



刘迪, 戴晋, 侯艳红, 陈莉, 王文豪, 范志业, 陈琦, 师兴凯, 郭鸣, 李世民, 黄建荣. 2010–2019年河南漯河灯下农作物害虫群落结构分析 [J]. 环境昆虫学报, 2021, 43 (4): 879–890.

## 2010–2019年河南漯河灯下农作物害虫群落结构分析

刘迪<sup>1</sup>, 戴晋<sup>1</sup>, 侯艳红<sup>1</sup>, 陈莉<sup>1</sup>, 王文豪<sup>1</sup>, 范志业<sup>1</sup>, 陈琦<sup>1</sup>,  
师兴凯<sup>1</sup>, 郭鸣<sup>2</sup>, 李世民<sup>\*</sup>, 黄建荣<sup>3\*</sup>

(1. 漯河市农业科学院, 国家植物保护鄆城观测实验站, 河南漯河 462300; 2. 漯河市粮油饲料产品质量监督检验站, 河南漯河 462000;  
3. 河南省农业科学院植物保护研究所, 河南省0号昆虫雷达野外观测研究站, 郑州 450002)

**摘要:** 为探明河南省漯河市灯下农作物害虫的群落结构特点, 对2010–2019年设在漯河市郊区农田的虫情测报灯诱集到的农作物害虫进行群落结构分析。结果表明, 这10年共诱集主要农作物害虫546 017头, 分属14科、68种, 以鳞翅目 Lepidoptera 为主 (占总诱虫量61.42%), 其次为鞘翅目 Coleoptera (32.19%)、直翅目 Orthoptera (5.87%) 和半翅目 Hemiptera (0.52%); 14个科中以夜蛾科 Noctuidae (43.44%)、金龟甲科 Scarabaeidae (31.76%) 和螟蛾科 Pyralidae (13.44%) 为优势科; 68种害虫中以暗黑鳃金龟 *Holotrichia parallela* (优势度指数为0.2678)、甜菜夜蛾 *Spodoptera exigua* (0.1077) 为优势种, 以二点委夜蛾 *Athetis lepigone* (0.0927)、黏虫 *Mythimna separata* (0.0792)、棉铃虫 *Helicoverpa armigera* (0.0693)、亚洲玉米螟 *Ostrinia furnacalis* (0.0631) 为丰盛种。近10年调查到的害虫物种数量略有上升, 但总个体数量年度间差异较大; 近10年来部分主要害虫的发生量发生了明显变化, 如二点委夜蛾逐渐由优势种减少为常见种, 棉铃虫优势度逐年波动上升, 小地老虎 *Agrotis ypsilon* Rottemberg、甜菜叶螟 *Hymenia recurvalis* Fabricius 优势度逐年波动下降; 不同的月份内有不同的优势种, 如黏虫在5月中旬–6月中旬、暗黑鳃金龟在6–8月、草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 在10月中下旬为群落优势种。这10年间, 害虫群落多样性指数与均匀度指数年际波动较小, 丰富度指数有升高趋势, 而优势集中性指数年际差异较大; 依据群落结构的时序变化将这些主要害虫在一年中发生时期划分为: 种类上升期、虫量上升期、群落繁盛期和种群消退期4个阶段。根据害虫优势种的发生动态, 可在不同时间重点对优势种进行精准测报和防控。

**关键词:** 农作物害虫; 优势种; 群落结构; 多样性; 种群动态

中图分类号: Q968.1; S433

文献标识码: A

文章编号: 1674–0858 (2021) 04–0879–12

### Community structure of agricultural pests under the lamp in Luohe City of Henan Province from 2010 to 2019

LIU Di<sup>1</sup>, DAI Jin<sup>1</sup>, HOU Yan-Hong<sup>1</sup>, CHEN Li<sup>1</sup>, WANG Wen-Hao<sup>1</sup>, FAN Zhi-Ye<sup>1</sup>, CHEN Qi<sup>1</sup>, SHI Xing-Kai<sup>1</sup>, GUO Ming<sup>2</sup>, LI Shi-Min<sup>1\*</sup>, HUANG Jian-Rong<sup>3\*</sup> (1. Luohe Academy of Agricultural Sciences, National Observing and Experimental Station for Plant Protection in Yancheng, Luohe 462300, Henan Province, China; 2. Luohe Grain, Oil and Feed Product Quality Supervision and Inspection Station, Luohe 462000, Henan Province, China; 3. Institute of Plant Protection, Henan Academy of Agricultural Science, No. 0 Entomological Radar Field Scientific Observation and Research Station of Henan Province, Zhengzhou 450002, China)

基金项目: 河南省现代农业产业技术体系专项 (Z2010–01–09); 公益性行业 (农业) 科研专项 (201403031); 河南省农业科学院优秀青年基金 (2020YQ09); 河南省农业科学院基础性科研工作 (JC014)

作者简介: 刘迪, 女, 硕士, 助理研究员, 主要从事植物保护研究工作, E-mail: 381372125@qq.com

\* 共同通讯作者 Author for correspondence: 李世民, 研究员, 从事植物保护研究, E-mail: ldachong66@sina.com; 黄建荣, 男, 副研究员, 从事植物保护研究, E-mail: hjr130705@126.com

收稿日期 Received: 2021–03–04; 接受日期 Accepted: 2021–03–18

**Abstract:** In order to explore the community structure characteristics of the agricultural pests under the lamp in Luohe City of Henan Province, the community structure of agricultural pests trapped by using forecasting lamps in the suburb of Luohe City from 2010 to 2019 was analyzed. The results showed that 546 017 individuals, 14 families and 68 species of crop pests were collected this ten years. Lepidoptera pest accounted for about 61.42% of the total trapped insects, followed by Coleoptera (32.19%), Orthoptera (5.87%) and Hemiptera (0.52%). Among the 14 families, Noctuidae (43.44%), Scarabaeidae (31.76%) and Pyralidae (13.44%) were most dominant. Among the 68 species, *Holotrichia parallela* (dominance index: 0.2678), *Spodoptera exigua* (0.1077) were most dominant and *Athetis lepigone* (0.0927), *Mythimna separata* (0.0792), *Helicoverpa armigera* (0.0693) and *Ostrinia furnacalis* (0.0631) were the abundant species. There was no significant increased in the number of species in recent ten years, but the total individuals varies greatly from year to year. The occurrence of some major pests has changed significantly in this ten years, for example, *A. lepigone* gradually reduced from dominant species to frequent species, and the dominance of *Ag. ypsilon* and *Hymenia recurvalis* decreased year by year, the dominance of *H. armigera* increased year by year. There were different dominant species in different months, such as *M. separata* from mid May to mid June, *H. parallela* from June to August, and *Spodoptera frugiperda* from mid to late October. During the ten years, the annual fluctuation of community diversity index and evenness index was small, the richness index had a rising trend, and the annual difference of dominance concentration index was largely. According to the time series changes of community structure, the occurrence period of these pests in a year can be divided into four stages: species rising stage, insect population rising stage, community flourishing stage, and population fading stage. According to the occurrence dynamics of the dominant species of pests, we can accurately forecast and control the dominant species at different times.

