

玉米-豆类间作对双斑长跗萤叶甲 甲生长与种群动态的影响*

宋傲然^{1,2**} 何 灿² 王秀平^{1***} 张永军² 张天涛^{2***}

(1. 河北科技师范学院, 农学与生物科技学院, 河北省作物逆境生物学重点实验室, 秦皇岛 066004;

2. 中国农业科学院植物保护研究所, 植物病虫害综合治理全国重点实验室, 北京 100193)

摘 要 【目的】明确双斑长跗萤叶甲 *Monolepta hieroglyphica* 在吉林省种群发生动态和分布特点, 以及玉米与豆类作物间作对其影响。【方法】采用田间罩网法, 比较 9 种植模式对双斑长跗萤叶甲羽化数量、体长、体重的影响及其分布特点。【结果】吉林省双斑长跗萤叶甲成虫种群发生动态为单峰曲线, 始见期为 7 月上旬, 雌虫占比较低, 羽化高峰期在 7 月中下旬, 雌虫占比开始上升, 在羽化后期, 雌虫占比超过 75%; 雌虫体长及体重显著高于雄虫 ($P<0.05$), 同年 8 月份羽化的雌虫体长及体重、雄虫体重显著高于 7 月份羽化的成虫 ($P<0.05$); 单独种植大豆或绿豆并不能抑制双斑长跗萤叶甲种群数量, 但玉米间作大豆或绿豆能够显著降低雌虫体长和体重 ($P<0.05$)。【结论】吉林省玉米田双斑长跗萤叶甲自 7 月上旬始发生, 呈增长趋势, 在 7 月中下旬到达羽化高峰期后开始逐渐下降, 9 月中旬未见有新成虫羽化; 玉米田雌虫体长及体重显著高于雄虫, 且雌虫体长、体重及雄虫体重与羽化时间密切相关, 后期羽化成虫显著高于早期羽化成虫; 玉米-豆类间作可用于调控双斑长跗萤叶甲的个体生长。

关键词 双斑长跗萤叶甲; 发生规律; 生长指标; 间作; 玉米; 豆类

Effect of intercropping maize and legumes on the population dynamics and growth of *Monolepta hieroglyphica*

SONG Ao-Ran^{1,2**} HE Can² WANG Xiu-Ping^{1***} ZHANG Yong-Jun² ZHANG Tian-Tao^{2***}

(1. College of Agronomy and Biotechnology, Hebei Normal University of Science and Technology, Hebei Key Laboratory of Crop Adversity Biology, Qinhuangdao 066004, China; 2. State Key Laboratory of Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China)

Abstract 【Aim】To assess the effect of intercropping maize and legumes on the population dynamics and distribution of *Monolepta hieroglyphica* adults in Jilin Province. 【Methods】The field netting method was employed to compare the effects of nine planting patterns on the abundance, body length, body weight, and distribution, of emerged adults. 【Results】The emergence of *M. hieroglyphica* adults followed a unimodal curve in Jilin Province, with peak emergence occurring from mid to late July. The proportion of female adults was initially less than 35%, increasing to over 75% in the late emergence period. Females had a significantly greater body length and weight than males ($P<0.05$). Adults were markedly longer and heavier in August than in July ($P<0.05$). Monocultures of soybeans, or mung beans, did not reduce body length or weight, whereas intercropping with legumes significantly reduced female body length and weight ($P<0.05$). 【Conclusion】In maize fields in Jilin Province, adult *M. hieroglyphica* began to emerge in early July, reached peak abundance in mid-late July, and then gradually declined. Female adults were significantly longer and heavier than males. Both body length and weight were closely associated with emergence time, with females that emerged later being significantly longer, and heavier, than those that emerged earlier. Intercropping maize with legumes can reduce the body length and weight of adult female *M. hieroglyphica*.

Key words *Monolepta hieroglyphica*; occurrence; growth index; intercropping; maize; legume

*资助项目 Supported projects: 国家重点研发计划 (2023YFD1400800); 国家玉米产业技术体系 (CAR-02-26)

**第一作者 First author, E-mail: 3113449806@qq.com

***共同通讯作者 Co-corresponding authors, E-mail: wangxiuping0721@163.com; zhangtiantao@caas.cn

收稿日期 Received: 2025-02-08; 接受日期 Accepted: 2025-03-25

双斑长跗萤叶甲 *Monolepta hieroglyphica* 又名双斑萤叶甲, 属鞘翅目 Coleoptera 叶甲科 Chrysomelidae 萤叶甲亚科 Galerucinae 长跗萤叶甲属 *Monolepta* (中国科学院动物研究所昆虫分类区系室叶甲组等, 1979; 冯祥和, 1992), 多食性害虫, 可危害农作物、蔬菜、杂草等多种类型植物 (杜爱华, 2013; 王振华等, 2018; 尤艳华等, 2021), 目前已知寄主植物有 45 科 218 种 (含亚种和变种) (高宇等, 2017)。该虫幼虫时期为害杂草及作物根系, 被取食过的部位毛细根生长不发达 (张聪, 2012); 成虫时期主要为害作物地上部分, 双斑长跗萤叶甲的取食会造成玉米叶片表皮形成许多不规则斑块、缺刻或破孔、花丝断裂、籽粒破碎, 影响作物光合作用和授粉, 降低作物产量和品质 (庄小燕, 2013; 赵秀梅等, 2021a)。因其有群集和趋嫩为害习性, 常集中植株自上而下进行取食, 严重时可使玉米减产 20% 以上, 大豆被害株率可达 100% (苟忠友和申小康, 2016; 徐玉霞和刘颖, 2016), 已被农业农村部列为玉米重大病虫害防控技术方案的防控重点。

生态调控是一种常见的病虫害防治措施, 其中作物间套作是生态调控中很有效的一种耕作制度。间作是在同一块土地上同时种植两种或两种以上的作物, 多样化的种植模式可以提高作物生产力、丰富生态系统 (He *et al.*, 2019; Beaumelle *et al.*, 2021)、绿色防治害虫。Li 等 (2022) 发现玉米与花生、大豆、谷子间作可以有效减少玉米螟 *Ostrinia furnacalis* 发生量, 谢炜峰等 (2024) 通过田间观察发现玉米和大豆间作与玉米单作相比, 草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 百株虫量可降低 40% 左右, 荆凡胜等 (2017) 发现玉米间作甘蔗对玉米蚜 *Rhopalosiphum maidis* 和甘蔗绵蚜 *Ceratovacuna lanigera* 的发生具有明显的抑制作用, 间作模式下蚜虫发生数量和峰值均低于单作模式。多项调查结果表明作物间作可影响害虫种群, 但间作对双斑长跗萤叶甲种群影响的相关内容较少。

吉林省是我国玉米、大豆、绿豆的主产区, 其气候条件及作物种类适合双斑长跗萤叶甲生长

和繁殖, 双斑长跗萤叶甲 1 年发生 1 代, 目前已成为吉林省田间主要害虫之一 (史树森等, 2017)。因此, 准确掌握双斑长跗萤叶甲在吉林省玉米田的种群发生动态和分布特征, 以及玉米豆类作物间作对其的影响, 对于双斑长跗萤叶甲的监测与防控具有重要意义。本试验通过田间罩笼, 设计单作玉米、单作大豆、单作绿豆、玉米大豆 3 : 1 间作、玉米大豆 1 : 1 间作、玉米大豆 1 : 3 间作、玉米绿豆 3 : 1 间作、玉米绿豆 1 : 1 间作、玉米绿豆 1 : 3 间作共 9 种植模式, 研究玉米田双斑长跗萤叶甲种群发生动态和分布特点、玉米与豆类作物间作对双斑长跗萤叶甲成虫的影响, 以为双斑长跗萤叶甲的生态调控及绿色防控提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验点选取

