

不同寄主对马铃薯瓢虫生长发育和繁殖的影响*

李文博^{1**} Nawaz Haider Bashir¹ 陈欢欢¹ 李新畅²
王自杰³ 都兰⁴ 田睿林^{4***}

(1. 曲靖师范学院生物资源与食品工程学院, 曲靖 655011; 2. 承德市农林科学院, 承德 067055;

3. 黑龙江省农业科学院佳木斯分院, 佳木斯 154007;

4. 内蒙古师范大学生命科学与技术学院, 呼和浩特 010022)

摘要 【目的】马铃薯瓢虫 *Henosepilachna vigintioctomaculata* (Motschulsky) 是农田生态系统中常见的食叶类害虫。马铃薯 *Solanum tuberosum* L.、大豆 *Glycine max* (Linn.) Merr.、茄子 *Solanum melongena* L.、辣椒 *Capsicum annuum* L. 和白菜 *Brassica rapa* var. *glabra* Regel 是该害虫的重要寄主植物。【方法】本研究以 5 种农作物为供试寄主, 研究马铃薯瓢虫对各寄主植物的适应性。【结果】马铃薯瓢虫取食马铃薯和茄子时的幼虫发育历期短、蛹较重、幼虫存活率高、成虫寿命长且产卵量高。马铃薯瓢虫在马铃薯、大豆、茄子和白菜 4 种寄主植物上均能实现种群繁殖, 相比大豆和白菜, 马铃薯和茄子更利于马铃薯瓢虫的生长发育。种群内禀增长率 ($r_m = 0.129 \text{ d}^{-1}$, 0.127 d^{-1})、净增殖率 ($R_0 = 52.066$ 粒, 51.384 粒)、周限增长率 ($\lambda = 1.138 \text{ d}^{-1}$, 1.136 d^{-1}) 和种群趋势指数 ($I = 120.99$, 115.17) 均在马铃薯和茄子饲喂条件下最高, 平均世代周期短于其他寄主植物。【结论】马铃薯瓢虫在 5 种寄主植物上均有很好的适应性, 其中饲喂马铃薯的种群生物学特性参数最好, 其次是茄子。

关键词 马铃薯瓢虫; 寄主植物; 发育历期; 生命表

Effect of different host plants on the growth, development, and reproduction of *Henosepilachna vigintioctomaculata* (Coleoptera: Coccinellidae)

LI Wen-Bo^{1**} Nawaz Haider Bashir¹ CHEN Huan-Huan¹ LI Xin-Chang²
WANG Zi-Jie³ DU Lan⁴ TIAN Rui-Lin^{4***}

(1. College of Biological Resource and Food Engineering, Qujing Normal University, Qujing 655011, China; 2. Chengde Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Chengde 067055, China; 3. Jiamusi Branch, Heilongjiang Academy of Agricultural Science, Jiamusi 154007, China; 4. College of Life Science and Technology, Inner Mongolia Normal University, Hohhot 010022, China)

Abstract 【Aim】 *Henosepilachna vigintioctomaculata* (Motschulsky) is a common leaf-eating pest in farmland ecosystems. *Solanum tuberosum* L., *Glycine max* (Linn.) Merr., *Solanum melongena* L., *Capsicum annuum* L. and *Brassica rapa* var. *glabra* Regel are important host plants for this pest. 【Methods】 Five crops were used as test hosts to investigate the effects of different host plants adaptability of *H. vigintioctomaculata*. 【Results】 *H. vigintioctomaculata* that were fed potato and eggplant had a shorter larval development period, heavier pupae, higher larval survival rate, and higher adult longevity and fecundity, compared to the other host plants. *H. vigintioctomaculata* was capable of reproducing on four of the host plants, including potato, soybean, eggplant, and cabbage. The growth and development of *H. vigintioctomaculata* was higher on potato and eggplant compared to soybean and cabbage. The intrinsic rate of increase ($r_m = 0.129 \text{ d}^{-1}$, 0.127 d^{-1}), net proliferation rate ($R_0 = 52.066$, 51.384), finite rate of increase ($\lambda = 1.138 \text{ d}^{-1}$, 1.136 d^{-1}), and population trend index ($I = 120.99$, 115.17) were

*资助项目 Supported projects: 云南省教育厅科学研究基金项目 (2023J1038); 黑龙江省重点研发计划 (G A22B014); 曲靖师范学院校级创新团队支持计划资助

**第一作者 First author, E-mail: 619162463@qq.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: tianrl@imnu.edu.cn

收稿日期 Received: 2023-09-08; 接受日期 Accepted: 2024-01-26

highest for *H. vigintioctomaculata* fed potato and eggplant, whereas the average generation duration was shorter compared to other host plants. [Conclusion] *H. vigintioctomaculata* displayed strong adaptability to the five test host plants. The population parameters and biological characteristics of *H. vigintioctomaculata* were greatest when potato and eggplant served as hosts.