**Key words:** Agricultural insect pests; dominant species; community structure; diversity; population dynamics

昆虫群落是农田生态系统中重要的组成部分, 研究农田生态系统中害虫群落的组成结构及多样性变化是揭示农业害虫成灾机制并进行可持续治理的基础工作之一(高书晶等, 2004)。通过调查分析不同种植区域内农作物上昆虫群落的组成及动态, 为农业有害生物的可持续管理提供策略(Lili *et al.*, 2020), 调查不同品种内的群落结构, 是评价作物抗性水平的主要途径(沈方圆等, 2020), 调查不同间作下作物产量和昆虫群落组成及多样性, 为农药化肥的减施提供依据(李立坤等, 2019)。同时长期调查昆虫群落是反应气候变化及耕作方式变化的重要数据, 为人类可持续利用土地提供重要依据(Bell *et al.*, 2019; Macgregor *et al.*, 2019)。

一直以来, 我国对农业害虫的防治策略大多针对单一害虫, 而这往往忽视了昆虫群落对害虫控制作用, 这也导致了主要害虫被控制, 而害虫抗药性迅速增加、农药使用寿命迅速缩短, 次要害虫成为主要害虫, 生物多样性降低、生态环境

破坏、农田昆虫群落结构脆弱等一系列问题(Wu *et al.*, 2008; 李晓强等, 2008; Lu *et al.*, 2010b; 高希武, 2010; 陈培育等, 2014; 李国平等, 2015; 萧玉涛等, 2019)。因此, 掌握农作物害虫群落的演替规律, 明确农作物众多害虫的发生危害与暴发成灾因素, 提出害虫监测预警和可持续治理的理论与方法是害虫防治工作的重中之重(陆宴辉等, 2017)。

目前在农田生态系统群落的调查中, 多数农业害虫成虫因为对人工灯光具有明显的趋性, 已经成为群落调查的重要的调查方法之一, 灯光诱集的成虫能够反映害虫的消长变化(张国彦等, 2005; 江幸福等, 2009), 在我国水稻种植区内的稻飞虱和稻纵卷叶螟等(柯汉云等, 2014)、北方旱作种植区的金龟子群落(刘超华等, 2013; 陈琦等, 2020)及对最新入侵物种草地贪夜蛾的监测和防控中得到广泛的应用(江幸福等, 2019; 杨普云等, 2019; 刘杰等, 2019)。

河南省是我国重要的粮食主产区, 全省粮食

作物种植面积稳定在 0.107 亿  $\text{hm}^2$  左右, 全年粮食产量稳定在 650 亿 kg 以上 (河南省统计局, 2019), 保障河南省作物产量对扛稳我国粮食安全具有重要意义。漯河市位于河南中部地区, 耕地面积占全市总面积的 70.25%, 研究农作物害虫群落结构及其时序动态, 精准测报和及时防控优势害虫种类对于保证漯河市粮食生产安全至关重要。同时漯河是我国南北气候的过渡地带, 有独特的地理区位特点, 是迁飞性害虫东方黏虫等迁飞的主要通道 (李光博等, 1964)。因此, 本研究在漯河市城边农田内设置虫情测报灯, 2010 - 2019 年连续观察获得农作物害虫成虫发生情况数据, 分别从群落结构、群落多样性的时间动态等方面对数据进行分析, 以明确目前漯河市农作物害虫的群落结构, 了解不同时期害虫发生特点, 为进一步的害虫预测预报以及综合防控提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

虫情测报灯 1 台, 采用鹤壁佳多科工贸有限公司生产的 JBD<sub>2</sub> 型智能自动虫情测报灯, 光源为 20 W 黑光灯, 主波长 365 nm, 灯管离地高度 1.5 m。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 测报灯周围环境

灯诱地点位于漯河市农业科学院五里岗试验基地 (114°0' E, 33°58' N), 试验地面积 23.35  $\text{hm}^2$ 。测报灯周围地势平坦, 无高大建筑和树木遮挡, 基地内小麦与玉米连作为主, 也有小麦与大豆、花生、芝麻或红薯等作物连作, 麦棉套种等种植模式, 基地外周边农田主要种植小麦和玉米。

当地每年麦收时间在 5 月 25 日 - 6 月 5 日之间, 5 月中旬小面积播种春玉米和春花生, 夏粮作物主要为小麦, 秋粮作物有玉米、大豆、芝麻、花生、红薯等。

#### 1.2.2 调查方法与内容

灯诱时间于每年的 4 月 1 日开始, 10 月 31 日结束。每天收集 1 次诱到的昆虫, 带回室内进行分类鉴定和数量统计 (王平远等, 1983; 蒋金炜等, 2014; 雷仲仁等, 2014), 昆虫鉴定到种。

#### 1.2.3 数据分析

使用 Excel 和 DPS 18.10 版数据处理软件进行数据处理和分析, 群落结构特征采用优势度、多

样性、丰富度、均匀度及优势集中性等指数进行分析 (丁岩钦, 1994; 张孝羲, 1994)。

#### 1.2.3.1 优势度的划分

采用 Berger-Parker 指数 ( $d$ ):

$$d = \frac{N_i}{N}$$

$N_i$  为群落优势个体的数量,  $N$  为群落总个体数。

根据指数,  $d \geq 0.1$  时, 该物种为优势种 (Dominant species,  $D_s$ );  $0.05 \leq d < 0.1$  时, 该物种为丰盛种 (Abundant species,  $A_s$ );  $0.01 \leq d < 0.05$  时, 该物种为常见种 (Frequent species,  $F_s$ );  $0.001 \leq d < 0.01$  时, 该物种为偶见种 (Occasional species,  $O_s$ );  $d < 0.001$  时, 该物种为罕见种 (Rare species,  $R_s$ )。

#### 1.2.3.2 多样性指数

采用 Simpson-Wiener 指数 ( $H$ ):

$$H = - \sum_{i=1}^s p_i \ln(p_i)$$

$p_i = N_i/N$ ,  $N_i$  是第  $i$  种的个体数,  $N$  是全部物种的个体总数,  $p_i$  是第  $i$  种的个体比例。

#### 1.2.3.3 物种丰富度指数

采用 Margalef 指数 ( $R$ ):

$$R = \frac{S-1}{\ln N}$$

$S$  为物种总数,  $N$  是全部物种的个体总数。

#### 1.2.3.4 均匀度指数

采用 Pielou 指数 ( $J_{sw}$ ):

$$J_{sw} = \frac{H}{\ln S}$$

$S$  为物种总数,  $H$  为多样性指数。

#### 1.2.3.5 优势集中性指数

采用 Simpson 优势集中性指数 ( $C$ ):

$$C = \sum_{i=1}^s p_i^2 = \sum_{i=1}^s (N_i/N)^2$$

$p_i = N_i/N$ ,  $N_i$  是第  $i$  种的个体数,  $N$  是全部物种的个体总数,  $p_i$  是第  $i$  种的个体比例。

## 2 结果与分析

### 2.1 害虫的种类和数量

2010 - 2019 年共诱集到 137 种昆虫, 其中害虫 119 种, 天敌昆虫 18 种, 主要危害农作物的害虫 14 科、68 种, 分属鳞翅目、鞘翅目、半翅目和直翅目 (见表 1)。其中, 鳞翅目害虫种类最丰富,

共 50 种, 分属于夜蛾科、螟蛾科、尺蛾科、天蛾科和灯蛾科; 鞘翅目害虫共 8 种, 分属于金龟甲科、叩甲科、拟步甲科; 直翅目害虫共 6 种, 分属于蝼蛄科、蝗总科和蟋蟀科; 半翅目害虫共 4 种, 分属于盲蝽科、蝽科和叶蝉科。

从诱集数量看, 共诱集农作物害虫 546 017 头; 其中, 鳞翅目害虫 335 338 头, 占总诱虫量的 61.42%; 其次为鞘翅目 175 788 头, 占比 32.19%; 直翅目 32 033 头, 占比 5.87%; 半翅目