试验于中国农业科学院植物保护研究所公主岭农业有害生物防治野外科学观测试验站基地 (43°30'N, 124°47'E) 进行。该区属典型的寒温带半湿润大陆性季风气候, 年均温 7.8 °C, 年降雨量 505.7 mm。土壤为淡黑钙土, 地力均匀一致, 常年玉米连作。

1.2 调查方法

本试验供试作物为当地常规种植品种玉米“吉单 209”, 大豆“吉育 47”, “白城”绿豆。试验于 2023-2024 年进行, 分别选择上一年双斑长跗萤叶甲成虫发生较重的田块, 于 6 月上旬进行田间罩网 (100 目尼龙网), 罩网小区面积为 36 m² (6 m×6 m×3 m)。两年均于 5 月 15 日人工播种, 行距均为 0.66 m, 玉米株距 0.25 m, 大豆、绿豆株距 0.15 m。整个生育期内人工除草, 未施用任何对双斑长跗萤叶甲有影响的药剂。为避免第一年罩网对第二年的影响, 第二年在未罩网区域进行罩网。

试验共设 9 个处理: 单作玉米、单作大豆、单作绿豆、玉米大豆 3 : 1 间作、玉米大豆 1 : 1 间作、玉米大豆 1 : 3 间作、玉米绿豆 3 : 1 间作、

玉米绿豆 1:1 间作、玉米绿豆 1:3 间作。采用随机区组设计, 每处理 4 次重复。在 6 月下旬开始, 每 5 d 调查罩网中新羽化出土的双斑长跗萤叶甲成虫, 对当次网室内出现的全部成虫放入 5 mL 离心管带回实验室进行雌雄数量统计、体长和体重测量, 使用分析天平测量全部雌虫和全部雄虫体重, 使用游标卡尺随机测量 5 头雌虫和 5 头雄虫体长。

1.3 数据分析

使用 Excel 2019 对原始数据进行整理、统计; 采用 GraphPad Prism 9.5.1 进行单因素方差分析 (One-way ANOVA) 比较检验 2023 和 2024 年玉米田、玉米与大豆间作、玉米与绿豆间作下双斑长跗萤叶甲成虫体长、体重的差异水平; 用 *t* 检验 (Students' *t*-test) 比较检验 2023 和 2024 年玉米田双斑长跗萤叶甲成虫雌雄体长、体重的差异水平。使用 Surfer 2016 进行克里金插值法 (Kriging method) 对不同种植模式成虫分布进行等值线图绘制。使用 GS+V9.0 对成虫数量分

布进行变异函数拟合。

2 结果与分析

2.1 玉米田双斑长跗萤叶甲成虫羽化规律

2.1.1 田间双斑长跗萤叶甲成虫羽化时间 吉林省公主岭市玉米田双斑长跗萤叶甲成虫羽化出土的始见期在 7 月上旬, 为玉米大喇叭口期, 这个时期成虫主要以玉米叶片为食, 其中 2024 年田间首次发现成虫较 2023 年晚 1 周。此后, 羽化出土成虫数量开始快速增长, 在 2023 年 7 月中旬 (大喇叭口期) 和 2024 年 7 月下旬 (抽雄吐丝期), 分别达到当年成虫羽化出土数量的峰值, 分别为 39.67 和 41.33 头/网。在玉米抽雄吐丝期成虫主要集中在啃食花丝。成虫羽化数量在峰值后逐渐下降, 成虫羽化一直持续至玉米乳熟期, 此后, 未见有新成虫羽化。后期玉米花丝萎蔫, 成虫开始选择为害玉米顶部果穗。2023 年成虫羽化出土持续时间为 58 d, 2024 年持续时间为 57 d (图 1)。

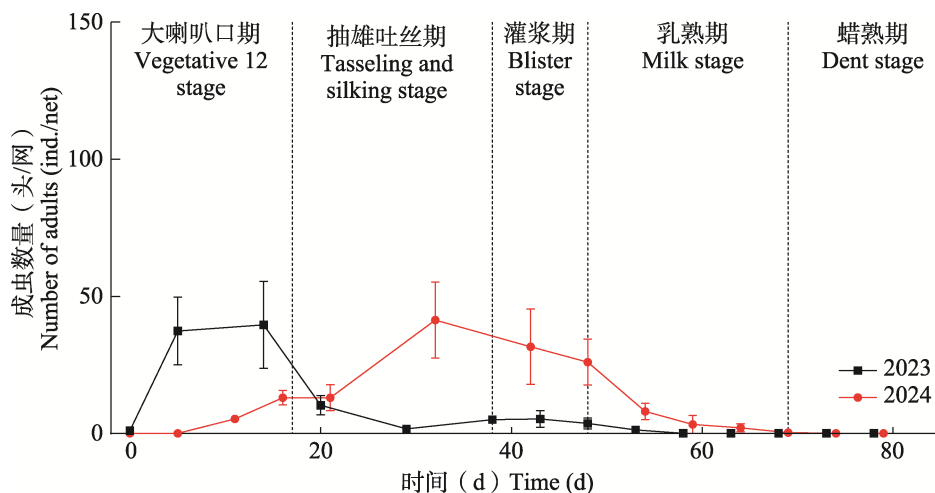


图 1 2023 年和 2024 年玉米田双斑长跗萤叶甲成虫种群发生动态

Fig. 1 Population dynamics of *Monolepta hieroglyphic* adults in maize field in 2023 and 2024

图中数据为平均值±标准误。下图同。

Data in the figure are presented as mean±SE. The same below.

2.1.2 田间双斑长跗萤叶甲成虫性别比较 2023 和 2024 年两年的双斑长跗萤叶甲雌雄虫数量变化规律大体一致 (图 2: A-H)。雄成虫占比在大喇叭口期最大 (68%和 71%), 此后一直呈下降趋势, 在玉米乳熟期占比最低 (25%和 12%); 雌成

虫占比在大喇叭口期最低 (32%和 29%), 此后一直呈上升趋势, 在玉米乳熟期占比最大 (75%和 88%)。在玉米大喇叭口期羽化的成虫中雌虫占比在 30%左右, 此后, 雌成虫占比开始增加, 在玉米生殖生长阶段羽化的雌虫占比均大于雄虫, 且在成

虫出土末期,雌成虫占比可超过 75%。

通过对全年总数的分析,2023 年雌雄虫数量占比分别为 47%和 53%,雄虫总数多于雌虫总数,相差 6%;2024 年雌雄虫数量占比分别为 57%和 43%,总雌虫数多于总雄虫数,相差 14%。全年雌雄虫羽化出土总数量之间差距不大。

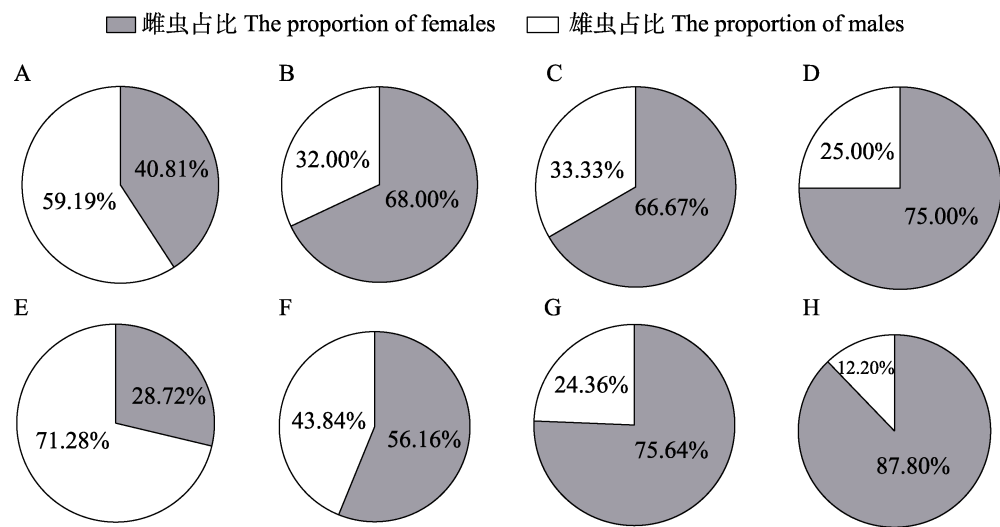


图 2 2023 和 2024 年玉米田双斑长跗萤叶甲雌雄成虫数量比

Fig. 2 Proportions of male to female *Monolepta hieroglyphic* adults in maize field in 2023 and 2024

