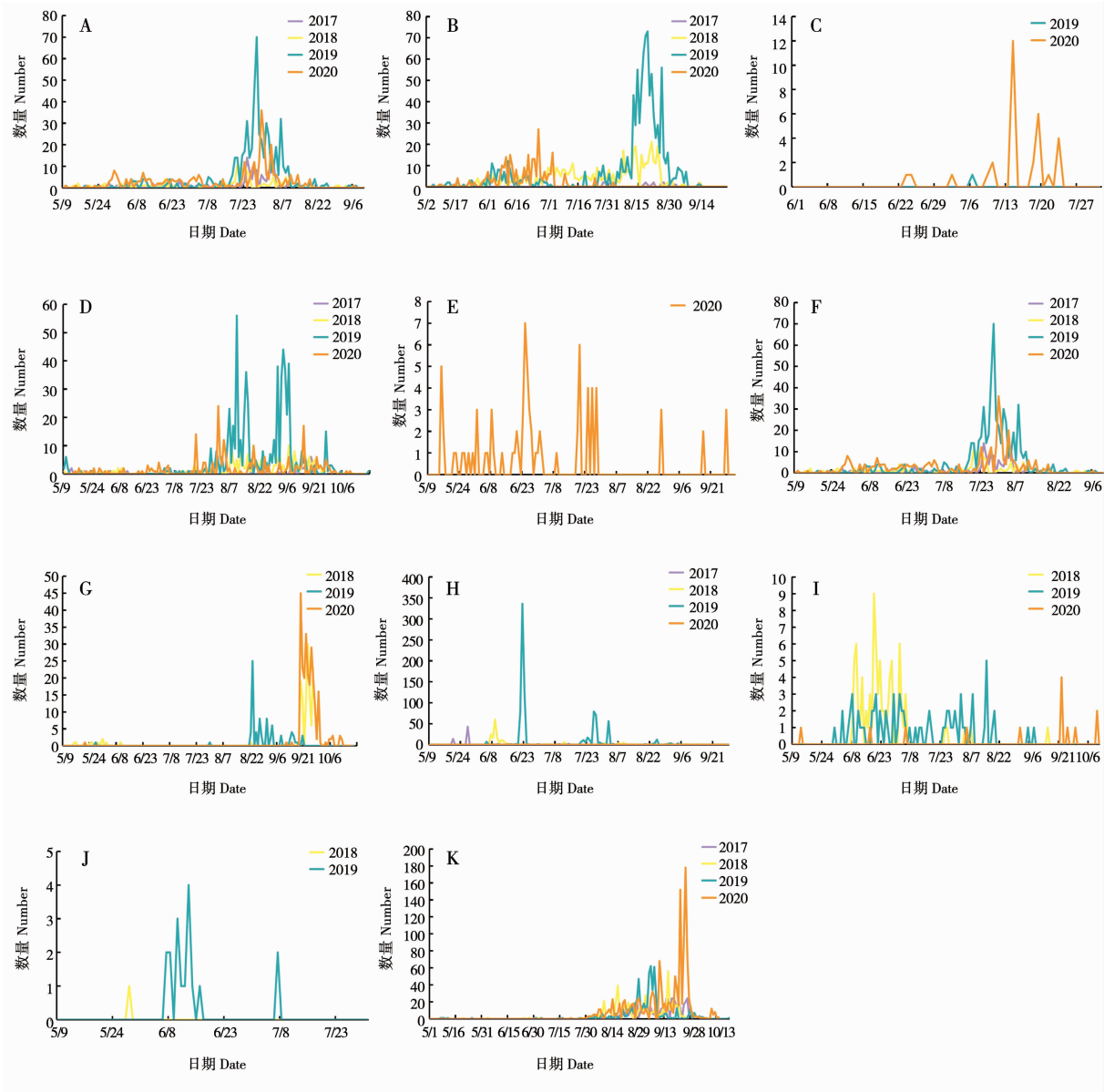
群落的多样性指数显示,一般来说以 8 月的数值最高(0.967 9 ~ 1.537 9),说明此时期昆虫群落