2 858 头, 占比 0.52%。夜蛾科共诱集 237 197 头, 占总诱集量的 43.44%, 其次为金龟甲科 173 411 头 (31.76%)、螟蛾科 73 410 头 (13.44%)、蟋蟀科 28 959 头 (5.30%)、尺蛾科 16 763 头 (3.07%)、天蛾科 5 988 头 (1.10%)、盲蝽科 1 981 头 (0.36%)、灯蛾科 1 980 头 (0.36%)、拟步甲科 1 889 头 (0.35%)、蝼蛄科 1 793 头 (0.33%)、蝗总科 1 281 头 (0.23%)、蝽科 852 头 (0.16%)、叩甲科 488 头 (0.09%)、叶蝉科 25 头 (0.0046%)。

表 1 2010–2019 年河南漯河灯下农作物害虫的主要种类

Table 1 Main species of agricultural pests under the lamp in Luohe City of Henan Province from 2010 to 2019

目 Order	科 Family	种 Species	目 Order	科 Family	种 Species
鳞翅目 Lepidoptera	夜蛾科 Noctuidae	甜菜夜蛾 <i>Spodoptera exigua</i> Hübner			棉小造桥虫 <i>Anomis flava</i> Fabricius
		二点委夜蛾 <i>Athetis lepigone</i> ( Moschler)			小菜蛾 <i>Plutella xylostella</i> Linnaeus
		棉铃虫 <i>Helicoverpa armigera</i> Hübner			警纹地老虎 <i>Agrotis exclamationis</i> ( Linnaeus)
		黏虫 <i>Mythimna separata</i> ( Walker)			八字地老虎 <i>Agrotis c-nigrum</i> Linnaeus
		小地老虎 <i>Agrotis ypsilon</i> Rottemberg			毛胫夜蛾 <i>Mocis undata</i> ( Fabricius)
		银纹夜蛾 <i>Argyrogramma agnata</i> ( Staudinger)			大地老虎 <i>Agrotis tokionis</i> Butler
		白条银纹夜蛾 <i>Argyrogramma albostrata</i> ( Bremer et Grey)			草地贪夜蛾 <i>Spodoptera frugiperda</i> ( J. E. Smith)
		甘蓝夜蛾 <i>Mamestra brassicae</i> Linnaeus			银锭夜蛾 <i>Macdunnoughia crassisigna</i> Warren
		斜纹夜蛾 <i>Spodoptera litura</i> ( Fabricius)			双委夜蛾 <i>Athetis dissimilis</i> ( Hampson)
		劳氏黏虫 <i>Leucania loreyi</i> Duponchel			甘薯绮夜蛾 <i>Emmelia trabealis</i> ( Scopoli)
		麦茎谷蛾 <i>Ochseenchimerca taurella</i> Schrank			淡银纹夜蛾 <i>Puriphus purissima</i> ( Butler)
		黄地老虎 <i>Agrotis segetum</i> ( Denis et Schiffermüller)			瘦银锭夜蛾 <i>Macdunnoughia confusa</i> Stephens
		烟青虫 <i>Helicoverpa assulta</i> Guenée			苜蓿夜蛾 <i>Cocytodes caerulea</i> Guenee
		疆夜蛾 <i>Peridroma saucia</i> Hübner			苜蓿夜蛾 <i>Heliothis virescens</i> ( Hufnagel)
		稻蛀茎夜蛾 <i>Sesamia inferens</i> ( Walker)			满丫纹夜蛾 <i>Autographa mandarina</i> Freyer

续表 1 Continued table 1

目 Order	科 Family	种 Species	目 Order	科 Family	种 Species
	螟蛾科 Pyralidae	亚洲玉米螟 <i>Ostrinia furnacalis</i> ( Guenée)			明痣苔蛾 <i>Stigmatophora micans</i> ( Bremer)
		甜菜叶螟 <i>Hymenia recurvalis</i> Fabricius	鞘翅目 Coleoptera	金龟甲科 Scarabaeidae	暗黑鳃金龟 <i>Holotrichia parallela</i> Motschulsky
		豆荚螟 <i>Etiella zinckenella</i> ( Treitschke)			铜绿丽金龟 <i>Anomala corpulenta</i> Motschulsky
		桃蛀螟 <i>Dichocrocis punctiferalis</i> Guenée			阔胫鳃金龟 <i>Maladera verticollis</i> ( Fairmaire)
鳞翅目 Lepidoptera	螟蛾科 Pyralidae	棉大卷叶螟 <i>Sylepta derogate</i> Fabricius			毛黄鳃金龟 <i>Holotrichia trichophara</i> Fairmaire
		稻纵卷叶螟 <i>Cnaphalocrocis medinalis</i> Guenée			大黑鳃金龟 <i>Holotrichia oblita</i> ( Faldermann)
		豆荚野螟 <i>Maruca testulalis</i> Geyer		叩甲科 Elateridae	沟金针虫 <i>Pleonomus canaliculatus</i> Faldermann
		瓜绢螟 <i>Diaphania indica</i> ( Saunders)			细胸叩甲 <i>Agriotes subrittatus</i> Motschulsky
		高粱条螟 <i>Proceras vennosatum</i> ( Walker)		拟步甲科 Tenebrionidae	网目拟地甲 <i>Opatrum subaratum</i> Faldermann
		二化螟 <i>Chilo suppressalis</i> ( Walker)	半翅目 Hemiptera	盲蝽科 Miridae	中黑盲蝽 <i>Adelphocoris suturalis</i> ( Jakovlev)
		大豆卷叶螟 <i>Lamprosema indicata</i> Fabricius			绿盲蝽 <i>Apolygus lucorum</i> ( Meyer-Dür)
	尺蛾科 Geometridae	棉大造桥虫 <i>Ascotis selenaria</i> Wikipedia		蝽科 Pentatomidae	斑须蝽 <i>Dolycoris baccarum</i> ( Linnaeus)
	天蛾科 Sphingidae	豆天蛾 <i>Clanis bilineata tsingtauca</i> Mell		叶蝉科 Cicadellidae	小绿叶蝉 <i>Empoasca flavescens</i> ( Fabricius)
		甘薯天蛾 <i>Herse convolvuli</i> ( Linnaeus)	直翅目 Orthoptera	螻蛄科 Gryllotalpidae	东方螻蛄 <i>Gryllotalpa orientalis</i> Burmeister
		芝麻天蛾 <i>Acherontia styx</i> ( Westwood)			华北螻蛄 <i>Gryllotalpa unispina</i> Saussure
		小豆长喙天蛾 <i>Macroglossum stellatarum</i> Linnaeus		蝗总科 Locust	东亚飞蝗 <i>Locusta migratoria manilensis</i> ( Meyen)
	灯蛾科 Arctiidae	稀点雪灯蛾 <i>Spilosoma urticae</i> Esper			短额负蝗 <i>Atractomorpha sinensis</i> I. Bolivar
		星白雪灯蛾 <i>Spilosoma menthastri</i> ( Esper)		蟋蟀科 Gryllidae	油葫芦 <i>Cryllus testaceus</i> Walker
		红缘灯蛾 <i>Amsacta lactinea</i> ( Cramer)			棺头蟋 <i>Loxoblemmus doenitzi</i> Stein

## 2.2 害虫优势度分析

### 2.2.1 年优势度

不同年份间 14 种主要害虫的优势度指数之和均在 0.9 以上, 其他害虫年度优势度指数之和不足 0.1 (图 1), 2010–2019 年当地主要害虫种类组成无较大改变。将 10 年间害虫诱集总量进行优势度分析, 得出优势种 2 种, 分别为暗黑鳃金龟 (优势度指数为 0.2678) 和甜菜夜蛾 (0.1077); 丰盛种 4 种, 分别为二点委夜蛾 (0.0927)、黏虫 (0.0792)、棉铃虫 (0.0693) 和亚洲玉米螟 (0.0631); 常见种 8 种, 分别为铜绿丽金龟