A. 2023 年大喇叭口期雌雄成虫数量比; B. 2023 年抽雄吐丝期雌雄成虫数量比; C. 2023 年灌浆期雌雄成虫数量比; D. 2023 年乳熟期雌雄成虫数量比; E. 2024 年大喇叭口期雌雄成虫数量比; F. 2024 年抽雄吐丝期雌雄成虫数量比; G. 2024 年灌浆期雌雄成虫数量比; H. 2024 年乳熟期雌雄成虫数量比。

A. Proportions of male to female adults in the vegetative 12 stage in 2023; B. Proportions of male to female adults in the tasseling and silking stage in 2023; C. Proportions of male to female adults in the blister stage in 2023; D. Proportions of male to female adults in the milk stage in 2023; E. Proportions of male to female adults in the vegetative 12 stage in 2024; F. Proportions of male to female adults in the tasseling and silking stage in 2024; G. Proportions of male to female adults in the blister stage in 2024; H. Proportions of male to female adults in the milk stage in 2024.

2.1.3 双斑长跗萤叶甲成虫田间分布模式 按照田间实际分布情况,将各罟网编号,根据每个罟网内全年双斑长跗萤叶甲成虫数量绘制等值线图,颜色由黄色渐变到红色表示虫数从少到多。从 2023 和 2024 年的等值线图可以看出,双斑长跗萤叶甲在田间有明显的聚集位点(图 3:A,B)。表 1 显示 2023 年双斑长跗萤叶甲成虫田间分布

模型为空间变异度为 0.688 的指数模型,决定系数 $R^2=0.866$,表明双斑长跗萤叶甲成虫空间分布在不同罟网分布不规则且存在明显差异度;2024 年双斑长跗萤叶甲成虫田间分布模型表现为空间变异度为 0.624 的线性模型,决定系数 $R^2=0.935$,表明双斑长跗萤叶甲成虫空间分布在不同罟网分布不规则且存在明显差异度。

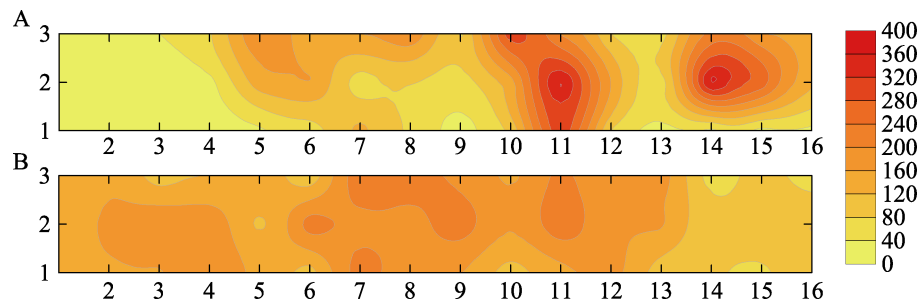


图 3 2023 (A) 和 2024 年 (B) 田间双斑长跗萤叶甲成虫分布等值线图

Fig. 3 The isogram of *Monolepta hieroglyphic* adults distribution in the field in 2023 (A) and 2024 (B)

表 1 田间双斑长跗萤叶甲成虫分布的变异函数模型及相关参数

Table 1 The variogram model type and relative parameters of *Monolepta hieroglyphic* adults distribution in the field

年份 Year	变异函数模型 Variogram model type	块金值 C_0	基台值 $C+C_0$	空间变异性 $C/(C_0+C)$	决定系数 R^2	分布类型 Distribution pattern
2023	指数模型 Index model	0.450	1.442	0.688	0.866	聚集分布 Aggregated distribution
2024	线性模型 Linear model	0.038	0.102	0.624	0.935	聚集分布 Aggregated distribution

2.1.4 不同时期双斑长跗萤叶甲体重和体长比较

2023 和 2024 年雌成虫体长、体重均显著高于雄成虫的体长、体重 ($P<0.05$)。两年雌成虫平均体长分别为 (4.25 ± 0.02) 和 (4.31 ± 0.03) mm, 平均体重分别为 (6.62 ± 0.12) 和 (6.84 ± 0.19) mg; 雄成虫平均体长分别为 (3.78 ± 0.02) 和 (3.80 ± 0.02) mm, 平均体重分别为 (4.38 ± 0.08) 和 (4.79 ± 0.17) mg (图 4: A-D)。

成虫羽化出土初期虫体整体偏小, 雌虫平均体长 (3.66 ± 0.05) - (3.94 ± 0.10) mm, 平均体重 (3.40 ± 0.30) - (4.90 ± 0.26) mg, 均为当年全年最低值, 此后开始逐渐增加; 玉米抽雄吐丝期平均体长 (4.06 ± 0.06) - (4.58 ± 0.06) mm, 平均体重 (5.69 ± 0.24) - (8.46 ± 0.31) mg, 此时期为体长、体重增长最快速阶段; 在玉米灌浆期平均体长为 (4.23 ± 0.03) - (4.60 ± 0.06) mm, 平均体重为 (6.87 ± 0.23) - (8.14 ± 0.32) mg; 玉米乳熟期平均体长为 (4.37 ± 0.06) - (4.49 ± 0.07) mm, 平均体重 (7.20 ± 0.30) - (8.78 ± 0.40) mg, 在玉米灌浆期和乳熟期雌虫的体长及体重均保持同年最高值 (图 5: A-D)。

2023 和 2024 年双斑长跗萤叶甲雌成虫平均体长最高值均在 8 月中旬, 分别为 (4.60 ± 0.06) 和 (4.49 ± 0.07) mm。2023 年平均体重最高值在 8 月上旬, 为 (8.46 ± 0.31) mg; 2024 年平均体重最高值在 8 月下旬, 为 (8.78 ± 0.39) mg。8 月份羽化的雌虫体长、体重均显著高于 7 月份羽化的雌虫 ($P<0.05$) (图 5: A-D)。

双斑长跗萤叶甲雄成虫体长无显著性变化 ($P>0.05$), 两年平均体长为 (3.71 ± 0.18) - (3.99 ± 0.03) mm, 2023 年雄成虫平均体长最高值在 8 月上旬, 为 (3.99 ± 0.00) mm, 2024 年最高值在 8 月下旬, 为 (3.94 ± 0.13) mm; 平均体重随日期增加而增重, 2023 和 2024 年的最高值均在 8 月下旬, 分别为 (6.22 ± 0.35) 和 (6.40 ± 0.20) mg, 8 月份羽化的雄虫体重显著高于 7 月份羽化的雄虫 ($P<0.05$) (图 5: E-H)。

