

两种体色灰茶尺蠖的发生动态及 两种性信息素诱芯的诱捕效果*

耿书宝^{1,2**} 陈磊^{1,2} 侯贺丽³ 潘鹏亮^{1,2} 郭世保^{1,2}
周洲^{1,2} 张方梅^{1,2} 乔利^{1,2***}

(1. 信阳农林学院农学院, 信阳 464000; 2. 河南省大别山实验室, 信阳 464000; 3. 信阳农林学院食品科学与工程学院, 信阳 464000)

摘要 【目的】明确信阳市茶园中灰茶尺蠖 *Ectropis grisescens* 年发生代数和各代成虫发生高峰期, 比较两种性信息素诱芯对灰茶尺蠖的诱捕效果, 调查灰色型和黑色型灰茶尺蠖的田间发生比例。【方法】在 2019-2021 年利用灰茶尺蠖性信息素诱芯和茶尺蠖性信息素诱芯调查了信阳市茶园中灰茶尺蠖灰色型和黑色型的发生动态。【结果】在信阳市, 灰茶尺蠖第 1-5 代的成虫发生高峰期分别在 3 月下旬、5 月下旬、7 月上旬、8 月上旬和 9 月上中旬。灰茶尺蠖各代成虫发生量存在显著差异 ($P<0.05$), 在 2020 年调查的潘新镇肖庄茶园 (SC) 中第 5 代成虫发生量高达 (189.3 ± 10.3) 头/诱捕器。灰茶尺蠖年均诱捕量在各个茶园中存在显著差异 ($P<0.05$), 2020 年在 SC 茶园中年发生量最大, 为 (549.3 ± 34.6) 头/诱捕器。灰色型个体比例很高, 灰色型和黑色型的比值在 19.2 : 1-212.1 : 1 之间。【结论】灰茶尺蠖在信阳市每年发生 5 代, 灰色型和黑色型的年发生动态曲线相似, 2 种性信息素诱芯对灰茶尺蠖的田间诱捕效果没有差异。研究结果可为茶园害虫绿色防控研究, 以及灰茶尺蠖的体色型田间发生比例提供数据参考。

关键词 灰茶尺蠖; 发生动态; 性信息素; 体色

Population dynamics of two biotypes *Ectropis grisescens* and the effectiveness of two sex pheromone lures for trapping this pest

GENG Shu-Bao^{1,2**} CHEN Lei^{1,2} HOU He-Li³ PAN Peng-Liang^{1,2} GUO Shi-Bao^{1,2}
ZHOU Zhou^{1,2} ZHANG Fang-Mei^{1,2} QIAO Li^{1,2***}

(1. School of Agronomy, Xinyang Agriculture and Forestry University, Xinyang 464000, China;

2. Henan Dabie Mountain Laboratory, Xinyang 464000, China;

3. School of Food Science and Engineering, Xinyang Agriculture and Forestry University, Xinyang 464000, China)

Abstract 【Aim】To clarify the annual generation number and peak of adult occurrence in each generation of *E. grisescens* in Xinyang tea plantations, to compare the effectiveness of two sex pheromones for trapping this pest, and to investigate the ratio of gray and black adults in the field. 【Methods】Two sex pheromones were used to investigate the occurrence of grey and black *E. grisescens* in tea plantations in Xinyang City from 2019 to 2021. 【Results】In Xinyang, the peak occurrence of adults of the 1st to 5th generations is in late March, late May, early July, early August and early mid-September, respectively. There were significant differences in the number of adults in each generation; the number of 5th generation adults captured was as high as (189.3 ± 10.32) per trap in the SC tea plantation in 2020. Average annual trap-catch differed significantly among different tea plantations ($P<0.05$). Most $[(549.3 \pm 34.63)$ per trap] were caught in the SC tea plantation in 2020. The

*资助项目 Supported projects: 国家自然科学基金项目 (32402364); 河南省科技攻关项目 (242102110178); 河南省国际科技合作项目 (242102520042); 河南省中央引导地方科技发展资金项目 (Z20221341063); 河南省高等学校重点科研项目 (24B210012); 河南省大别山实验室重点课题 (DMLP006); 信阳农林学院作物绿色防控与品质调控科技创新团队 (XNKJTD-007)

**第一作者 First author, E-mail: shubaogeng@163.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: 2017180004@xyafu.edu.cn

收稿日期 Received: 2024-01-20; 接受日期 Accepted: 2024-05-20

proportion of the gray biotype was very high; the ratio of gray to black biotypes ranged from 19.2 : 1 to 212.1 : 1.

[Conclusion] There are 5 generations of *E. grisescens* in Xinyang annually and the annual population dynamics of the gray and black biotypes are similar. There was no significant difference in the number of individuals caught using the two kinds of sex pheromone tested. These results support the development of environmentally-friendly pest control in tea gardens, and reveal the relative abundance of the grey and black biotypes of *E. grisescens* in the field.

Key words *Ectropis grisescens*; occurrence dynamics; sex pheromone; body color

灰茶尺蠖 *Ectropis grisescens* 与茶尺蠖 *Ectropis obliqua* 是茶树上危害严重的两个近缘种。这两种尺蠖年发生代数多,繁殖速度快,幼虫取食茶树芽叶,大暴发时造成茶枝光秃,呈“火烧”状,造成树势衰退,对茶叶生产危害严重(葛超美等, 2016a, 2016b; Ma *et al.*, 2016; 白家赫等, 2018a; 程梓淇等 2022; 谢小群等, 2023)。由于灰茶尺蠖和茶尺蠖在生物学特征、生态学习性等方面很相似,茶叶生产上长期将二者视为同一物种“茶尺蠖”(白家赫等, 2018a; 葛繁星等, 2022)。后来的学者通过形态学鉴定、CO I 基因序列和遗传杂交等研究,明确了灰茶尺蠖和茶尺蠖是两个物种(Zhang *et al.*, 2014; 白家赫等, 2018a; 肖强, 2019)。茶尺蠖主要分布于安徽省郎溪以东、浙江省钱塘江以北和江苏省大部分茶区,灰茶尺蠖广泛分布于我国各大茶区;在浙江、江苏、安徽交界区域,两个物种混合发生,并呈带状分布(白家赫等, 2018b; Li *et al.*, 2019)。河南省信阳市茶区发生的是灰茶尺蠖,并不是茶尺蠖(姜楠等, 2014; 白家赫等, 2018b)。陈李林等(2020)基于灰茶尺蠖的发育起点温度、有效积温和冷胁迫等 42 个生物学参数,预测了灰茶尺蠖的分布范围以及未来潜在的分布界限。灰茶尺蠖的年发生情况也有一定的地域差异性,在浙江省每年发生 6-7 代(葛超美等, 2016a),湖南省每年以发生 6 代为主,温湿度适宜年份发生 7 代(张觉晚, 2004),湖北省每年发生 6-7 代(毛迎新等, 2007),在江西省每年多发生 6 代,第 7 代大多为不完全世代(谢小群等, 2023)。明确灰茶尺蠖在信阳市的发生代数及各代成虫发生高峰期,对于茶园害虫绿色防控具有重要意义。

昆虫性信息素的应用作为茶园绿色防控的一项重要措施,可有效解决农药残留问题,提升

茶叶品质和产量,并且不伤害天敌,保护茶园生态环境。灰茶尺蠖和茶尺蠖性信息素已经在田间种群监测和防治中进行研究和推广(肖强, 2016; 李喜旺等, 2018; 罗宗秀等, 2018; Wang *et al.*, 2018; 冯卫虎等, 2021)。灰茶尺蠖和茶尺蠖的性信息素成分非常相似(殷坤山等, 1993; 罗宗秀, 2017; 程梓淇等, 2022)。茶尺蠖雌成虫性信息素的主要成分是 Z3,Z6,Z9-18Hy 和 Z3,Z9-6,7epo-18Hy(殷坤山等, 1993; 杨云秋, 2009),当二者按 2 : 8 比例混合时对茶尺蠖雄成虫有显著的引诱作用(杨云秋, 2009)。罗宗秀(2017)通过触角电位图(Electroantennography, EAG)和风洞实验发现, Z3,Z6,Z9-18Hy 和 Z3,epo6,Z9-18Hy 两种成分强烈吸引灰茶尺蠖雄虫,而 Z3,Z6,Z9-18Hy、Z3,epo6,Z9-18Hy 和 Z3,epo6,Z9-19Hy 3 种成分共同使用对灰茶尺蠖吸引力下降,对茶尺蠖的吸引力大大增加。为了更好地阐明两种性信息素在信阳市茶园的应用效果,本研究从杭州中茶技术服务有限公司购买了灰茶尺蠖性信息素诱芯和茶尺蠖性信息素诱芯,比较两种性信息素诱芯对灰茶尺蠖的诱捕效果,为灰茶尺蠖种群监测和绿色防控提供数据支撑。

昆虫的体色变异是一种普遍存在且高度多样化的现象,对于适应环境变化、抵抗疾病、防御捕食者等具有重要意义(龚建福等, 2022)。昆虫的体色型是基因和环境因子共同作用的结果,其中基因是控制体色变异的决定性因素,而环境条件如温度、光照和湿度等通过调控相关基因的表达,调节相应酶的活性,影响色素的合成、转移和分解,从而使昆虫表现出不同的体色(葛超美, 2017)。灰茶尺蠖存在灰色型和黑色型两种体色型,体色型的变化由常染色体单基因控制,灰色是隐性基因,黑色是显性基因,并遵

循孟德尔遗传定律（葛超美，2017）。但在茶园调查发现，灰茶尺蠖黑色个体比例很少，多为灰色个体，这与孟德尔遗传定律不相符。也有报道说黑色型的出现是灰色型发生基因突变的结果，但灰茶尺蠖体色发生突变的原因仍不清楚（葛超美，2017）。为进一步揭示灰茶尺蠖的体色遗传机理及环境适应机制，本研究对信阳市茶园中灰茶尺蠖黑色型和灰色型的发生比例进行了调查分析。

目前关于灰茶尺蠖的研究集中在其地理分布（白家赫等，2018b；陈李林等，2020）、生物学特性（葛超美等，2016a，2016b；Ma *et al.*, 2019；耿书宝等，2023；Qian *et al.*, 2023；Shan *et al.*, 2023）、性信息素分离鉴定（Ma *et al.*, 2016；罗宗秀，2017）、生殖隔离机制（Luo *et al.*, 2017；程梓淇等，2022）、发生规律（谢小群等，2023）、防治技术（Wang *et al.*, 2022；陈雨思等，2023；周孝贵等，2023）和基因表达（Li *et al.*, 2022；Wu

et al., 2023；Yang *et al.*, 2023）等方面，而缺少关于其田间不同体色型发生情况及体色变异机理的研究。本研究通过 2019-2021 年对信阳市茶园中灰茶尺蠖的发生情况调查，明确灰茶尺蠖的发生代数和各代成虫发生高峰期，比较两种性信息素诱芯对灰茶尺蠖的诱捕效果，调查灰茶尺蠖灰色型和黑色型的田间发生比例，对茶园中灰茶尺蠖的绿色防控及其体色变异机理的解析具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 试验茶园

2019 年在信阳市南湾湖周边选取 6 个生产茶园，2020 和 2021 年选取信阳申林茶叶有限开发公司的 3 个生产茶园（SA、SB 和 SC）和罗山县亿峰生态林业开发有限公司的 2 个生产茶园（YD 和 YE），茶园的具体位置信息见表 1。

表 1 本研究中调查茶园的基本信息
Table 1 The basic information of investigated tea plantations in this study

调查年份 Investigate year	简称 Abbreviation	调查地点 Survey site	经纬度 Latitude and longitude	面积 (hm ²) Area (hm ²)
2019	CW	信阳市浉河区董家河镇陈湾村 Chenwan Village, Dongjiahe Town, Shihe District, Xinyang City	32°08'59.99"N, 113°55'28.26"E	0.20
	QT	信阳市浉河区董家河镇清塘村 Qingtang Village, Dongjiahe Town, Shihe District, Xinyang City	32°07'23.84"N, 113°51'21.12"E	0.27
	XJ	信阳市浉河区浉河港镇夏家冲 Xiajiachong Village, Shihegang Town, Shihe District, Xinyang City	32°03'55.03"N, 113°53'22.18"E	0.40
	BM	信阳市浉河区浉河港镇白庙村 Baimiao Village, Shihegang Town, Shihe District, Xinyang City	31°59'31.66"N, 113°51'3.51"E	1.53
	MD	信阳市浉河区浉河港镇马到岭 Madaoling Village, Shihegang Town, Shihe District, Xinyang City	32°01'1.67"N, 113°54'28.94"E	0.67
	XM	信阳市浉河区十三里桥乡小庙村 Xiaomiao Village, Shisanliqiao Town, Shihe District, Xinyang City	32°01'34.72"N, 113°59'20.61"E	0.47
2020, 2021	SA	信阳市罗山县潘新镇肖庄 Xiao Village, Panxin Town, Luoshan County, Xinyang City	31°53'18.89"N, 114°26'37.57"E	0.27

