



雷州半岛空中昆虫群落结构特征

常虹 高燕 王思威 王潇楠 刘艳萍 冼海辉* 齐国君*

(广东省农业科学院植物保护研究所, 广东省植物保护新技术重点实验室, 广州 510640)

摘要: 为明确东亚迁飞场重要通道—雷州半岛空中昆虫的群落结构特征, 于2022年在雷州半岛设立探照灯对夜间昆虫进行诱集及种群动态监测, 并采用Margalef丰富度指数、Shannon-Wiener多样性指数和Pielou均匀度指数分析物种多样性。结果表明, 诱集昆虫隶属于12目61科126属146种, 其中鳞翅目、鞘翅目和半翅目昆虫是诱集量和物种丰富度最多的3大类群, 分别占有诱集昆虫总数的72.37%、11.18%和6.58%。诱集昆虫不仅包括草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda*、劳氏黏虫 *Leucania loreyi* 和斜纹夜蛾 *S. litura* 等多种重要的迁飞性害虫, 还包括中华草蛉 *Chrysoperla nipponensis*、黄蜻 *Pantala flavescens* 和异色瓢虫 *Harmonia axyridis* 等迁飞性天敌昆虫。空中昆虫的诱集高峰期主要在6—9月。诱集昆虫的Margalef丰富度指数平均数为6.60, Shannon-Wiener多样性指数平均数为2.68。表明雷州半岛空中昆虫群落物种丰富度和多样性均较高, 并证实许多重大农业害虫在迁飞过程中途经雷州半岛。

关键词: 雷州半岛; 探照灯; 昆虫群落; 种群动态; 物种多样性; 迁飞

Characteristics of airborne insect community structure in the Leizhou Peninsula, Guangdong

Chang Hong Gao Yan Wang Siwei Wang Xiaonan Liu Yanping Xian Haihui* Qi Guojun*

(Guangdong Provincial Key Laboratory of High Technology for Plant Protection, Plant Protection Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510640, Guangdong Province, China)

Abstract: To clarify the community structure of airborne insects in the Leizhou Peninsula of Guangdong Province, a vertical searchlight was established in Leizhou City to trap and monitor nocturnal insects in 2022. The species diversity of these insects was analyzed using the Margalef richness index, Shannon-Wiener diversity index and Pielou evenness index. The results showed that the insects trapped by the vertical searchlight belonged to 146 species of 126 genera in 61 families and 12 orders. Lepidoptera (72.37%), Coleoptera (11.18%) and Hemiptera (6.58%) insects were three dominant groups with the highest light-trap catches and species richness. Many important migratory pests such as *Spodoptera frugiperda*, *Leucania loreyi*, *S. litura* and other migratory natural enemies such as *Chrysoperla nipponensis*, *Pantala flavescens* and *Harmonia axyridis* were captured by searchlight traps. The airborne insects exhibited a major density peak under the vertical searchlight trap from June to September. The average of Margalef richness index and Shannon-Wiener diversity index were 6.60 and 2.68, respectively. This study indicated that the species richness and biodiversity of airborne insect community were higher in Leizhou Peninsula, and confirmed that many major agricultural pests pass through the region during their migration.

Key words: Leizhou Peninsula; vertical searchlight; species structure; population dynamic; species diversity; migration

基金项目: 广州市科技计划项目(2023A04J0805), 广东省基础与应用基础研究基金项目(2022A1515110473), 广西自然科学基金粤桂联合基金项目(2022GXNSFDA080003)

* 通信作者 (Authors for correspondence), E-mail: xianhh@gdppri.com, qigj@gdppri.com

收稿日期: 2023-06-27

昆虫群落结构是研究昆虫群落特征变化的重要指标,反映了一定自然区域内昆虫种群在环境中分布及其与周围环境之间的相互关系(庞雄飞和尤民生,1996)。空中昆虫群落是一种特殊的生态系统,空中生态系统中昆虫群落结构的复杂性也不亚于地面农林生态系统(Hu et al., 2016),空中虫群降落到地面又可直接影响地面农林生态系统中昆虫群落(封洪强,2003),这对丰富某一地域的生物多样性有重要意义。昆虫学家利用风筝或气球网捕(Hardy & Milne, 1937)、吸虫塔(Allison & Pike, 1988)、飞机网捕(邓望喜等,1980)、高山网捕(全国褐稻虱科研协作组,1981)以及空中网捕和海上诱捕(陈永林等,1963;刘浩光等,1983;吴孔明等,1998)等多种方法监测空中昆虫种群,并证实了世界各地空中虫群种类丰富,阐明了多种昆虫的迁飞行为(陈若篋等,1989;Hu et al., 2016)。