(0.0448)、油葫芦 (0.0446)、小地老虎 (0.0360)、甜菜叶螟 (0.0329)、棉大造桥虫 (0.0307)、桃蛀螟 (0.0220)、银纹夜蛾 (0.0160) 和白条银纹夜蛾 (0.0101); 偶见种 23 种, 有劳氏黏虫 (0.0071)、豆天蛾 (0.0071)、豆荚螟 (0.0064) 等; 罕见种 31 种, 有棉小造桥虫 (0.0007)、稻蛀茎夜蛾 (0.0006)、八字地老虎 (0.0002) 等。草地贪夜蛾自 2019 年入侵我国和河南, 以 2019 年单个年份诱集情况分析, 在河南省漯河市草地贪夜蛾 (0.0041) 为偶见种。

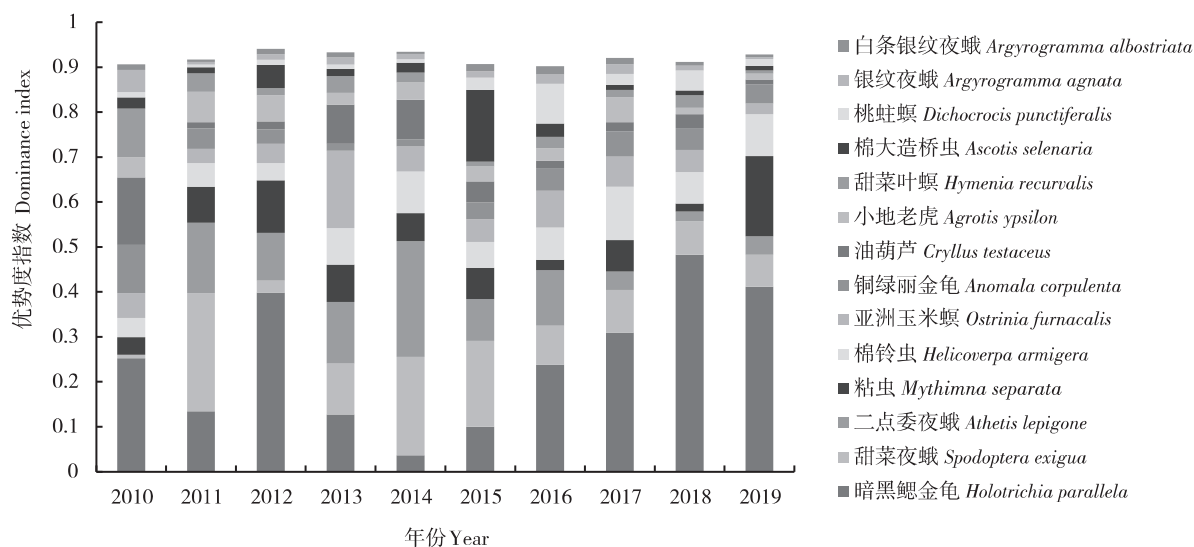


图 1 2010–2019 年河南漯河灯下农作物主要害虫优势度指数之和的年度间差异

Fig. 1 Annual difference of the sum of dominance index of main crop pests under the lamp in Luohe City of Henan Province from 2010 to 2019

分别计算优势种、丰盛种和常见种共计 14 种害虫不同年份的优势度指数, 2010–2019 这 10 年间, 暗黑鳃金龟、甜菜夜蛾、二点委夜蛾、黏虫等共 10 种害虫作为年度优势种 (优势度指数 > 0.1) 存在过, 且不同害虫有着不同的发生演变趋势 (图 2), 黏虫 2019 年的优势度显著高于其他年份, 棉铃虫、桃蛀螟优势度指数逐年上升; 二点委夜蛾逐渐由优势种减少为常见种, 小地老虎、甜菜叶螟、铜绿丽金龟、银纹夜蛾等优势度呈逐年下降的趋势。14 种主要害虫的年度优势度指数变异系数 ( $C \cdot V$ ) 由大到小分别为: 棉大造桥虫 (1.3062)、桃蛀螟 (1.0275)、油葫芦 (0.9550)、甜菜叶螟 (0.9263)、二点委夜蛾 (0.7839)、银纹夜蛾 (0.7508)、甜菜夜蛾 (0.7268)、亚洲玉米螟 (0.6641)、黏虫 (0.6379)、暗黑鳃金龟

(0.6016)、铜绿丽金龟 (0.5766)、小地老虎 (0.4913)、白条银纹夜蛾 (0.4367)、棉铃虫 (0.3469), 表明棉铃虫、白条银纹夜蛾、小地老虎等害虫的发生数量较为稳定, 而棉大造桥虫、桃蛀螟等害虫发生数量变化较大。

### 2.2.2 旬优势度

逐旬计算所有诱集害虫的优势度, 并统计各月份上、中、下旬优势种害虫种类, 表明小地老虎 (4 月上旬–5 月上旬、5 月下旬–6 月中旬) 和黏虫 (4 月上旬、5 月中旬–6 月中旬) 为夏粮作物的主要害虫, 对秋作物幼苗也造成危害; 棉大造桥虫 (4 月下旬、8 月中旬)、二点委夜蛾 (4 月上中旬、7 月)、棉铃虫 (4 月下旬–5 月上旬、9 月上中旬) 和亚洲玉米螟 (5 月、9 月上中旬) 全年多代发生, 为害期长; 暗黑鳃金龟