Key words *Henosepilachna vigintioctomaculata*; host plants; developmental duration; life table

马铃薯瓢虫 *Henosepilachna vigintioctomaculata* (Motschulsky), 别名二十八星瓢虫, 曼陀罗瓢虫, 属鞘翅目 Coleoptera, 瓢虫科 Coccinellidae, 裂臀瓢虫属 *Henosepilachna* 害虫, 我国广布于黑龙江、吉林、辽宁、河北、山东、河南、江苏、安徽、浙江、湖南、江西、福建、广东、云南、贵州、四川、重庆、陕西、甘肃、宁夏、内蒙古、广西、新疆等多数省(自治区、直辖市), 国外分布于朝鲜、日本、俄罗斯、澳大利亚等国(梁云飞等, 2020; 王攀等, 2021; Matsishina *et al.*, 2023)。该害虫的形态特征、拉丁名与茄二十八星瓢虫 *Henosepilachna vigintioctopunctata* (Fabricius) 极为相似, 但又有别于后者。马铃薯瓢虫幼虫体节枝刺均为黑色, 成虫体型较大, 鞘翅表面凹陷较深, 前胸背板中央有一大的剑状斑(王波, 2012)。马铃薯瓢虫为植食性害虫, 主要取食茄科、豆科、十字花科和葫芦科等数十种经济作物, 成虫和幼虫主要以啃食作物嫩叶、茎和果实进行为害, 尤以叶片受害最重。当叶片被马铃薯瓢虫啃食后形成半透明的平行状的凹纹, 严重时仅留叶脉和表皮, 导致叶片萎蔫直至枯黄腐烂(庄会德, 2010)。成虫和幼虫均具假死性, 畏光且食卵(石祥等, 2023)。

国内外对马铃薯瓢虫的形态特征、生物学习性和防治方法等已有较深入研究, 但寄主植物对其生长发育及其预测预报方面的研究较少(丁新华等, 2022; 石祥等, 2023)。张志勇等(1993)经多年大田调查和室内饲养证明除了取食马铃薯, 幼虫和成虫取食茄类、曼陀罗、南瓜等植物均可正常产卵繁殖。寻找适宜的寄主植物是植食性害虫种群繁衍后代、维持种群平衡发展的重要保障(Fujiyama, 2022)。评估植食性昆虫能否适应寄主植物的重要指标包括幼虫期(若虫期)的发育历期、存活率以及成虫繁殖能力等(Fujiyama, 2022; 王凯等, 2023)。广食性昆

虫寄主广泛, 然而其环境适生性亦受寄主植物的营养成分、色素成分和挥发物质等影响, 因此植食性昆虫往往选择对其发育繁殖最优的寄主植物(Jaenike, 1978; Hao *et al.*, 2019; 王文倩等, 2020; 王凯等, 2023)。前人研究多集中于马铃薯瓢虫发生规律与适宜寄主植物种类范围的研究(庄会德, 2010), 然而涉及寄主植物如何影响马铃薯瓢虫的生长发育与繁殖情况尚无研究。曲靖是滇东北农业生产发达的地区, 陆良县作为曲靖的“滇东粮仓、鱼米之乡”, 地处低纬度高海拔的亚热带高原季风气候区, 春温不稳, 夏无酷暑, 冬季温和, 年平均日照时数 1 920 h, 年降水量 1 038 mm, 全年平均温度 22 °C, 是众多食叶类害虫生长发育理想的“温床”, 当地马铃薯、大豆、茄子、辣椒和白菜种植面积较广, 经济价值高(曲靖市人民政府, 2021)。为此, 笔者基于前人的研究基础, 以马铃薯瓢虫云南曲靖种群为供试虫源, 观测该害虫在不同寄主植物饲喂下卵的孵化率、各发育阶段的发育历期、存活率和成虫繁殖力, 并组建了马铃薯瓢虫实验种群生命表, 旨在为该害虫种群的动态预测和防治策略提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试虫源与寄主植物

2022 年 8 月初, 于云南省曲靖市陆良县大莫古镇(103°48'8.74" E, 24°54'1.59" N, 海拔 1 650 m)马铃薯田采集马铃薯瓢虫成虫, 带回曲靖师范学院生物资源与食品工程学院昆虫教研室建立实验种群。用马铃薯叶片作为供试寄主植物, 饲养 3 代后获得稳定实验种群。试验开始前, 将马铃薯瓢虫置于室内养虫罐内, 分别用马铃薯、大豆、茄子、辣椒和白菜 5 种寄主植物品种以盆栽方式分别饲喂, 寄主种子为本地种植品

