



## 茶角胸叶甲生物学生态学及防治研究进展

章玉苹<sup>1\*</sup>, 潘志萍<sup>2</sup>, 余小强<sup>3</sup>, 黄少华<sup>1</sup>, 李传璞<sup>1</sup>,  
廖章轩<sup>1</sup>, 刘伟玲<sup>1</sup>, 苏湘宁<sup>1\*</sup>

(1. 广东省农业科学院植物保护研究所, 农业农村部华南果蔬绿色防控重点实验室, 广东省植物保护新技术重点实验室, 广州 510640; 2. 广东省科学院动物研究所, 广东省动物保护与资源利用重点实验室, 广东省野生动物保护与利用公共实验室, 广州 510260; 3. 华南师范大学生命科学学院, 广东省昆虫发育生物学与应用技术重点实验室, 广州 510631)

**摘要:** 茶角胸叶甲 *Basilepta melanopus* Lefevre 是一种广泛分布于我国南方茶产区的重要害虫, 其具有繁殖能力强、破坏性大、成灾迅速和防治难度大的特点。近年来, 茶角胸叶甲在我国华南、东南及西南地区的茶园, 尤其是在有机茶园中, 常造成严重危害, 对我国茶产业的持续健康发展构成了严重威胁。为了更好地认识和防治这一重要害虫, 本文整理了过去 40 年来关于茶角胸叶甲的研究报道, 详细介绍了其形态特征、危害特征、分布情况、发生规律以及防治策略等方面的研究进展。文章还阐述了当前研究中存在的突出问题, 并对未来的研究方向进行了展望。

**关键词:** 茶角胸叶甲; 茶园; 生物学特性; 综合防治

中图分类号: Q968.1;

文献标识码: A

### Advances in the biology, ecology and control of *Basilepta melanopus* Lefevre

ZHANG Yu-Ping<sup>1\*</sup>, PAN Zhi-Ping<sup>2</sup>, YU Xiao-Qiang<sup>3</sup>, HUANG Shao-Hua, LI Chuan-Ying<sup>1</sup>, LIAO Zhang-Xuan<sup>1</sup>, LIU Wei-Ling<sup>1</sup>, SU Xiang-Ning<sup>1\*</sup> (1. Plant Protection Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Key Laboratory of Green Prevention and Control of Fruits and Vegetables in South China, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Key Laboratory of High Technology for Plant Protection of Guangdong Province, Guangzhou 510640, China; 2. Guangdong Key Laboratory of Animal Conservation and Resource Utilization, Guangdong Public Laboratory of Wild Animal Conservation and Utilization, Institute of Zoology, Guangdong Academy of Sciences, Guangzhou 510260, China; 3. Guangdong Provincial Key Laboratory of Insect Developmental Biology and Applied Technology, School of Life Sciences,

基金项目: 国家自然科学基金区域创新发展联合基金重点项目 (U22A20488); 乡村振兴战略专项 (403-2018-XMZC-0002-90)

作者简介: 章玉苹, 女, 博士, 研究员, 主要从事研制、开发农作物病虫害防控的高效生物农药和低毒、环保绿色化学农药制剂, E-mail: zhangyp@gdppri.cn

\*共同通讯作者 Author for correspondence: 章玉苹, 女, 博士, 研究员, 主要从事研制、开发农作物病虫害防控的高效生物农药和低毒、环保绿色化学农药制剂, E-mail: zhangyp@gdppri.cn; 苏湘宁, 男, 博士, 助理研究员, 主要从事害虫抗药性、动态监测及绿色防控方面研究, E-mail: suxiangning@gdppri.com

收稿日期 Received: 2024-12-02; 修回日期 Revision received: 2024-10-18; 接受日期 Accepted: 2024-10-21

South China Normal University, Guangzhou 510631, China)

**Abstract:** *Basilepta melanopus* Lefevre is an important pest widely distributed in the southern tea-growing regions of China. It is characterized by its high reproductive capacity, substantial destructive potential, rapid outbreak development, and the challenges associated with its control. In recent years, *B. melanopus* has inflicted serious damage in tea gardens, particularly in organic tea plantations, throughout South China, Southeast China, and Southwest China, posing a severe threat to the sustainable and healthy development of the tea industry in the country. To enhance our understanding and management of this important pest, in this article we reviewed the research progress on *B. melanopus* in recent 40 years, mainly focusing on its morphological characteristics, damage traits, distribution, occurrence patterns, and control strategies. Additionally, the prospects for the future studies and application of *B. melanopus* were also discussed.

**Key words:** *Basilepta melanopus* Lefevre; tea plantations; biological characteristics; integrated pest management

茶角胸叶甲 *Basilepta melanopus* Lefevre, 又名黑足角胸叶甲, 隶属于鞘翅目 Coleoptera 肖叶甲科 Eumolpidae 角胸叶甲属 *Basilepta* (谢振伦等, 1985)。该虫主要为害茶树 *Camellia sinensis*、油茶 *Camellia oleifera* 等山茶科 Theaceae 植物, 研究还表明其也可受害矮桃 *Lysimachia clethroides*。茶角胸叶甲具有繁殖能力强、破坏性大、成灾迅速以及防治难度大的特点 (廖冬晴等, 2008; 羊柏娥和王沅江, 2008; 李密等, 2013; 卢晨, 2023)。自 1979 年在湖南首次被发现以来, 该害虫已在我国南方多个省 (区) 如福建、广东、江西、湖南和广西等地大面积发生, 并呈向北扩散的趋势 (谭济才等, 1986; 吴勇等, 2021)。目前, 茶角胸叶甲已成为我国南方茶区的一种普遍发生的害虫, 严重影响了茶树和油茶的种植及其相关产业的发展。