(6月上旬-8月下旬)、铜绿丽金龟(6月下旬-7月上旬) 幼虫蛴螬为地下害虫,集中在夏季出土产卵;甜菜夜蛾(7月中旬-10月下旬)、油葫芦

(8月中下旬、9月中旬)、桃蛀螟(9月上旬)、甜菜叶螟(9月下旬-10月上旬)、草地贪夜蛾(10月中下旬) 为秋季作物的主要害虫(表2)。

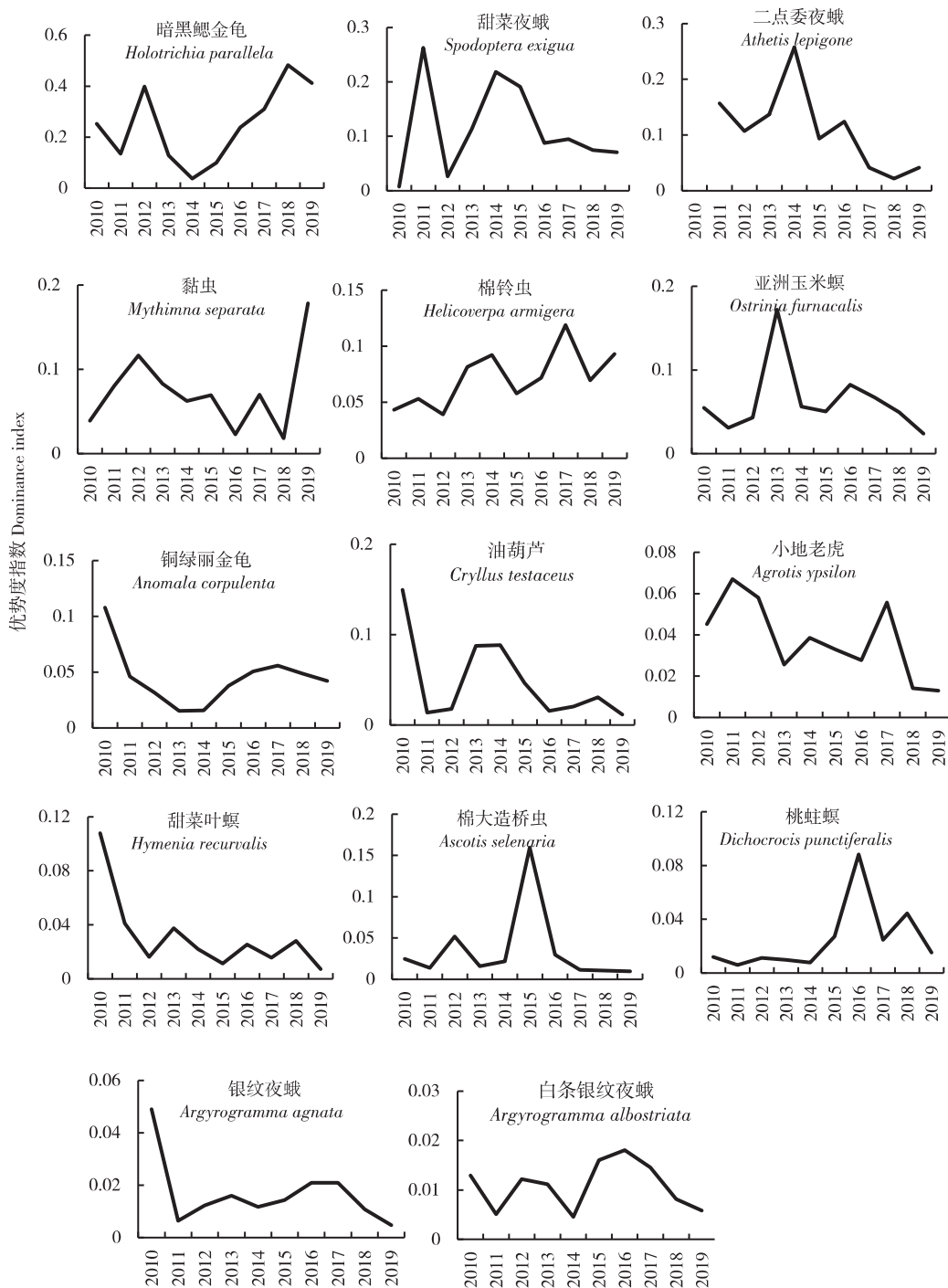


图2 2010 - 2019 年河南漯河灯下农作物主要害虫的优势度指数年度变化

Fig. 2 Yearly dynamic of dominance index of main agricultural pests under the lampin Luohe City of Henan Province from 2010 to 2019

表 2 2010 - 2019 年河南漯河灯下农作物害虫优势种旬计分布

Table 2 Ten day distribution of dominant species of agricultural pests under the lamp in Luohe City of Henan Province from 2010 to 2019

害虫 Pest	4月 April		5月 May			6月 June			7月 July			8月 August			9月 September			10月 October			
	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
	Early	Mid	Late	Early	Mid	Late	Early	Mid	Late	Early	Mid	Late	Early	Mid	Late	Early	Mid	Late	Early	Mid	Late
小地老虎 <i>Agrotis ypsilon</i>	●	●	●	●		●		●	●												
黏虫 <i>Mythimna separata</i>	●				●	●	●	●													
棉大造桥虫 <i>Ascotis selenaria</i>			●										●								
二点委夜蛾 <i>Athetis lepigone</i>	●	●								●	●	●									
棉铃虫 <i>Helicoverpa armigera</i>			●	●												●	●				
亚洲玉米螟 <i>Ostrinia furnacalis</i>				●	●	●										●	●				
暗黑鳃金龟 <i>Holotrichia parallela</i>							●	●	●	●	●	●	●	●	●						
铜绿丽金龟 <i>Anomala corpulenta</i>								●	●												
甜菜夜蛾 <i>Spodoptera exigua</i>										●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
油葫芦 <i>Cryllus testaceus</i>													●	●		●					
桃蛀螟 <i>Dichocrocis punctiferalis</i>																●					
甜菜叶螟 <i>Hymenia recurvalis</i>																	●	●			
草地贪夜蛾 <i>Spodoptera frugiperda</i>																				●	●

注: ●, 优势种。Note: ●, Dominant species (Ds).

2.3 害虫群落结构特征分析

2.3.1 年群落特征

每年诱集到的物种数量在 43 ~ 58 种之间波动 (C · V = 0.1061), 主要是由罕见种 (如小豆长喙天蛾) 的出现和消失以及外来物种入侵 (如草地

贪夜蛾) 引起的; 个体数量在 25 336 ~ 75 280 头之间 (C · V = 0.3258), 年度间浮动较大, 主要是由于每年诱集到的优势种害虫数量差异所导致 (图 3)。

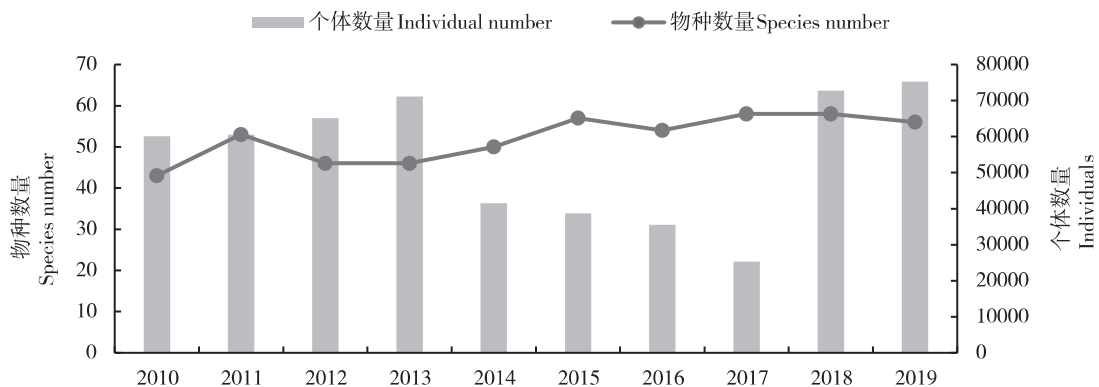


图 3 不同年份灯下农作物害虫群落的种类和个体数量 (河南漯河, 2010 - 2019 年)

Fig. 3 Number of species and individuals of agricultural pest community under the lamp in different years (Luohe City of Henan Province, 2010 - 2019)



多样性指数在 2.1186 ~ 2.7162 之间 ( $C \cdot V = 0.0831$ ), 物种丰富度指数在 3.8169 ~ 5.6213 之间 ( $C \cdot V = 0.1259$ ), 均匀度指数在 0.5263 ~ 0.6751 之间 ( $C \cdot V = 0.0878$ ), 优势集中性指数在 0.0981 ~ 0.2540 之间 ( $C \cdot V = 0.3561$ )。多样性指数与均匀度指数年度间波动较小, 变异系数较

低, 表明 10 年间该群落结构相对稳定, 没有较大改变; 10 年间物种丰富度指数在逐渐增高, 表明诱集到的害虫种类有所增加; 优势集中性指数较其他指数的变异系数偏高, 2018 年和 2019 年优势集中性指数明显升高, 显示出有优势种害虫的大发生 (图 4)。