种(马铃薯, 云薯 108: 富源县胜玉种业有限公司; 大豆, 辽豆 39 号: 曲靖市麒麟区佳福大豆经营部; 茄子, 杭茄 2010: 温州肇丰种苗有限公司; 辣椒, 长青龙 2 号螺丝椒: 砚山县同乐辣椒种子有限公司; 白菜, 兴滇 14 号春白菜: 云南曲辰种业有限公司)。

5 种寄主植物均用种子在实验室 25 °C 恒温条件下催芽, 随后移栽到塑料花盆(直径 20 cm, 高 15 cm)于室温条件下栽培, 温棚内自然化管理。选择健康无病虫害的植株, 置于尼龙箱内, 用于接虫和饲喂, 每种寄主设盆栽 80 盆。

1.2 不同寄主植物对马铃薯瓢虫生长发育和繁殖的影响

根据曲靖地区 2018-2022 年夏秋两季害虫发生期平均气温(源于中国气象数据网和中国天气网), 预设(25±1)°C 温度, 相对湿度 70%±5%, 光周期 16L: 8D。选取亲代初羽化健康性成熟期马铃薯瓢虫雌、雄成虫配对, 移至预先放有不同寄主嫩叶的圆形塑料培养皿(直径 20 cm, 高 5 cm)内, 顶端扎有孔眼便于通风。编号后置于人工气候箱, 观察记录成虫交尾、雌成虫产卵和孵化情况, 直至未有幼虫孵出, 统计孵化率。每个寄主植物处理设置 3 次重复, 每个重复处理至少 40 粒卵(李文博等, 2023)。

将不同寄主植物处理下的初孵幼虫分别置于放有不同寄主新鲜叶片的 100 mL 离心管中单头饲养。管内放入用蒸馏水浸湿的脱脂棉保湿。每隔 24 h 观察记录各龄幼虫发育时间及死亡情况。待老龄幼虫化蛹后 24 h 后, 将其装入离心管, 一管一蛹, 脱脂棉封住管口, 称重后重新放入气候箱。待成虫羽化后, 记录蛹历期和性比情况(王凯等, 2023)。按照观察记录结果, 每个寄主处理组取同一天羽化的雌、雄成虫按 1:1 置于新的培养皿配对, 皿中放置一团浸湿的棉团保湿, 每天更换新鲜寄主叶片, 供试虫取食和产卵。每天定时观察马铃薯瓢虫单头雌虫的产卵量与雌、雄成虫寿命, 直至待观测的成虫全部死亡, 幼虫龄期划分参照丁新华等(2022)。

孵化的卵粒数/雌虫产的总粒数为卵的孵化率; 从初孵(各龄)幼虫到化蛹的时间为幼虫

(各龄)发育历期, 从化蛹到成虫羽化的时间为蛹发育历期; 羽化后的雌成虫第一次产卵至最后一次产卵经历的时间为产卵期(王文倩等, 2020)。

1.3 实验种群特定时间生命表的建立与分析

参考 Cui (2018) 和李文博等(2023)方法计算马铃薯瓢虫种群生命表参数, 统计分析下列种群参数指标。

$$\text{净增值率 } R_0 = \sum l_x m_x,$$

$$\text{世代周期 } T = \sum l_x m_x x / R_0,$$

$$\text{内禀增长率 } r_m = \ln R_0 / T,$$

$$\text{周限增长率 } \lambda = \exp(r).$$

式中, x 表示以 d 为单位的时间间隔, l_x 表示任一个体在 x 期间的存活率(Age specific survival), m_x 表示在 x 期间平均每头雌虫产卵数(Age specific fertility)。

1.4 实验种群特定年龄生命表的建立与分析

起始卵量为 100 粒, 系统观察马铃薯瓢虫各虫态发育阶段存活以及成虫产卵情况, 参考胡英露等(2022)方法构建实验种群特定年龄生命表, 计算各虫态存活率、雌虫比、单头雌虫平均产卵量等, 统计分析种群趋势指数(I)。

存活率 = 进入下一代虫态(或龄期)虫数/当代虫态(或龄期)虫数;

雌成虫比例 = 雌成虫数量/成虫总数量;

单雌平均产卵量 = F_1 代卵粒总数/雌成虫总数;