续表 1 (Table 1 continued)

调查年份 Investigate year	简称 Abbreviation	调查地点 site	经纬度 Latitude and longitude	面积 (hm ²) Area (hm ²)
	SB	信阳市罗山县潘新镇枫景树 Fengjingshu Village, Panxin Town, Luoshan County, Xinyang City	31°52'56.1"N, 114°26'36.96"E	0.33
	SC	信阳市罗山县潘新镇肖庄 Xiao Village, Panxin Town, Luoshan County, Xinyang City	31°53'3.372"N, 114°26'46.03"E	0.53
	YD	信阳市罗山县灵山镇母山洼 Mushanwa Village, Lingshan Town, Luoshan County, Xinyang City	31°58'47.53"N, 114°21'13.716"E	1.00
	YE	信阳市罗山县灵山镇母山洼 Mushanwa Village, Lingshan Town, Luoshan County, Xinyang City	31°58'49.84"N, 114°20'37.79"E	0.87

1.2 试验方法

在每个试验茶园, 选择两种性信息素诱芯 (由中国农业科学院茶叶研究所农产品质量安全研究中心与杭州中茶技术服务有限公司联合开发的灰茶尺蠖性信息素诱芯和茶尺蠖性信息素诱芯)(罗宗秀等, 2019), 每种性信息素诱芯分别放置在 5 个船型诱捕器(杭州中茶技术服务有限公司)中, 成对悬挂在高于茶棚面 20 cm 处, 每个茶园共设置 5 对诱捕器, 每对诱捕器间隔 20 m 左右。每 7-14 d 调查 1 次, 记录诱集到的灰茶尺蠖的灰色型和黑色型数量, 每 7-14 d 更换 1 次粘板, 每月更换 1 次诱芯。每年在越冬代成虫发生之前布置诱捕器, 在 2019 年, 3 月 9 日悬挂诱捕器, 3 月 16 日开始调查数据, 11 月 16 日调查结束, 共调查 33 次。在 2020 年, 因为疫情防控原因, 错过了越冬代成虫的发生期, 4 月 25 日悬挂诱捕器, 5 月 1 日开始记录试验数据, 11 月 1 日调查结束, 共调查 23 次。在 2021 年, 3 月 14 日悬挂诱捕器, 3 月 28 日开始调查记录, 10 月 29 日调查结束, 共调查 21 次。

1.3 数据分析

每年每次调查诱捕器中的灰茶尺蠖成虫数量, 分别记录灰色型和黑色型的数量, 合计为总发生量。以每次的调查时间为横坐标, 以灰茶尺

蠖发生量为纵坐标绘制年发生动态图。根据年发生动态图的上升期、峰值和下降期区分各代成虫的发生期, 各代成虫发生期内的每次调查的诱捕量的平均值累加为该代成虫发生量。每个调查年度, 每次调查的诱捕量的平均值累加即为该年的成虫年均诱捕量。利用 SAS 9.2 软件进行 *t* 检验, 比较同一年份同一地点中两种性信息素诱芯对灰茶尺蠖诱捕量的差异。灰茶尺蠖各代成虫发生量之间的差异和不同茶园中灰茶尺蠖成虫年均诱捕量之间的差异, 均利用 SAS 9.2 软件进行单因素方差分析 (One-way ANOVA), 均值比较用 SNK 测验。

2 结果与分析

2.1 灰茶尺蠖各代成虫发生期及年发生动态

2019-2021 年, 在信阳市调查了茶园中灰茶尺蠖各代成虫的发生期及年发生动态 (图 1-图 3), 发现灰茶尺蠖在信阳市每年发生 5 代。

2019 年从 3 月 9 日调查到 11 月 16 日, 灰茶尺蠖每代成虫的发生期在每个茶园大致相同 (图 1: A-F)。第 1 代成虫发生期为 3 月 9 日-5 月 4 日, 发生高峰期在 3 月 23 日; 第 2 代成虫发生期为 5 月 4 日-6 月 23 日, 发生高峰期在 6 月 1 日; 第 3 代成虫发生期为 6 月 23 日-7 月 22 日, 发生高峰期在 7 月 7 日; 第 4 代成虫发生期

为 7 月 22 日-8 月 31 日, 发生高峰期在 8 月 11 日; 第 5 代成虫发生期为 8 月 31 日-11 月 2 日, 发生高峰期在 9 月 22 日。2020 年, 受新冠疫情影响, 错过调查第 1 代成虫的发生期, 从 4 月 25 日调查到 11 月 1 日, 灰茶尺蠖各代成虫的发生期在每个茶园很相似 (图 2: A-E)。第 2 代成

虫发生期为 4 月 25 日-6 月 20 日, 发生高峰期在 5 月 31 日; 第 3 代成虫发生期为 6 月 20 日-7 月 27 日, 发生高峰期在 7 月 19 日; 第 4 代成虫发生期为 7 月 27 日-9 月 1 日, 发生高峰期在 8 月 10 日; 第 5 代成虫发生期为 9 月 1 日-11 月 1 日, 发生高峰期在 9 月 16 日。2021 年, 从 3 月 14

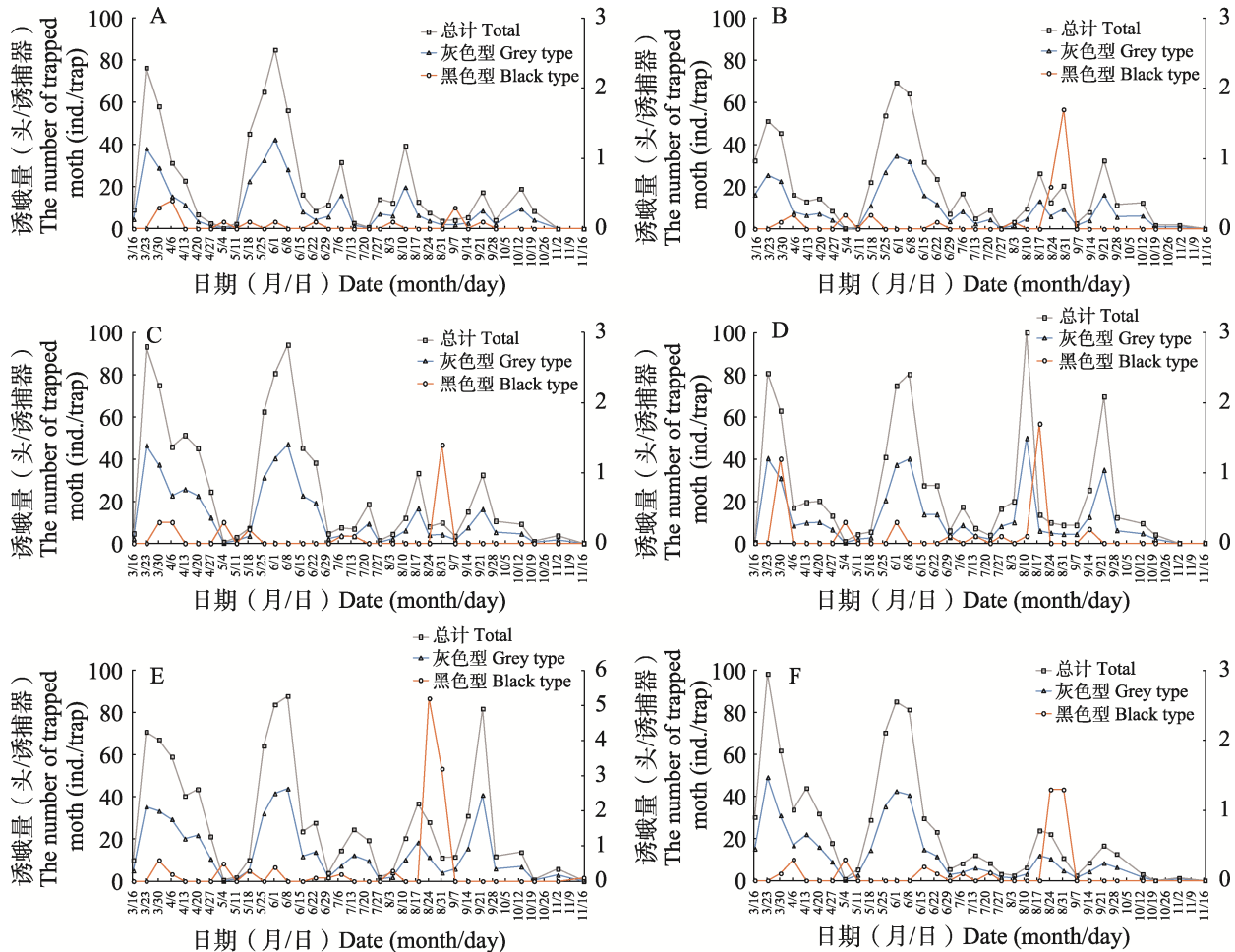


图 1 2019 年信阳市 6 个茶园中灰色型和黑色型的灰茶尺蠖的发生动态

Fig. 1 The occurrences of grey and black type of *Ectopis grisescens* in 6 tea plantations of Xinyang in 2019

A. 信阳市浉河区董家河镇陈湾村茶园 CW; B. 信阳市浉河区董家河镇清塘村茶园 QT; C. 信阳市浉河区浉河港镇夏家冲茶园 XJ; D. 信阳市浉河区浉河港镇白庙村茶园 BM; E. 信阳市浉河区浉河港镇马到岭茶园 MD; F. 信阳市浉河区十三里桥乡小庙村茶园 XM。黑色型+灰色型=总计数。黑色型的数量比例很小, 因此黑色型的数量用右边的副纵坐标表示, 灰色型和总计的数量用主纵坐标值表示。图 2 和图 3 同。

A. Tea plantation CW in Chenwan Village, Dongjiahe Town, Shihe District, Xinyang City; B. Tea plantation QT in Qingtang Village, Dongjiahe Town, Shihe District, Xinyang City; C. Tea plantation XJ in Xiajiachong Village, Shihegang Town, Shihe District, Xinyang City; D. Tea plantation BM in Baimiao Village, Shihegang Town, Shihe District, Xinyang City; E. Tea plantation MD in Madaoling Village, Shihegang Town, Shihe District, Xinyang City; F. Tea plantation XM in Xiaomiao Village, Shisanliqiao Town, Shihe District, Xinyang City. Black type+grey type=total. The number of black types is few, thus the number of black types is indicated on the secondary vertical axis, the number of grey types and total numbers is indicated on the principal vertical axis. The same for Fig. 2 and Fig. 3.