迁飞性昆虫是空中昆虫群落的重要组成部分(Dingle & Drake, 2007),空中昆虫生物量的季节性流动既是实现营养物质、能量、病原微生物区域转移的重要途径(Hu et al., 2016),也是导致病虫害异地暴发成灾的重要原因(程遐年,1992;周燕等,2020)。昆虫是生物多样性的重要组成部分,复杂的昆虫群落在自然生态平衡中起着极其重要的作用(张茂林和王戎疆,2011)。近年来,高空探照灯广泛用于渤海湾(付晓伟,2015;宋海燕等,2021)、海南省南部(周先涌等,2020)及滇西(孙小旭,2020)等关键昆虫迁飞通道上过境迁飞昆虫的群落结构研究,证实云南省澜沧及海南省高空昆虫种群具有较高的多样性和丰富度(孙小旭,2020;周先涌等,2020),也为地域性空中昆虫种群跨海(跨境)迁飞的监测预警提供了实践和理论依据。

雷州半岛位于东亚迁飞场的重要季风通道,是中南半岛及海南省多种迁飞性害虫越冬虫源北迁进入我国的第一站和桥头堡,也是开展昆虫跨海(跨境)迁飞研究和监测预警的关键位置(王政等,2011;齐国君等,2022;Wu et al., 2022)。雷州半岛地处中国大陆最南端,南隔琼州海峡,与海南岛隔海相望,地理位置十分特殊,但目前仅有利利用虫情测报灯监测电光叶蝉 *Maiestas dorsalis* 和稻纵卷叶螟 *Cnaphalocrocis medinalis* 诱集量的研究报道(周润声,2020;周润声和吴正伟,2020),而对空中昆虫群落结构的监测研究相对匮乏。本研究设立高空探照灯对雷州半岛夜间昆虫进行诱集与鉴定,明确雷州半岛空中

昆虫群落结构特征,以期为迁飞性害虫的预测预报与源头治理提供数据支撑。

1 材料与方法

1.1 材料

仪器:高空探照灯自制,其设计与制作方法参照封洪强(2003)方法并稍作改进。探照灯主要由灯源、漏斗、集虫网及底座4个部分构成。采用JLZ1000BT 1 000 W金属卤化物灯作为光源置于GT193型灯罩内,上述材料均购自上海亚明照明有限公司。将灯罩置于直径100 cm的圆形漏斗内,再将漏斗固定在底座(长95 cm×宽105 cm×高135 cm)上,并将圆柱形网袋(直径50 cm×高60 cm)悬挂于漏斗底部。

1.2 方法

1.2.1 昆虫诱集、标本采集及分类鉴定

将1台高空探照灯放置在广东省湛江市雷州市覃斗镇山尾村田间(北纬20°15'13.79",东经109°53'49.15"),周围无高大建筑物、林木及强光源干扰。诱集时间从2022年1月1日至2022年12月31日,除台风、强降雨等极端天气或探照灯故障外,每日日落时开灯,次日日出时关灯。每天关灯后收集诱虫网袋,标注日期后立即放入-20℃冰柜冷冻,待试虫死亡后,进行分拣与种类鉴定。

参考《中国动物志昆虫纲》、《海南森林昆虫》、《中国经济昆虫志》和《中国昆虫生态大图鉴》等书籍资料,对收集的昆虫标本依据形态学特征进行种类鉴定,并做好记录。

1.2.2 种群动态分析

利用Excel 2010软件对记录的物种数据进行整理,统计分析诱集昆虫单日诱集量和物种数。选取诱集数较多且为害较大的害虫及诱集量较多的天敌昆虫共10种,对其种群动态进行分析,并采用Excel 2010绘制各昆虫类群的逐日诱集量动态图。

1.2.3 物种多样性分析

采用Margalef丰富度指数 E 、Shannon-Wiener多样性指数 H 和 Pielou 均匀度指数 J 对诱集昆虫的物种多样性进行分析(Pielou, 1966;张晓明等,2009)。 $E=(S-1)/\ln N$, $H=-\sum P_i \ln P_i$, $J=H/\ln S$, 式中, S 为某一时间段物种数; N 为某一时间段所有物种的总数量; P_i 为某一时间段第 i 个物种数量占总数量的百分比。

2 结果与分析

2.1 诱集昆虫的群落结构

2022年雷州高空探照灯共诱集到昆虫105 203头, 经过形态学鉴定, 隶属于12目61科126属。其中, 鉴定到种的昆虫共计91 844头, 隶属于12目61科126属146种; 鉴定到属的昆虫4 624头, 隶属于4目5科8属; 鉴定到科的昆虫8 735头, 隶属于9目33科。诱集到的昆虫中, 鳞翅目(72.37%)、鞘翅目(11.18%)和半翅目(6.58%)昆虫是诱集量和物种丰富度最多的3大类群。