预计下一代雌成虫产卵量 = 该试验条件下的存活数 × 雌性比 × 单雌产卵量(李文博等, 2023)。

种群趋势指数(I) = 下一代种群数量(N_1)/当代的种群数量(N_0), 当 $I > 1$ 时, 代表种群发展呈上升趋势; 当 $I < 1$ 时, 代表种群发展呈下降趋势; 当 $I = 1$ 时, 代表种群发展呈平衡状态。

1.5 数据统计与分析

采用单因素方差分析(One-way ANOVA), 结合 Tukey's 法检验不同寄主植物处理下马铃薯

瓢虫各虫态的发育历期、蛹重及繁殖力等差异显著性, 百分比数据分析前经反正弦平方根转换, 应用 DPS13.5 统计软件和 GraphPad Prism 8.0.2 软件分别分析数据与制图。

2 结果与分析

2.1 寄主植物对各发育阶段的发育历期及蛹重的影响

各寄主植物饲喂下各发育阶段的发育历期

差异显著 (幼虫期: $F_{3,8} = 44.919$, $P < 0.05$; 蛹期: $F_{3,8} = 5.469$, $P < 0.05$; 成虫寿命: $F_{3,8} = 7.340$, $P < 0.05$)。除了 1 龄幼虫, 其他各龄幼虫的发育历期也呈差异极显著 (2 龄: $F_{4,10} = 10.767$, $P < 0.05$; 3 龄: $F_{4,10} = 9.928$, $P < 0.05$; 4 龄: $F_{3,8} = 5.596$, $P < 0.05$) (表 1)。取食马铃薯的马铃薯瓢虫蛹最重 (46.53 mg), 其次是茄子 (45.62 mg), 取食白菜的蛹重最低 (37.75 mg), 除了马铃薯和茄子饲喂外, 其他处理之间存在显著差异 ($F_{3,8} = 62.426$, $P < 0.05$) (图 1)。

表 1 寄主植物对马铃薯瓢虫发育历期的影响

Table 1 Effects of host plants on developmental duration of *Henosepilachna vigintioctomaculata*

寄主植物 Host plants	发育历期 (d) Developmental duration (d)						
	1 龄 1st instar	2 龄 2nd instar	3 龄 3rd instar	4 龄 4th instar	幼虫期 Larva duration	蛹期 Pupa duration	成虫寿命 Adult longevity
马铃薯 Potato	3.63±0.06 a	3.38±0.09 b	3.32±0.16 b	6.00±0.55 b	16.32±0.16 bc	5.08±0.06 ab	24.11±0.20 a
大豆 Soybean	3.37±0.14 a	3.40±0.18 b	3.40±0.16 b	6.10±0.06 b	16.27±0.26 c	4.90±0.02a b	21.69±0.09 b
茄子 Eggplant	3.43±0.18 a	3.97±0.05 a	4.10±0.03 a	7.53±0.24 a	19.02±0.00 a	5.21±0.09 a	26.22±0.25 a
白菜 Cabbage	3.50±0.17 a	4.09±0.07 a	3.50±0.17 b	6.08±0.15 b	17.17±0.23 b	4.62±0.19 b	19.42±0.16 c
辣椒 Capsicum	3.65±0.00 a	3.63±0.07 ab	3.00±0.00 b	—	—	—	—

表中数据为平均值±标准误, 同列数据后标有不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$, Turkey's 多重比较检验)。表 2 同。
Data are mean ± SE, and followed by different letters in the same column indicate significantly different at 0.05 level by Tukey's test. The same for Table 2.

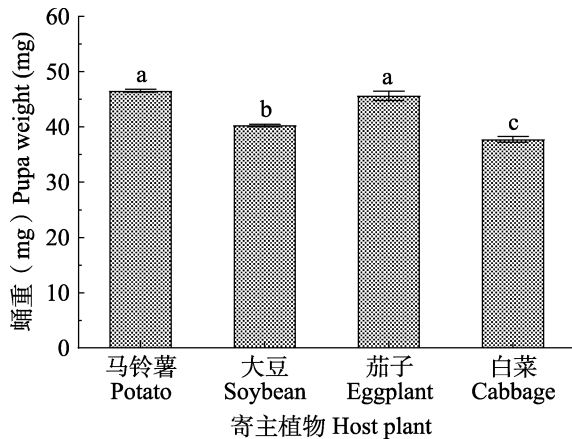


图 1 马铃薯瓢虫蛹重

Fig. 1 Pupal weight of *Henosepilachna vigintioctomaculata*

图中数据是平均值±标准误, 柱上标有不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$, Tukey's 多重比较检验)。图 2 同。

Data are mean ± SE, histograms with different letters indicate significant difference ($P < 0.05$, Tukey's multiple range test). The same for Fig. 2.