对茶角胸叶甲的深入系统研究是实现其可持续防控的重要基础。我国对茶角胸叶甲的研究历史悠久, 但相关研究相对较少且深度不足。通过在中国知网 (CNKI) 中以“茶角胸叶甲”和“黑足角胸叶甲”为关键词进行检索, 共发现 42 篇研究性论文和文献综述。现有的研究主要集中在茶角胸叶甲的生物学、生态学、化学防治、生物防治以及综合防控应用等领域。由于茶角胸叶甲主要分布在我国南方的茶树种植区, 关于该甲虫的国际研究文献几乎空白。本文旨在详细梳理我国茶角胸叶甲的研究现状, 以期为国内学者在深入系统地研究该虫以及科学防控方面提供参考。

## 1 茶角胸叶甲的形态特征

茶角胸叶甲有卵、幼虫、蛹和成虫 4 个发育阶段。

卵初产时呈乳白色, 随后逐渐变为淡黄色, 形状为长椭圆形, 长约 0.70 mm, 宽约 0.25 mm, 通常排列成不规则的卵块, 每块包含 20~30 粒卵 (谭济才等, 1986)。

幼虫呈寡足型, 身体略微弯曲, 形似“C”字, 成熟的幼虫体长可达到 7 mm, 整体呈淡黄白色, 头部为淡棕色, 腹部则有许多皱褶 (图 1-A)。目前, 尚未见关于幼虫龄期的研

究。

蛹为裸蛹，长度约为 4 mm，头部呈淡黄色，复眼为棕红色，其余部位为乳白色，翅芽向两侧展开，腹部末端具一对长且微弯曲的巨刺（图 1-B~D）。

雌成虫体长为 4.5~5.8 mm，雄成虫则为 3.6~4.4 mm，体型大小因其地理分布而有所不同（何学友等，2011b）（图 1-E~G）。雌雄成虫在外观上非常相似，唯一的区别在于雌成虫腹部第五节的中上部有一个倒“八”字形的黑色斑点（图 1-H~I）。成虫的鉴定主要依据前胸背板和鞘翅的特征：前胸背板的宽度大于长度，两侧中部向外突出形成尖角，表面布满粗密且排列不规则的刻点。鞘翅的宽度超过前胸背板，呈红褐色，后翅近尾端为黑色，鞘翅上的刻点排列成整齐的 10 行纵列，每行包含 24~32 个刻点（谢振伦等，1985）（图 1-F）。体色棕黄色至棕褐色，头颈节较短。复眼为黑褐色的椭圆形。触角由 11 节组成，第一节膨大，第二节粗短，其余各节的基部稍细而端部较粗，前四节为黄褐色，第五至第十一节为黑褐色（谭济才等，1986；林阿祥，1991）（图 1-F）。腿节和胫节的端部及跗节的第一、第二节为黑褐色，其余部分为黄褐色，腿节腹面有小齿（图 1-E~F）。

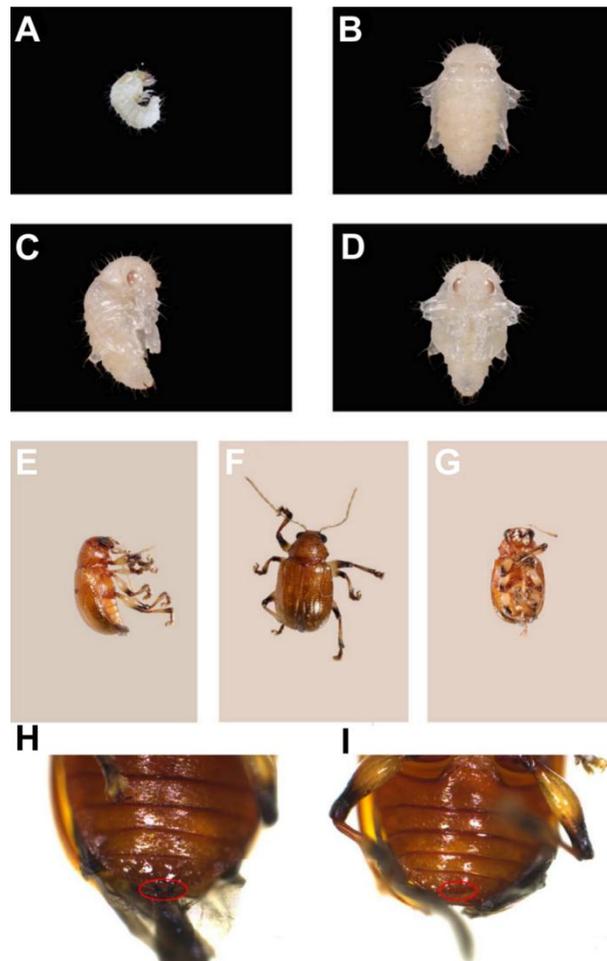


图 1 茶角胸叶甲幼虫 (A)、蛹 (B~D)、成虫 (E~G)、雌成虫 (H) 和雄成虫 (I) 形态 (引自杨柳君, 2017; 卢晨, 2023)