结构最稳定。但2020年的5月和7月多样性指数维持在较高水平(1.475 9和1.610 2)。相对来说,10月的多样性数最低(0.590 8~0.911 4)(图2B)。

群落的均匀性指数来看,均匀度随时间变化不明显,各调查年份的最高值分别出现在5月、6月、7月和10月(图2C)。

各月优势度最高物种的指数变化总体呈现上升的趋势(图2D)。较低的数值,说明此月优势种

的优势度不明显,较高的数值则说明此月份有较为优势的物种。各月的优势度指数较高的种类均为此月此区域重要的大豆害虫。5月和6月优势度最高的是草地螟,属早期重要害虫。7月的优势种是人纹污灯蛾。8月的优势种大造桥虫是大豆田内常见的重要害虫。9月和10月的棉铃虫则属迁飞害虫,这段时间是其在吉林省的迁出期。

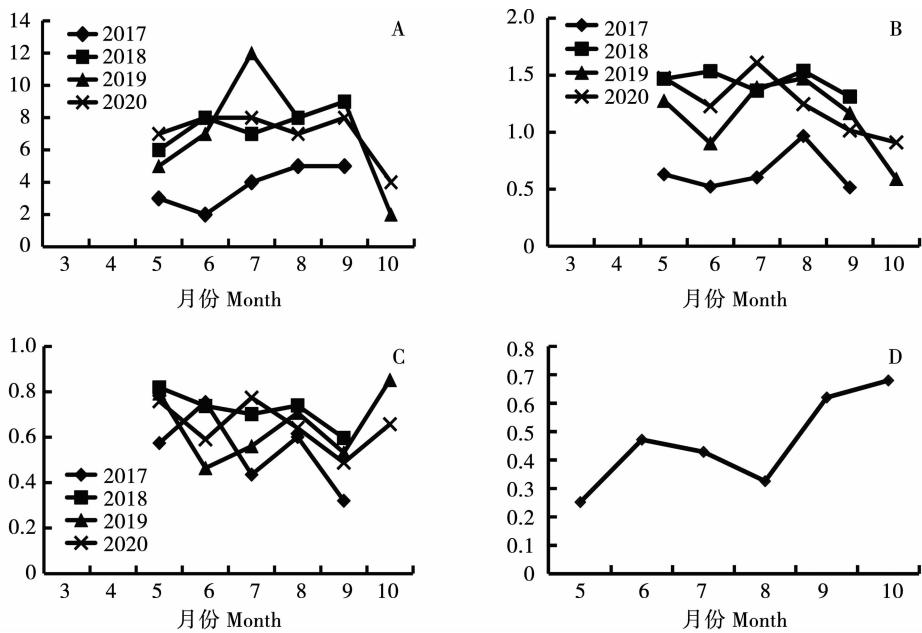


A. 人纹污灯蛾;B. 大造桥虫;C. 洋槐天蛾;D. 银纹夜蛾;E. 瘦银锭夜蛾;F. 焰夜蛾;G. 贪夜蛾;H. 草地螟;I. 小地老虎;J. 后委夜蛾;K. 棉铃实夜蛾。

A. *Spilartcia subcarnea*;B. *Ascotis selenaria*;C. *Clanis deucalion*;D. *Ctenoplusia agnata*;E. *Macdunnoughia confusa*;F. *Pyrrhia umbra*;
G. *Spodoptera exigua*;H. *Loxostege sticticalis*;I. *Agrotis ipsilon*;J. *Athetis gluteosa*;K. *Helicoverpa armigera*.