2.2 幼虫存活率、化蛹率和羽化率

取食马铃薯的马铃薯瓢虫幼虫存活率最高 (56.86%), 取食白菜的存活率最低 (38.65%), 除了马铃薯和茄子饲喂外, 其他寄主植物处理间存在显著差异 ($F_{3,8} = 78.972$, $P < 0.05$)。然而马铃薯瓢虫的化蛹率和羽化率之间并无显著性差异 ($F_{3,8} = 1.886$, $P = 0.4884$; $F_{3,8} = 1.455$, $P = 0.2977$) (表 2)。

2.3 产卵量、产卵期和卵孵化率

马铃薯瓢虫取食 4 种寄主植物后的产卵量存在显著差异 ($F_{3,8} = 154.569$, $P < 0.05$)。其中, 取食马铃薯的马铃薯瓢虫雌虫产卵量最高 (350.51 粒/♀), 其次是茄子 (337.99 粒/♀), 取食白菜的产卵量最低 (205.22 粒/♀)。不同寄主植物对马铃薯瓢虫雌虫产卵期的影响中依然是

表 2 幼虫存活率、化蛹率和羽化率
Table 2 Larval survival rate, pupation rate and emergence rate

寄主植物 Host plants	幼虫存活率 (%) Larval survival rate (%)	化蛹率 (%) Pupation rate (%)	羽化率 (%) Emergence rate (%)
马铃薯 Potato	56.86±1.65 a	78.82±5.59 a	90.00±0.00 a
大豆 Soybean	51.94±0.81 b	84.15±5.85 a	83.86±6.15 a
茄子 Eggplant	56.18±0.42 ab	90.00±0.00 a	80.27±5.08 a
白菜 cabbage	38.65±0.23 c	84.63±5.37 a	90.00±0.00 a

取食马铃薯下的产卵期最长 (26.34 d), 取食白菜产卵期最低 (19.03 d)。从卵的孵化率结果来看, 与上述结果趋势相一致, 且取食各寄主植物之间的孵化率无显著差异 ($F_{3,8} = 1.479$, $P =$

0.312 1) (图 2)。

2.4 实验种群参数

构建马铃薯瓢虫特定时间生命表并做参数分析。试验条件范围内, 马铃薯饲喂的马铃薯瓢虫的净增殖率最高, 为 52.066, 即种群经历 1 个世代增长的数量为上个代数数量的 52.066 倍与其他寄主植物相比, 马铃薯瓢虫取食马铃薯时内禀增长率 ($r_m = 0.129 \text{ d}^{-1} > 0$) 和周限增长率 ($\lambda = 1.138 \text{ d}^{-1}$) 最高, 种群数量持续增长, 其次是茄子 ($r_m = 0.127 \text{ d}^{-1} > 0$ 和 $\lambda = 1.136 \text{ d}^{-1}$)。由此可知, 马铃薯瓢虫种群在最适寄主马铃薯的饲喂条件下以 0.129 的指数增长速率在世代周期 43.089 d 内每天增长 1.138 倍 (表 3)。

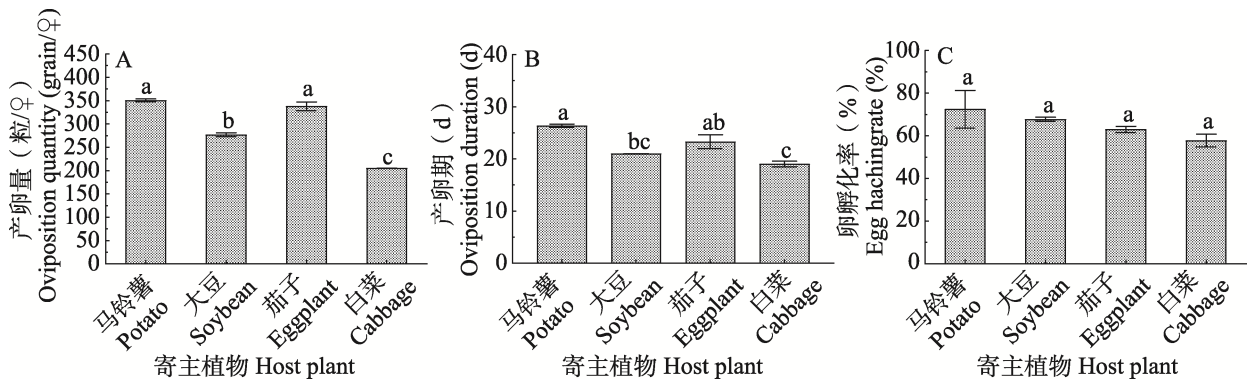


图 2 马铃薯瓢虫产卵量 (A)、产卵期 (B) 和孵化率 (C)