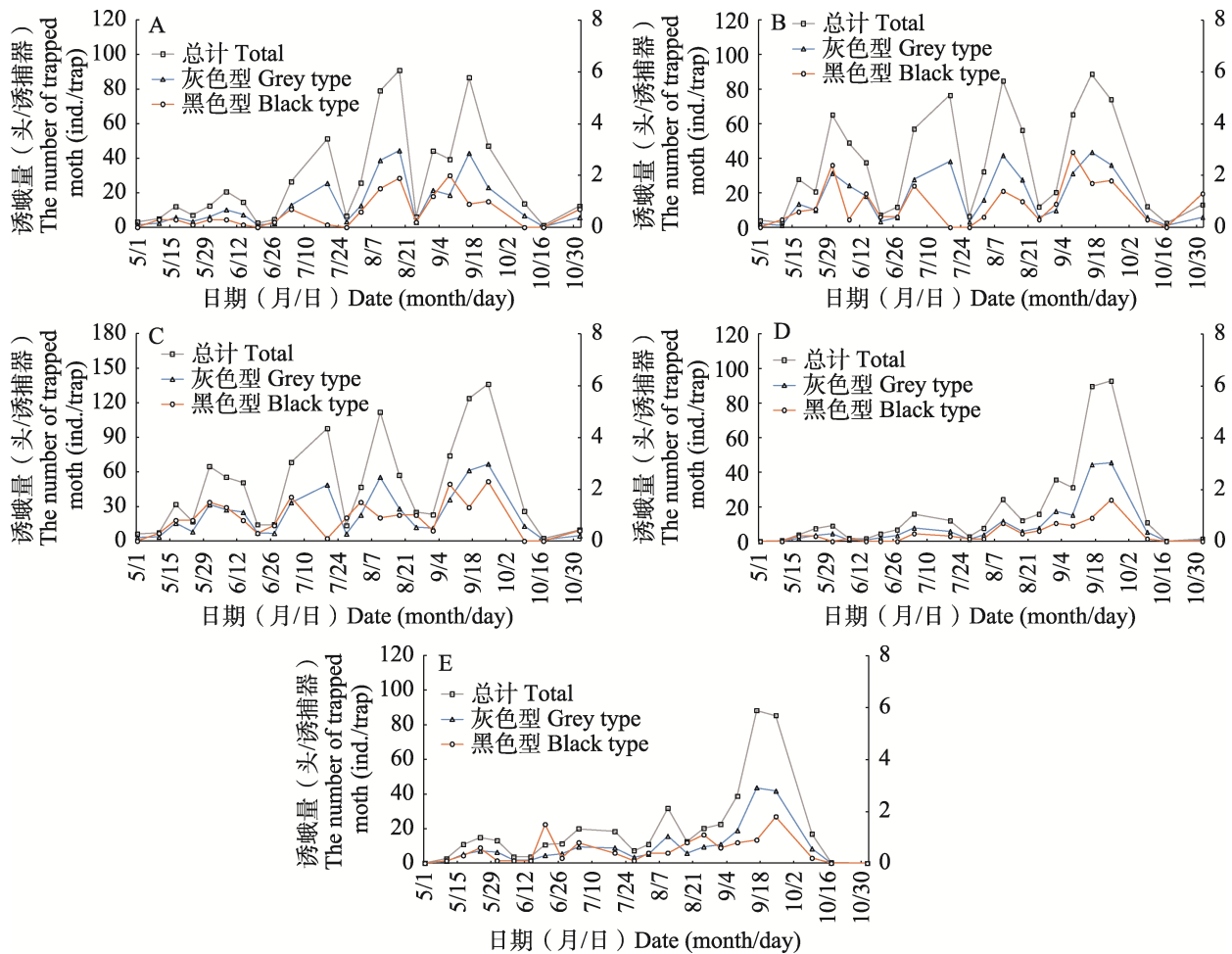


图 2 2020 年信阳市 5 个茶园中灰色型和黑色型的灰茶尺蠖的发生动态

Fig. 2 The occurrences of grey and black type of *Ectropis grisescens* in 5 tea plantations of Xinyang in 2020

A. 信阳市罗山县潘新镇肖庄茶园 SA; B. 信阳市罗山县潘新镇枫景树茶园 SB; C. 信阳市罗山县潘新镇肖庄茶园 SC; D. 信阳市罗山县灵山镇母山洼茶园 YD; E. 信阳市罗山县灵山镇母山洼茶园 YE。

A. Tea plantation SA in Xiao Village, Panxin Town, Luoshan County, Xinyang City; B. Tea plantation SB in Fengjingshu Village, Panxin Town, Luoshan County, Xinyang City; C. Tea plantation SC in Xiao Village, Panxin Town, Luoshan County, Xinyang City; D. Tea plantation YD in Mushanwa Village, Lingshan Town, Luoshan County, Xinyang City; E. Tea plantation YE in Mushanwa Village, Lingshan Town, Luoshan County, Xinyang City.

日调查到 10 月 29 日, 灰茶尺蠖各代成虫的发生期在每个茶园也很相似 (图 3: A-E)。第 1 代成虫发生期为 3 月 14 日-5 月 9 日, 发生高峰期在 3 月 28 日; 第 2 代成虫发生期为 5 月 9 日-6 月 19 日, 发生高峰期在 5 月 30 日; 第 3 代成虫发生期为 6 月 19 日-8 月 1 日, 发生高峰期在 7 月 10 日; 第 4 代成虫发生期为 8 月 1 日-8 月 22 日, 发生高峰期在 8 月 8 日; 第 5 代成虫发生期为 8 月 22 日-10 月 29 日, 发生高峰期在 9 月 5 日。

2019 年, 在调查的 6 个茶园中, 第 1 代和第 2 代成虫发生量显著高于第 3 代、第 4 代和第 5

代 (茶园 A: $F = 39.49, df = 4, 45, P < 0.0001$; 茶园 B: $F = 59.06, df = 4, 45, P < 0.0001$; 茶园 C: $F = 97.79, df = 4, 45, P < 0.0001$; 茶园 D: $F = 36.42, df = 4, 45, P < 0.0001$; 茶园 E: $F = 33.27, df = 4, 45, P < 0.0001$; 茶园 F: $F = 69.65, df = 4, 45, P < 0.0001$) (图 4: A), 茶园 C 中第 1 代成虫的发生量最高, 为 (170.3 ± 15.4) 头/诱捕器。灰茶尺蠖年均诱捕量在各个茶园中存在显著差异 ($F = 5.23, df = 5, 54, P = 0.0006$) (图 5: A), 在 E 茶园中灰茶尺蠖发生量最大, 为 (472.4 ± 32.9) 头/诱捕器。2020 年, 在调查的 SC、YD、YE 茶园

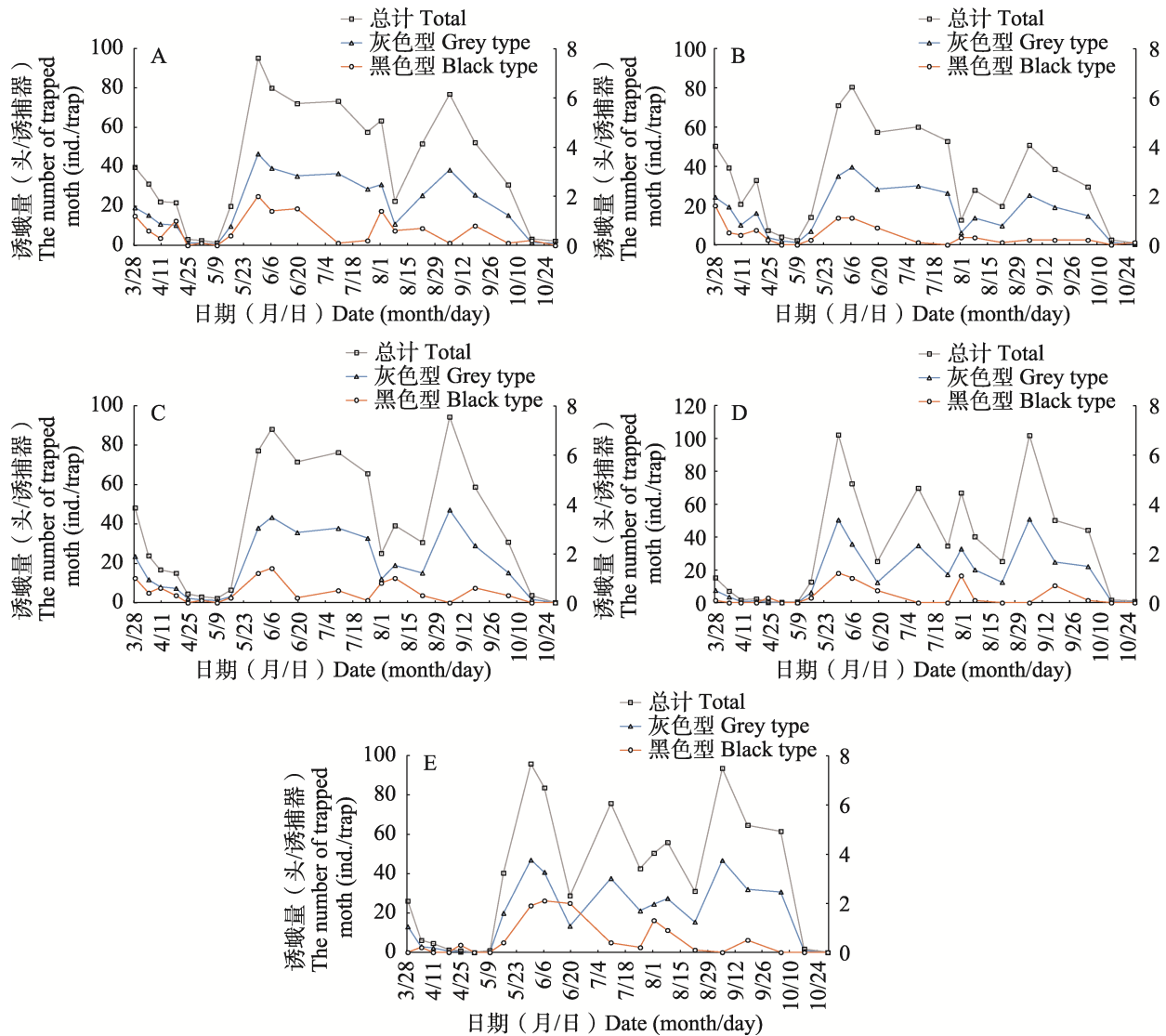


图 3 2021 年信阳市 5 个茶园中灰色型和黑色型的灰茶尺蠖的发生动态

Fig. 3 The occurrences of grey and black type of *Ectropis grisescens* in 5 tea plantations of Xinyang in 2021

A. 信阳市罗山县潘新镇肖庄茶园 SA; B. 信阳市罗山县潘新镇枫景树茶园 SB; C. 信阳市罗山县潘新镇肖庄茶园 SC; D. 信阳市罗山县灵山镇母山洼茶园 YD; E. 信阳市罗山县灵山镇母山洼茶园 YE。

A. Tea plantation SA in Xiao Village, Panxin Town, Luoshan County, Xinyang City; B. Tea plantation SB in Fengjingshu Village, Panxin Town, Luoshan County, Xinyang City; C. Tea plantation SC in Xiao Village, Panxin Town, Luoshan County, Xinyang City; D. Tea plantation YD in Mushanwa Village, Lingshan Town, Luoshan County, Xinyang City; E. Tea plantation YE in Mushanwa Village, Lingshan Town, Luoshan County, Xinyang City.