图1 2017—2020年高空探照灯灯下蛾类种群动态图

Fig.1 The population dynamics of moth pests by vertical-pointing searchlight-traps during 2017 – 2020



A. 丰富度;B. 多样性指数;C. 均匀性指数;D. 优势度指数。
A. S;B. H';C. J';D. Dn.

图 2 2017—2020 年不同月份蛾类群落多样性指数变化

Fig. 2 The monthly variation of diversity indices of moth communities in different moths during 2017 – 2020

2.4 吉林省中西部地区蛾类害虫的群落相似性

利用相似性系数计算各月间蛾类群落相似系数,未见规律性,均值为 0.706 2(表 2)。10 月与各月群落相似性水平均较低。不同月份昆虫群落相似性指数最高的是 5 月和 6 月(0.952 4),主要原因是早期蛾类发生种类相近。6 月与 10 月蛾类的共有种较少,相似度系数最低(0.266 7),可能是由于 10 月气温降低,蛾类发生种类减少。

表 2 各月蛾类群落之间的相似性

Table 2 The monthly variation of moth communities on similarity indices						
月份 Month	5 月 May	6 月 June	7 月 July	8 月 August	9 月 September	10 月 October
5 月 May	1					
6 月 June	0.9524	1				
7 月 July	0.7826	0.8333	1			
8 月 August	0.9000	0.8571	0.6957	1		
9 月 September	0.8182	0.7826	0.8000	0.9091	1	
10 月 October	0.5714	0.2667	0.3529	0.5714	0.5000	1

3 讨 论

3.1 吉林省中西部地区蛾类害虫的群落结构

本研究于 2017—2020 年 4 年间通过灯光监测,共采集和鉴定了 7 科 18 种以大豆为主要寄主的蛾类害虫。种类以夜蛾科最多,种类占比达到 50%。与许向利等^[22]报道的陕西关中大豆鳞翅目害虫种类相比,种类有部分相同,但也存在差异。表明大豆害虫分布有地域性差异,不同大豆生态区发生种类与数量存在一定差别。吉林省中西部属北方一熟春大豆生态区,害虫种类相对较少。而对于黄淮海二熟春夏大豆生态区、中南多熟春夏秋大豆生态区这些农田环境更为复杂的生态区,害虫种类更多^[18]。与气候适宜昆虫全年多世代繁殖的区域相比,东北地区冬季寒冷,不利于部分昆虫越冬^[23]。这造成蛾类害虫的虫源组成复杂,涉及越冬以及远距离迁入。本研究将虫源来源分为本地越冬、单纯迁入、本地越冬结合迁入。具体的种类来看,贪夜蛾、棉铃虫、小地老虎为吉林省外来入侵害虫(单纯迁入),其发生情况取决于虫源地的发生量,涉及异地预报^[24]。部分种类属于混合发生,既有跨海迁入的虫源也有本地越冬的虫源(本地越冬结合迁入),包括白雪灯蛾、人纹污灯蛾、草地螟、豆莢野螟和银纹夜蛾,需通过卵巢解剖等研究方法,才能明确其虫源性质。优美苔蛾、大造桥虫、褐边绿刺蛾、古毒

蛾、洋槐天蛾、筱客来夜蛾、豆鬓须夜蛾、瘦银锭夜蛾、焰夜蛾和后委夜蛾则是能在本区域越冬的本地害虫,可根据历年的发生时期进行预测预报及防治。

以危害方式分类,除少量钻蛀害虫、地下害虫外,此区域大豆蛾类害虫主体属食叶害虫。食叶害虫是东北地区大豆重要的危害类型,其危害特点是取食叶片,造成叶片残缺,危害豆荚,严重影响大豆产量和品质^[25-26]。

害虫的危害方式是在此生态区长期环境适应的结果。根据逐日数据对大豆蛾类害虫的消长规律进行了分析。除数量较少的蛾类外,大多数蛾类害虫在不同年份间发生时期相近,表明无论虫源组成如何,都有着较为稳定的种群动态规律。这个规律与当地大豆栽培周期密切相关,害虫危害期较为稳定。不同年份之间,由于迁入虫量及气候因素的影响,蛾类害虫峰值有所差别。某种蛾类峰值较高的年份,幼虫成灾的可能性就更大。根据当年的虫量结合本研究所述的蛾类害虫的发生规律,推测其自然条件下各虫态的时间动态可制定科学的测报和防控策略^[27]。部分蛾类害虫种群动态图呈波动式增长,出现多峰型,说明害虫在田间有世代重叠及多世代发生的现象。