Fig. 2 Fecundity(A), oviposition duration(B), and egg hatching rate(C), of *Henosepilachna vigintioctomaculata*

表 3 不同寄主植物上马铃薯瓢虫特定时间生命表参数
Table 3 Time-specific life table of *Henosepilachna vigintioctomaculata* in different host plants

寄主植物 Host plants	净增殖率 (R_0) Net reproductive rate (R_0)	平均世代周期 (T) (d) Mean generation time (T) (d)	内禀增长率 (r_m) Intrinsic rate of increase (r_m)	周限增长率 (λ) Finite rate of increase (λ)
马铃薯 Potato	52.066	43.089	0.129	1.138
大豆 Soybean	49.550	45.277	0.122	1.129
茄子 Eggplant	51.384	43.661	0.127	1.136
白菜 Cabbage	46.734	48.005	0.114	1.120

2.5 种群趋势指数

特定年龄生命表初始卵数按 100 粒计算。取食辣椒的成虫能够交尾, 但雌虫不能产卵,

其他寄主植物饲喂下均能完成个体发育, 取食马铃薯的成虫羽化率最高 (69.46%), 单雌平均产卵量为 350.51 粒。取食马铃薯的马铃薯瓢虫种群趋势指数 I 最高, 为 120.99。取食茄子

的 I 值与前者较接近 (115.17), 取食白菜的 I 值最低 (41.80)。这也表明, 当环境温度适宜

时, 取食马铃薯和茄子对于种群数量爆发性的增长潜力甚大 (表 4)。

表 4 不同寄主植物上马铃薯瓢虫种群特定年龄生命表
Table 4 Age-specific life table of experimental population of *Henosepilachna vigintioctomaculata* in different host plants

发育阶段与生物学参数 Developmental stages and biological parameters	各发育期存活率 (%) Survival rate of development stages (%)			
	马铃薯 Potato	大豆 Soybean	茄子 Eggplant	白菜 Cabbage
卵 Egg	100.00	100.00	100.00	100.00
1 龄 1st instar	87.35	85.64	79.29	71.29
2 龄 2nd instar	81.04	81.56	70.07	45.83
3 龄 3rd instar	75.77	68.31	63.61	45.83
4 龄 4th instar	73.67	63.21	63.61	39.72
蛹 Pupa	69.46	61.17	63.61	38.70
成虫 Adult	69.46	59.13	60.85	38.70
雌性比 Female ratio	0.50	0.55	0.56	0.53
单雌产卵量 Number of eggs laid per female	350.51	276.73	337.99	205.22
预计下一代产卵量 Number of eggs expected in the following generation	12 099.33	8 971.75	11 516.84	4 179.74
种群趋势指数 (I) Population trend index (I)	120.99	89.72	115.17	41.80

3 结论与讨论

植食性昆虫与寄主植物长期协同进化过程中, 形成彼此互相适应的关系 (Anton and Cortesero, 2022)。寄主植物间的营养物质含量和比例差异, 不仅决定昆虫的生长发育和繁殖力, 也是影响昆虫选择寄主的主要因素 (Fernández *et al.*, 2013; 温冬梅等, 2016; 李东红等, 2024)。寄主植物通过调节昆虫各项生物学参数来决定其种群发展趋势 (Xie *et al.*, 2021; 李文博等, 2023)。在适宜条件下, 昆虫取食合适的寄主植物, 往往展现出幼虫 (若虫) 的发育历期较短、蛹较重、存活率较高、雌成虫繁殖能力强等规律 (王凯等, 2023)。本研究结果与许多关于昆虫种群对寄主植物适应性的研究结论一致 (Greenberg *et al.*, 2001; Xie *et al.*, 2021; 石祥等, 2023; 王凯等, 2023)。马铃薯瓢虫在马铃薯、大豆、茄子和白菜 4 种寄主植物上均可顺利完成世代发育。取食马铃薯和大豆的幼虫发