鳞翅目昆虫共计39 619头, 隶属于15科114属。其中, 夜蛾科 Noctuidae、灯蛾科 Arctiidae、天蛾科 Sphingidae 和螟蛾科 Pyralidae 的昆虫种类较多, 共占鳞翅目种类总量的82.44%, 草螟科 Crambidae、尺蛾科 Geometridae、毒蛾科 Lymantriidae 和舟蛾科 Notodontidae 的昆虫种类占比也超过10.00%; 菜蛾科 Plutellidae、木蠹蛾科 Cossidae、目夜蛾科 Erebiidae、枯叶蛾科 Lasiocampidae、斑蛾科 Zygaenidae、大蚕蛾科 Saturniidae 和燕蛾科 Uraniidae 各含1种昆虫。

鞘翅目昆虫共计13 665头, 隶属于17科36属。其中, 步甲科 Carabidae 的昆虫种类最多, 占鞘翅目种类总量的27.78%; 金龟科 Scarabaeidae 和龙虱科 Dytiscidae 各3种, 均占鞘翅目种类总量的8.33%; 拟步甲科 Tenebrionidae、叶甲科 Chrysomelidae、丽金龟科 Rutelidae、鳃金龟科 Melolonthidae、牙甲科 Hydrophilidae 和瓢虫科 Coccinellidae 各2种, 占比均为5.56%; 象甲科 Curculionidae、葬甲科 Silphidae、锹甲科 Lucanidae、隐翅虫科 Staphylinidae、小蠹科 Scolytidae、郭公虫科 Cleridae、天牛科 Cerambycidae 和犀金龟科 Dynastidae 各含1种昆虫, 占比均为2.78%。

半翅目昆虫共计43 124头, 隶属于10科16属。其中, 猎蝽科 Reduviidae 和蝽科 Pentatomidae 昆虫种类最多, 各3种, 各占半翅目总量的18.75%; 缘蝽科 Coreidae 和红蝽科 Pyrrhocoridae 各2种, 占比均为12.50%; 蝉科 Cicadidae、叶蝉科 Cicadellidae、盲蝽科 Miridae、蛄蝽科 Gerridae、蜡蝉科 Fulgoridae 和负蝽科 Belostomatidae 各1种, 占比均为6.25%。

其余昆虫共计8 795头, 隶属于9个目。直翅目 Orthoptera 昆虫数量最多, 共计4 541头, 占剩余昆虫总量的51.63%; 膜翅目 Hymenoptera 昆虫数量次之,

共计1 789头, 占剩余昆虫总量的20.34%; 其余数量由高到低依次为脉翅目 Neuroptera (874头)、双翅目 Diptera (545头)、蜻蜓目 Odonata (504头)、蜚蠊目 Blattodea (220头)、螳螂目 Mantodea (155头)、革翅目 Dermaptera (94头) 和广翅目 Megaloptera (73头), 占比依次为9.94%、6.20%、5.73%、2.50%、1.76%、1.07% 和0.83%。

2.2 诱集昆虫的动态规律

2.2.1 诱集昆虫数量和物种数的动态变化

2022年单日诱集量呈现一定的规律, 其中6—9月是空中虫群诱集的高峰期。1—2月的单日诱集量较低, 2月底开始呈现上升趋势, 3月中下旬出现诱集量小高峰, 之后维持在较低水平, 6—9月诱集到的昆虫数量明显高于其他月, 高峰日(8月9日)的诱集量最高可达2 165头, 10月之后诱集量有所降低, 11月中旬又出现诱集小高峰, 之后诱集量维持在较低水平(图1-A)。诱集的物种数量也呈现出与诱集量相似的变化规律, 1—2月诱集的物种种类相对较低, 3月中旬出现小高峰; 6月物种数量呈上升趋势, 6月28日物种种类最多可达72种, 之后的物种数量呈现出一定的波动, 12月之后维持在较低水平(图1-B)。

2.2.2 主要害虫的种群动态分析

茶翅蝽 *Halyomorpha halys*、闪光玫灯蛾 *Amerila astreus* 及细斑棉红蝽 *Dysdercus evanescens* 是总诱集量较多的3种昆虫, 分别为28 628、16 384 和12 999头, 这3种害虫的种群消长动态较为一致, 诱集高峰期十分明显, 均为6—9月, 其余时间虫量维持在较低水平(图2-A~C)。铜绿丽金龟 *Anomala corpulenta* 的总诱集量为1 163头, 诱集高峰期与上述3种害虫一致, 也为6—9月(图2-D)。因此, 茶翅蝽、闪光玫灯蛾等多种害虫空中虫群的诱集高峰期在6—9月, 与雷州半岛昆虫的诱集高峰期一致。