3.2 吉林省中西部地区蛾类害虫的群落多样性

群落丰富度体现蛾类物种的多寡,大豆蛾类害虫的丰富度与温度、植物生长状态有关。物种数在5月和10月都较低,其他月份都维持在较高水平。9月的蛾类物种数也较多,此时期的蛾类即将进入越冬或向南回迁状态,较高的丰富度对促进其种群的稳定有着重要的进化学意义。蛾类种类数量的变化与此区域蝗虫群落种类组成的变化相近^[28]。群落多样性指数是测定群落的组成与结构水平的重要指标,反映群落物种的富集度、变异程度及环境适应度^[29-33]。群落多样性受生境中植被类型、温湿度等环境因素影响。杜春花等^[34]通过研究提出气温是影响灯下昆虫群落多样性变化的主要因素。8月是昆虫的活跃高峰期,蛾类种类丰富,对8月份的气候适应性最强,此时期也是田间害虫的活跃时期。丰富的群落多样性能促进蛾类自然种群的稳定。

均匀性是衡量群落均匀程度的指数,个体数分配越均匀则数值就越大,群落也趋于更加稳定。均匀性指数与上述指数的变化趋势不同,没有体现出时间规律性。群落的相似性反映了蛾类群落物种

组成的相似程度,可为划分群落之间的相近程度提供可靠依据。相似系数较大,表明这两个月的昆虫群落结构较为相似,但因部分蛾类生长周期长、世代重叠及多世代现象,使得群落相似性的规律不明显。10月与其他月份相似系数较低,说明因时间跨度较大及物种变少,群落结构差别较大。此结果与门丽娜等^[35]对于人工沙棘林灯下蛾类群落各月相似性的研究结论一致。本研究限于同一生态区不同月份之间的比较,而不同的大豆生态区因农田生态背景复杂,对相似性或许有更大的影响。本研究所选的监测区域具较高的代表性,研究结果可为吉林省大豆蛾类害虫的分布提供必要的基础理论数据,为蛾类害虫的有效管理及综合治理提供科学依据。由于吉林省区域内气候差异、生境复杂、植物多样性高,相同的害虫在不同区域有着不同的发生世代及危害规律(如玉米螟)^[36]。在今后的研究工作中,还应扩大取样范围,进一步明确大豆蛾类害虫在吉林省的分布情况。

4 结 论

本研究基于4年的系统灯诱数据,明确了吉林省中西部地区存在18种大豆蛾类害虫,分属于鳞翅目昆虫的7个科,以夜蛾科种类数量最多,为优势科。种群的虫源组成分析将其来源划分为跨渤海迁入及本地越冬虫群。并按危害方式将蛾类害虫划分为地下害虫、钻蛀害虫、食叶害虫3大类。灯下种群数量高、具威胁的11种主要蛾类成虫种群消长规律研究结果揭示了其幼虫虫态的危害时间。蛾类群落的组成及结构、群落多样性的指数变化随时间动态的变化规律以及各月之间蛾类昆虫组成的相似程度的结果表明吉林省中西部地区大豆蛾类害虫与作物生长情况、温度等影响因子的关系是长期适应性进化的结果。

参考文献

[1] 刘玉兰,元明浩,范文忠,等. 播种期对吉林小粒大豆生育进程、产量及品质的影响[J]. 大豆科学, 2019, 38(4): 542-547. (Liu Y L, Yuan M H, Fan W Z, et al. Effects of sowing date on development process, yield and quality of *Glycine gracilis* in Jilin[J]. Soybean Science, 2019, 38(4): 542-547.)

[2] 晋齐鸣. 东北地区玉米、大豆重要病虫害识别与防治[M]. 长春: 吉林出版集团, 2011. (Jin Q M. Identification and control of important diseases and insect pests of maize and soybean in Northeast China [M]. Changchun: Jilin Publishing Group Press, 2011.)