育历期较短, 与取食茄子和白菜相比, 分别相差 2.70、2.75 和 0.85 和 0.91 d; 从蛹重来看, 以马铃薯和茄子饲喂的蛹重较高, 与其他寄主分别相差 6.28、8.78 mg 和 5.37、7.86 mg。以辣椒饲喂只能发育到 3 龄幼虫, 推测其原因是辣椒叶内提取物对害虫具有一定驱避或毒力作用 (臧建成和江昌柱, 2017)。取食马铃薯和茄子的幼虫存活率较高, 分别为 56.86% 和 56.18%, 且二者间差异不显著, 化蛹率和羽化率之间也无显著性差异。此外, 取食马铃薯和茄子的成虫寿命长于其他处理组的成虫, 这与蛹重的结果趋势相吻合。本研究结果与庄会德 (2010) 所得出取食茄子不能完成生长发育的研究结果其略有不同, 究其原因可能是虫源在地理上分布不同和各地域间长期的环境条件差异, 形成“地理种群”, 或饲喂的茄子品种不同而引起的, 本试验供试虫源是云南省曲靖陆良的马铃薯瓢虫, 而庄会德采集于黑龙江鸡西密山试验基地马铃薯田, 纬度相差 $21^{\circ}01'0.66''$, 具体原因后续有待证实。

成虫交配与产卵是昆虫种群繁衍后代必经的生命阶段, 雌虫繁殖力的强弱是实现种群世代延续的关键因素(王文倩等, 2020; 李文博等, 2023)。绝大多数植食性昆虫的初孵幼虫(若虫)活动能力较弱, 很难选择生长发育的场所(Jaenike, 1978; 张书曼等, 2023; 李东红等, 2024)。因此, 雌虫会优先选择能够满足幼虫(若虫)生长营养所需的寄主植物(李东红等, 2024)。本研究结果显示, 取食马铃薯的单雌产卵量显著高于取食其他寄主植物, 可能是由于马铃薯叶片的次生代谢物质(酚类、萜类或生物碱)和营养成分(总糖、蛋白质、维生素、氨基酸以及矿物质含量)等促进了马铃薯瓢虫成虫交配或卵的发育。同时, 观测产卵期和卵的孵化率结果与上述结果趋势相一致, 且取食各寄主植物之间的卵孵化率无显著差异, 推测此现象可能是马铃薯瓢虫为了适应寄主选择的取食策略(王文倩等, 2020)。

生命表是解析昆虫种群动态一种十分有效的方法(Tian *et al.*, 2022; 李文博等, 2023)。特定年龄(时间)生命表常用于阐述环境因子与害虫种群空间、数量的关系, 其中种群趋势指数(I)、内禀增长率(r_m)、净增殖率(R_0)、周限增长率(λ)等是评价种群发生动态重要的生命表参数(Ullah *et al.*, 2020)。其中, 内禀增长率参数值越大, 则害虫种群发展越快(王文倩等, 2020; 胡英露等, 2022)。净增殖率是昆虫种群在试验条件下经过一个世代后的增殖倍数(胡英露等, 2022)。本研究结果表明内禀增长率(r_m)和净增殖率(R_0)和种群趋势指数(I)均饲喂马铃薯的条件下最高, 平均世代周期短于其他寄主植物, 其次是取食茄子计算得出的生命表参数与上述结果相近。该研究结果意味着取食马铃薯和茄子较利于种群繁衍及下一代种群增长, 表明两种农作物更适合马铃薯瓢虫的生长繁殖。

针对某种害虫的最佳防治期应为害虫生长和发育的敏感阶段, 解析害虫的寄主适应性有利于掌握其发生动态, 以便在适时采取防范措施(胡英露等, 2022)。本研究仅是在室内恒温条件下进行, 初步摸清了马铃薯瓢虫的生态适应潜

能, 获得稳定的生命表资料。然而在自然条件下的大田马铃薯瓢虫种群发生动态参数会受到自然天敌、环境因子、农药、温湿度等诸多生态因子的干扰, 与室内研究结果有所差异, 今后有必要结合这些因素进一步研究。

参考文献 (References)