2.2 玉米和豆类间作对双斑长跗萤叶甲的影响

2.2.1 玉米间作大豆对双斑长跗萤叶甲成虫种群的影响

2023 和 2024 年双斑长跗萤叶甲成虫羽化数量在单作玉米、大豆和间作不同种植模

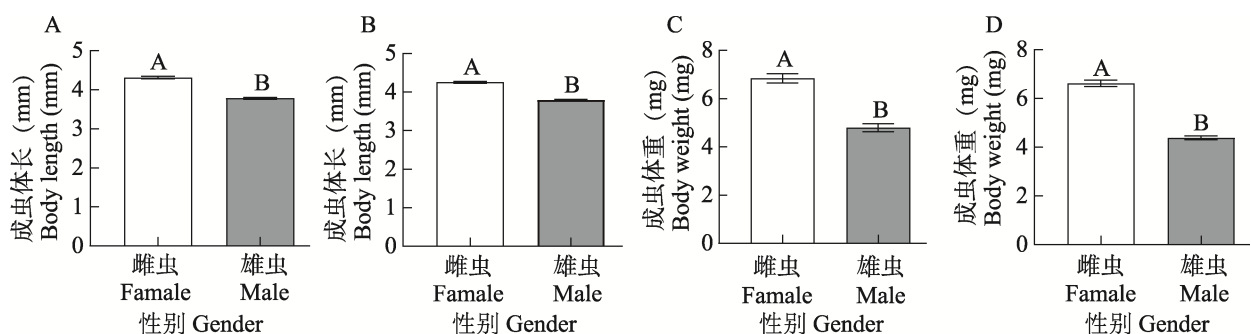


图 4 2023 和 2024 年玉米田单头双斑长跗萤叶甲雌雄成虫体长、体重比较

Fig. 4 Comparison of single male and female *Monolepta hieroglyphic* adults body length and weight in maize field in 2023 and 2024

A, B. 2023 和 2024 年单头成虫体长比较; C, D. 2023 和 2024 年单头成虫体重比较。

柱上不同字母表示处理间显著差异 ($P<0.05$, Students' t 检验)。

A, B. The comparison of single *M. hieroglyphic* adult body length in 2023 and 2024;

C, D. The comparison of single *M. hieroglyphic* adult body weight in 2023 and 2024.

Different letters above bars indicate significant difference ($P<0.05$, Students' t -test).

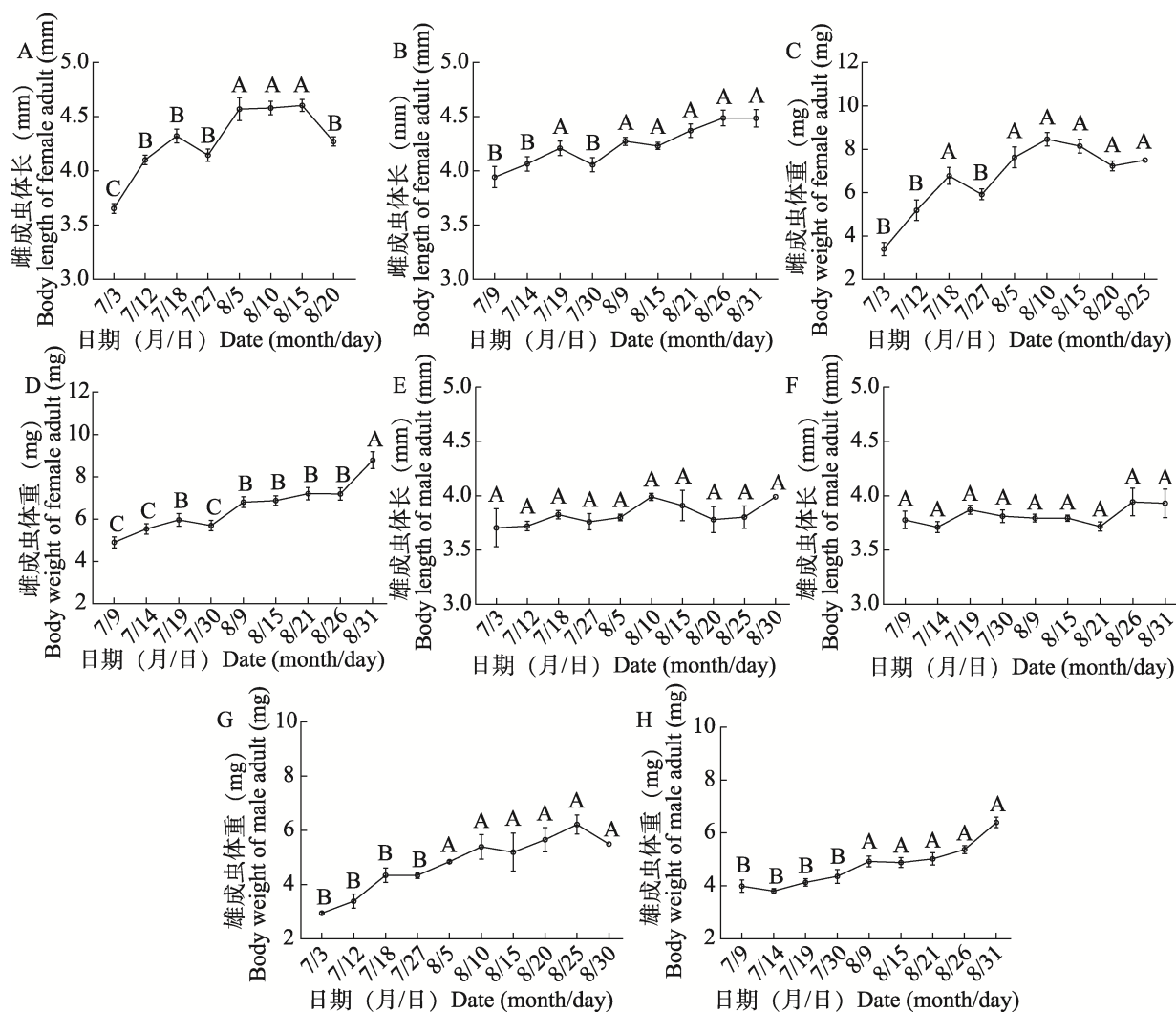


图5 2023和2024年玉米双斑长跗萤叶甲成虫体长、体重变化情况

Fig. 5 Changes of body length and weight of *Monolepta hieroglyphica* adults in maize field in 2023 and 2024

A, B: 2023和2024年雌成虫体长变化; C, D: 2023和2024年雌成虫体重变化; E, F: 2023和2024年雄成虫体长变化; G, H: 2023和2024年雄成虫体重变化。不同字母表示处理间显著差异 ($P<0.05$, 单因素方差分析)。

A, B. Changes of female adults body length in 2023 and 2024; C, D. Changes of female adults body weight in 2023 and 2024; E, F. Changes of male adults body length in 2023 and 2024; G, H. Changes of male adults body weight in 2023 and 2024. Different letters indicate significant difference ($P<0.05$, One-way ANOVA).

式间无显著性差异 ($P>0.05$); 单作大豆的雌成虫体长均显著低于单作玉米 ($P<0.05$) (图 6: A, B); 2023 年玉米与大豆间作的 3 种植模式 and 单作大豆的雌成虫体重均显著低于单作玉米, 2024 年玉米大豆 1:1 间作、玉米大豆 1:3 间作和单作大豆的雌成虫体重均显著低于单作玉米 ($P<0.05$) (图 6: C, D); 雄成虫体长在 5 种植模式下同年间相比无显著性差异 ($P>0.05$) (图 6: E, F); 玉米大豆 1:3 间作的雄成虫体重在 2023 年显著低于单作玉米 ($P<0.05$), 2024 年不同种

植模式相比, 雄成虫体重无显著性差异 ($P>0.05$) (图 6: G, H)。

2.2.2 玉米间作绿豆对双斑长跗萤叶甲成虫种群的影响 2023 和 2024 年双斑长跗萤叶甲成虫羽化出土数量在玉米、绿豆不同种植模式中无显著性差异 ($P>0.05$)。2023 年单作玉米的雌成虫体长与玉米和绿豆间作 3 种植模式之间具有显著性差异, 2024 年玉米绿豆间作 1:3 的雌成虫体长与单作玉米有显著性差异 ($P<0.05$) (图 7: A, B); 2023 年玉米绿豆 1:1 间作和玉米绿豆