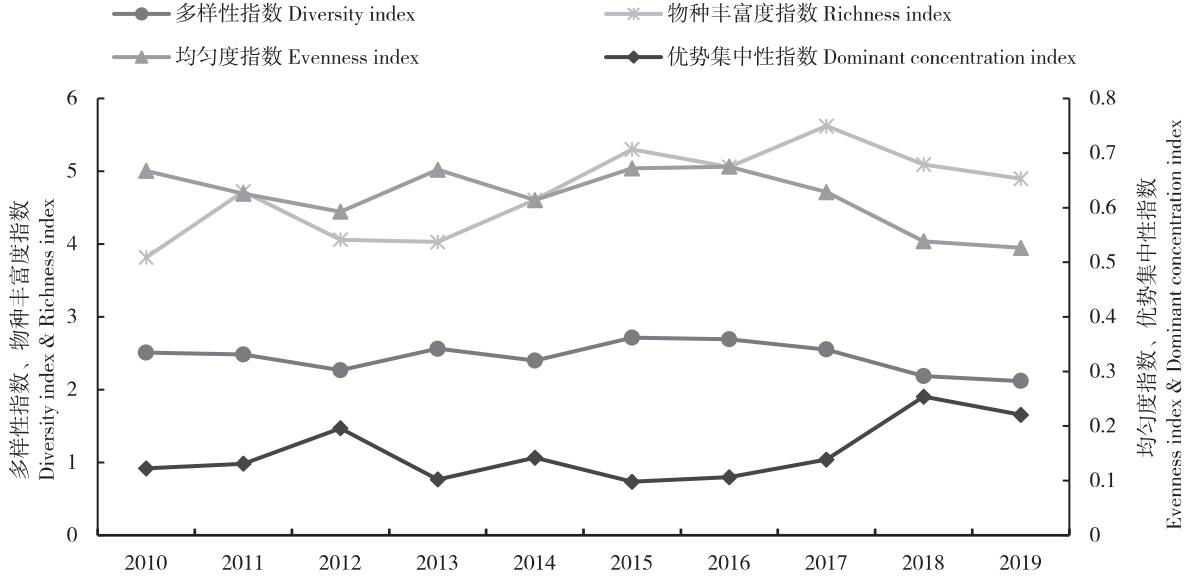


图 4 不同年份灯下农作物害虫群落主要特征指数 (河南漯河, 2010 - 2019 年)

Fig. 4 Main characteristic index of agricultural pest community under the lamp in different years ( Luohe City of Henan Province , 2010 - 2019)

### 2.3.2 旬群落特征

诱集害虫物种数的旬间变化趋势不同年份间较为一致; 诱集个体数量旬间变化趋势一致, 但不同年份间诱集个体数量差异较大; 4 项指数年度变化趋势均一致, 均匀度指数、丰富度指数、多样性指数和优势集中性指数年份间差异不大 (图 5)。

每年不同时段呈现出明显的阶段性特征, 基于不同时段的发生特点可将全年分为 4 个阶段: 种类上升期 (4 - 5 月)、虫量上升期 (5 - 6 月)、群落繁盛期 (6 - 9 月) 和种群消退期 (9 - 10 月) (图 5)。4 个阶段的主要特点分别是: 种类上升期害虫种类迅速上升而虫量较少, 均匀度较高, 多样性和物种丰富度上升; 虫量上升期害虫种类增速放缓, 害虫数量加速上升, 均匀度迅速下降, 多种主要害虫数量已具优势; 群落繁盛期害虫种类逐渐达到峰值并稳定, 害虫数量迅速上升至较高水平, 各项指数波动较小, 群落结构丰富; 种群消退期害虫数量迅速减少至较低水平后, 种类也迅速减少, 各项指数波动较大。

### 3 结论与讨论

本研究对漯河市趋光性农作物害虫群落结构进行了连续 10 年的诱集和分类统计, 共诱集 4 目, 14 科, 68 种, 546 017 头, 以鳞翅目为主, 其次为鞘翅目、直翅目和半翅目, 其中, 夜蛾科害虫在种类和数量上均占据主要优势, 其次为金龟甲科和螟蛾科。当地趋光性农作物害虫群落结构常年较为稳定, 主要以甜菜夜蛾、暗黑鳃金龟、二点委夜蛾、黏虫、棉铃虫、亚洲玉米螟等为主, 铜绿丽金龟、油葫芦、小地老虎、甜菜叶螟、棉大造桥虫、桃蛀螟、银纹夜蛾和白条纹夜蛾等也较为常见, 2019 年草地贪夜蛾入侵我国和河南, 当年即成为秋粮作物的主要害虫之一。

2013 年 6 月上旬诱集黏虫 3 838 头, 占该旬害虫总数的 60.79%, 6 月中旬诱集暗黑鳃金龟 1 729 头 (43.66%), 6 月下旬暗黑鳃金龟 3 405 头 (82.79%), 远高于其它年份同期, 导致该时段多样性指数和均匀度指数偏低, 优势集中性指数偏

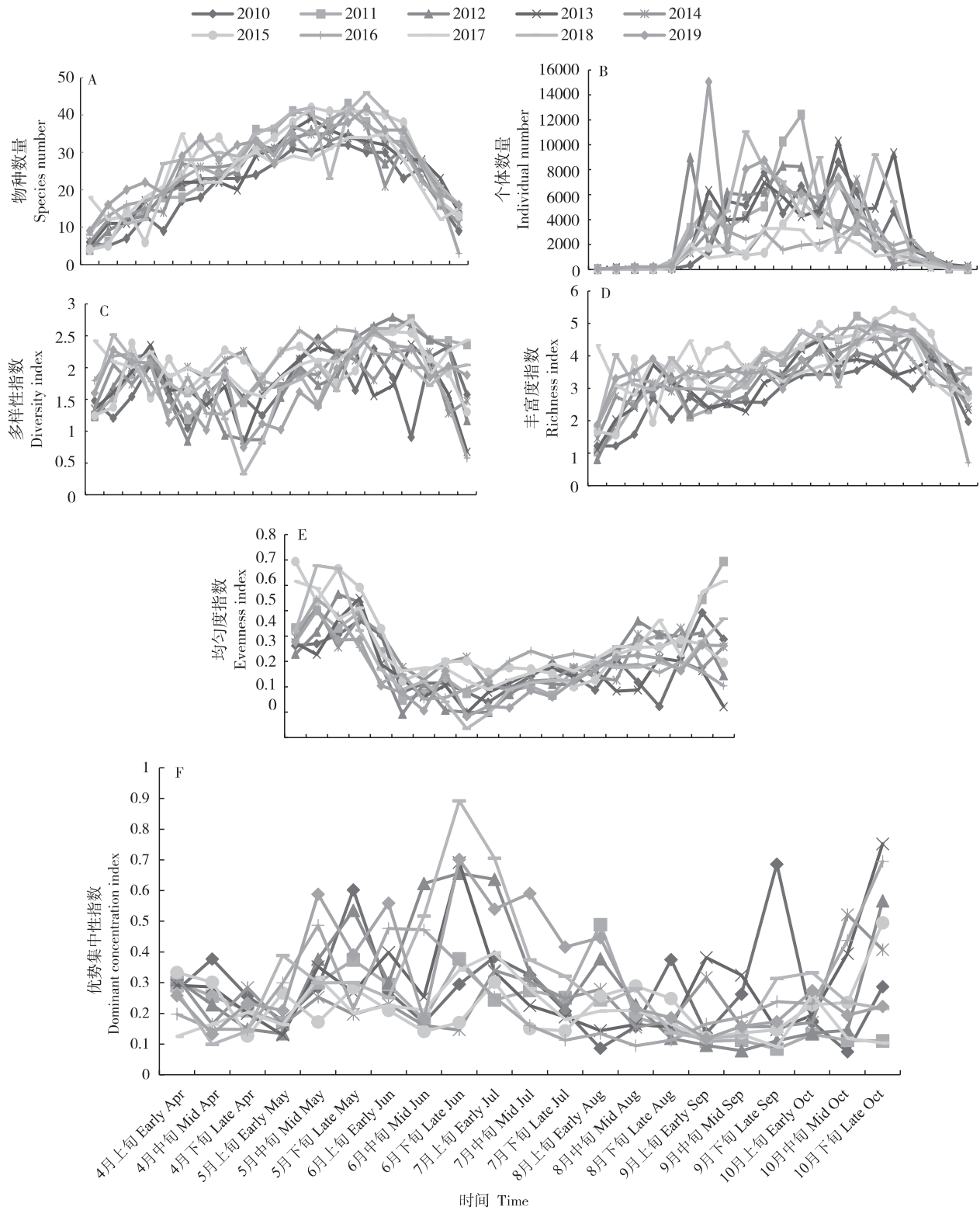


图5 2010 –2019 年河南漯河灯下农作物害虫群落主要特征指数的旬计变化

Fig. 5 Ten day change of main characteristic index of agricultural pest community under the lamp in Luohe City of Henan Province from 2010 to 2019