[3] 付晓霞,徐伟,卢爱军,等.大豆植株挥发物组分变化与大豆食心虫为害的关系[J].吉林农业大学学报,2014,36(4):389-394. (Fu X X, Xu W, Lu A J, et al. Relationship between components change of soybean volatile and *Leguminivora glycinivorella* infestation [J]. Journal of Jilin Agricultural University, 2014, 36(4): 389-394.)

[4] 史树森,崔娟,徐伟,等.温度对大豆食心虫卵和幼虫生长发育的影响[J].中国油料作物学报,2014,36(2):250-255. (Shi S S, Cui J, Xu W, et al. Effects of temperature on growth of *Leguminivora glycinivorella* eggs and larva[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2014, 36(2): 250-255.)

[5] 宋鹏翔,崔娟,李维宇,等.5种杀虫剂对大豆食心虫防治效果[J].大豆科技,2014(2):40-42. (Song P X, Cui J, Li W Y, et al. Control efficacy of 5 pesticides on *Leguminivora glycinivorella* [J]. Soybean Science & Technology, 2014(2): 40-42.)

[6] 李旋,崔娟,秦昊东,等.大豆食心虫田间性诱监测与防治指标研究[J].中国油料作物学报,2020,42(4):701-707. (Li X, Cui J, Qin H D, et al. Control index and monitoring of *Leguminivora glycinivorella* using sexual attractant trapping in field [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2020, 42(4): 701-707.)

[7] 周燕,张浩文,吴孔明.农业害虫跨越渤海的迁飞规律与控制策略[J].应用昆虫学报,2020,57(2):233-243. (Zhou Y, Zhang H W, Wu K M. Frequency of migration of agricultural pests across the Bohai Sea in Northern China and a control strategy for these species [J]. Chinese Journal of Applied Entomology, 2020, 57(2): 233-243.)

[8] 程登发,封洪强,吴孔明.扫描昆虫雷达与昆虫迁飞监测[M].北京:科学出版社,2005. (Cheng D F, Feng H Q, Wu K M. Scanning insect radar and insect migration monitoring[M]. Beijing: Science Press, 2005.)

[9] 朱弘复,王林瑶.中国动物志:第十一卷鳞翅目天蛾科[M].北京:科学出版社,1997. (Zhu H F, Wang L Y. Zoology of China: Vol. 11 Lepidoptera, Spodoptera[M]. Beijing: Science Press, 1997.)

[10] 陈一心.中国动物志:第十六卷鳞翅目夜蛾科[M].北京:科学出版社,1999. (Chen Y X. Zoology of China: Vol. 16 Lepidoptera Noctuidae[M]. Beijing: Science Press, 1999.)

[11] 薛大勇,朱弘复.中国动物志:第十五卷鳞翅目尺蛾科花尺蛾亚科[M].北京:科学出版社,1999. (Xue D Y, Zhu H F. Zoology of China: Vol. 15 Lepidoptera Geometridae Larentinae [M]. Beijing: Science Press, 1999.)

[12] 朱弘复,陈一心.中国经济昆虫志:第三册鳞翅目夜蛾科(一)[M].北京:科学出版社,1963. (Zhu H F, Chen Y X. Chinese economic insect records: Volume 3-Noctuidae of Lepidoptera (1)[M]. Beijing: Science Press, 1963.)

[13] 朱弘复,方承莱,王林瑶.中国经济昆虫志:第七册鳞翅目夜蛾科(三)[M].北京:科学出版社,1963. (Zhu H F, Fang C L, Wang L Y. Economic Entomology of China: Volume 7 Lepidoptera Noctuidae (3)[M]. Beijing: Science Press, 1963.)

[14] 朱弘复,杨集昆,陆近仁,等.中国经济昆虫志:第六册鳞翅目夜蛾科(二)[M].北京:科学出版社,1964. (Zhu H F, Yang J K, Lu J R, et al. Economic Entomology of China: Volume 6 Lepidoptera Noctuidae (2)[M]. Beijing: Science Press, 1964.)