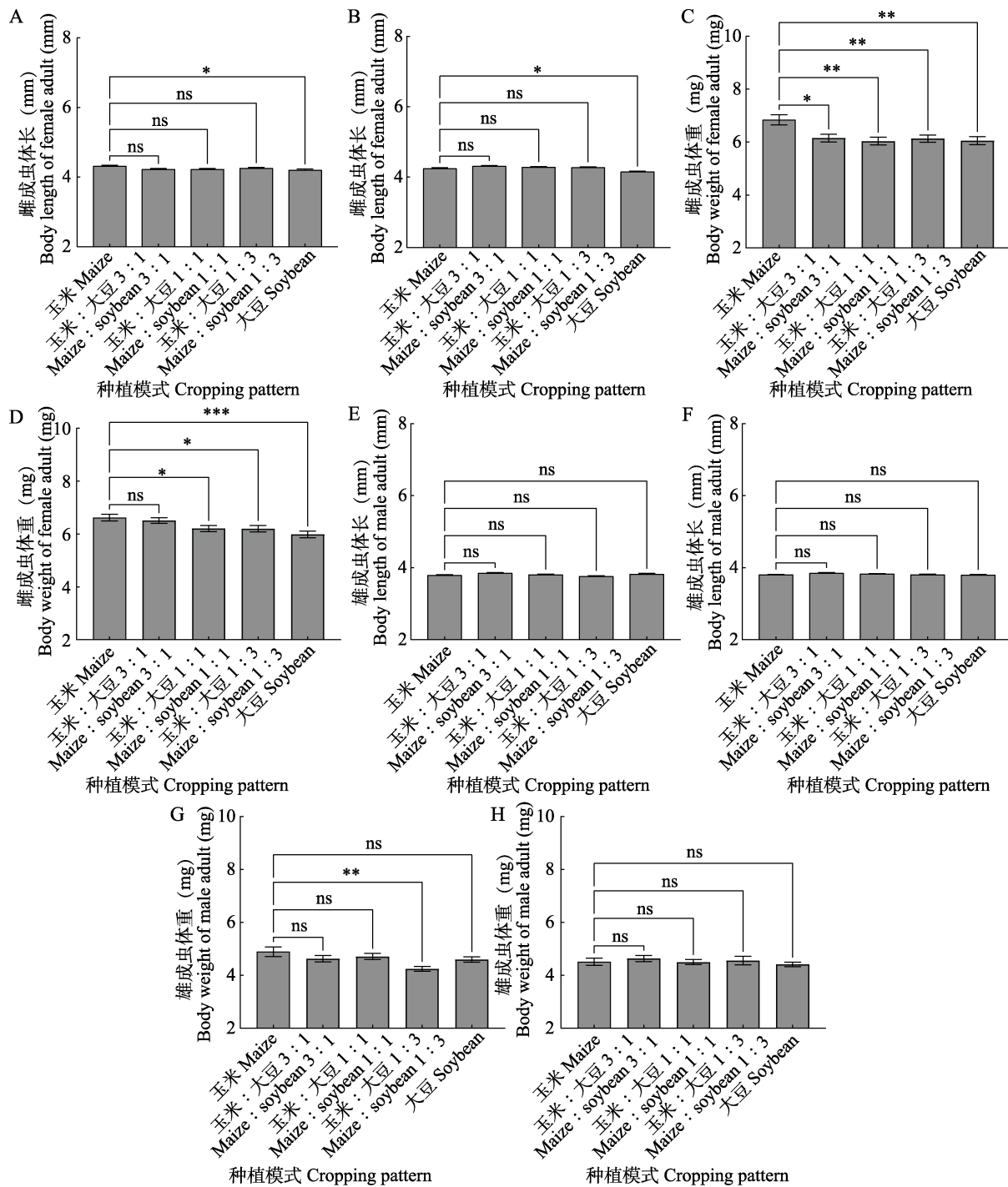


图6 2023和2024年玉米与大豆间作双斑长跗萤叶甲成虫体长、体重变化
Fig. 6 Changes of *Monolepta hieroglyphic* adults body length and weight in the maize and soybean intercropping field in 2023 and 2024

A, B. 2023和2024年雌成虫体长变化; C, D. 2023和2024年雌成虫体重变化;

E, F. 2023和2024年雄成虫体长变化; G, H. 2023和2024年雄成虫体重变化。图中星号表示差异显著

(* $P < 0.05$; ** $P < 0.01$; *** $P < 0.001$, 单因素方差分析), ns表示差异不显著($P > 0.05$, 单因素方差分析)。图7同。

A, B. Changes of female adults body length in 2023 and 2024; C, D. Changes of female adults body weight in 2023 and 2024;

E, F. Changes of male adults body length in 2023 and 2024; G, H. Changes of male adults body weight in 2023 and 2024. The

asterisk indicates significant difference (* $P < 0.05$; ** $P < 0.01$; *** $P < 0.001$,

One-way ANOVA), ns indicates no difference ($P > 0.05$, One-way ANOVA). The same for Fig. 7.