劳氏黏虫 *Leucania loreyi* 基本全年均可诱集到, 总诱集量为6 060头, 种群动态呈明显的多峰型, 3月出现诱集小高峰, 6月为诱集最高峰期, 6—8月诱集量会维持在相对较高的水平, 之后呈逐渐下降的趋势(图2-E)。而小地老虎 *Agrotis ipsilon*、草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 和斜纹夜蛾 *S. litura* 均为典型的迁飞性害虫, 总诱集量分别为622、597 和404头, 其种群消长动态趋势基本一致, 全年诱集量呈双峰型, 2—3月和11月会出现明显的诱集高峰期(图2-F~H)。

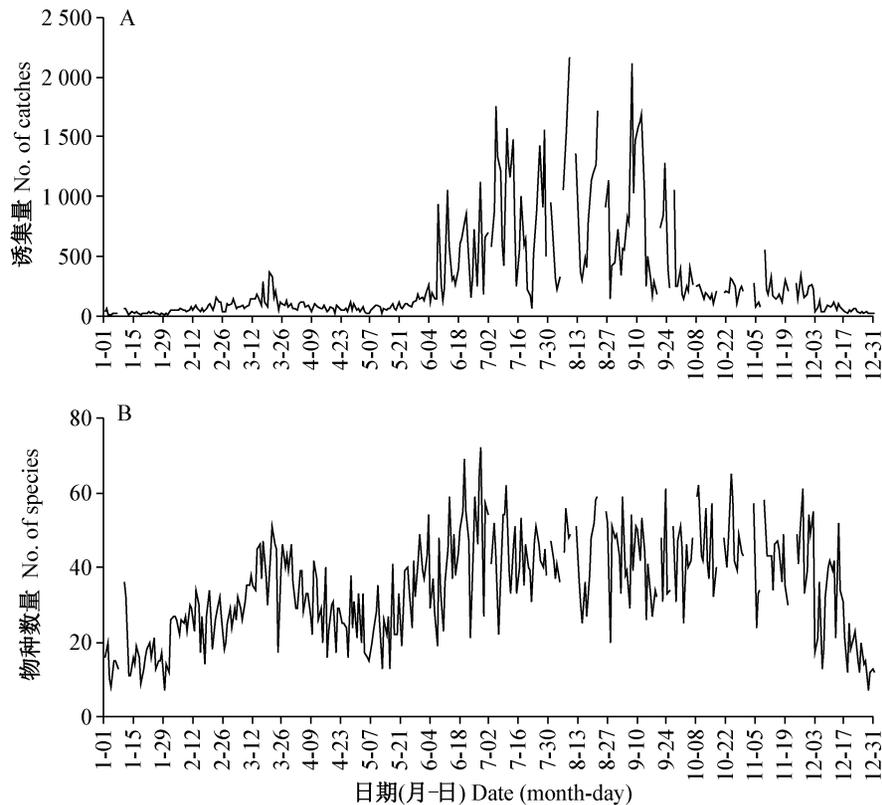


图1 2022年雷州市高空探照灯单日诱集量和物种数量动态

Fig. 1 Daily dynamics of vertical searchlight trap catches and species in Leizhou City in 2022

2.2.3 主要天敌的种群动态分析

中华草蛉 *Chrysoperla nipponensis* 和黄蜻 *Pantala flavescens* 是天敌中总诱集量最多的昆虫,分别为646头和504头。中华草蛉全年均可诱集到,种群动态呈明显的多峰型,6—8月诱集量维持在相对较高的水平(图3-A)。而黄蜻仅在5月下旬—10月上旬可诱集到,其他时间段未诱集到(图3-B)。

2.3 诱集昆虫的生物多样性分析

2022年雷州半岛诱集的空中昆虫群落的 Margalef 丰富度指数介于2.16~11.15,平均数为6.60; Shannon-Wiener 多样性指数介于0.77~3.74,平均数为2.68; Pielou 均匀度指数介于0.22~1.00之间,平均数为0.78。由此可见,雷州半岛诱集昆虫的物种丰富度较高,均匀度适中,生物多样性较丰富。

3 讨论

雷州半岛地处昆虫南北往返迁飞的重要季风通道,是多种迁飞性害虫越冬虫源由中南半岛及海南迁入我国的桥头堡,也是开展昆虫跨海(跨境)远距离迁飞研究的理想之地(王政等,2011;齐国君等,2022;Wu et al.,2022),但一直没有设立有效的监测工具研究空中昆虫种群结构。本研究于2022年设

置了高空探照灯对夜间空中昆虫进行系统监测,基于1年的监测数据基本探明了雷州半岛高空昆虫群落的结构特征,这是雷州半岛昆虫迁飞通道的首次监测结果,对指导迁飞性害虫的精准监测和源头治理具有重要意义。