高。同样，2013 年 9 月上旬亚洲玉米螟 2 889 头 (58.80%); 9 月中旬亚洲玉米螟 5 024 头 (60.33%); 10 月下旬甜菜夜蛾 225 头 (86.54%) 等

均是由于优势种害虫数量暴发而引起多样性指数较大的波动。这与罗志义 (1982) 所得结论影响生态系统中群落多样性的因子主要是优势种群所

占比例的高低所一致,也证明了优势种害虫的暴发会引起群落多样性指数的降低。农田生态系统中的昆虫群落结构还容易受到农事操作管理的影响而变化(刘雨芳,2019),刘娅萌等(2020)研究表明,集约化的农业生产活动是造成传粉昆虫多样性丧失的主要原因。每年的6月和10月随着夏粮和秋粮的收获,群落多样性的显著下降也体现了农田害虫群落的这一显著特征。但2014年9月中旬物种丰富度指数的突然降低是由于连续8 d降雨,导致该时间段诱虫种类和数量的剧减,表明了外界环境条件对昆虫群落结构的干扰作用。

结合当地农作物害虫群落结构时序变化规律及优势种害虫的为害特点,建议在不同时期对害虫群落结构的调控应结合各时期的发生特点,采取有针对性的防控手段。4月上旬-5月中下旬应加强麦田黏虫防治和春玉米苗期害虫防治,着重关注田间黏虫、棉铃虫、二点委夜蛾、小地老虎和玉米螟等优势种的发生动态;5月下旬-6月上中旬应重点关注地下害虫的防治,也应注意棉铃虫、玉米螟和中黑盲蝽等害虫的发生动态;6月中下旬-8月中下旬优势种害虫种类多数量大,应重点关注黏虫、棉铃虫、玉米螟、甜菜夜蛾、中黑盲蝽、棉大造桥虫、草地贪夜蛾等害虫,二点委夜蛾可在麦收后和玉米播后苗前防治幼虫,成虫盛期可采用灯光诱杀;8月下旬-10月下旬应注意玉米穗部的玉米螟、桃蛀螟等为害。应在小麦播种前注意提高整地质量和秸秆还田质量,以减少各种越冬害虫的存活数量。新入侵物种草地贪夜蛾寄主范围广、繁殖能力强、迁飞扩散快、危害程度重和防控难度大(Roger *et al.*, 2017; Toepfer *et al.*, 2019; 郭井菲等, 2019),将对当地秋作物生产带来更大的挑战和冲击,生产上应密切关注。

农田生态系统有其复杂的结构,昆虫群落中种类的上升和下降有其复杂的内因和外因,与害虫内部竞争、天敌群落的控制、农事操作方式和种植制度变迁,甚至与气候变化存在一定的关系。漯河市及周边地市常年以种植粮食作物为主,并且以小麦-玉米为主流轮作模式,近年花生和果树面积急剧增加,同时由于耕作方式、小农经济下种植作物区块化零散等影响,本研究还需要结合这些外在因素,进一步分析天敌群落和害虫群落之间的关系,拟挖掘出对农田管理更为有价值的害虫控制策略,为农田害虫综合防控,建立和保持稳定的农业生态系统提供理论依据。

## 参考文献 (References)

- Bell JR, Botham MS, Henrys PA, *et al.* Spatial and habitat variation in aphid, butterfly, moth and bird phenologies over the last half century [J]. *Global Change Biology*, 2019, 25 (6): 1982 - 1994.
- Chen PY, Qiang XJ, Zhou XX, *et al.* Occurrence and analysis of population succession of cotton mirids in Nanyang area [J]. *China Cotton*, 2014, 41 (7): 38. [陈培育, 强学杰, 周晓静, 等. 河南省南阳地区棉盲蝽种群更替的原因及发生规律 [J]. 中国棉花, 2014, 41 (7): 38]
- Chen Q, Jiang YL, Fan ZY, *et al.* Changes of the dominant species of grubs and their relation to autumn crop planting areas in Luohe City, Henan Province, 2006 - 2018 [J]. *Journal of Plant Protection*, 2020, 47 (3): 471 - 477. [陈琦, 蒋月丽, 范志业, 等. 2006 - 2018年河南省漯河市蛴螬优势种变化及其与秋作物种植面积的关系 [J]. 植物保护学报, 2020, 47 (3): 471 - 477]
- Ding YQ. *Mathematical Ecology of Insects* [M]. Beijing: Science Press, 1994: 39 - 42. [丁岩钦. 昆虫数学生态学 [M]. 北京: 科学出版社, 1994: 39 - 42]
- Gao SJ, Pang BP, Yu Y, *et al.* Seasonal dynamics and structures of insect communities in wheat fields [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2004, 23 (6): 47 - 50. [高书晶, 庞保平, 于洋, 等. 麦田昆虫群落的结构与时序动态 [J]. 生态学杂志, 2004, 23 (6): 47 - 50]
- Gao XW. Current status and development strategy for chemical control in China [J]. *Plant Protection*, 2010, 36 (4): 19 - 22. [高希武. 我国害虫化学防治现状与发展策略 [J]. 植物保护, 2010, 36 (4): 19 - 22]
- Guo JF, He KL, Wang ZY. Biological characteristics, trend of fall armyworm *Spodoptera frugiperda*, and the strategy for management of the pest [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2019, 56 (3): 361 - 369. [郭井菲, 何康来, 王振营. 草地贪夜蛾的生物学特性、发展趋势及防控对策 [J]. 应用昆虫学报, 2019, 56 (3): 361 - 369]
- Henan Statistics Bureau, Henan General Team of Investigation Under the NBS. *Henan Statistical Yearbook* [M]. Beijing: China Statistics Press, 2019. [河南省统计局, 国家统计局河南调查总队. 河南统计年鉴 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2019]
- Jiang JW, Qiao HB, An SH. *The Illustrated of Common Farmland Insects* [M]. Zhengzhou: Henan Science and Technology Press, 2014. [蒋金炜, 乔红波, 安世恒. 农田常见昆虫图鉴 [M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 2014]
- Jiang XF, Luo LZ, Zhang L. Comparison of Jiaduo automatic pest forecast light trap and blacklight trap for monitoring and trapping the meadow moth, *Loxostege sticticalis* [J]. *Plant Protection*, 2009, 35 (2): 109 - 113. [江幸福, 罗礼智, 张蕾. 佳多虫情测报灯和普通黑光灯对草地螟种群监测与防治效果比较 [J]. 植物保护, 2009, 35 (2): 109 - 113]
- Jiang XF, Zhang L, Cheng YX, *et al.* Advances in migration and monitoring techniques of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) [J]. *Plant Protection*, 2019, 45 (1): 12 - 18. [江幸福, 张蕾, 程云霞, 等. 草地贪夜蛾迁飞行为与监测技术研究进展 [J]. 植物保护, 2019, 45 (1): 12 - 18]