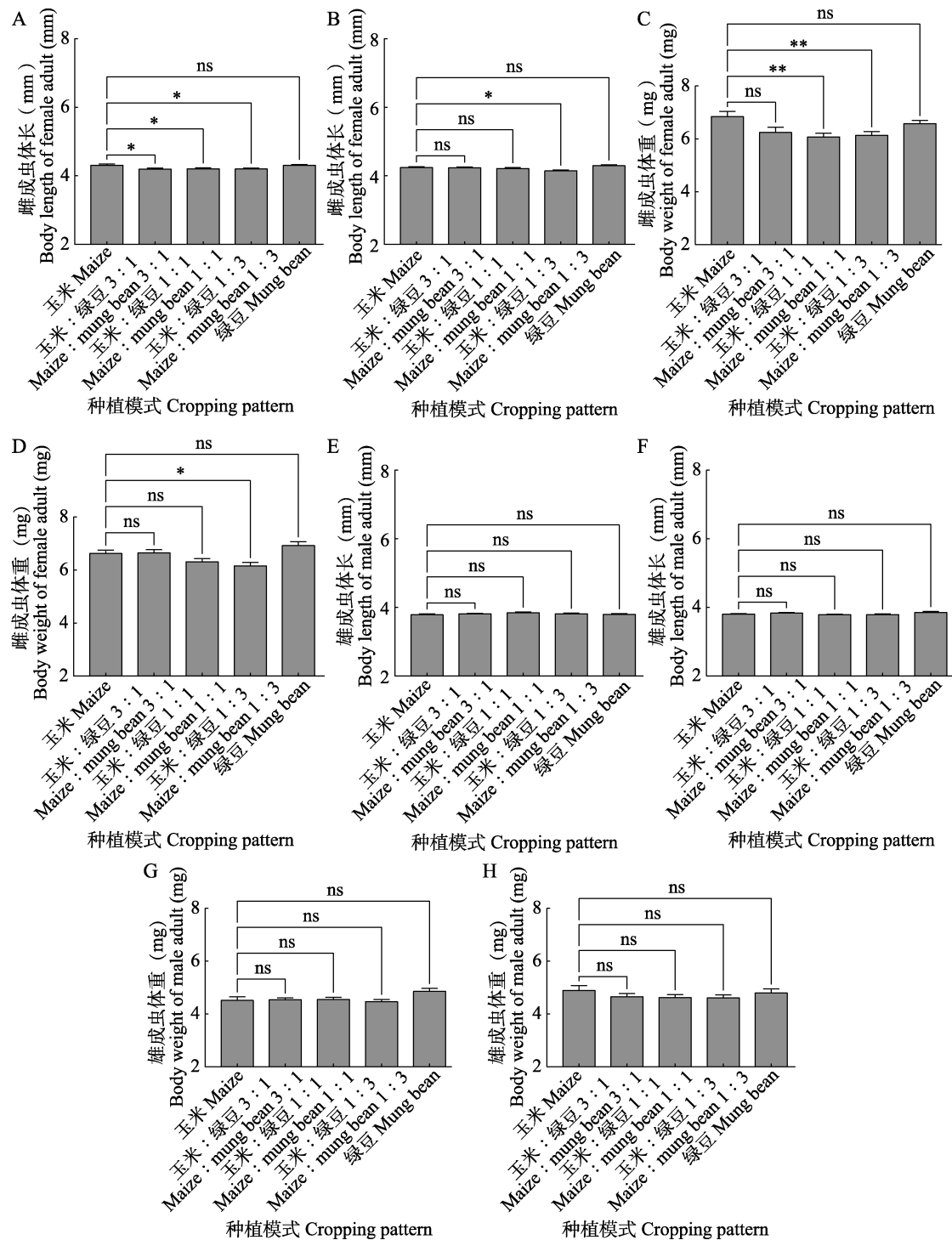


图7 2023和2024年玉米与绿豆间作双斑长跗萤叶甲成虫体长、体重变化

Fig. 7 Changes of *Monolepta hieroglyphic* adults body length and weight in the maize and mung bean intercropping field in 2023 and 2024

A, B. 2023和2024年雌成虫体长变化; C, D. 2023和2024年雌成虫体重变化;

E, F. 2023和2024年雄成虫体长变化; G, H. 2023和2024年雄成虫体重变化。

A, B. Changes of female adults body length in 2023 and 2024; C, D. Changes of female adults body weight in 2023 and 2024; E, F. Changes of male adults body length in 2023 and 2024;

G, H. Changes of male adults body weight in 2023 and 2024.

1:3 间作的雌成虫体重显著低于单作玉米, 2024 年玉米绿豆 1:3 间作的雌成虫体重显著低于单作玉米 ($P<0.05$) (图 7: C, D); 同年不同种植模式的雄成虫体长及体重无显著性差异 ($P>0.05$) (图 7: E-H)。

3 讨论

吉林省是农业大省, 是我国重要的商品粮生产基地。双斑长跗萤叶甲在吉林地区危害日益严重, 如果不对其进行及时有效的防治, 会对我国部分农作物产业造成巨大的经济损失, 因此, 明确双斑长跗萤叶甲的发生动态及分布特点, 对该虫的有效防治具有重要指导意义。通过 2023 和 2024 年两年罩网调查, 明确了吉林地区玉米田双斑长跗萤叶甲发生为 1 年 1 代, 始发期为 7 月上旬, 此时有零星成虫羽化出土, 随后种群数量开始增加, 在 7 月中下旬到达高峰期后逐渐下降, 在 9 月上中旬无新成虫羽化。两年对比, 双斑长跗萤叶甲成虫羽化时间持续 2 个月左右, 其中 2024 年的成虫始发期、高峰期、终末期均晚于 2023 年。王宇等 (2023) 通过马氏网和人工扫网监测哈尔滨地区豆田双斑长跗萤叶甲种群动态, 发现双斑长跗萤叶甲在哈尔滨田间 7 月上中旬为始发期, 7 月下旬-8 月上旬为盛发期, 整体呈单峰曲线; 张聪等 (2013) 在山西玉米田采用五点取样法直接监测种群动态, 发现山西玉米田双斑长跗萤叶甲 6 月下旬为始发期, 8 月上旬为盛发期, 整体呈单峰曲线; 陈彦等 (2024) 通过在沈阳地区田间五点取样观察, 发现双斑长跗萤叶甲在沈阳地区玉米田间 6 月下旬-7 月上旬为始发期, 8 月中下旬为盛发期, 整体呈单峰曲线。与本罩网试验结果对比可以看出, 在不同地区不同年份间双斑长跗萤叶甲成虫的始发期和盛发期时间略有出入, 但整体双斑长跗萤叶甲的种群动态在以上田间观察中均为单峰曲线, 不同调查年份间成虫始发期、高峰期、终末期略有不同, 可能与当年气候条件有关, 赵秀梅等 (2021b) 认为 5-7 月的温度高, 6-8 月降雨量少, 利于双斑长跗萤叶甲羽化出土。对公主岭天气情况统计显示, 2023 年 5-7 月平均温度为 (21.03 ± 2.02) °C,

2024 年 5-7 月平均温度为 (20.80 ± 2.27) °C; 2023 年 6-8 月总降雨量为 353.8 mm, 2024 年 6-8 月总降雨量为 556.8 mm。2024 与 2023 年对比, 5-7 月的平均温度低且 6-8 月的平均降雨量高, 推测降雨能够延迟双斑长跗萤叶甲的羽化时间, 低温同样可以延迟其羽化时间。

通过对各罩网获得的成虫数量比较发现, 不同位置的罩网内成虫羽化数量差异较大。本研究通过不同年份罩网结合成虫分布等值线图 and 变异函数模型分析发现, 双斑长跗萤叶甲是典型的聚集性分布 (图 3) 且分布不规则、具有明显的差异度 (表 1), 在罩网模式下, 成虫不能在田间扩散且双斑长跗萤叶甲幼虫移动能力较弱 (张聪等, 2013), 成虫数据也能反映田间产卵分布模式, 因此可以推断双斑长跗萤叶甲卵也是聚集性分布, 这与张聪等 (2013) 报道双斑长跗萤叶甲越冬卵呈聚集分布结果一致。

通过对玉米田双斑长跗萤叶甲雌雄成虫数量及体长、体重比较分析发现, 在玉米大喇叭口期羽化的雄成虫数量占比最高, 此后逐渐下降, 在玉米乳熟期占比不超过 30%; 雌成虫羽化数量占比在玉米大喇叭口期最少, 此后逐渐上升, 在玉米乳熟期占比超过 70%。综合两年数据, 雄成虫羽化早期数量多于雌成虫, 可能由于雄虫发育所需有效积温低于雌虫 (刘鹏程, 2015)。同年雌雄虫体长、体重对比发现, 雌虫均显著高于雄虫, 且雌虫体长、体重和雄虫体重随时间而增加, 8 月份羽化的成虫普遍显著高于 7 月份羽化的; 雄成虫体长无显著性变化。8 月份进入玉米吐丝期和成熟期, 为玉米根系干物质高峰期且对游离氨基酸的测定, 成熟期总量处于较高水平 (李少昆等, 1993), 地上部分玉米叶片总氨基酸含量在抽雄吐丝期到乳熟期显著上升 (胡瑾, 2024), 氨基酸是昆虫维持正常生长发育所必须的基本氮素营养物质, 植物中氨基酸含量的提升有可能会对双斑长跗萤叶甲体重体长的增加起到积极作用。此外, 双斑长跗萤叶甲交尾盛期一般在 8 月份前后 (高宇等, 2018), 还可能由于雌、雄虫精、卵巢发育, 有精子和卵粒的形成导致雌雄虫体重增加, Chen 等 (2023) 研究发现体重大

的亲代,可以为幼虫提供更多的资源,有利于种群的建立和扩大。多个研究表明间作在提高生物多样性、减轻害虫为害等生态调控方面起到重要作用 (Singh *et al.*, 2017; 谢炜峰等, 2024; 曲春娟等, 2025), 在玉米与豆科作物间作过程中降低了双斑长跗萤叶甲成虫的体长及体重,可能会造成产卵量的减少,后代存活率的降低,长期抑制害虫种群规模。