中, 第 5 代的成虫发生量显著高于第 2 代、第 3 代和第 4 代 (茶园 SC: $F = 13.65$, $df = 3, 36$, $P < 0.0001$; 茶园 YD: $F = 70.00$, $df = 3, 36$, $P < 0.0001$; 茶园 YE: $F = 74.55$, $df = 3, 36$, $P < 0.0001$) (图 4: B), SC 茶园中第 5 代成虫发生量高达 (189.3±10.3) 头/诱捕器。灰茶尺蠖年均诱捕量在各个茶园中存在显著差异 $F = 30.17$, $df = 4, 45$, $P < 0.0001$) (图 5: B) (在 SC 茶园中灰

茶尺蠖年发生量最大, 为 (549.3±34.6) 头/诱捕器。在 SA、SB、YD 和 YE 茶园中, 灰茶尺蠖成年年均诱捕量分别为 (313.1±34.4)、(423.3±26.2)、(197.2±15.5)、(228.3±13.4) 头/诱捕器。2021 年, 在调查的茶园中, 第 2 代成虫的发生量显著高于其他代 (茶园 SA: $F = 17.76$, $df = 4, 45$, $P < 0.0001$; 茶园 SB: $F = 36.13$, $df = 4, 45$, $P < 0.0001$; 茶园 SC: $F = 22.60$, $df = 4, 45$, $P <$

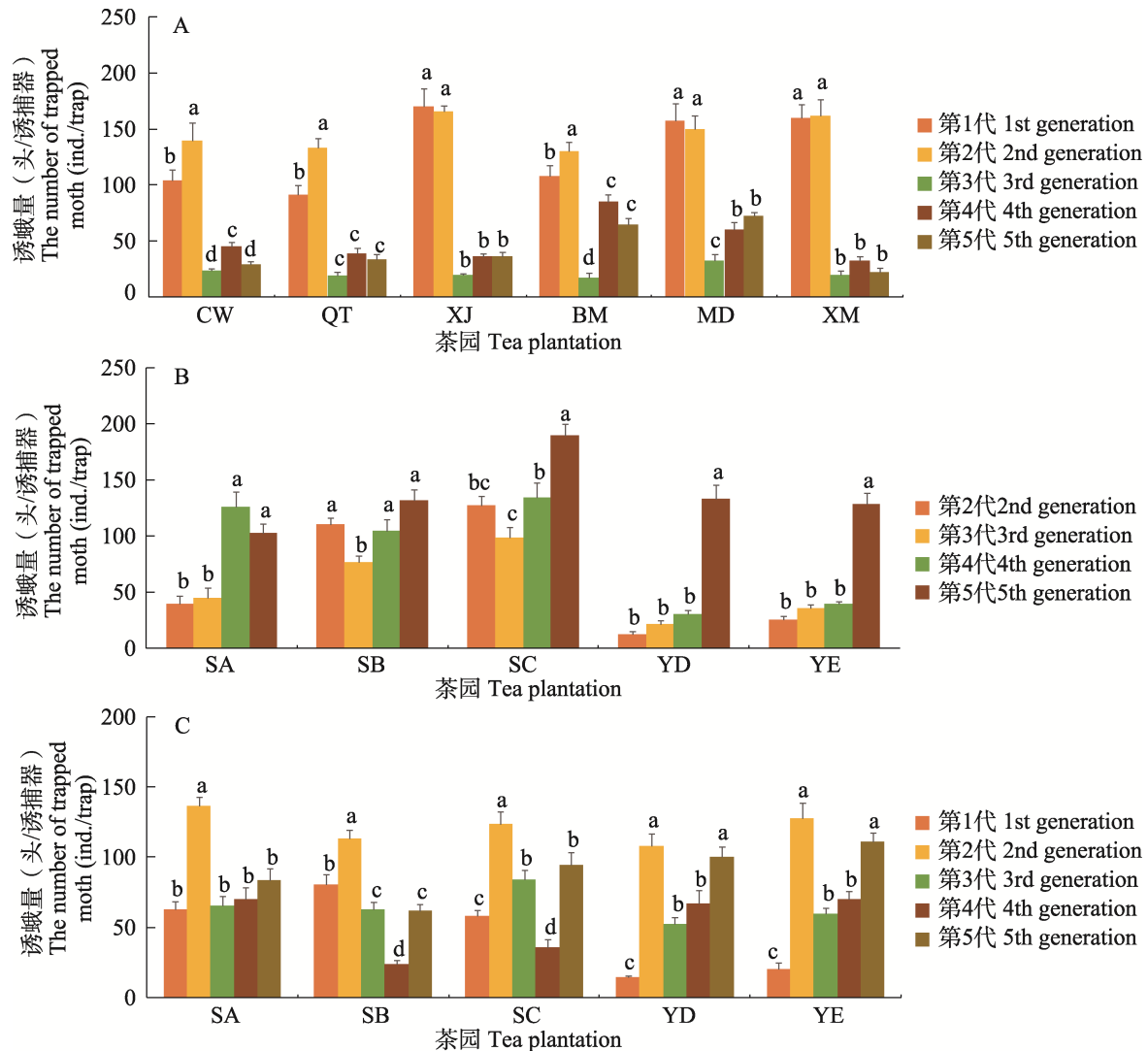


图 4 2019 (A)、2020 (B) 和 2021 年 (C) 信阳市不同茶园中灰茶尺蠖的每代成虫诱捕量

Fig. 4 The average number of each generation of *Ectropis grisescens* trapped per year in tea plantations of Xinyang in year 2019 (A), 2020 (B), and 2021 (C)

CW: 信阳市浉河区董家河镇陈湾村茶园; QT: 信阳市浉河区董家河镇清塘村茶园; XJ: 信阳市浉河区浉河港镇夏家冲茶园; BM: 信阳市浉河区浉河港镇白庙村茶园; MD: 信阳市浉河区浉河港镇马到岭茶园; XM: 信阳市浉河区十三里桥乡小庙村茶园; SA: 信阳市罗山县潘新镇肖庄茶园; SB: 信阳市罗山县潘新镇枫景树茶园; SC: 信阳市罗山县潘新镇肖庄茶园; YD: 信阳市罗山县灵山镇母山洼茶园; YE: 信阳市罗山县灵山镇母山洼茶园。图中数据为平均值±标准误。柱上不同小写字母表示经 SNK 法检验在 $P<0.05$ 水平显著差异。图 5 同。

CW: Tea plantation in Chenwan Village, Dongjiahe Town, Shihe District, Xinyang City; QT: Tea plantation in Qingtang Village, Dongjiahe Town, Shihe District, Xinyang City; XJ: Tea plantation in Xiajiachong Village, Shihegang Town, Shihe District, Xinyang City; BM: Tea plantation in Baimiao Village, Shihegang Town, Shihe District, Xinyang City; MD: Tea plantation in Madaoling Village, Shihegang Town, Shihe District, Xinyang City; XM: Tea plantation in Xiaomiao Village, Shisanliqiao Town, Shihe District, Xinyang City; SA: Tea plantation in Xiao Village, Panxin Town, Luoshan County, Xinyang City; SB: Tea plantation in Fengjingshu Village, Panxin Town, Luoshan County, Xinyang City; SC: Tea plantation in Xiao Village, Panxin Town, Luoshan County, Xinyang City; YD: Tea plantation in Mushanwa Village, Lingshan Town, Luoshan County, Xinyang City; YE: Tea plantation in Mushanwa Village, Lingshan Town, Luoshan County, Xinyang City. Data in the figure are mean±SE. Different lowercase letters above bars indicate significant difference at $P<0.05$ level by SNK test. The same for Fig. 5.

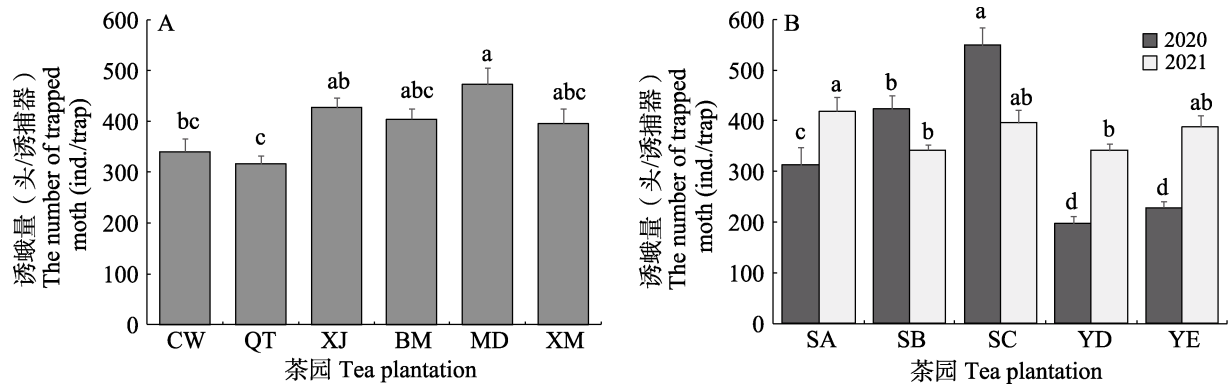


图 5 2019 (A)、2020 和 2021 (B) 信阳市不同茶园中灰茶尺蠖成虫的年均诱捕量

Fig. 5 The average number of *Ectropis grisescens* adults trapped per year in tea plantations of Xinyang in year 2019 (A), 2020 and 2021(B)

0.000 1; 茶园 YD: $F = 28.39$, $df = 4,45$, $P < 0.000 1$; 茶园 YE: $F = 39.09$, $df = 4,45$, $P < 0.000 1$) (图 4: C), SA 茶园中第 2 代成虫发生量为 (136.3±6.7) 头/诱捕器。灰茶尺蠖年均诱捕量在各个茶园中存在显著差异 ($F = 2.70$, $df = 4,45$, $P = 0.0423$) (图 5: B), 在 SA 茶园中灰茶尺蠖年发生量最大, 为 (418.6±27.1) 头/诱捕器。在 SB、SC、YD 和 YE 茶园中, 灰茶尺蠖成虫年均诱捕量分别为 (342.2±11.5)、(396.0±24.9)、(341.2±14.3) 和 (388.5±22.2) 头/诱捕器。

2.2 两种性信息素诱芯对灰茶尺蠖的诱捕效果

2019-2021 年, 在调查的茶园中分别悬挂了两种性信息素诱芯 (灰茶尺蠖性信息素诱芯和茶尺蠖性信息素诱芯) 用来诱捕灰茶尺蠖, 两种诱芯的诱捕效果一致 (图 6: A-F, 图 8: A-E)。

2019 年, 在调查的 6 个茶园中, 多数情况下, 两种诱芯对各代灰茶尺蠖成虫的诱捕量没有影响 (表 2)。但在 A 茶园中, 茶尺蠖诱芯的总成虫诱捕量显著多于灰茶尺蠖诱芯 (表 2, t -test: $t = 2.43$, $df = 8$, $P = 0.041 2$), 分别为 (391.0±35.5) 和 (291.0±20.9) 头/诱捕器。在 D 茶园中, 也出现类似的情况, 茶尺蠖诱芯的总成虫诱捕量显著多于灰茶尺蠖诱芯 (表 2, t -test: $t = 2.33$, $df = 8$, $P = 0.048 0$), 分别为 (444.6±28.7) 和 (364.4±19.0) 头/诱捕器。

2020 年, 在调查的 5 个茶园中, 多数情况下, 两种诱芯对各代灰茶尺蠖成虫的诱捕量没有影响 (表 2)。但在 SA 茶园中, 茶尺蠖诱芯的对

各代成虫和总成虫诱捕量均显著多于灰茶尺蠖诱芯 (表 2), 茶尺蠖诱芯和灰茶尺蠖诱芯的总成虫诱捕量分别为 (406.8±28.5) 和 (219.4±11.4) 头/诱捕器。在 YD 茶园中, 茶尺蠖诱芯的总成虫诱捕量也显著多于灰茶尺蠖诱芯 (表 2, t -test: $t = 2.48$, $df = 8$, $P = 0.038 1$), 分别为 (617.8±33.6) 和 (480.8±43.7) 头/诱捕器。2021 年, 在调查的 5 个茶园中, 两种诱芯对各代灰茶尺蠖成虫的诱捕量和总成虫诱捕量均没有影响 (表 2)。

2.3 灰茶尺蠖灰色型和黑色型发生动态及比例

2019-2021 年, 在调查的茶园中, 灰茶尺蠖灰色型和黑色型的发生动态曲线相似 (图 1: A-F, 图 3: A-E), 但是灰色型的发生数量明显高于黑色型 (表 3)。2019 年, 在 A、B、C、D、E 和 F 茶园中, 灰茶尺蠖年均诱捕量中, 灰色型和黑色型的比值分别为 212.1 : 1、97.8 : 1、157.2 : 1、97.7 : 1、41.2 : 1 和 103.3 : 1。2020 年, 在 SA、SB、SC、YD 和 YE 茶园中, 灰茶尺蠖年均诱捕量中, 灰色型和黑色型的比值分别为 24.3 : 1、20.2 : 1、26.3 : 1、29.3 : 1 和 19.2 : 1。2021 年, 在 SA、SB、SC、YD 和 YE 茶园中, 灰茶尺蠖年均诱捕量中, 灰色型和黑色型的比值分别为 31.9 : 1、42.3 : 1、43 : 1、64.6 : 1 和 36.7 : 1。通过 2019-2021 年监测数据, 发现灰茶尺蠖灰色型发生比例很高, 黑色型比较少见。但是 2020 年监测到的黑色型比例高于 2019 和 2021 年。