[15] 赵仲苓.中国经济昆虫志:第十二册鳞翅目毒蛾科[M].北京:科学出版社,1978. (Zhao Z L. Economic Entomology of China: Volume 12 Lepidoptera moth family[M]. Beijing: Science Press, 1978.)

[16] 赵仲苓.中国经济昆虫志:第四十二册鳞翅目毒蛾科(二)[M].北京:科学出版社,1994. (Zhao Z L. Economic Entomology of China: Vol. 42 Lepidoptera moth family (2) [M]. Beijing: Science Press, 1994.)

[17] 中国科学院动物研究所.中国蛾类图鉴(I-IV)[M].北京:科学出版社,1983. (Institute of Zoology. Atlas of moths in China (I-IV)[M]. Beijing: Science Press, 1983.)

[18] 史树森.大豆害虫综合防控理论与技术[M].长春:吉林出版集团有限责任公司,2013. (Shi S S. Theory and technology of integrated control of soybean pests [M]. Changchun: Jilin Publishing Group Co., Ltd Press, 2013.)

[19] Folmer O, Black M, Hoeh W, et al. DNA primers for amplification of mitochondrial *cytochrome oxidase* subunit I from diverse metazoan invertebrates [J]. Molecular Marine Biology and Biotechnology, 1994, 3(5): 294-299.

[20] 孙崑,张柱亭,董辉,等.基于线粒体COI基因序列的黄胫小车蝗不同地理种群的遗传分化及基因流分析[J].昆虫学报,2013,56(8):907-916. (Sun W, Zhang Z T, Dong H, et al. Analysis of genetic differentiation and gene flow among different geographic populations of *Oedaleus infernalis* (Orthoptera: Acrididae) based on mtDNA COI gene sequences [J]. Acta Entomologica Sinica, 2013, 56(8): 907-916.)

[21] 戈峰.昆虫生态学原理与方法.北京:高等教育出版社,2008. (Ge F. Principle and methods of insect ecology [M]. Beijing: Higher Education Press, 2008.)

[22] 许向利,仵均祥,成卫宁.陕西关中大豆害虫种类调查与综合防治技术探讨[J].陕西农业科学,2020,66(9):63-65,70. (Xu X L, Wu J X, Cheng W N. Survey for soybean pest species in Guanzhong of Shaanxi and discussion of integrated management[J]. Shaanxi Journal of Agricultural Sciences, 2020, 66(9): 63-65, 70.)

[23] 李绵春,陈瑞鹿,刘增义,等.吉林省粘虫猖獗世代发生虫源的研究——I.发生虫源的探讨和越冬问题研究.昆虫学报,1965,14(1):23-33. (Li M C, Chen R L, Liu Z Y, et al. Studies on the source of the early spring generation of the armyworm, *Leucania separata* walker, in Jilin Province [J]. Acta Entomologica Sinica, 1965, 14(1): 23-33.)

[24] 刘健,赵奎军.中国东北地区大豆主要食叶害虫空间动态分析[J].中国油料作物学报,2012,34(1):69-73. (Liu J, Zhao K J. Distribution characteristics and spatial distribution pattern of leaf-feeding pest species in soybean in northeast China [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2012, 34(1): 69-73.)

[25] 吴孔明,翟保平,封洪强,等.华北北部地区二代棉铃虫成虫迁飞行为的雷达观测.植物保护学报,2006,33(2):163-

167. (Wu K M, Zhai B P, Feng H Q, et al. Radar observations on the migratory behavior of the second generation cotton bollworm moths in the north part of Northern China[J]. Journal of Plant Protection, 2006, 33(2): 163-167.)

[26] 刘健, 赵奎军. 中国东北地区大豆主要食叶性害虫种类分析[J]. 应用昆虫学报, 2010, 47(3): 576-581. (Liu J, Zhao K J. A study on leaf-feeding pest species in soybean in Northeast China [J]. Chinese Journal of Applied Entomology, 2010, 47(3): 576-581.)