在单作玉米、玉米与大豆间作和单作大豆 5 种种种植模式中,双斑长跗萤叶甲成虫羽化数量无显著性差异,说明单作玉米、玉米和大豆间作和单作大豆不影响双斑长跗萤叶甲幼虫存活率。通过对 5 种种种植模式间雌雄虫体长及体重对比发现: 2023 和 2024 年,单作大豆的雌成虫体长显著低于单作玉米,在玉米大豆 1:1 间作、玉米大豆 1:3 间作和单作大豆的雌成虫体重显著低于单作玉米;雄成虫的体长和体重在不同种植模式间无显著性差异,推测雌成虫体长和体重变化可能与产卵行为有关。张萌等 (2015) 报道取食玉米花丝的双斑长跗萤叶甲雌虫产卵量大于取食大豆叶片的,可能与其营养成分有关。在单作玉米、玉米与绿豆间作和单作绿豆 5 种种种植模式中,双斑长跗萤叶甲成虫羽化数量无显著性差异,说明这 5 种种种植模式不影响双斑长跗萤叶甲幼虫存活率。通过对 5 种种种植模式间雌雄虫体长及体重对比发现:单作玉米与单作绿豆的雌雄成虫在体长及体重方面无显著性差异,但两年玉米绿豆 1:3 间作的雌成虫体长和体重调查结果均低于单作玉米。双斑长跗萤叶甲取食绿豆对产卵量的影响及玉米绿豆 1:3 种植对雌成虫体长、体重的影响,有待进一步研究。间作模式导致双斑长跗萤叶甲成虫体重及体长的降低,推测可能源于植物提供的营养成分的改变 (祁小清等, 2020)、植物挥发物的改变 (Ling *et al.*, 2022)、微环境的改变 (解海翠等, 2015) 等,具体影响机理有待进一步研究。

本研究调查了吉林双斑长跗萤叶甲在玉米单作种植模式和玉米大豆、玉米绿豆间作种植模式的种群变化情况,初步明确了双斑长跗萤叶甲

在吉林省玉米田种群动态及不同间作种植模式对双斑长跗萤叶甲种群动态变化的影响,为双斑长跗萤叶甲的生态调控和玉米豆类带状复合种植在吉林地区的应用提供了参考。

参考文献 (References)

- Beaumelle L, Auriol A, Grasset M, Pavy A, Thiéry D, Rusch A, 2021. Benefits of increased cover crop diversity for predators and biological pest control depend on the landscape context. *Ecological Solutions and Evidence*, 2(3): e12086.
- Chen JY, Setia G, Lin LH, Sun Q, Husseneder C, 2023. Weight and protozoa number but not bacteria diversity are associated with successful pair formation of dealates in the Formosan subterranean termite, *Coptotermes formosanus*. *PLoS ONE*, 18(11): e0293813.
- Chen Y, Wang K, Zhong T, Dong HY, Liu PB, 2024. Population dynamics and spatial distribution of adult double spotted leaf beetle, *Monolepta hieroglyphica* in Shenyang maize fields. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 61(5): 1114–1121. [陈彦, 王凯, 钟涛, 董怀玉, 刘培斌, 2024. 沈阳地区玉米田双斑长跗萤叶甲成虫的种群消长动态和空间分布. 应用昆虫学报, 61(5): 1114–1121.]
- Du AH, 2013. Characteristics and control strategies of harmful shed vegetable seedlings of *Monolepta hieroglyphica*. *China Plant Protection*, 33(1): 35–36. [杜爱华, 2013. 双斑长跗萤叶甲为害棚室蔬菜幼苗特点及防治策略. 中国植保导刊, 33(1): 35–36.]
- Feng XH, 1992. The living habits and control of *Monolepta hieroglyphica*. *Shanxi Agricultural Sciences*, 20(4): 31. [冯祥和, 1992. 双斑长跗萤叶甲的生活习性 with 防治. 山西农业科学, 20(4): 31.]
- Gao Y, Xu W, Shi SS, Cui J, Xu B, 2017. Catalogue of host plants of *Monolepta hieroglyphica* (Motschulsky). *Hubei Agricultural Sciences*, 56(5): 865–869. [高宇, 徐伟, 史树森, 崔娟, 徐博, 2017. 双斑长跗萤叶甲寄主植物名录. 湖北农业科学, 56(5): 865–869.]
- Gao Y, Xu FX, Li HY, Wang D, Shi SS, 2018. Research progress of comprehensive treatment of *Monolepta hieroglyphica* in soybean fields. *Soybean Science & Technology*, 2018(4): 43–46. [高宇, 徐凤晓, 李汉宇, 王迪, 史树森, 2018. 大豆双斑长跗萤叶甲综合治理研究进展. 大豆科技, 2018(4): 43–46.]
- Gou ZY, Shen XK, 2016. Occurrence and prevention of *Monolepta hieroglyphica* in corn field. *Agriculture and Technology*, 36(6): 124. [苟忠友, 申小康, 2016. 玉米双斑萤叶甲发生与防治. 农业与技术, 36(6): 124.]