Fig. 1 Morphology of the *Basilepta melanopus*: (A) Larva, (B-D) Pupae, (E-G) Adult, (H) female, and (I) male (Quoted from Yang, 2017; Lu, 2023)

## 2 茶角胸叶甲的为害特征与分布

### 2.1 寄主范围与为害特征

茶角胸叶甲的寄主植物包括茶树、油茶、小果油茶 *Camellia meiocarpa* 以及矮桃（王定锋等，2017）。其中，茶树是该害虫的主要寄主（谭济才等，1986）。茶角胸叶甲成虫喜欢啃食寄主的新梢嫩叶，导致叶片上出现大量不规则的“窗斑”，这不仅严重影响植物的光合作用，还可能诱发软腐病、炭疽病等病害，从而降低茶树和油茶的产量与品质。室内饲养研究表明，茶角胸叶甲成虫每天可造成 4.6~7.2 个孔洞，最多可达 10 个，整个成虫期内能够啃食超过 300 个孔洞；而幼虫则在 5~25 cm 的土壤中呈现聚集分布，主要取食寄主的须根，严重影响根系生长，导致茶树生长衰弱（刘克斌等，2005；谢逸菲等，2017）。



图 2 茶角胸叶甲对茶树叶片的为害状（引自包强等，2020a）

Fig. 2 Damage of *Basilepta melanopus* on the leaf of tea plants (Quoted from Bao *et al.*, 2020a)

### 2.2 在中国的分布情况

自 1979 年在湖南的茶园首次发现茶角胸叶甲为害以来，该虫在我国南方茶区已多次爆发。20 世纪 70 至 80 年代，该虫在湖南省的 30 多个茶产区造成大规模灾害，其中郴州地区受害最为严重，超过 70% 的茶园受到影响，成为当地主要的茶树害虫之一（谭济才等，1987）。在 20 世纪 80 年代初，江西和广东的多个茶园也出现了茶角胸叶甲的严重爆发，显著影响了一轮茶和二轮茶的产量（谢振伦等，1985；汪荣灶等，1989）。进入 90 年代初，林阿祥（1991）报道称该虫在福建武夷山、建瓯等地的茶园造成了夏茶减产及茶叶品质下降。21 世纪以来，在对福建油茶病虫害的调查中，首次发现茶角胸叶甲对油茶和小果油茶的危害，受害率高达 100%，叶片受害率在 15%~85% 之间（何学友等，2011b）。截至 2020 年底，茶角胸叶甲已在广东、广西、福建、湖南、江西、贵州等 6 个省（自治区）的 37 个县（市）发生（曹潘荣等，2006；农红秋等，2021）（表 1）。通过对我国茶角胸叶甲未来适生区的预测模型分析，表明该虫的潜在适生区呈现出明显扩张的趋势，未来中心主要向西部、北部及高纬度内陆地区迁移，中国的更多地区可能成为其适生区（杨艺帅等，2023；勒尔阿都等，2024）。因此，在加强茶园茶角胸叶甲防控的同时，需要密切监测其发生和分布，以防止其扩散蔓延。

表 1 茶角胸叶甲的分布（引自杨艺帅等，2023）

Table 1 Distribution of *Basilepta melanopus* (Quoted from Yang *et al.*, 2023)

省份	市（县）
Province	City (County)

广东	乐昌市、潮州市、英德市、连州市、韶关市、怀集县、东源县、陆河县、阳山县、连山县
Guangdong	Lechang, Chaozhou, Yingde, Lianzhou, Shaoguan, Huaiji, Dongyuan, Luhe, Yangshan, Lianshan
广西	昭平县
Guangxi	Zhaoping
福建	武夷山市、建瓯市、邵武市、南平市、清流县、长汀县
Fujian	Wuyishan, Jianou, Shaowu, Nanping, Qingliu, Changting
	郴州市、永州市、宁乡市、浏阳市、耒阳市、常宁市、安仁县、茶陵县、临武县、嘉禾县、
湖南	永兴县、桂东县、长沙县
Hunan	Chenzhou, Yongzhou, Ningxiang, Liuyang, Leiyang, Changning, Anren, Chaling, Linwu, Jiahe, Yongxing, Guidong, Changsha
江西	宜春市、分宜县、修水县、崇义县、万载县、上犹县
Jiangxi	Yichun, Fenyi, Xiushui, Chongyi, Wanzai, Shangyou
贵州	安龙县
Guizhou	Anlong

### 3 茶角胸叶甲的发生规律

茶角胸叶甲在我国南方茶区每年发生一代，以老熟幼虫在 5~10 cm 土层中越冬。该虫的成虫在不同省（区）的发生和为害高峰期略有差异。在广东和福建省，成虫的盛发期通常在 4 月下旬，而 5 月上中旬则是叶片被食害的高峰期（谢振伦等，1985；何学友等，2011b）。在江西和湖南省，成虫的为害高峰期在 5 月中旬至 6 月中旬（谭济才等，1986；汪荣灶，1989；李耀明，2021）。