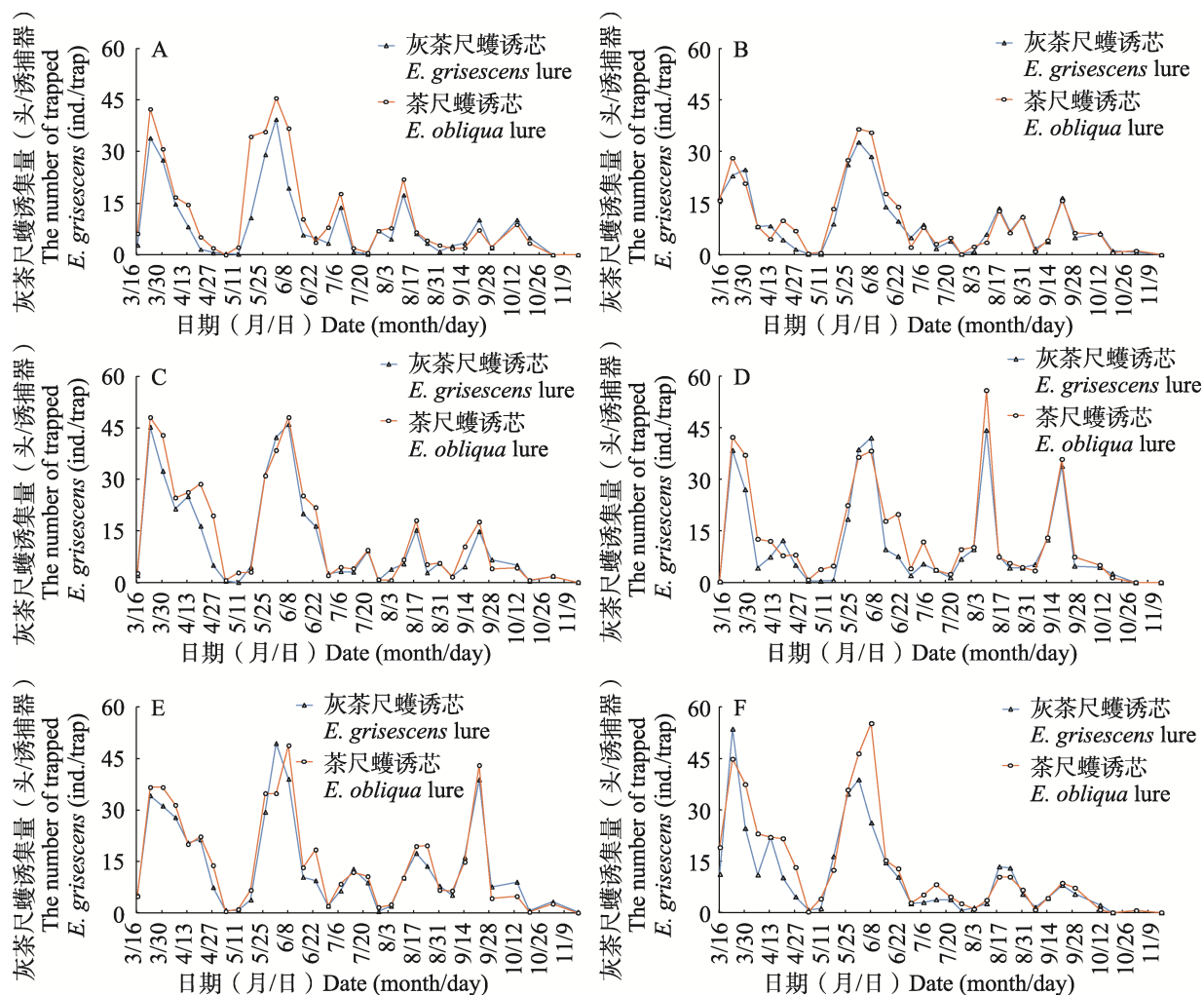


图6 2019年信阳市6个茶园中两种性信息素诱芯对灰茶尺蠖的诱捕量

Fig. 6 The number of *Ectopis grisescens* trapped by two sex pheromone lures in 6 tea plantations of Xinyang in 2019

- A. 信阳市浉河区董家河镇陈湾村茶园 CW; B. 信阳市浉河区董家河镇清塘村茶园 QT;
C. 信阳市浉河区浉河港镇夏家冲茶园 XJ; D. 信阳市浉河区浉河港镇白庙村茶园 BM;
E. 信阳市浉河区浉河港镇马到岭茶园 MD; F. 信阳市浉河区十三里桥乡小庙村茶园 XM。
A. Tea plantation CW in Chenwan Village, Dongjiahe Town, Shihe District, Xinyang City;
B. Tea plantation QT in Qingtang Village, Dongjiahe Town, Shihe District, Xinyang City;
C. Tea plantation XJ in Xiajiachong Village, Shihegang Town, Shihe District, Xinyang City;
D. Tea plantation BM in Baimiao Village, Shihegang Town, Shihe District, Xinyang City;
E. Tea plantation MD in Madaoling Village, Shihegang Town, Shihe District, Xinyang City;
F. Tea plantation XM in Xiaomiao Village, Shisanliqiao Town, Shihe District, Xinyang City.

3 讨论

灰茶尺蠖的年发生情况有一定的地域差异性,在我国茶产区多发生6-7代(张觉晚,2004;毛迎新等,2007;葛超美等,2016a;谢小群等,2023)。通过2019-2021年,在信阳市调查茶园中灰茶尺蠖各代成虫的发生期及年发生动态,发

现灰茶尺蠖在信阳市每年发生5代,9-10月份有世代重叠的现象(图1-图3),10月份发生的小高峰期应为第6代的不完全世代,这与谢小群等(2023)报道的第7代大多为不完全世代类似。在不同年份和不同茶园中,灰茶尺蠖各代成虫发生量不同,这可能与茶园的生态环境和管理措施有关。2019年调查的6个茶园中,均是个体农

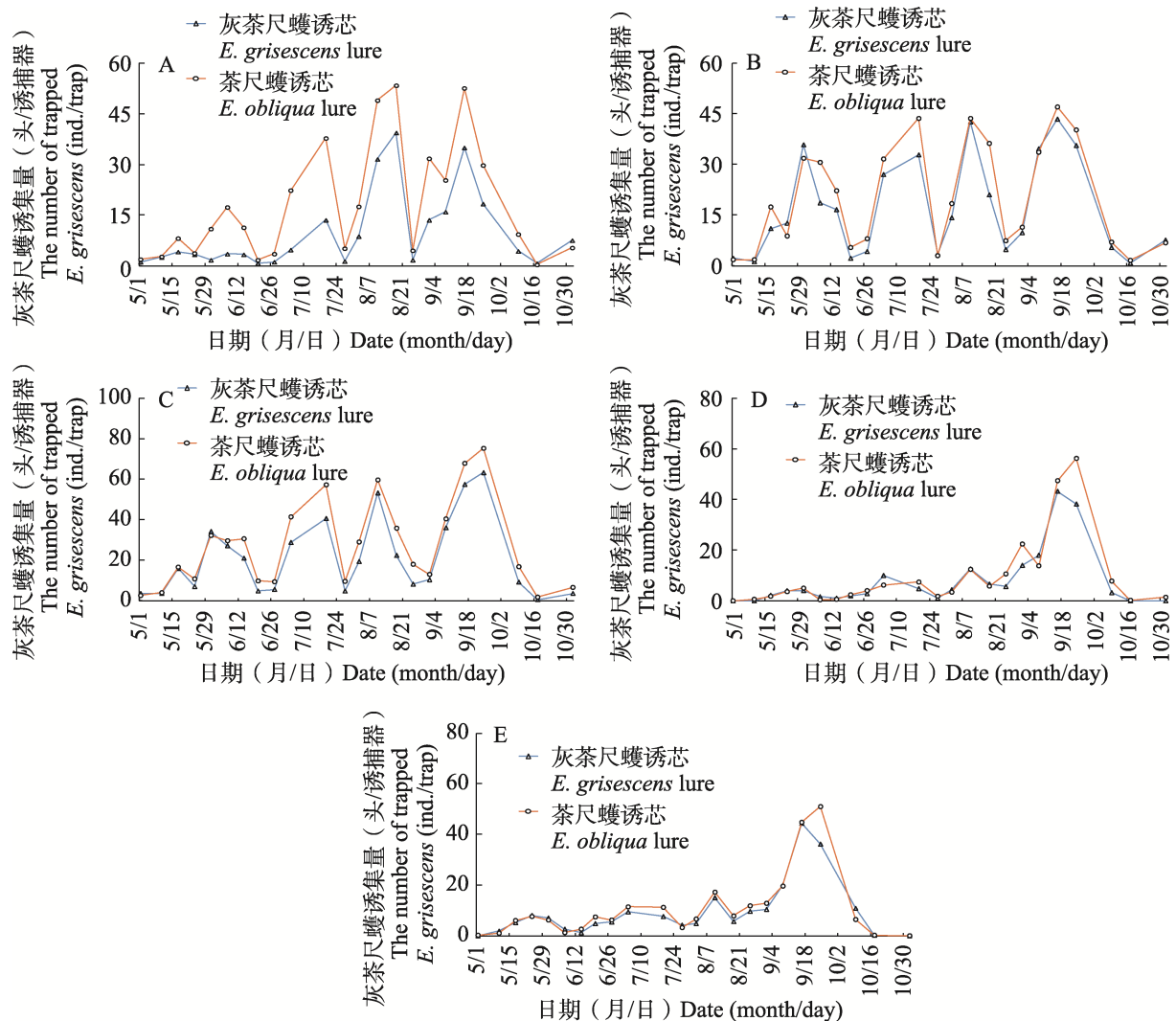


图 7 2020 年信阳市 5 个茶园中两种性信息素诱芯对灰茶尺蠖的诱捕量

Fig. 7 The number of *Ectropis grisescens* trapped by two sex pheromone lures in 5 tea plantations of Xinyang in 2020

- A. 信阳市罗山县潘新镇肖庄茶园 SA; B. 信阳市罗山县潘新镇枫景树茶园 SB;
C. 信阳市罗山县潘新镇肖庄茶园 SC; D. 信阳市罗山县灵山镇母山洼茶园 YD;
E. 信阳市罗山县灵山镇母山洼茶园 YE。

A. Tea plantation SA in Xiao Village, Panxin Town, Luoshan County, Xinyang City; B. Tea plantation SB in Fengjingshu Village, Panxin Town, Luoshan County, Xinyang City; C. Tea plantation SC in Xiao Village, Panxin Town, Luoshan County, Xinyang City; D. Tea plantation YD in Mushanwa Village, Lingshan Town, Luoshan County, Xinyang City; E. Tea plantation YE in Mushanwa Village, Lingshan Town, Luoshan County, Xinyang City.

户的茶园,栽培管理措施基本一致。第 1 代和第 2 代成虫发生量比较大,第 3 代、第 4 代和第 5 代成虫发生量较少(图 4)。第 2 代成虫发生期之前,正值春茶采摘期,茶农基本不采取任何防控措施。待春茶采摘结束之后,在 5 月中下旬,茶农普遍对茶树进行深度修剪,这种措施对第 3 代及以后的成虫发生,均起到了明显的抑制作

用。2020 和 2021 年调查的 5 个茶园中,SA、SB 和 SC 茶园是信阳申林茶叶有限开发公司的生产茶园,YD 和 YE 茶园是罗山县亿峰生态林业开发有限公司的生产茶园。同一个公司的栽培管理措施基本一致,因此 SA、SB 和 SC 茶园中各代成虫的发生期和发生量很相似(图 4)。在 2020 年,第 2 代和第 3 代的成虫发生量较少,第 4 代