高空探照灯是监测空中昆虫群落的重要措施(宋海燕等,2021)。在北方地区,付晓伟(2015)研究了渤海湾通道跨海迁飞昆虫的群落结构,发现鳞翅目为主优势类群,蜻蜓目和鞘翅目为次优势类群;宋海燕等(2021)发现鳞翅目和鞘翅目是山东省高空及地面灯诱的主要昆虫类群;周先涌等(2019;2020)研究认为在琼南地区及永兴岛,夜间空中昆虫的优势类群均为鳞翅目、半翅目和鞘翅目。本研究结果表明鳞翅目、鞘翅目和半翅目是雷州半岛空中昆虫诱集量和丰富度最多的3大类群,占诱集总量的比例超过90%,这与海南省南部及永兴岛的监测结果基本一致,与山东省和渤海湾地区鳞翅目为最优势种的研究结果也吻合。然而在滇西澜沧地区,半翅目为绝对优势类群,占比65.90%,而鳞翅目为第2优势类群,占比仅为14.68%(孙小旭,2020),与本研究的优势类群鳞翅目占比(72.37%)差异较大,这可能与东半部与西南地区的昆虫迁飞特点、气候条件及种

植结构等有关。

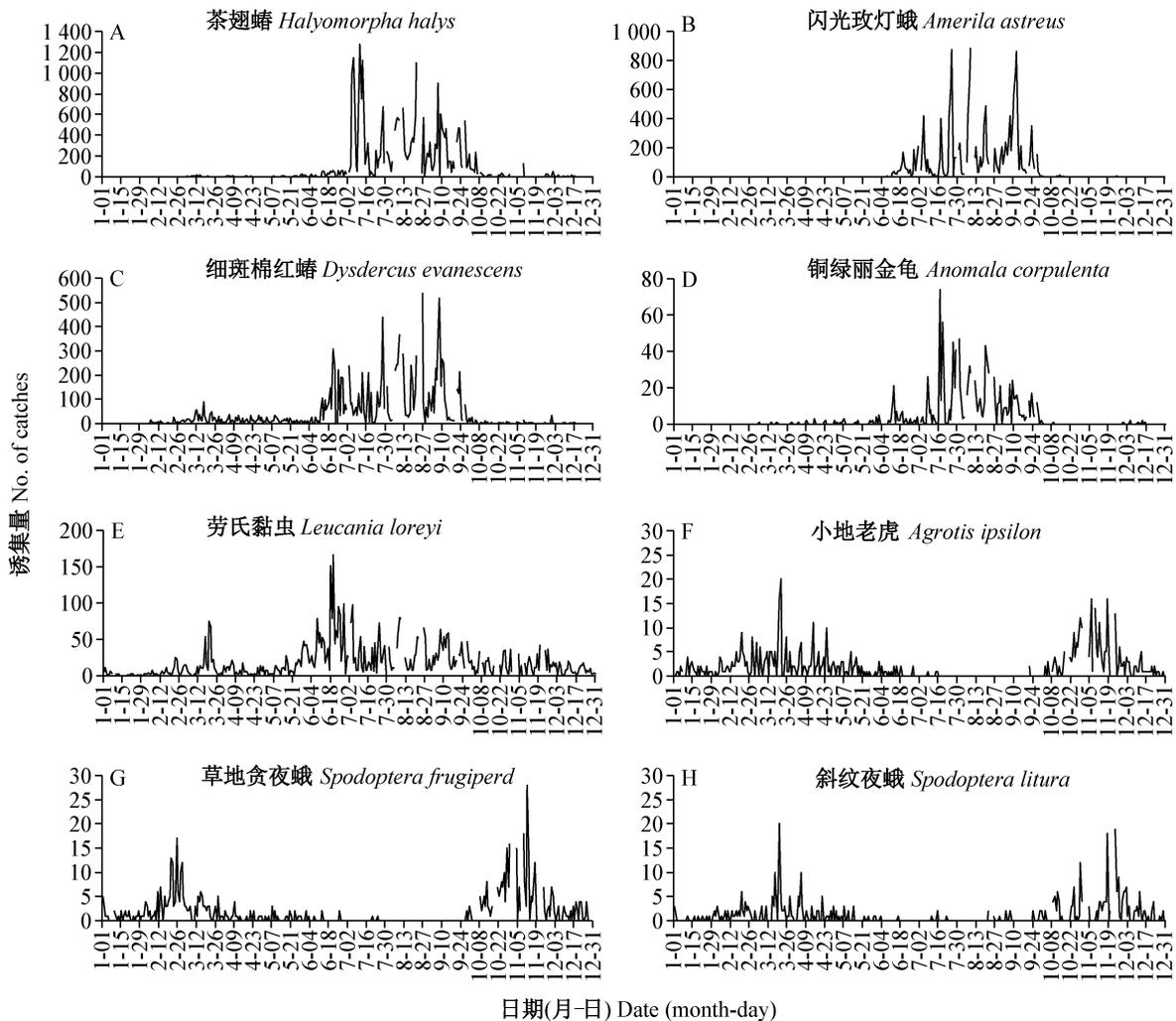


图2 2022年雷州市高空探照灯诱集的8种重要害虫的种群动态

Fig. 2 Population dynamics of eight important pest species by vertical searchlight trap in Leizhou City in 2022