茶角胸叶甲的发生与茶园的温度、坡向、相对湿度、阴雨天气和海拔高度等多种因素密切相关。研究表明，茶角胸叶甲的卵和蛹在温度升高时历期会缩短，因此温度对其发生时间产生显著影响（杨柳君，2017）。在降水量较大和土壤湿度较高的情况下，蛹化率和羽化率受到影响，西北向茶园成虫的数量通常少于东南向茶园（谭济才等，1987）。阴雨天气会延长茶角胸叶甲的取食时间，从而加剧为害程度（朱来佳等，2013）。在海拔较高的山地茶园，茶角胸叶甲的发生较为严重（谢振伦等，1985）。李密等（2014）研究了茶角胸叶甲成虫在不同树龄油茶幼林中的空间分布及其聚集原因，发现其在不同树龄油茶幼林中均呈现聚集分布，主要集中在冠幅较大的油茶枝叶上，并且更容易从老林向幼林扩散。

### 4 茶角胸叶甲的防治策略

目前，在茶角胸叶甲的防控工作中，主要采取以化学防治为主的综合措施，而关于茶角胸叶甲的绿色防控研究相对较为有限。

#### 4.1 农业管理与栽培技术

加强茶园的土壤肥力管理，并及时清除杂草及枯枝落叶，可以有效减少茶角胸叶甲的成虫和卵数量（朱来佳，2013）。此外，茶角胸叶甲的幼虫和蛹主要在表土层越冬，因此在冬季或早春对茶园的 15~20 cm 表土层进行翻耕，可以减少越冬幼虫和蛹的数量（曾明森等，2012）。

应用抗茶角胸叶甲的茶树资源是控制该害虫的重要策略之一。尽管相关研究相对较少，但已有文献指出，品种如 61-丰-01、宋坳 73-01、中叶黄、白毫早和楮叶齐等对茶角胸叶甲表现出较强的抗性（康彦凯等，2024）。卢晨（2023）通过研究茶角胸叶甲在五种茶树品种上的田间分布规律，并结合成虫触角的超微结构观察，从不同茶树品种的叶片特征、生化成分及挥发物等方面分析了其对茶角胸叶甲的抗性。

#### 4.2 病原微生物防治技术

病原微生物在茶角胸叶甲的防治中展现出显著的应用潜力。目前已知的茶角胸叶甲病原微生物包括：球孢白僵菌 *Beauveria bassiana*、金龟子绿僵菌 *Metarhizium anisopliae* 和苏云金杆菌 *Bacillus thuringiensis*。何学友等（2011a）室内测定发现，球孢白僵菌 BbTK-01 和 BbFZ-17 菌株、金龟子绿僵菌 MaZPTR-01 和 MaYTTR-04 菌株对茶角胸叶甲成虫均有较高的毒力，球孢白僵菌杀虫效果显著高于绿僵菌。王定锋等人（2017）室内筛选出一株球孢白僵菌菌株 Bb2-1，该菌株显示出对茶角胸叶甲成虫有较强的杀虫毒力和较快的杀虫速率，致死率达 100%。包强等（2017b）进一步评估了球孢白僵菌在田间对茶角胸叶甲的防治效果，发现其能显著减少该害虫对茶树的损害。接着，包强等（2020b）对金龟子绿僵菌 CQMa421 在田间防治茶角胸叶甲的效果进行了评估，结果显示该菌能够有效控制茶角胸叶甲，并在当季表现出良好的保叶和保产效果。农红秋等（2021）对 3 种生物制剂对茶角胸叶甲的防治效果进行了田间试验，结果表明球孢白僵菌的防治效果最佳，且速效性显著，可以作为化学农药的替代品用于茶角胸叶甲的防治。黄丽蕴等（2024）采用了不同生物农药复配的方式来防治茶角胸叶甲。研究结果显示，按照 4 : 1 的比例将苦皮藤素与金龟子绿僵菌 CQMa421 复配使用，其防治效果优于单一药剂，从而实现了减量增效的目标。此外，在自然条件下收集的茶角胸叶甲幼虫和蛹中分离出了苏云金杆菌，但目前尚无相关研究报道其杀虫效果（谭济才等，1987）。

#### 4.3 植物源杀虫剂防治技术

针对植物源杀虫剂在防治茶角胸叶甲方面的效果，已有一些研究开展。如包强等（2020a）测定了 4 种植物源杀虫剂对茶角胸叶甲成虫的室内毒力，认为 0.3%苦参碱水剂效果最好，其次是 5%除虫菊素乳油，为植物源杀虫剂用于防治茶角胸叶甲奠定了一定基础，但仍需通过田间试验进行进一步验证。李先文等（2008）在测定 9 种药剂对茶角胸叶甲室内毒力的基础上，进一步对田间的防治效果进行了评价，明确了 0.3%印楝素乳 1 000 倍和 1 500 倍在药后 10 d、15 d 的校正虫口减退率均超过 70%。

#### 4.4 天敌昆虫防治技术

在茶角胸叶甲的天敌研究领域，目前尚未发现针对该虫的寄生蜂。然而，已有研究指出，一些捕食性天敌能够捕食茶角胸叶甲的幼虫、蛹和成虫（朱来佳，2013）。例如，肥螋 *Anisolabis maritima* 被认为是茶角胸叶甲幼虫和蛹期的捕食性天敌。此外，黑步甲 *Synuchus atricolor*、胡氏列毛步甲 *Trichotichnus fukuharai* 和毛列步甲 *Trichotichnus kantoonus* 也被确认能够捕食