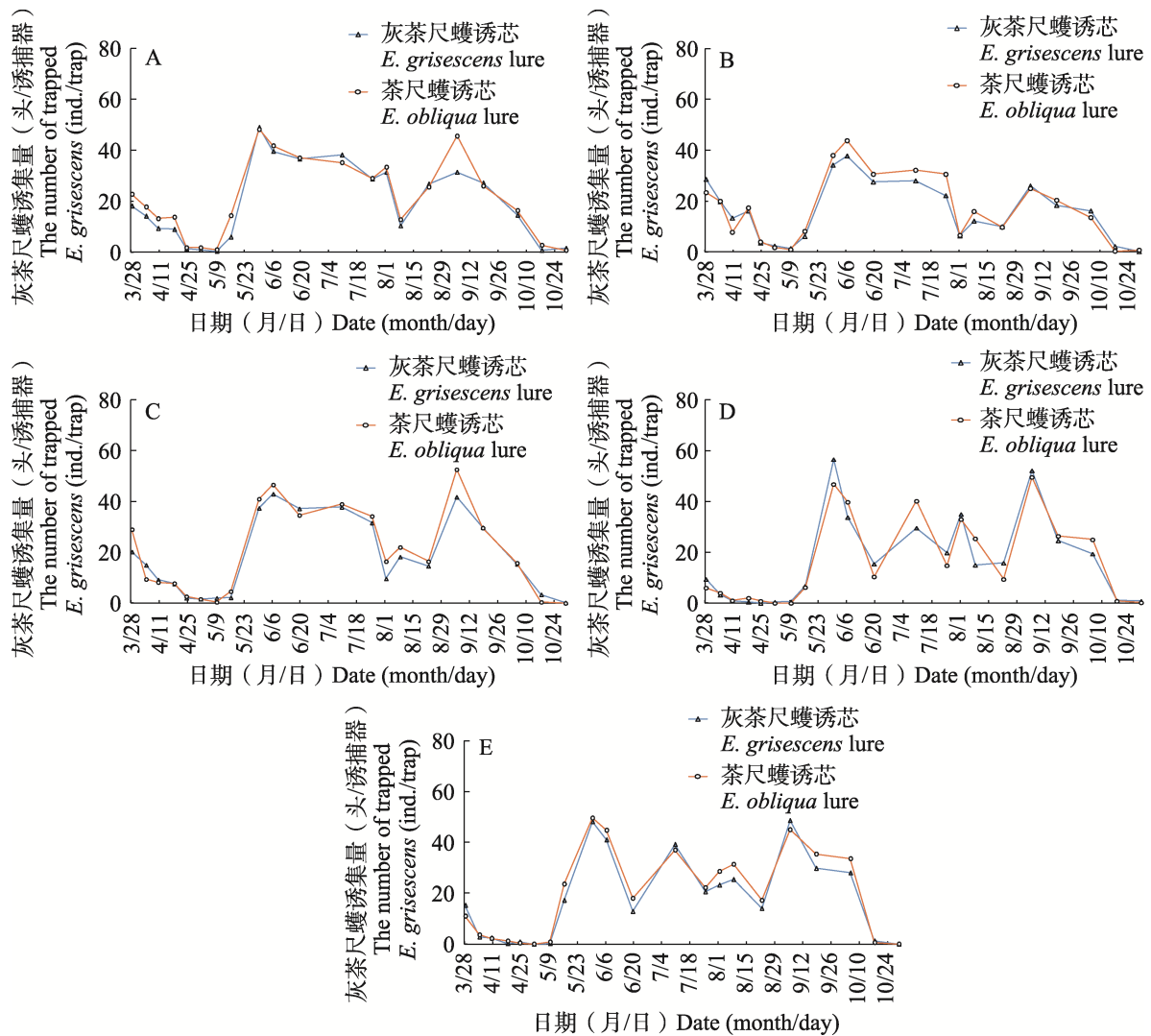


图 8 2021 年信阳市 5 个茶园中两种性信息素诱芯对灰茶尺蠖的诱捕量

Fig. 8 The number of *Ectopis grisescens* trapped by two sex pheromone lures in 5 tea plantations of Xinyang in 2021

A. 信阳市罗山县潘新镇肖庄茶园 SA; B. 信阳市罗山县潘新镇枫景树茶园 SB; C. 信阳市罗山县潘新镇肖庄茶园 SC; D. 信阳市罗山县灵山镇母山洼茶园 YD; E. 信阳市罗山县灵山镇母山洼茶园 YE。

A. Tea plantation SA in Xiao Village, Panxin Town, Luoshan County, Xinyang City; B. Tea plantation SB in Fengjingshu Village, Panxin Town, Luoshan County, Xinyang City; C. Tea plantation SC in Xiao Village, Panxin Town, Luoshan County, Xinyang City; D. Tea plantation YD in Mushanwa Village, Lingshan Town, Luoshan County, Xinyang City; E. Tea plantation YE in Mushanwa Village, Lingshan Town, Luoshan County, Xinyang City.

和第 5 代的较多。在 2021 年, 第 2 代的成虫发生量最大, 其它代较少 (图 4)。从灰茶尺蠖年均诱捕量上看, 罗山县亿峰生态林业开发有限公司茶园的灰茶尺蠖发生较少 (图 5)。

昆虫性信息素的应用作为茶园绿色防控的一项重要措施, 可减少化学防治措施, 不伤害天敌, 保护茶园生态环境, 灰茶尺蠖和茶尺蠖性信息素已经在田间种群监测和防治中进行研究和

推广 (肖强, 2016; 李喜旺等, 2018; 罗宗秀等, 2018; Wang *et al.*, 2018; 冯卫虎等, 2021)。本研究从杭州中茶技术服务有限公司购买了灰茶尺蠖性信息素诱芯和茶尺蠖性信息素诱芯, 比较两种诱芯对信阳市茶园中的灰茶尺蠖的诱捕效果, 发现两种诱芯对灰茶尺蠖均有很好的诱集效果。虽然灰茶尺蠖和茶尺蠖的性信息素在成分上有所不同 (殷坤山等, 1993; 罗宗秀, 2017; 程梓淇

表 2 2019-2021 年信阳市茶园中两种性信息素诱芯对灰茶尺蠖各代成虫的诱捕效果比较
Table 2 The trapped effects of two sex pheromone lures on each *Ecotropis grisescens* adult generation in tea plantations of Xinyang from 2019 to 2021

年份 Year	简称 Abbreviation	性信息素诱芯 Sex pheromone lure	灰茶尺蠖成虫诱捕量 (头/诱捕器) Number of trapped <i>E. grisescens</i> adults (ind./ trap)					
			第 1 代 1st generation	第 2 代 2nd generation	第 3 代 3rd generation	第 4 代 4th generation	第 5 代 5th generation	总计 Total
2019	CW	灰茶尺蠖 <i>E. grisescens</i>	90.0±8.2 a	109.8±14.6 a	18.2±2.8 a	39.6±5.5 a	33.4±2.0 a	291.0±20.9 a
		茶尺蠖 <i>E. obliqua</i>	118.0±15.3 a	168.8±23.3 a	28.4±1.0 b	50.4±4.2 a	25.4±3.4 a	391.0±35.5 b
	QT	灰茶尺蠖 <i>E. grisescens</i>	87.2±11.1 a	120.6±7.2 a	19.8±4.9 a	40.4±9.7 a	33.6±6.4 a	301.6±15.5 a
		茶尺蠖 <i>E. obliqua</i>	95.0±14.3 a	145.6±13.2 a	18.6±3.8 a	37.2±3.3 a	34.2±6.0 a	330.6±31.4 a
	XJ	灰茶尺蠖 <i>E. grisescens</i>	147.8±20.5 a	160.4±9.8 a	18.6±13 a	34.6±4.5 a	33.2±3.4 a	394.6±23.5 a
		茶尺蠖 <i>E. obliqua</i>	192.8±20.0 a	170.2±4.6 a	20.6±2.4 a	37.6±3.6 a	38.6±7.1 a	459.8±28.2 a
2020	BM	灰茶尺蠖 <i>E. grisescens</i>	94.8±13.4 a	117.2±9.8 a	12.4±3.1 a	76.8±7.8 a	63.2±11.2 a	364.4±19.0 a
		茶尺蠖 <i>E. obliqua</i>	120.6±12.8 a	143.2±9.9 a	21.8±8.5 a	93.0±10.7 a	66.0±5.4 a	444.6±28.7 b
	MD	灰茶尺蠖 <i>E. grisescens</i>	148.4±25.1 a	142.2±22.0 a	30.4±7.7 a	56.2±6.8 a	75.6±4.6 a	452.8±45.1 a
		茶尺蠖 <i>E. obliqua</i>	165.8±20.6 a	157.6±11.9 a	34.4±9.6 a	64.6±10.6 a	69.6±3.5 a	492.0±51.4 a
	XM	灰茶尺蠖 <i>E. grisescens</i>	138.0±17.0 a	142.2±19.1 a	15.2±1.9 a	34.4±6.6 a	22.0±5.6 a	351.8±40.2 a
		茶尺蠖 <i>E. obliqua</i>	181.2±11.6 a	181.8±20.2 a	24.4±6.5 a	31.0±3.1 a	22.2±5.5 a	440.6±34.1 a
2020	SA	灰茶尺蠖 <i>E. grisescens</i>	—	21.0±1.1 a	21.0±2.7 a	95.2±6.2 a	82.2±7.0 a	219.4±11.4 a
		茶尺蠖 <i>E. obliqua</i>	—	58.4±6.9 b	69.0±6.9 b	156.4±18.5 b	123.0±8.4 b	406.8±28.5 b
	SB	灰茶尺蠖 <i>E. grisescens</i>	—	100.2±6.5 a	67.4±7.1 a	92.4±8.1 a	127.4±15.3 a	387.4±30.1 a
		茶尺蠖 <i>E. obliqua</i>	—	119.8±8.8 a	86.2±6.5 a	117.0±18.5 a	136.2±13.1 a	459.2±39.3 a
	SC	灰茶尺蠖 <i>E. grisescens</i>	—	117.4±13.4 a	79.8±1.0 a	113.6±10.2 a	170.0±15.2 a	480.8±43.9 a
		茶尺蠖 <i>E. obliqua</i>	—	136.2±10.9 a	117.6±8.2 b	155.4±19.6 a	208.6±8.0 b	617.8±33.6 b
2020	YD	灰茶尺蠖 <i>E. grisescens</i>	—	12.8±4.1 a	20.6±4.8 a	29.2±3.8 a	116.6±11.6 a	179.2±19.2 a
		茶尺蠖 <i>E. obliqua</i>	—	12.0±1.8 a	21.8±4.8 a	32.2±4.4 a	149.2±21.1 a	215.2±23.4 a
	YE	灰茶尺蠖 <i>E. grisescens</i>	—	25.8±6.0 a	31.4±5.2 a	35.0±1.1 a	122.0±15.0 a	214.2±22.3 a
		茶尺蠖 <i>E. obliqua</i>	—	24.8±2.1 a	39.4±4.9 a	43.4±3.6 a	134.8±13.7 a	242.4±14.6 a

续表 2 (Table 2 continued)

年份 Year	简称 Abbreviation	性信息素诱芯 Sex phenomenon lure	灰茶尺蠖成虫诱捕量（头/诱捕器）Number of trapped <i>Ectropis grisescens</i> adults (ind./ trap)					
			第 1 代 1st generation	第 2 代 2nd generation	第 3 代 3rd generation	第 4 代 4th generation	第 5 代 5th generation	总计 Total
2021	SA	灰茶尺蠖 <i>E. grisescens</i>	53.6±6.2 a	131.2±10.3 a	67.0±8.7 a	68.6±11.6 a	75.6±7.1 a	396.0±33.4 a
		茶尺蠖 <i>E. obliqua</i>	72.2±8.6 a	141.4±8.9 a	64.2±11.3 a	71.8±13.2 a	91.6±15.0 a	441.2±44.1 a
	SB	灰茶尺蠖 <i>E. grisescens</i>	85.4±11.3 a	105.8±7.5 a	56.6±7.0 a	22.2±3.2 a	63.0±9.9 a	333.0±20.8 a
		茶尺蠖 <i>E. obliqua</i>	75.4±9.4 a	120.6±10.1 a	69.4±6.0 a	25.8±3.4 a	60.2±3.2 a	351.4±10.9 a
SC		灰茶尺蠖 <i>E. grisescens</i>	57.6±7.5 a	119.8±17.5 a	79.0±11.3 a	32.8±8.2 a	90.6±16.6 a	379.8±48.6 a
		茶尺蠖 <i>E. obliqua</i>	59.0±4.1 a	126.8±8.0 a	89.6±6.9 a	38.4±8.8 a	98.4±7.8 a	412.2±17.1 a
YD		灰茶尺蠖 <i>E. grisescens</i>	14.8±2.5 a	112.6±11.9 a	49.4±7.1 a	65.8±11.7 a	98.0±9.1 a	340.6±24.5 a
		茶尺蠖 <i>E. obliqua</i>	13.8±1.9 a	103.2±13.8 a	55.0±7.3 a	67.8±16.6 a	102.0±13.5 a	341.8±17.7 a
YE		灰茶尺蠖 <i>E. grisescens</i>	21.6±7.4 a	119.2±18.6 a	59.8±6.8 a	62.6±4.8 a	107.6±9.8 a	370.8±39.8 a
		茶尺蠖 <i>E. obliqua</i>	19.2±5.5 a	136.0±12.1 a	59.2±6.9 a	77.2±10.8 a	114.6±8.5 a	406.2±21.8 a

表中数据为平均数±标准误, - 表示无数据。下表同。同一年份同一地点中同列数据后不同小写字母表示经 *t* 检验后在 $P<0.05$ 水平显著差异。表中地点的简称同表 1, 下表同。

Data in the table are mean±SE, - indicates no data. The same below. Different lowercase letters in the same column in same site in same year indicate significant difference at $P<0.05$ level by *t*-test. The abbreviation of site in the table is the same as Table 1, the same below.