迁飞性昆虫是空中昆虫群落的重要组成部分 (Dingle & Drake, 2007), 高空探照灯能够诱集到大量的高空迁飞性害虫及天敌昆虫 (封洪强, 2003), 其中鳞翅目害虫诱集数量最多, 监测到的棉铃虫 *Helicoverpa armigera*、小地老虎、甜菜夜蛾 *S. exigua*、劳氏黏虫、斜纹夜蛾、稻纵卷叶螟等均是常见的迁飞性害虫 (Feng et al., 2008; 付晓伟, 2015; 孙小旭, 2020)。本研究表明草地贪夜蛾、斜纹夜蛾和小地老虎等迁飞性害虫在2—3月和11月会出现明显的诱集高峰期, 这与其迁入和迁出雷州半岛的时间相对应 (齐国君等, 2022), 也十分符合迁飞昆虫季节性南北往返迁飞为害的规律 (翟保平等, 2011; 齐国君等, 2013), 而其他种类昆虫的诱集高峰期也存在一定的差异, 如茶翅蜡等诱集高峰期在6—9月, 而劳氏黏虫和中华草蛉则全年均可诱集到, 这种差异可能是

由不同昆虫的生活习性、种植结构及迁飞期差异造成的。

雷州半岛空中群落生物多样性分析结果表明, 诱集昆虫的物种丰富度较高, 均匀度适中, 生物多样性较丰富。该结果与云南省澜沧 (孙小旭, 2020) 和海南省南部 (周先涌等, 2020) 夜间空中昆虫群落的生物多样性分析结果基本一致。此外, 诱集到的昆虫种群除了包括常见的迁飞性害虫和农业害虫, 还包括黑肩绿盲蝽 *Cyrtorhinus lividipennis*、异色瓢虫、黄蜻及中华草蛉等迁飞性天敌昆虫, 这在海南省永兴岛、云南省澜沧、山东省长岛等地区也同样被监测到 (付晓伟, 2015; 周先涌等, 2019; 孙小旭, 2020)。本研究结果基本探明了雷州半岛空中昆虫群落结构特征, 丰富了对该地区空中昆虫多样性和物种丰富度的认知, 今后将对该监测点进行持续监测, 深入揭

示草地贪夜蛾等多种重大迁飞性害虫的迁飞动态，和数据支撑。为迁飞性害虫的精准测报与源头治理提供理论依据

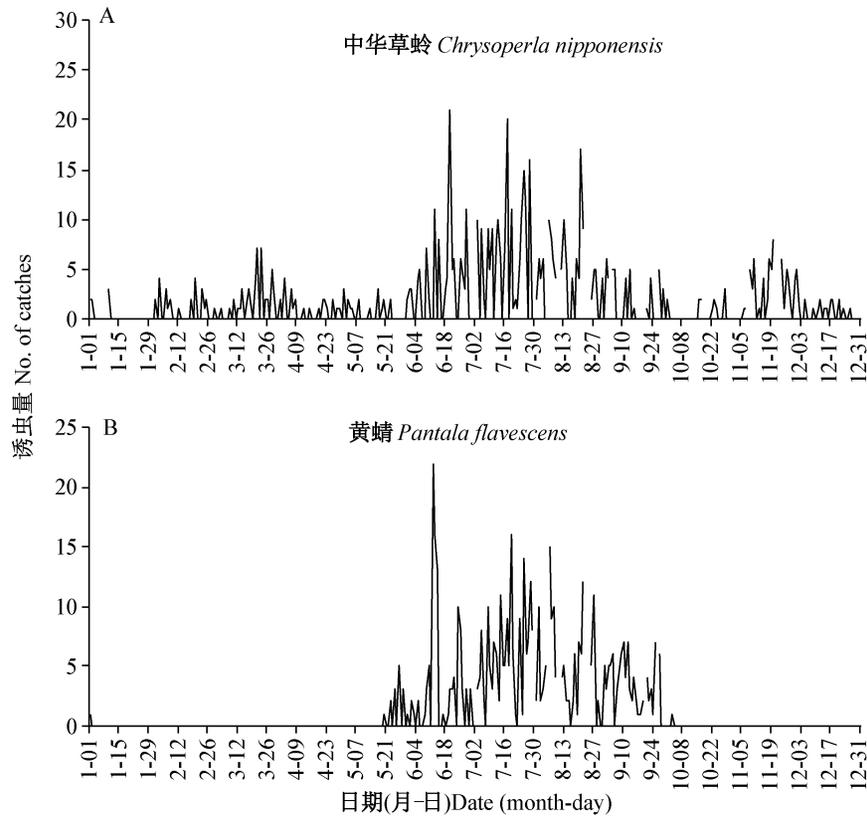


图3 2022年雷州市高空探照灯诱集的2种天敌昆虫的种群动态

Fig. 3 Population dynamics of two important natural enemies by vertical searchlight trap in Leizhou City in 2022