茶角胸叶甲的成虫。蚂蚁则会捕食茶角胸叶甲的幼虫和蛹（谭济才等，1987）。尽管这些捕食性天敌展现出一定的防治潜力，但目前尚缺乏系统性的防治效果研究数据。

#### 4.5 化学防治技术

化学防治是有效控制茶角胸叶甲的一种快速方法。然而，目前我国尚未登记用于防治茶角胸叶甲的农药，导致用药短缺问题十分突出。研究表明，喷施高效氟氯氰菊酯或 48% 噻虫啉悬浮剂后 1 d，对成虫的防治效果均超过 90%。此外，24% 虫螨腈、40% 辛硫磷乳油、2.5% 联苯菊酯乳油 1 000 倍液、4.5% 高效氯氰菊酯乳油 1 000 倍液与 5% 氟虫腈悬浮剂 1 000 倍液对成虫也具备了一定的防治效果（李先文等，2008；曾明森等，2012；黄丽蕴，2023）。曾晓玲等（2022）通过将酸性电解水与不同剂量的常规药剂混合使用，发现酸性电解水与 12% 联苯·吡虫啉悬浮剂的组合效果最佳，且能实现剂量减量增效 30% 的效果（曾晓玲等，2022）。郭名春等（2019）提出了一种结合联苯菊酯、黄板和白僵菌的防控模式，以提升防治效果，而有机茶园则采用黄板与白僵菌进行防治。对于茶角胸叶甲的幼虫和蛹，可以采用辛硫磷等药剂进行土壤施药防控（吴彩谦等，2010）。

#### 4.6 色板诱集防治技术

包强等（2017a）比较了不同颜色的色板对茶角胸叶甲成虫的诱集效果，发现白色和黄色的色板诱虫效果显著高于其他颜色。李耀明（2021）测试了黄色诱虫板对茶角胸叶甲的田间诱捕效果，发现在茶园悬挂 20~25 张黄色诱虫板可保护 667 m<sup>2</sup> 茶园。

### 5 机遇与展望

目前，茶角胸叶甲已在我国广东、广西、福建、湖南、江西、贵州等 6 省（自治区）37 个市（县）发生，对我国茶产业的可持续健康发展造成了严重影响。本文系统梳理和总结了茶角胸叶甲的研究进展，发现现有研究主要集中在生物学特性及防治技术的评价与应用方面，在分子生物学领域，针对茶角胸叶甲的研究仍较为有限。近年来，研究人员对茶角胸叶甲雌雄成虫的触角进行了转录组测序，以系统鉴定和分析与化学感觉相关的基因（Zhou *et al.*, 2019）。同时，对茶角胸叶甲的雌雄成虫进行了转录组测序，初步开展了对其 *notch* 基因的生物信息学与系统发育分析（谭艺凡，2024；Xie *et al.*, 2024）。此外，还对其线粒体全基因组序列进行了测序（Liao *et al.*, 2024）。这些研究表明，该领域的研究深度和广度仍有很大的拓展空间。因此，当前对茶角胸叶甲的理解和防治策略仍较为初步。然而，随着我国进入高质量发展的新阶段，我国对病虫害的绿色防控体系在支撑茶产业高质量发展方面提出了更高的要求。

2021 年农业农村部等 3 部委发布了《关于促进茶产业健康发展的指导意见》，支持社会化服务组织推动统一防治与绿色防控相结合的服务模式，以降低化学农药的使用量。中国茶叶流通协会也发布了《中国茶产业十四五发展规划建议（2021—2025）》，着重推动信息技术在茶产业智慧种植平台的应用。上述文件的发布为茶角胸叶甲的防控工作指明了方向，并带来了新的发展机遇。这一情况迫切需要科研人员对茶角胸叶甲进行更加全面、详尽和深

入的研究。因此，建议今后在以下几个方面加强工作，为茶角胸叶甲的科学防控奠定坚实的基础。

### 5.1 加强茶角胸叶甲农业管理与栽培措施

茶角胸叶甲主要通过苗木传播，因此在区域性运输茶树苗木时，应加强检疫处理，防止虫源扩散。对于受到严重危害的茶园，应及时采取清园措施，以降低虫害种群数量和传播风险。此外，应大力筛选抗虫性强的茶树品种，以控制害虫发生数量，同时减少化学杀虫剂的使用。

### 5.2 茶角胸叶甲精准防控生物防治产品的创制

在国家大力推进化学农药减施的背景下，生物防治作为化学防治的重要替代手段，受到了社会的广泛关注和重视。生物防治不仅是未来绿色防控的核心研究方向和主流力量，更是生态文明思想的生动实践。因此，必须加强茶角胸叶甲生物防治产品的研发。产品的制造效率和成本是其在绿色防控中实现大规模推广应用的关键因素。针对已识别的本地天敌，一方面应积极推动在室内防效良好的天敌种类进行田间试验，另一方面则需解决室内大规模人工饲养和工厂化饲养的难题，逐步实现天敌生产的自动化与智能化，从而降低生产成本。同时，也要积极推动病原微生物和病原线虫等的商品化进程。

### 5.3 茶角胸叶甲的精准用药技术

尽管已有研究显示化学农药对茶角胸叶甲具有一定的防效，但由于该虫成虫具有假死习性，这给化学药剂防控带来了困难。因此，应加强精准用药技术的研究，推动简单、高效、适用的茶角胸叶甲精准用药技术的突破。此外，考虑到长期使用化学防治可能导致茶角胸叶甲产生抗药性，应密切监测其对主要杀虫剂的抗性水平及抗性基因频率变化，并根据监测结果及时调整化学防治策略，以延缓抗性的发展。同时，深入研究茶角胸叶甲对常见化学杀虫剂抗性的分子机制，为实现精准用药控制提供理论支持。