表 3 2019-2021 年信阳市茶园中灰茶尺蠖各代成虫的灰色型和黑色型数量及比例
Table 3 The number and ratio of grey and black type of each *Ectropis griseascens* adult generation in tea plantations of Xinyang from 2019 to 2021

年份 Year	简称 Abbrevi- ation	体色型 Body color type	各代成虫诱捕量 (头/诱捕器)					比值 (灰色型 : 黑色型)						
			Number of trapped adults in each generation (ind./trap)					Ratio (grey type : black type)						
			第 1 代 1st generation	第 2 代 2nd generation	第 3 代 3rd generation	第 4 代 4th generation	第 5 代 5th generation	总计 Total	第 1 代 1st generation	第 2 代 2nd generation	第 3 代 3rd generation	第 4 代 4th generation	第 5 代 5th generation	总计 Total
2019	CW	灰色 Grey	103.2±9.4	139.0±16.3	23.3±2.2	44.9±3.7	29.0±2.2	339.4±25.6	129.0 : 1	463.3 : 1	—	449 : 1	72.5 : 1	212.1 : 1
		黑色 Black	0.8±0.2	0.3±0.2	0	0.1±0.1	0.4±0.2	1.6±0.3						
	QT	灰色 Grey	90.6±8.5	132.8±8.2	19.2±2.9	36.4±4.7	33.9±4.2	312.9±17.2	181.2 : 1	442.7 : 1	—	15.2 : 1	—	97.8 : 1
		黑色 Black	0.5±0.2	0.3±0.2	0	2.4±0.7	0	3.2±0.6						
	XJ	灰色 Grey	169.4±15.4	165.1±5.4	19.4±1.4	34.7±2.5	35.9±3.8	424.5±20.5	188.2 : 1	825.5 : 1	97.0 : 1	24.8 : 1	—	157.2 : 1
		黑色 Black	0.9±0.3	0.2±0.1	0.2±0.1	1.4±0.3	0	2.7±0.4						
	BM	灰色 Grey	106.2±9.4	129.9±7.8	16.9±4.5	83.0±6.7	64.4±5.9	400.4±20.8	70.8 : 1	433.0 : 1	84.5 : 1	43.7 : 1	322.0 : 1	97.7 : 1
		黑色 Black	1.5±0.5	0.3±0.2	0.2±0.1	1.9±0.4	0.2±0.2	4.1±0.8						
	MD	灰色 Grey	155.8±15.5	149.1±12.1	32.1±5.9	51.7±4.7	72.5±2.9	461.2±31.3	119.8 : 1	186.4 : 1	107.0 : 1	5.9 : 1	725.0 : 1	41.2 : 1
		黑色 Black	1.3±0.2	0.8±0.3	0.3±0.2	8.7±2.0	0.1±0.1	11.2±2.0						
2020	XM	灰色 Grey	158.9±12.1	161.7±14.7	19.6±3.5	30.1±3.3	22.1±3.7	392.4±28.6	227.0 : 1	539.0 : 1	98.0 : 1	11.6 : 1	—	103.3 : 1
		黑色 Black	0.7±0.2	0.3±0.2	0.2±0.1	2.6±0.7	0	3.8±0.8						
	SA	灰色 Grey	—	38.3±7.0	44.0±8.6	120.4±13.2	98.0±8.3	300.7±33.8	—	27.4 : 1	44.0 : 1	22.3 : 1	21.3 : 1	24.3 : 1
		黑色 Black	—	1.4±0.5	1.0±0.4	5.4±0.7	4.6±0.8	12.4±1.2						
	SB	灰色 Grey	—	104.0±5.8	74.8±5.5	100.7±10.3	123.8±9.3	403.3±26.0	—	17.3 : 1	37.4 : 1	25.2 : 1	15.5 : 1	20.2 : 1
		黑色 Black	—	6.0±0.7	2.0±0.5	4.0±0.7	8.0±1.1	20.0±1.9						
	SC	灰色 Grey	—	121±8.3	95.4±8.7	129.7±12.3	183.1±10.2	529.2±33.4	—	20.9 : 1	28.9 : 1	27.0 : 1	29.5 : 1	26.3 : 1
		黑色 Black	—	5.8±0.7	3.3±0.8	4.8±0.6	6.2±0.9	20.1±2.2						
	YD	灰色 Grey	—	11.9±2.0	20.6±3.1	29.2±2.5	129.0±12.5	190.7±15.1	—	23.8 : 1	34.3 : 1	19.5 : 1	33.1 : 1	29.3 : 1
		黑色 Black	—	0.5±0.2	0.6±0.3	1.5±0.6	3.9±0.3	6.5±0.6						
	YE	灰色 Grey	—	24.0±3.0	32.4±3.2	36.5±2.1	124.1±9.4	217.0±12.4	—	18.5 : 1	10.8 : 1	13.5 : 1	28.9 : 1	19.2 : 1
		黑色 Black	—	1.3±0.3	3.0±1.2	2.7±0.5	4.3±0.7	11.3±1.9						

续表 3 (Table 3 continued)

年份 Year	简称 Abbrevi- ation	体色型 Body color type	各代成虫诱捕量（头/诱捕器）					比值（灰色型：黑色型）						
			Number of trapped adults in each generation (ind./trap)					Ratio (grey type : black type)						
			第 1 代 1st generation	第 2 代 2nd generation	第 3 代 3rd generation	第 4 代 4th generation	第 5 代 5th generation	总计 Total	第 1 代 1st generation	第 2 代 2nd generation	第 3 代 3rd generation	第 4 代 4th generation	第 5 代 5th generation	总计 Total
2021	SA	灰色 Grey	59.7±5.5	131.0±6.1	65.3±6.6	67.5±7.6	82.4±8.2	405.9±25.7	18.7 : 1	24.7 : 1	217.7 : 1	25.0 : 1	68.7 : 1	31.9 : 1
		黑色 Black	3.2±0.9	5.3±1.2	0.3±0.2	2.7±0.9	1.2±0.4	12.7±2.3						
	SB	灰色 Grey	77.1±6.7	110.1±6.5	62.6±4.7	23.6±2.2	60.9±5.0	334.3±11.0	23.4 : 1	35.5 : 1	156.5 : 1	59.0 : 1	87.0 : 1	42.3 : 1
		黑色 Black	3.3±0.7	3.1±0.8	0.4±0.2	0.4±0.2	0.7±0.3	7.9±1.1						
	SC	灰色 Grey	55.9±3.8	120.3±9.1	82.9±6.3	34.3±5.7	93.6±8.5	387.0±24.3	23.3 : 1	40.1 : 1	59.2 : 1	26.4 : 1	104.0 : 1	43.0 : 1
		黑色 Black	2.4±0.6	3.0±0.3	1.4±0.7	1.3±0.4	0.9±0.4	9.0±0.9						
	YD	灰色 Grey	14.0±1.4	105.0±8.7	52.2±4.9	65.6±9.3	99.2±7.5	336.0±13.8	46.7 : 1	36.2 : 1	—	54.7 : 1	124.0 : 1	64.6 : 1
		黑色 Black	0.3±0.2	2.9±0.6	0	1.2±0.4	0.8±0.4	5.2±1.0						
	YE	灰色 Grey	19.9±4.2	121.2±10.7	58.9±4.6	67.6±5.7	110.6±6.1	378.2±21.7	39.8 : 1	18.9 : 1	98.2 : 1	29.4 : 1	221.2 : 1	36.7 : 1
		黑色 Black	0.5±0.2	6.4±1.3	0.6±0.3	2.3±0.7	0.5±0.3	10.3±1.5						

等, 2022), 但是在茶叶生产上, 两种诱芯对灰茶尺蠖的诱集效果基本一致(表 2, 图 6-图 8), 两种诱芯对田间茶尺蠖的诱集效果是否相当, 还需要进一步研究。

昆虫的体色是基因和环境因子共同作用的结果, 体色变异对于昆虫适应环境变化、抵抗疾病、防御捕食者等具有重要意义(葛超美, 2017; 龚建福等, 2022)。葛超美(2017)通过经典遗传杂交试验, 明确了灰茶尺蠖体色由常染色体单基因控制, 黑色性状为显性性状, 灰色为隐性性状, 并遵循孟德尔定律。但是通过本研究调查发现, 茶园中灰茶尺蠖黑色个体比例很少, 多为灰色个体, 这与黑色型显性遗传特性不相符, 原因可能和黑色型不耐高温、田间存活率底有关(葛超美, 2017), 但是具体原因仍需进一步研究。目前控制灰茶尺蠖体色变异的基因尚不清楚, 后续研究需要从黑色素代谢途径着手, 定位到该基因并进行功能验证(邵珊珊, 2022), 才能真正揭示灰茶尺蠖体色遗传的机理及田间适应机制, 为灰茶尺蠖的遗传进化研究和田间防治提供依据。

本研究通过 2019-2021 年对信阳市茶园中灰茶尺蠖的发生情况调查, 明确了灰茶尺蠖的年发生代数和各代成虫发生高峰期, 比较了两种性信息素诱芯对灰茶尺蠖的诱捕效果, 调查灰茶尺蠖灰色型和黑色型的田间发生比例, 对茶园中灰茶尺蠖的绿色防控具有重要意义。

参考文献 (References)

- Bai JH, Tang MJ, Yin KS, Wang ZB, Xiao Q, 2018a. Differential biological characteristics between closely related tea geometrid species, *Ectropis obliqua* and *Ectropis griseascens*. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 30(5): 797–803. [白家赫, 唐美君, 殷坤山, 王志博, 肖强, 2018a. 灰茶尺蠖和小茶尺蠖两近缘种的生物学特性差异. 浙江农业学报, 30(5): 797–803.]
- Bai JH, Wang ZB, Xiao Q, 2018b. Genetic differentiation and distribution of two sibling species of tea geometrids in tea-growing areas in Zhejiang, Eastern China. *Acta Entomologica Sinica*, 61(6): 741–748. [白家赫, 王志博, 肖强, 2018b. 浙江茶区茶尺蠖两近缘种的遗传分化及分布. 昆虫学报, 61(6): 741–748.]
- Chen LL, Zhou H, Zhao J, 2020. Potential climate-suitable distribution of *Ectropis griseascens* in China based on the CLIMEX and ArcGIS prediction. *Journal of Tea Science*, 40(6): 817–829. [陈李林, 周浩, 赵杰, 2020. 基于 CLIMEX 和 ArcGIS 的灰茶尺蠖在中国的潜在适生区预测. 茶叶科学, 40(6): 817–829.]
- Chen YS, Zhou XG, Zeng WJ, Xiao Q, Wang ZZ, Chen XX, 2023. Resistance monitoring of two tea geometrid moths (*Ectropis obliqua* and *E. griseascens*) to five frequently used insecticides in different tea plantations. *Journal of Environmental Entomology*, 45(4): 1103–1110. [陈雨思, 周孝贵, 曾维健, 肖强, 王知知, 陈学新, 2023. 不同茶园灰茶尺蠖和茶尺蠖对 5 种杀虫剂的抗药性监测. 环境昆虫学报, 45(4): 1103–1110.]
- Cheng ZQ, Li JQ, Ye XH, Li F, He K, 2022. Comparative analysis of the draft genome of two sibling tea geometrids, *Ectropis griseascens* and *Ectropis obliqua*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 59(4): 726–740. [程梓淇, 李佳琦, 叶昕海, 李飞, 贺康, 2022. 两种茶尺蠖近缘种基因组草图比较分析. 应用昆虫学报, 59(4): 726–740.]
- Feng WH, Cai XY, Cao SX, Xu KL, Li ZQ, Xu J, Chao QL, 2021. Study on the optimum hanging density of traps for *Ectropis griseascens* in oolong tea fields of northern Fujian. *China Tea*, 43(3): 43–45, 52. [冯卫虎, 蔡小勇, 曹士先, 徐鹄鸰, 李兆群, 徐杰, 晁倩林, 2021. 闽北乌龙茶区灰茶尺蠖性信息素诱捕器最佳悬挂密度试验研究. 中国茶叶, 43(3): 43–45, 52.]
- Ge CM, 2017. Study on biological characteristics and genetic regularity of body color of *Ectropis griseascens* Warren. Master dissertation. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences. [葛超美, 2017. 灰茶尺蠖的生物学特性及其体色遗传规律研究. 硕士学位论文. 北京: 中国农业科学院.]
- Ge CM, Yin KS, Tang MJ, Xiao Q, 2016a. Developmental threshold temperature and effective accumulated temperature of *Ectropis griseascens*. *Plant Protection*, 42(6): 110–112. [葛超美, 殷坤山, 唐美君, 肖强, 2016a. 灰茶尺蠖发育起点温度和有效积温的研究. 植物保护, 42(6): 110–112.]
- Ge CM, Yin KS, Tang MJ, Xiao Q, 2016b. Biological characteristics of *Ectropis griseascens* Warren. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 28(3): 464–468. [葛超美, 殷坤山, 唐美君, 肖强, 2016b. 灰茶尺蠖的生物学特性. 浙江农业学报, 28(3): 464–468.]
- Ge FX, Shi F, Cheng CX, Chen LL, 2022. Development and reproduction of *Ectropis griseascens* and *Ectropis obliqua* based on the two-sex life table. *Journal of Tea Science*, 42(6): 828–838. [葛繁星, 史凡, 程春喜, 陈李林, 2022. 两性生命表研究灰茶尺蠖与茶尺蠖生长发育和繁殖力. 茶叶科学, 42(6): 828–838.]