- Ke HY, Zhao SF, Shao MH, *et al.* A preliminary investigation of the insect communities and their structures under the lamp in rice field in the northwest of Zhejiang Province [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2014, 30 (7): 280–285. [柯汉云, 赵帅锋, 邵美红, 等. 浙西北稻田灯下昆虫群落结构分析初报 [J]. 中国农学通报, 2014, 30 (7): 280–285]
- Lei ZR, Guo YY, Li SF. Catalogue of Pests on Major Crops in China [M]. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2014. [雷仲仁, 郭予元, 李世访. 中国主要农作物有害生物名录 [M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2014]
- Li LK, Zuo CB, Yu FL, *et al.* Effects of monoculture and intercropping of maize and soybean with reduced use of fertilizer on crop yields, insect community composition and diversity [J]. *Journal of Plant Protection*, 2019, 46 (5): 980–988. [李立坤, 左传宝, 于福兰, 等. 肥料减施下玉米-大豆间作对作物产量和昆虫群落组成及多样性的影响 [J]. 植物保护学报, 2019, 46 (5): 980–988]
- Lili M, Pushpa S, Jasleen K, *et al.* Impact of cover crops on insect community dynamics in organic farming [J]. *Agriculture*, 2020, 10 (6): 2–16.
- Li GB, Wang HX, Hu WX. The hypothesis of seasonal migration of myxobacteria and the experiment of marking recovery [J]. *Journal of Plant Protection*, 1964, 3 (2): 101–110. [李光博, 王恒祥, 胡文绣. 黏虫季节性迁飞为害假说及标记回收试验 [J]. 植物保护学报, 1964, 3 (2): 101–110]
- Li GP, Feng HQ, Huang B, *et al.* Monitoring the resistance of *Apolygus lucorum* (Hemiptera: Miridae) to organophosphate insecticides in Henan Province [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2015, 52 (3): 587–592. [李国平, 封洪强, 黄博, 等. 河南省绿盲蝽对有机磷类杀虫剂的抗药性监测 [J]. 应用昆虫学报, 2015, 52 (3): 587–592]
- Li XQ, Sun YX, Ye GY, *et al.* Effect of using chemical pesticide on agrobiodiversity [J]. *Journal of Yunan University*, 2008, 30 (S2): 365–369. [李晓强, 孙跃先, 叶光祚, 等. 使用化学农药对农业生物多样性的影响 [J]. 云南大学学报 (自然科学版), 2008, 30 (S2): 365–369]
- Liu CH, Wang HW, Chen LZ, *et al.* Composing components of the main pests and natural enemy insects under forecast lamp in ramie field [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2013, 35 (4): 422–427. [刘超华, 汪红武, 陈利珍, 等. 苕麻田灯下主要害虫及天敌成分分析 [J]. 环境昆虫学报, 2013, 35 (4): 422–427]
- Liu J, Jiang YY, Liu WC, *et al.* Investigation and forecast techniques of *Spodoptera frugiperda* [J]. *China Plant Protection*, 2019, 39 (4): 44–47. [刘杰, 姜玉英, 刘万才, 等. 草地贪夜蛾测报调查技术初探 [J]. 中国植保导刊, 2019, 39 (4): 44–47]
- Liu YF. A review of the diversity and ecological function of paddy field insect communities in China [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2019, 56 (2): 183–194. [刘雨芳. 中国稻田昆虫群落多样性及生态调控功能研究进展 [J]. 应用昆虫学报, 2019, 56 (2): 183–194]
- Liu YM, Lu XL, Ding SY, *et al.* Distribution patterns of pollination insect community under different agricultural landscape context [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2020, 40 (7): 2376–2385. [刘娅萌, 卢训令, 丁圣彦, 等. 不同农业景观背景下传粉昆虫群落的分布差异 [J]. 生态学报, 2020, 40 (7): 2376–2385]
- Lu YH, Wu KM, Jiang YY, *et al.* Mirid bug outbreaks in multiple crops correlated with wide-scale adoption of Bt cotton in China [J]. *Science*, 2010b, 328 (5982): 1151–1154.
- Lu YH, Zhao ZH, Cai XM, *et al.* Progresses on integrated pest management (IPM) of agricultural insect pests in China [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2017, 54 (3): 349–363. [陆宴辉, 赵紫华, 蔡晓明, 等. 我国农业害虫综合防治研究进展 [J]. 应用昆虫学报, 2017, 54 (3): 349–363]
- Luo ZY. Diversity analysis of arthropoda community in cotton fields of Sheshan districted and diversity effect made by insecticides [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 1982, 2 (3): 255–266. [罗志义. 上海佘山地区棉田节肢动物群落多样性分析及杀虫剂对多样性的影响 [J]. 生态学报, 1982, 2 (3): 255–266]
- Macgregor CJ, Williams JH, Bell JR, *et al.* Moth biomass increases and decreases over 50 years in Britain [J]. *Nature Ecology & Evolution*, 2019, 3 (12): 1645–1649.
- Roger D, Phil A, Melanie B, *et al.* Fall armyworm: Impacts and implications for Africa [J]. *Outlooks on Pest Management*, 2017, 28 (5): 196–201.
- Shen FY, Zhang YF, Xiao ZJ, *et al.* Effect of planting mixed crops of resistant and susceptible soybeans on crop damage by *Spodoptera litura* and the population dynamics of key soybean pests [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2020, 57 (1): 124–133. [沈方圆, 张逸飞, 肖子衿, 等. 高抗、中抗和高感虫品种混播对大豆产量及主要害虫种群发生和昆虫群落多样性的影响 [J]. 应用昆虫学报, 2020, 57 (1): 124–133]
- Toepfer S, Kuhlmann U, Kansime M, *et al.* Communication, information sharing, and advisory services to raise awareness for fall armyworm detection and area-wide management by farmers [J]. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 2019, 126 (2): 103–106.
- Wang PY, Wang LY, Fang CL, *et al.* Iconographia Heterocerorum Sinicorum I–IV [M]. Beijing: Science Press, 1983. [王平远, 王林瑶, 方承莱, 等. 中国蛾类图鉴 I–IV [M]. 北京: 科学出版社, 1983]
- Wu KM, Lu YH, Feng HQ, *et al.* Suppression of cotton bollworm in multiple crops in China in areas with Bt toxin containing cotton [J]. *Science*, 2008, 321 (5896): 1676–1678.
- Xiao YT, Wu C, Wu KM. Achievements and prospects of agricultural pest control technology in the past 70 years in China [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2019, 56 (6): 1115–1124. [萧玉涛, 吴超, 吴孔明. 中国农业害虫防治科技 70 年的成就与展望 [J]. 应用昆虫学报, 2019, 56 (6): 1115–1124]
- Yang PY, Zhu XM, Guo JF, *et al.* Strategy and advice for managing the fall armyworm in China [J]. *Plant Protection*, 2019, 45 (4): 1–6. [杨普云, 朱晓明, 郭井菲, 等. 我国草地贪夜蛾的防控对策与建议 [J]. 植物保护, 2019, 45 (4): 1–6]
- Zhang GY, Zhang YJ, Su ZP, *et al.* Comparison of the growth and decline of main pests under Jiaduo automatic pest forecasting lamp and ordinary black light lamp [J]. *Plant Protection*, 2005, 31 (3): 74–76. [张国彦, 张跃进, 苏战平, 等. 佳多自动虫情测报灯和普通黑光灯灯下主要害虫消长规律的比较 [J]. 植物保护, 2005, 31 (3): 74–76]
- Zhang XX. Insect Ecology and Forecast [M]. Beijing: China Agricultural Press, 1994: 45–49. [张孝羲. 昆虫生态及预测预报 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1994: 45–49]