### 5.4 茶角胸叶甲精准诱杀产品的开发

目前，我国尚无针对茶角胸叶甲的诱杀产品及相关设备。因此，亟需开发精准且高效的性诱、食诱和灯诱产品，以用于茶角胸叶甲的种群动态监测与综合防治。同时，研发茶角胸叶甲智能识别技术及相关产品，实现对该虫种群动态的自动监测，为及时的精准防控决策提供支持。

### 5.5 基于分子机制的茶角胸叶甲新型防治技术研究

应强化生物学基础理论的研究，重点分析茶角胸叶甲的基因组，结合多组学理论与技术，深入探讨调控该虫生长、发育、生殖及化学感受等关键生命过程的分子机制及相关关键基因。这将为开发茶角胸叶甲种群遗传调控的新型防治技术奠定理论基础。

## 参考文献 (References)

- Bao Q, Li GH, Xiao L, *et al.* Determination of the indoor toxicity of four botanical pesticides to *Basilepta melanopus* Lefevre [J]. *Guangdong Tea Industry*, 2020a, 3: 12-15. [包强, 李冠华, 肖蕾, 等. 4种植物源农药对茶角胸叶甲的室内毒力测定 [J]. 广东茶业, 2020a, 3: 12-15]

- Bao Q, Li YM, Ou GC, *et al.* Field trapping effect of sticky cards of different colors to adults of *Basilepta melanopus* Lefevre in tea garden [J]. *Hunan Agricultural Sciences*, 2017a, 2: 71-73. [包强, 李耀明, 欧高财, 等. 不同颜色色板对茶角胸叶甲成虫田间诱集效果研究 [J]. 湖南农业科学, 2017a, 2: 71-73]
- Bao Q, Li YM, Ou GC, *et al.* Preliminary study on control efficacy of *Basilepta melanopus* Lefevre with *Beauveria tenella* in tea garden [J]. *Journal of Tea Communication*, 2017b, 44 (2): 37-39, 43. [包强, 李耀明, 欧高财, 等. 球孢白僵菌防治茶树害虫角胸叶甲的初步研究 [J]. 茶叶通讯, 2017b, 44 (2): 37-39, 43]
- Bao Q, Zhou PQ, Xiao L, *et al.* Field efficacy test of *Metarhizium anisopliae* CQMa421 in controlling *Basilepta melanopus* Lefevre [J]. *China Tea*, 2020b, 42 (11): 50-54. [包强, 周品谦, 肖蕾, 等. 金龟子绿僵菌 CQMa421 防治茶角胸叶甲的田间应用效果 [J]. 中国茶叶, 2020b, 42 (11): 50-54]
- Cao PR, Liu KB, Liu CY, *et al.* Aromatic constituents in fresh leaves of Lingtou Dancong tea under *Basilepta melanopus* Lefevre stress [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2006, 11: 2098-2101. [曹潘荣, 刘克斌, 刘春燕, 等. 茶角胸叶甲侵害对岭头单枞茶鲜叶芳香物质的影响 [J]. 应用生态学报, 2006, 11: 2098-2101]
- Guo MC, Huang JC, Bao Q, *et al.* Field efficacy trials of four prevention and control models on *Basilepta melanopus* Lefevre [J]. *Journal of Tea Communication*, 2019, 46 (4): 479-482. [郭名春, 黄建朝, 包强, 等. 4 种防控模式对茶角胸叶甲的田间药效试验 [J]. 茶叶通讯, 2019, 46 (4): 479-482]
- He XY, Cai SP, Tong YH, *et al.* Pathogenicity evaluation of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* against adults of *Basilepta melanopus* (Coleoptera: Eumolpidae) [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2011a, 54 (11): 1281-1287. [何学友, 蔡守平, 童应华, 等. 球孢白僵菌和金龟子绿僵菌不同菌株对黑足角胸叶甲成虫的致病力评价 [J]. 昆虫学报, 2011a, 54 (11): 1281-1287]
- He XY, Cai SP, Wu ZC, *et al.* *Basilepta melanopus* Lefevre, a new insect pest in *Camellia oleifera* [J]. *Forest Pest and Disease*, 2011b, 30 (3): 16-17. [何学友, 蔡守平, 吴智才. 油茶的一种新害虫——黑足角胸叶甲 [J]. 中国森林病虫, 2011b, 30 (3): 16-17]
- Huang LY, Chen YH, Lian NN, *et al.* The toxicity and field control efficacy of celangulin and metarrhizium anisopliae on *Basilepta melanopus* Lefevre [J]. *Journal of Tea*, 2024, 50 (1): 24-26. [黄丽蕴, 陈颖慧, 连娜娜, 等. 苦皮藤素与绿僵菌复配对茶角胸叶甲的毒力及田间防效 [J]. 茶叶, 2024, 50 (1): 24-26]