- Geng SB, Hou HL, Qiao L, Yin J, Zhou Z, Lei ZS, 2023. Determination of supercooling point and freezing point of *Ectropis grisescens*. *China Plant Protection*, 43(4): 5–10, 22. [耿书宝, 侯贺丽, 乔利, 尹健, 周洲, 雷振山, 2023. 灰茶尺蠖过冷却点与结冰点的测定. 中国植保导刊, 43(4): 5–10, 22.]
- Gong JF, Li LL, Liu W, Wang XP, 2022. Molecular regulation mechanism of insect body color polymorphism. *Journal of Environmental Entomology*, 44(1): 52–59. [龚建福, 李玲玲, 刘文, 王小平, 2022. 昆虫体色多型的分子调控机制. 环境昆虫学报, 44(1): 52–59.]
- Jiang N, Liu SX, Xue DY, Tang MJ, Xiao Q, Han HX, 2014. External morphology and molecular identification of two tea geometrid moth from Southern China. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 51(4): 987–1002. [姜楠, 刘淑仙, 薛大勇, 唐美君, 肖强, 韩红香, 2014. 我国华东地区两种茶尺蛾的形态和分子鉴定. 应用昆虫学报, 51(4): 987–1002.]
- Li XW, Zhang J, Lin SB, Xing YX, Zhang X, Ye M, Chang YL, Guo HW, Sun XL, 2022. (+)-Catechin, epicatechin and epigallocatechin gallate are important inducible defensive compounds against *Ectropis grisescens* in tea plants. *Plant Cell & Environment*, 45(2): 496–511.
- Li XW, Huang C, Yu YC, Hou XJ, Liu FJ, Sun XL, 2018. Field application technique and control efficiency of *Ectropis obliqua* sex pheromone. *Journal of Plant Protection*, 45(5): 1054–1060. [李喜旺, 黄晨, 于永晨, 侯向洁, 刘丰静, 孙晓玲, 2018. 茶尺蠖性信息素的田间使用技术及防治效果. 植物保护学报, 45(5): 1054–1060.]
- Li ZQ, Cai XM, Luo ZX, Bian L, Xin ZJ, Liu Y, Chu B, Chen ZM, 2019. Geographical distribution of *Ectropis grisescens* (Lepidoptera: Geometridae) and *Ectropis obliqua* in China and description of an efficient identification method. *Journal of Economic Entomology*, 112(1): 277–283.
- Luo ZX, Bian L, Li ZQ, Cai XM, Chen ZM, 2019. The invention relates to a sex pheromone for a male insect of *Ectropis grisescens* and a method for preparing a lure containing the sex pheromone. CN201610251023.9. 2019-03-26. [罗宗秀, 边磊, 李兆群, 蔡晓明, 陈宗懋, 2019. 一种灰茶尺蛾雄性诱剂及含该性诱剂的诱芯制备方法. CN201610251023.9. 2019-03-26.]
- Luo ZX, Li ZQ, Cai XM, Bian L, Chen ZM, 2017. Evidence of premating isolation between two sibling moths: *Ectropis grisescens* and *Ectropis obliqua* (Lepidoptera: Geometridae). *Journal of Economic Entomology*, 110(6): 2364–2370.
- Luo ZX, Su L, Li ZQ, Liu Y, Cai XM, Bian L, Xin ZJ, Chen ZM, 2018. Field application technology of sex pheromone on *Ectropis grisescens*. *Journal of Tea Science*, 38(2): 140–145. [罗宗秀, 苏亮, 李兆群, 刘岩, 蔡晓明, 边磊, 辛肇军, 陈宗懋, 2018. 灰茶尺蠖性信息素田间应用技术研究. 茶叶科学, 38(2): 140–145.]
- Luo ZX, 2017. Identification and correlative chemical ecology studies on sex pheromone of *Ectropis grisescens* and *Ectropis obliqua*. Doctor dissertation. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences. [罗宗秀, 2017. 灰茶尺蠖和茶尺蠖性信息素鉴定及相关化学生态学研究. 博士学位论文. 北京: 中国农业科学院.]
- Ma T, Wang HF, Liang SP, Xiao Q, Cao PR, Chen X, Niu Y, He YR, Sun ZH, Wen XJ, Wang C, 2019. Effects of soil-treatment with fungal biopesticides on pupation behaviors, emergence success and fitness of tea geometrid, *Ectropis grisescens* (Lepidoptera: Geometridae). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 22(1): 208–214.
- Ma T, Xiao Q, Yu YG, Wang C, Zhu CQ, Sun ZH, Chen XY, Wen XJ, 2016. Analysis of tea geometrid (*Ectropis grisescens*) pheromone gland extracts using GC-EAD and GC × GC/TOFMS. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(16): 3161–3166.
- Mao YX, Liu MY, Wang YP, Gong ZM, 2007. The pathogenicity of *Ectropis grisescens* nucleopolyhedrovirus on the larvae of *Ectropis grisescens*. *Entomological Journal of East China*, 16(3): 216–219. [毛迎新, 刘明炎, 王友平, 龚自明, 2007. 灰茶尺蠖核型多角体病毒对灰茶尺蠖的致病性研究. 华东昆虫学报, 16(3): 216–219.]
- Qian JJ, Liao YY, Jian GT, Jia YX, Zeng LT, Gu DC, Li HX, Yang YH, 2023. Light induces an increasing release of benzyl nitrile against diurnal herbivore *Ectropis grisescens* Warren attack in tea (*Camellia sinensis*) plants. *Plant Cell & Environment*, 46(11): 3464–3480.
- Shan Y, Xu MF, Tan C, Chen ZM, Wang GC, Bian L, 2023. Effect of monochromatic light on light adaptation and opsin expression in *Ectropis grisescens*. *Bulletin of Entomological Research*, 113(4): 529–536.
- Shao SS, 2022. Molecular mapping and functional analysis of body coloration mutant in *Apis cerana cerana*. Doctor dissertation. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences. [邵珊珊, 2022. 中华蜜蜂体色突变分子定位和功能研究. 博士学位论文. 南昌: 江西农业大学]
- Wang ZB, Ma T, Mao TF, Guo HW, Zhou XG, Wen XJ, Xiao Q, 2018. Application technology of the sex pheromone of the tea geometrid *Ectropis grisescens* (Lepidoptera: Geometridae).

- International Journal of Pest Management*, 64(4): 372–378.
- Wang ZQ, Zhou XG, Xiao Q, Tang P, Chen XX, 2022. The potential of *Parapanteles hyposidrae* and *Protopanteles immunis* (Hymenoptera: Braconidae) as biocontrol agents for the tea grey geometrid *Ectropis griseascens* (Lepidoptera). *Insects*, 13(10): 937.
- Wu XZ, Zhou CH, Li XF, Lin JY, Aguila LCR, Wen F, Wang LD, 2023. Genome-wide identification and immune response analysis of mitogen-activated protein kinase cascades in tea geometrid, *Ectropis griseascens* Warren (Geometridae, Lepidoptera). *BMC Genomics*, 24(1): 344.
- Xiao Q, 2016. The sex pheromone of major tea insect pest make breakthrough. *China Tea*, 38(7): 1. [肖强, 2016. 茶园主要害虫灰茶尺蠖性信息素的研究取得突破. 中国茶叶, 38(7): 1.]
- Xiao Q, 2019. Tea pest insect twins-identification of *Ectropis griseascens* and *Ectropis obliqua*. *China Tea*, 41(11): 11–12. [肖强, 2019. 茶园害虫“双胞胎”——茶尺蠖和灰茶尺蠖的识别. 中国茶叶, 41(11): 11–12.]
- Xie XQ, He WX, Yang PX, Li YS, Cai HL, Peng H, Peng YF, Li WJ, 2023. Study on occurrence characteristics and prediction model of *Ectropis griseascens* in tea area of central Jiangxi Province. *Acta Agriculturae Jiangxi*, 35(8): 93–99. [谢小群, 贺望兴, 杨普香, 李延升, 蔡海兰, 彭华, 彭玉辅, 李文金, 2023. 赣中茶区灰茶尺蠖发生动态规律及预测模型研究. 江西农业学报, 35(8): 93–99.]
- Yang FS, Li YJ, Gao MY, Xia Q, Wang Q, Tang MJ, Zhou XG, Guo HW, Xiao Q, Sun L, 2023. Comparative expression profiles of carboxylesterase orthologous *CXE14* in two closely related tea geometrid species, *Ectropis obliqua* Prout and *Ectropis griseascens* Warren. *Frontiers in Physiology*, 14: 1194997.
- Yang YQ, 2009. Extraction and identification of sex pheromone of *Ectropis obliqua* Prout and correlative studies on its biology. Doctor dissertation. Hefei: Anhui Agriculture University. [杨云秋, 2009. 茶尺蠖性信息素的提取、鉴定及相关生物学研究. 博士学位论文. 合肥: 安徽农业大学.]
- Yin KS, Hong BB, Shang ZZ, Yao EY, Li ZM, 1993. The comprehensive study on the sex pheromone biology of the *Ectropis obliqua* Prout. *Progress in Natural Science*, 3(4): 332–338. [殷坤山, 洪北边, 尚稚珍, 么恩云, 李正名, 1993. 茶尺蠖性信息素生物学综合研究. 自然科学进展, 3(4): 332–338.]
- Zhang GH, Yuan ZJ, Zhang CX, Yin KS, Tang MJ, Guo HW, Fu JY, Xiao Q, 2014. Detecting deep divergence in seventeen populations of tea geometrid (*Ectropis obliqua* Prout) in China by COI mtDNA and cross-breeding. *PLoS ONE*, 9(6): e99373.
- Zhang JW, 2004. The occurrence and control of *Ectropis griseascens* in Hunan Province. *Journal of Tea Communication*, 31(2): 18–20. [张觉晚, 2004. 灰茶尺蠖在湖南的发生与防治. 茶叶通讯, 31(2): 18–20.]
- Zhou XG, Tang P, Wu Q, Guo HW, Xiao Q, Chen XX, 2023. Identification of two common larval parasitic wasps of *Ectropis obliqua* and *Ectropis griseascens* (Lepidoptera: Geometridae). *Chinese Journal of Biological Control*, 39(1): 1–9. [周孝贵, 唐璞, 吴琼, 郭华伟, 肖强, 陈学新, 2023. 茶尺蠖和灰茶尺蠖幼虫两种共有寄生蜂的鉴定. 中国生物防治学报, 39(1): 1–9.]