- He HM, Liu LN, Munir S, Bashir NH, Wang Y, Yang J, Li CY, 2019. Crop diversity and pest management in sustainable agriculture. *Journal of Integrative Agriculture*, 18(9): 1945–1952.
- Hu J, 2024. Response and damage of *Spodoptera frugiperda* to maize at different growth stages. Master dissertation. Yangzhou: Yangzhou University. [胡瑾, 2024. 草地贪夜蛾对不同生育期玉米的响应与为害性研究. 硕士学位论文. 扬州: 扬州大学.]
- Jing FS, Chen B, Chang HY, Zhao YP, Li ZY, Zhang LM, 2017. The effect of corn//sugarcane on *Rhopalosiphum maidis* (Fitch), *Ceratovacuna lanigera* (Zehntne) and their main natural enemies. *Journal of Yunnan Agricultural University (Natural Science)*, 32(3): 432–441. [荆凡胜, 陈斌, 常怀艳, 赵远鹏, 李正跃, 张立敏, 2017. 玉米//甘蔗对玉米蚜、甘蔗绵蚜及其天敌昆虫的影响. 云南农业大学学报(自然科学), 32(3): 432–441.]
- Li LK, Duan RC, Li RZ, Zou Y, Liu JW, Chen FJ, Xing GN, 2022. Impacts of corn intercropping with soybean, peanut and millet through different planting patterns on population dynamics and community diversity of insects under fertilizer reduction. *Frontiers in Plant Science*, 13: 936039.
- Li SK, Tu HY, Zhang WF, 1993. Study on root growth and nutrient composition of maize. *Journal of Maize Sciences*, 1(1): 44–47. [李少昆, 涂华玉, 张旺峰, 1993. 玉米根系生长及其所含营养物质成分的研究. 玉米科学, 1(1): 44–47.]
- Ling SQ, Rizvi SAH, Xiong T, Liu JL, Gu YP, Wang SW, Zeng XN, 2022. Volatile signals from guava plants prime defense signaling and increase jasmonate-dependent herbivore resistance in neighboring *Citrus* plants. *Frontiers in Plant Science*, 13: 833562.
- Liu PC, 2015. Sex assignment and parasitism adaptation of *Anastatus disparis* (Ruschka) (Hymenoptera: Eupelmidae). Master dissertation. Baoding: Hebei University. [刘鹏程, 2015. 舞毒蛾卵平腹小蜂性别控制与寄生适应性研究. 硕士学位论文. 保定: 河北大学.]
- Qi XQ, Yin W, Li CD, Yang GZ, 2020. Chemical constituents identification of nutrients and exudates in root and non-root soil of alfalfa and silage corn. *Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine*, 2020(12): 109–116, 121. [祁小清, 尹卫, 李彩弟, 杨国柱, 2020. 紫花苜蓿和青贮玉米根系及非根系土壤营养成分及其分泌物的化学成分鉴定. 黑龙江畜牧兽医, 2020(12): 109–116, 121.]
- Qu CJ, Jiang XJ, Wang SB, Zhang Z, Du L, Ju Q, Li X, Qu MJ, 2025. Effects of peanut/maize intercropping system on the occurrence of *Holotrichia parallela* and *Anomala corpulenta*. *Chinese Journal of Oil Crop Sciences*, 47(1): 167–175. [曲春娟, 姜晓静, 万书波, 张正, 杜龙, 鞠倩, 李晓, 曲明静, 2025. 花生/玉米间作对暗黑鳃金龟和铜绿丽金龟发生的影响. 中国油料作物学报, 47(1): 167–175.]
- Research Group of Leaf Beetle, Division of Insect Taxonomy, Institute of Zoology, Academia Sinica, Plant Protection Group, Institute of Agriculture of Baxia, Changchiakou District, Hopei Province, Technical Station, Plant Protection Station of Xiheyang People's Commune, Agricultural Bureau of Yu County, Hopei Province, 1979. A preliminary study of the bionomics of the galerucid beetle, *Monolepta hieroglyphica* (Motschulsky). *Acta Entomologica Sinica*, 22(1): 115–117. [中国科学院动物研究所昆虫分类区系室叶甲组, 河北省张家口地区坝下农业科学研究所植保组, 河北省蔚县农业局植保站西合营公社技术站, 1979. 双斑萤叶甲研究简报. 昆虫学报, 22(1): 115–117.]
- Singh A, Weisser WW, Hanna R, Houmngny R, Zytynska SE, 2017. Reduce pests, enhance production: Benefits of intercropping at high densities for okra farmers in Cameroon. *Pest Management Science*, 73(10): 2017–2027.
- Shi SS, Wang XQ, Tian J, Gao Y, Cui J, Zhu SY, 2017. Occurrence regularity and economic threshold of *Monolepta hieroglyphica* adults in soybean fields. *Chinese Journal of Oil Crop Sciences*, 39(2): 239–244. [史树森, 王小奇, 田径, 高宇, 崔娟, 朱诗禹, 2017. 大豆田双斑萤叶甲成虫发生动态及其经济阈值. 中国油料作物学报, 39(2): 239–244.]
- Wang Y, Wang KQ, Wang XX, Liu XL, Wang C, 2023. Population dynamics of *Monolepta hieroglyphica* and control suggestion in soybean field of Harbin area. *Heilongjiang Agricultural Sciences*, 2023(1): 39–42. [王宇, 王克勤, 王晓曦, 刘兴龙, 王春, 2023. 哈尔滨地区大豆田双斑长跗萤叶甲田间种群动态研究与防治建议. 黑龙江农业科学, 2023(1): 39–42.]
- Wang ZH, Wang HF, Liu X, Wang YW, Zhang HQ, 2018. Population dynamics of *Monolepta hieroglyphica* (Motschulsky) in agro-ecosystem of adjacent crop fields. *Plant Protection*, 44(1): 161–165, 178. [王振华, 王宏富, 刘鑫, 王彦雯, 张蕙祺, 2018. 双斑长跗萤叶甲在相邻农田生态系统中种群消长规律. 植物保护, 44(1): 161–165, 178.]
- Xie HC, Zhao CM, Ji ZX, Wen XL, Qi HX, Chen JL, 2015. The microclimate change in wheat intercropping field and its effect on population quantity of English grain aphid. *Journal of Hebei Normal University of Science & Technology*, 29(3): 63–68. [解海翠, 赵春明, 吉志新, 温晓蕾, 齐慧霞, 陈巨莲, 2015. 小麦间作田微环境变化及其对麦长管蚜种群数量的影响. 河北科技师范学院学报, 29(3): 63–68.]
- Xie WF, Xu FQ, Guo JF, Tang ZL, Chen HS, Zhang JJ, Wang ZY, 2024. Effects of maize-soybean intercropping on the occurrence

- and damage of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* and the yield. *Journal of Plant Protection*, 51(4): 910–917. [谢炜峰, 徐富强, 郭井菲, 唐照磊, 陈红松, 张俊杰, 王振营, 2024. 玉米大豆间作模式对草地贪夜蛾发生为害及产量的影响. 植物保护学报, 51(4): 910–917.]
- Xu YX, Liu Y, 2016. Preliminary study on the law of occurrence and growth of *Monolepta hieroglyphica* in Heilongjiang Province. *Agriculture and Technology*, 36(1): 65–66. [徐玉霞, 刘颖, 2016. 黑龙江省双斑长跗萤叶甲发生消长规律初探. 农业与技术, 36(1): 65–66.]
- You YH, Lü QS, Wen L, Yang JF, Li DD, 2021. Experimental study on chemical control of *Monolepta hieroglyphica* in maize field in Xing'an League. *Modern Agriculture*, 2021(2): 42–44. [尤艳华, 吕秋实, 温丽, 杨继峰, 李冬冬, 2021. 兴安盟地区玉米田双斑长跗萤叶甲药剂防治试验研究. 现代农业, 2021(2): 42–44.]
- Zhang C, 2012. Study on the occurrence and biological characteristics of *Monolepta hieroglyphica* in corn field. Master dissertation. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences. [张聪, 2012. 玉米田双斑长跗萤叶甲发生规律及生物学特性研究. 硕士学位论文. 北京: 中国农业科学院.]
- Zhang C, Ge X, Zhao L, Wang ZY, He KL, Bai SX, 2013. The spatial distribution pattern of overwintering egg of *Monolepta hieroglyphica* (Motschulsky) in corn field. *Acta Ecologica Sinica*, 33(11): 3452–3459. [张聪, 葛星, 赵磊, 王振营, 何康来, 白树雄, 2013. 双斑长跗萤叶甲越冬卵在玉米田的空间分布型. 生态学报, 33(11): 3452–3459.]
- Zhang M, Cui J, Xu W, Qin HD, Liu DZ, Wang XQ, Shi SS, 2015. Influences of several major crop hosts on adult oviposition of *Monolepta hieroglyphica* (Motschulsky). *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 31(23): 81–84. [张萌, 崔娟, 徐伟, 秦昊东, 刘丹竹, 王小奇, 史树森, 2015. 几种农作物寄主对双斑长跗萤叶甲成虫生殖力的影响. 中国农学通报, 31(23): 81–84.]
- Zhao XM, Zheng X, Guo JF, Wang LD, Luo BJ, Wang LX, Li QC, Liu Y, Han YH, Wang ZY, 2021a. Influences of damaged silks by *Monolepta hieroglyphica* (Motschulsky) on corn yield. *Plant Protection*, 47(6): 109–114. [赵秀梅, 郑旭, 郭井菲, 王立达, 罗宝君, 王连霞, 李青超, 刘洋, 韩业辉, 王振营, 2021a. 双斑长跗萤叶甲为害玉米花丝对产量的影响. 植物保护, 47(6): 109–114.]
- Zhao XM, Zheng X, Guo JF, Liu Y, Luo BJ, Wang LX, Wang LD, Liu Y, Li QC, Wang ZY, 2021b. Occurrence of *Monolepta hieroglyphica* adults in cornfields in Qiqihar. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 58(4): 979–984. [赵秀梅, 郑旭, 郭井菲, 刘颖, 罗宝君, 王连霞, 王立达, 刘洋, 李青超, 王振营, 2021b. 齐齐哈尔市玉米田双斑长跗萤叶甲成虫发生规律. 应用昆虫学报, 58(4): 979–984.]
- Zhuang XY, 2013. Harm and control on maize of *Monolepta hieroglyphica* in Beihai. *Journal of Changjiang Vegetables*, 2013(9): 52. [庄小燕, 2013. 北海市萤叶甲在玉米上的为害及防治. 长江蔬菜, 2013(9): 52.]