- Huang LY, Lian NN, Jiang ZY, *et al.* Selection of insecticides for controlling *Basilepta melanopus* lefevre [J]. *Journal of Tea*, 2023, 49 (2): 70-72. [黄丽蕴, 连娜娜, 江智艺, 等. 防治茶角胸叶甲高效药剂筛选试验研究 [J]. 茶叶, 2023, 49 (2): 70-72]
- Kang YK, Ding D, Yang H, *et al.* Screening of tea tree resources with resistance to *Basilepta melanopus* [J]. *China Plant Protection*, 2024, 44 (1): 67-71, 108. [康彦凯, 丁玎, 杨辉, 等. 抗茶角胸叶甲茶树资源的筛选 [J]. 中国植保导刊, 2024, 44 (1): 67-71, 108]
- Leer AD, Zhong WY, Jiang MX, *et al.* Distribution of *Basilepta melanopus* Lefèvre in China as affected by climatic changes [J]. *Acta Tea Sinica*, 2024, 65 (1): 1-10. [勒尔阿都, 钟文玉, 姜明鑫, 等. 气候变化情景下茶角胸叶甲在中国的潜在适生区预测 [J]. 茶叶学报, 2024, 65 (1): 1-10]
- Li M, He Z, Xia YG, *et al.* Occurrence and control of *Basilepta melanopus* Lefevre in main oil camellia production area of Hunan Province [J]. *Forest Pest and Disease*, 2013, 32(2): 32-35+43. [李密, 何振, 夏永刚, 等. 湖南主要油茶产区茶角胸叶甲的发生与防治[J]. 中国森林病虫, 2013, 32(2): 32-35+43]
- Li M, Zhou G, He Z, *et al.* Spatial distribution patterns and the environmental interpretations of *Basilepta melanopus* (Coleoptera: Eumolpidae) adults in *Camellia oleifera* young forests [J]. *Scientia Silvae Sinicae*, 2014, 50 (10): 173-180. [李密, 周刚, 何振, 等. 油茶幼林茶角胸叶甲成虫空间分布型及其环境解释 [J]. 林业科学, 2014, 50 (10): 173-180]
- Li XW, Tan JC, Bai XY, *et al.* Biological Activity test and field trial of pesticides on *Basilepta melanopus* Lefevre [J]. *Modern Agrochemicals*, 2008, 3: 44-47. [李先文, 谭济才, 柏晓勇, 等. 几种药剂对茶角胸叶甲的室内杀虫活性测定及田间药效试验 [J]. 现代农药, 2008, 3: 44-47]
- Li YM. Identification and control of *Basilepta melanopus* Lefevre [J]. *Hunan Agriculture*, 2021, 1: 19. [李耀明. 茶角胸叶甲的识别与防控 [J]. 湖南农业, 2021, 1: 19]
- Liao DQ, Liang GW, Cen YJ. Study on different quantitative methods for *Basilepta melanopus* Lefevre larvae population [J]. *Journal of Guangxi Vocational and Technical College*, 2008, 1 (4): 1-3. [廖冬晴, 梁广文, 岑伊静. 茶角胸叶甲幼虫种群的不同定量方法研究 [J]. 广西职业技术学院学报, 2008, 1 (4): 1-3]
- Liao Y, Fang Y, Chen W, *et al.* Complete mitochondrial genome of *Basilepta melanopus* Lefèvre, 1893 (Coleoptera: Chrysomelidae: Eumolpinae), a tea pest from Southern China [J]. *Mitochondrial DNA Part B-Resources*, 2024, 9 (3): 394-397.
- Lin AX. A preliminary report on the occurrence and prevention of *Basilepta melanopus* Lefevre [J]. *Tea Science Bulletin*, 1991, 4: 43-44. [林阿祥. 茶角胸叶甲的发生与防治初报 [J]. 茶叶科学简报, 1991, 4: 43-44]
- Liu KB, Cao PR, Liu CY, *et al.* The effect on the component contents in fresh leaves of Lingtou Dancong tea plant by moderate damage