[27] 闫锋, 许胜利, 贾莉, 等. 双条杉天牛卵发育起点温度和有效积温研究[J]. 中国森林病虫, 2020, 39(5): 18-21. (Yan F, Xu S L, Jia L, et al. Developmental threshold temperature and effective accumulated temperature of *Semanotus bifasciatus* eggs [J]. Forest Pest and Disease, 2020, 39(5): 18-21.)

[28] 赵卓, 于艳萍, 任炳忠. 吉林省四平郊区蝗虫群落组成及其时间动态研究[J]. 吉林农业大学学报, 2004, 26(3): 267-271. (Zhao Z, Yu Y P, Ren B Z. Study on composition and seasonal dynamic of locust communities in siping suburbs of Jilin Province[J]. Journal of Jilin Agricultural University, 2004, 26(3): 267-271.)

[29] 杨向东, 董建臻, 李瑞军, 等. 冀西北坝上地区灯下蛾类群落结构特征[J]. 生态学报, 2010, 30(15): 4234-4240. (Yang X D, Dong J Z, Li R J, et al. Characteristics of community structure of moth under light-trap in northwestern Bashang Plateau of Hebei Province[J]. Acta Ecologica Sinica, 2010, 30(15): 4234-4240.)

[30] Kefford B J, Schäfer R B, Metzeling L. Risk assessment of salinity and turbidity in Victoria (Australia) to stream insects' community structure does not always protect functional traits[J]. Science of the Total Environment, 2011, 415: 61-68.

[31] Shin Y M, Kim I K, Nam J W, et al. Insect community structures along elevation gradients on Mt. Seongak-san, South Korea[J]. Journal of Forestry Research, 2015, 26(4): 1013-1018.

[32] 王玉芹, 丁文静, 刘岩, 等. 丹参田花期昆虫群落结构及多样性研究[J]. 环境昆虫学报, 2020, 42(4): 910-915. (Wang Y Q, Ding W J, Liu Y, et al. The study on structure and diversity of insect community in *Salvia miltiorrhiza* fields during flowering period[J]. Journal of Environmental Entomology, 2020, 42(4): 910-915.)

[33] 王彦苏, 韩善捷, 韩宝瑜. 盛夏西湖龙井茶园色板诱杀的昆虫类群的组成及其趋色性差异[J]. 生态学报, 2020, 40(19): 7093-7103. (Wang Y S, Han S J, Han B Y. Difference in phototaxis of insect groups and their community composition trapped on sticky colored boards in Xihu Longjing tea plantations in the midsummer[J]. Acta Ecologica Sinica, 2020, 40(19): 7093-7103.)

[34] 杜春花, 袁瑞玲, 王艺璇, 等. 云南山地核桃林灯下昆虫多样性分析[J]. 西部林业科学, 2019, 48(6): 54-58, 65. (Du C H, Yuan R L, Wang Y X, et al. Insect diversity of walnut orchard based on light attraction in Yunnan Mountainous area[J]. Journal of West China Forestry Science, 2019, 48(6): 54-58, 65.)

[35] 门丽娜, 张志伟, 王利军, 等. 人工沙棘林灯下蛾类群落结构及时间生态位[J]. 东北林业大学学报, 2016, 44(5): 78-83. (Men L N, Zhang Z W, Wang L J, et al. Characterisitcs of community structure and temporal niches of the light trapped moth in *Hippophae rhamnoides* Linn. plantation [J]. Journal of Northeast Forestry University, 2016, 44(5): 78-83.)

[36] 鲁新, 周淑香, 李丽娟, 等. 吉林省不同地区亚洲玉米螟发生世代的变化[J]. 植物保护学报, 2015, 42(6): 978-984. (Lu X, Zhou S X, Li L J, et al. Generation distribution change of the Asian corn borer *Ostrinia furnacalis* (Guenée) in Jilin Province [J]. Journal of Plant Protection, 2015, 42(6): 978-984.)

协 办 单 位

中国作物学会大豆专业委员会
黑龙江省农业科学院大豆研究所
东北农业大学大豆研究所
吉林省农业科学院大豆研究所
南京农业大学大豆研究所
辽宁省农业科学院作物研究所
河北省农林科学院粮油作物研究所