参考文献 (References)

- Allison D, Pike KS. 1988. An inexpensive suction trap and its use in an aphid monitoring network. *Journal of Agricultural Entomology*, 5 (2): 103-107
- Chen RC, Ding JH, Tan HQ, Hu GW. 1989. *Migratory entomology*. Beijing: China Agriculture Press, pp. 1-3 (in Chinese) [陈若麓, 丁锦华, 谈涵秋, 胡国文. 1989. 迁飞昆虫学. 北京: 中国农业出版社, pp. 1-3]
- Chen YL, Song SZ, Deng XS. 1963. Preliminary observation on migratory insects in the Bohai and Yellow seas of China. *Acta Entomologica Sinica*, 6(2): 137-148 (in Chinese) [陈永林, 宋绍宗, 邓小山. 1963. 中国渤海及黄海海面迁飞昆虫的初步观察. 昆虫学报, 6(2): 137-148]
- Cheng XN. 1992. Recent advances in research on the migrating insects in China. *Entomological Knowledge*, 29(3): 146-149 (in Chinese) [程遐年. 1992. 中国迁飞昆虫的研究进展. 昆虫知识, 29(3): 146-149]
- Deng WX, Xu KJ, Rong XL, Xu JZ. 1980. Preliminary report on catching brown planthopper and white-backed planthopper by aircraft net. *Chinese Bulletin of Entomology*, 17(3): 97-102 (in Chinese) [邓望喜, 许克进, 荣秀兰, 许甲柱. 1980. 飞机网捕褐稻虱及白背飞虱的研究初报. 昆虫知识, 17(3): 97-102]
- Dingle H, Drake VA. 2007. What is migration? *BioScience*, 57(2): 113-121
- Feng HQ. 2003. *Community aloft and radar observations of seasonal migration of insects in northern China*. PhD thesis. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences (in Chinese) [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, Zhao XC, Wu XF, Wu B, Wu KM, Cheng DF, Guo YY. 2008. Autumn migration of *Mythimna separata* (Lepidoptera: Noctuidae) over the Bohai Sea in northern China. *Environmental Entomology*, 37(3): 774-781
- Fu XW. 2015. *Study on the community structure and population dynamics of migratory insects across the Bohai strait*. PhD thesis. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences (in Chinese) [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]
- Hardy AC, Milne PS. 1937. Insect drift over the North Sea. *Nature*, 139 (3516): 510-511
- Hu G, Lim KS, Horvitz N, Clark SJ, Reynolds DR, Sapir N, Chapman JW. 2016. Mass seasonal bioflows of high-flying insect migrants. *Science*, 354(6319): 1584-1587
- Liu HG, Liu ZJ, Zhu WH. Results of net trapping of brown planthoppers on China seas. 1983. *Acta Entomologica Sinica*, 26(1): 109-