- of *Basilepta melanopus* [J]. *Journal of South China Agricultural University*, 2005, 4: 15-18. [刘克斌, 曹藩荣, 刘春燕, 等. 茶角胸叶甲适度侵害对岭头单枞茶鲜叶内含成分的影响 [J]. 华南农业大学学报, 2005, 4: 15-18]
- Lu C. Analysis of Resistance of Different Tea Cultivars to *Basilepta melanopus* [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2023. [卢晨. 不同茶树品种对茶角胸叶甲的抗性分析 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2023]
- Nong HQ, Lin XQ, Cai XY, et al. Experiment on the effect of *Beauveria bassiana* on control of *Basilepta melanopus* Lefevre [J]. *Guangdong Tea Industry*, 2021, 3: 13-17. [农红秋, 林晓强, 蔡晓怡, 等. 白僵菌防治茶角胸叶甲效果试验 [J]. 广东茶业, 2021, 3: 13-17]
- Tan JC, Liu GF, Wang DX, et al. Occurrence and prevention of *Basilepta melanopus* Lefevre [J]. *China Tea*, 1987, 1: 15-16. [谭济才, 刘贵芳, 王德兴, 等. 茶角胸叶甲的发生与防治 [J]. 中国茶叶, 1987, 1: 15-16]
- Tan JC, Liu GF, Wang DX, et al. Study on biological characteristics and control of *Basilepta melanopus* Lefevre [J]. *Journal of Hunan Agricultural College*, 1986, 4: 51-60. [谭济才, 刘贵芳, 王德兴, 等. 茶角胸叶甲生物学特性及防治研究 [J]. 湖南农学院学报, 1986, 4: 51-60]
- Tan YF. Expression and Functional Validation of *notch* Gene in *Basilepta melanopus* [D]. Changsha: Central South University of Forestry and Technology, 2024. [汪艺凡. 茶角胸叶甲 *notch* 基因表达及其功能验证 [D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2024]
- Wang DF, Li LD, Li JL, et al. Screening of the *Beauveria bassiana* strain with high virulence to *Basilepta melanopus* (Coleoptera: Chrysomeloidea) [J]. *Journal of Tea Science*, 2017, 37 (3): 229-236. [王定锋, 李良德, 黎健龙, 等. 茶角胸叶甲高毒力球孢白僵菌菌株的筛选 [J]. 茶叶科学, 2017, 37 (3): 229-236]
- Wang RZ. Preliminary investigation on the occurrence and harm of *Basilepta melanopus* Lefevre [J]. *Fujian Tea Industry*, 1989, 2: 40-41. [汪荣灶. 黑足角胸叶甲发生与危害的初步考查 [J]. 福建茶叶, 1989, 2: 40-41]
- Wu CQ, Zhu LJ, Li DJ, et al. Investigation on the occurrence and suggestions for prevention of *Basilepta melanopus* Lefevre [J]. *Guangxi Plant Protection*, 2010, 23 (1): 20-21. [吴彩谦, 朱来佳, 黎达境, 等. 茶角胸叶甲发生情况调查及防治建议 [J]. 广西植保, 2010, 23 (1): 20-21]
- Wu Y, Lin J, Li JL, et al. Analysis of meteorological causes and prevention tests of heavy occurrence of *Basilepta melanopus* Lefevre in Yingde City in 2019 [J]. *Guangdong Tea Industry*, 2021, 2: 6-9. [吴勇, 林娟, 黎健龙, 等. 英德市2019年茶角胸叶甲重发生的气象成因浅析及其防治试验 [J]. 广东茶业, 2021, 2: 6-9]
- Xie Y, Tan Y, Wen X, et al. The expression and function of *notch* involved in ovarian development and fecundity in *Basilepta melanopus* [J]. *Insects*, 2024, 15 (4): 292.
- Xie YF, He Z, Li M, et al. The spatial distribution of *Basilepta melanopus* larva in soil of tea plantation [J]. *Hunan Forestry Science and Technology*, 2017, 44 (5): 55-60. [谢逸菲, 何振, 李密, 等. 茶角胸叶甲幼虫在茶园土壤中的空间分布特征 [J]. 湖南林业科技, 2017, 44 (5): 55-60]
- Xie ZL, Ma ZH, Zhu XH. A preliminary observation of *Basilepta melanopus* Lefevre [J]. *China Tea*, 1985, 4: 6-7. [谢振伦, 马智华, 朱侠慧. 茶角胸叶甲的初步观察 [J]. 中国茶叶, 1985, 4: 6-7]
- Yang BE, Wang YJ. Research progress on *Basilepta melanopus* Lefevre [J]. *Tea Communication*, 2008, 3: 24-26. [羊柏娥, 王沅江. 茶角胸叶甲研究进展 [J]. 茶叶通讯, 2008, 3: 24-26]
- Yang LJ. Mating Behaviour, Fecundity of *Basilepta melanopus* Lefevre (Coleoptera Chrysomelidae) and its Occurrence Regulation of Field [D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2017. [杨柳君. 茶角胸叶甲交配与产卵行为以及田间发生规律研究 [D]. 长沙: 湖南农业大学, 2017]
- Yang YS, Yang XY, Wang YS, et al. Prediction of the potential adaptive areas of *Basilepta melanopus* under climate change scenarios [J]. *Journal of Hunan Agricultural University (Natural Sciences Edition)*, 2023, 49 (5): 581-587. [杨艺帅, 杨学宇, 王玉生, 等. 气候变化背景下茶角胸叶甲潜在适生区预测 [J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2023, 49 (5): 581-587]
- Zeng MS, Liu FJ, Wang DF, et al. An experimental demonstration of comprehensive control for *Basilepta melanopus* Lefevre [J]. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 2012, 27 (8): 847-852. [曾明森, 刘丰静, 王定锋, 等. 茶角胸叶甲综合治理试验示范 [J]. 福建农业学报, 2012, 27 (8): 847-852]
- Zeng XL, Luo GW, Liu XW, et al. Decrement and synergism of acidic electrolyzed water on control *Basilepta melanopus* Lefevre [J]. *World Pesticide*, 2022, 44 (2): 58-60. [曾晓玲, 罗国武, 刘新伟, 等. 酸性电解水对茶角胸叶甲防治减药增效试验 [J]. 世界农药, 2022, 44 (2): 58-60]
- Zhou LY, Li W, Liu HY, et al. Systemic identification and analyses of genes potentially involved in chemosensory in the devastating tea pest *Basilepta melanopus* [J]. *Comparative Biochemistry and Physiology Part D: Genomics and Proteomics*, 2019, 31: 100586.
- Zhu LJ. Causes and countermeasures of the serious occurrence of *Basilepta melanopus* Lefevre in Zhaoping County in 2011 [J]. *Agricultural Research and Application*, 2013, 2: 64-67. [朱来佳. 2011年昭平县茶角胸叶甲重发生原因及对策 [J]. 农业研究与

应用, 2013, 2: 64-67]