- 113 (in Chinese) [刘浩光, 刘振杰, 祝为华. 1983. 我国海上网捕褐稻虱的结果. 昆虫学报, 26(1): 109-113]
- National Research Collaboration Group on Brown Planthopper. 1981. The role of alpine insect nets in studying the migration law and prediction of rice planthopper. *Entomological Knowledge*, 18(6): 241-247 (in Chinese) [全国褐稻虱科研协作组. 1981. 高山捕虫网在研究稻飞虱迁飞规律和预测中的作用. 昆虫知识, 18(6): 241-247]
- Pang XF, You MS. 1996. *Insect community ecology*. Beijing: China Agricultural Press, pp. 3-12 (in Chinese) [庞雄飞, 尤民生. 1996. 昆虫群落生态学. 北京: 中国农业出版社, pp. 3-12]
- Pielou EC. 1966. Shannon's formula as a measure of specific diversity: its use and misuse. *The American Naturalist*, 100(914): 463-465
- Qi GJ, Wang Z, Lan QR, Lv LH. 2013. Occurrence and population characteristics analysis of *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenée) in rice growing region in northern Guangdong Province. *Chinese Journal of Rice Science*, 27(2): 177-183 (in Chinese) [齐国君, 王政, 蓝日青, 吕利华. 2013. 粤北稻区稻纵卷叶螟的发生规律及虫源性质分析. 中国水稻科学, 27(2): 177-183]
- Qi GJ, Zhong WD, Chen T, Shi QX, Chen J, Huang DC, Zhang ZF. 2022. Seasonal population dynamics and occurrence characteristics of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Guangdong Province. *Journal of Environmental Entomology*, 44(4): 792-799 (in Chinese) [齐国君, 钟文东, 陈婷, 石庆型, 陈洁, 黄德超, 张振飞. 2022. 广东省草地贪夜蛾种群周年动态及发生特征. 环境昆虫学报, 44(4): 792-799]
- Song HY, Li LL, Zhang QQ, Sun CK, Li C, Lu ZB, Zhu ZG, Yu Y, Men XY. 2021. The species and population dynamics of insects attracted by searchlight traps in Jinan, Shandong. *Journal of Plant Protection*, 48(4): 927-928 (in Chinese) [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. 2021. 山东省济南市探照灯诱集昆虫种类及种群动态分析. 植物保护学报, 48(4): 927-928]
- Sun XX. 2020. Community structure of aerial insects and population dynamics of important agricultural pests in western Yunnan. PhD thesis. Chongqing: Southwest University (in Chinese) [孙小旭. 2020. 滇西空中昆虫群落结构与重要农业害虫的种群动态. 博士学位论文. 重庆: 西南大学]
- Wang Z, Qi GJ, Lü LH, Hu Q, Yuan WX. 2011. Analysis of the source areas of early immigrant white-backed planthopper *Sogatella furcifera* (Horváth) in Guangdong Province. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(5): 1253-1259 (in Chinese) [王政, 齐国君, 吕利华, 胡芊, 袁维熙. 2011. 广东白背飞虱早期迁入种群的虫源地分析. 应用昆虫学报, 48(5): 1253-1259]
- Wu KM, Xu G, Guo YY. 1998. Observation on migratory activity of cotton bollworm moths across the Bohai Gulf in China. *Journal of Plant Protection*, 25(4): 337-340 (in Chinese) [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 MF, Qi GJ, Chen H, Ma J, Liu J, Jiang YY, Lee GS, Otuka A, Hu G. 2022. Overseas immigration of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) invading Korea and Japan in 2019. *Insect Science*, 29(2): 505-520
- Zhai BP, Zhou GH, Tao XR, Chen X, Shen HM. 2011. Macroscopic patterns and microscopic mechanisms of the outbreak of rice planthoppers and epidemic SRBSDV. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(3): 480-487 (in Chinese) [翟保平, 周国辉, 陶小荣, 陈晓, 沈慧梅. 2011. 稻飞虱暴发与南方水稻黑条矮缩病流行的宏观规律和微观机制. 应用昆虫学报, 48(3): 480-487]
- Zhang ML, Wang RJ. 2011. The status and trend of insect diversity conservation. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(3): 739-745 (in Chinese) [张茂林, 王戎疆. 2011. 昆虫多样性的保护现状与趋势. 应用昆虫学报, 48(3): 739-745]
- Zhang XM, Li Q, Chen GH, Yang J, Gao X, Song JX. 2009. Insect community structure and its stability in a *Zanthoxylum bungeanum* garden with different planting pattern. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 20(8): 1986-1991 (in Chinese) [张晓明, 李强, 陈国华, 杨洁, 高鑫, 宋家雄. 2009. 不同种植模式花椒园昆虫群落的结构及稳定性. 应用生态学报, 20(8): 1986-1991]
- Zhou RS. 2020. Relationship between light-trap catches of *Inazuma dorsalis* and rainfall in Leizhou City, Guangdong Province from 2018 to 2019. *China Plant Protection*, 40(7): 55-57 (in Chinese) [周润声. 2020. 2018—2019年广东省雷州市电光叶蝉灯诱虫量和雨量的关系. 中国植保导刊, 40(7): 55-57]
- Zhou RS, Wu ZW. 2020. Migration and occurrence of rice leaf roller in early rice in Leizhou City. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 26(16): 149, 173 (in Chinese) [周润声, 吴正伟. 2020. 雷州市早稻纵卷叶螟迁入发生情况. 安徽农业科学, 26(16): 149, 173]
- 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 Entomology*, 56(4): 804-818 (in Chinese) [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]
- Zhou XY, Zhao SY, Yan R, Xiao RX, Wu KM. 2020. Study on the community structure of nocturnal aerial insects in southern Hainan Province. *Journal of Environmental Entomology*, 42(3): 638-659 (in Chinese) [周先涌, 赵胜园, 闫冉, 肖日新, 吴孔明. 2020. 海南南部夜间空中昆虫群落结构研究. 环境昆虫学报, 42(3): 638-659]
- Zhou Y, Zhang HW, Wu KM. 2020. Frequency of migration of agricultural pests across the Bohai Sea in northern China and a control strategy for these species. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 57(2): 233-243 (in Chinese) [周燕, 张浩文, 吴孔明. 2020. 农业害虫跨越渤海的迁飞规律与控制策略. 应用昆虫学报, 57(2): 233-243]

(责任编辑:王璇)