- Anton S, Cortesero AM, 2022. Plasticity in chemical host plant recognition in herbivorous insects and its implication for pest control. *Biology*, 11(12): 1842–1849.
- Cui J, Zhu SY, Bi R, Xu W, Gao Y, Shi SS, 2018. Effect of temperature on the development, survival, and fecundity of *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Economic Entomology*, 111(4): 1940–1946.
- Ding XH, AeziguliRouzi, Ji L, Liu S, Fu KY, Tursun A, Guo WC, 2022. The occurrence and harm of *Henosepilachna vigintioctomaculata*. *Xinjiang Agricultural Science*, 59(4): 983–989. [丁新华, 阿尔孜姑丽·肉孜, 纪利, 刘帅, 付开赞, 吐尔逊·阿合买提, 郭文超, 2022. 马铃薯瓢虫的发生与危害. 新疆农业科学, 59(4): 983–989.]
- Fernández EC, Rajchl A, Lachman J, Čížková H, Kvasnička F, Kotíková Z, Milella L, Voldřich M, 2013. Impact of yacon landraces cultivated in the Czech Republic and their ploidy on the short- and long-chain fructooligosaccharides content in tuberous roots. *LWT-Food Science and Technology*, 54(1): 80–86.
- Fujiyama N, 2022. Host-use ability of a population of the herbivorous ladybird beetle *Henosepilachna vigintioctomaculata* depending on *Solanum egacarpum* in northern Honshu, Japan. *Entomological Science*, 25(3): e12511.
- Greenberg SM, Sappington TW, Legaspi BC, Liu TX, Sétamou M, 2001. Feeding and life history of *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) on different host plants. *Annals of the Entomological Society of America*, 94(4): 566–575.
- Hao YN, Sun YX, Liu CZ, 2019. Functional morphology of the mouthparts of lady beetle *Coccinella transversoguttata* (Coccinellidae, Coleoptera), with reference to their feeding mechanism. *Journal of Morphology*, 280(5): 701–711.
- Hu YL, Tian XY, Chen L, Ding N, Li XF, Gao Y, Shi SS, 2022. Analysis of fertility and population trend of experimental population of *Riptortus pedestris* fed on soybean pods. *Chinese Journal of Oil Crop Sciences*, 44(2): 460–466. [胡英露, 田鑫月, 陈蕾, 丁宁, 李晓凤, 高宇, 史树森, 2022. 大豆荚饲养点蜂缘蝽实验种群生殖力及其种群趋势分析. 中国油料作物学报, 44(2): 460–466.]
- Jaenike J, 1978. On optimal oviposition behavior in phytophagous insects. *Theoretical Population Biology*, 14(3): 350–356.
- Li WB, Chen HH, Xia Y, Wu X, Tian XY, Li XC, Shi SS, 2021. Effects of temperature on development and fecundity of

- Atractomorpha sinensis* (Orthoptera: Pyrgomorphidae). *Soybean Science*, 42(5): 613–620. [李文博, 陈欢欢, 夏焱, 吴雪, 田鑫月, 李新畅, 史树森, 2023. 温度对短额负蝗生长发育与繁殖力的影响. *大豆科学*, 42(5): 613–620.]
- Li DH, Liu NY, Gou WS, Ma WX, Hu GX, 2024. Effects of host plant species on development and reproduction of *Diorhabda rybakowi* (Coleoptera:Chrysomelidae). *Chinese Journal of Biological Control*, 40(1): 91–98. [李东红, 刘宁云, 勾文山, 马维新, 胡桂馨, 2024. 不同寄主对白茨粗角萤叶甲生长发育和繁殖的影响. *中国生物防治学报*, 40(1): 91–98.]
- Liang YF, Wang SY, Xu DK, WangYL, Zhang HL, Zhang CX, Yang SL, Li DG, Ye BH, 2020. Investigation and control of main underground pests in corn fields in Shandong Province. *Shandong Agricultural Sciences*, 52(3): 112–116. [梁云飞, 王淑颖, 徐德坤, 王远亮, 张化良, 张春学, 杨士玲, 李冬刚, 叶保华, 2020. 山东省玉米田主要地下害虫调查与防治. *山东农业科学*, 52(3): 112–116.]
- Matsishina NV, Ermak MV, Fisenko PV, Sobko OA, 2023. *Henosepilachna vigintioctomaculata* Motschulsky (Coleoptera: Coccinellidae): morphotypes in an east asian population. *Journal of Insect Biodiversity*, 38 (1): 15–23.
- Qujing Municipal People's Government, 2021. Suggestions of the qujing municipal committee of the communist party of China on formulating the 14th five-year plan for the national economic and social development of qujing city and the vision goals for the year 2035. [曲靖市人民政府, 2021. 中共曲靖市委关于制定曲靖市国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议, 2021. http://www.qjdwgk.gov.cn/content/2021-01/11/content_641013.html.]
- Shi X, Li XY, Zhang QB, Hao YN, 2023. Effects of different host plants on feeding behavior of *Henosepilachna vigintioctopunctata* adults. *Shaanxi Journal of Agricultural Sciences*, 69(1): 29–33. [石祥, 李修远, 张全兵, 郝亚楠, 2023. 不同寄主植物对马铃薯瓢虫成虫取食行为的影响. *陕西农业科学*, 69(1): 29–33.]
- Tian XY, Gao Y, Ali MY, Li XH, Hu YL, Li WB, Wang ZJ, Shi SS, Zhang JP, 2022. Impact of temperature on age stage, two sex life table analysis of a chinese population of bean bug, *Riptortus pedestris* (Hemiptera: Alydidae). *Agriculture*, 12(9): 1505.
- Ullah MS, Kamimura T, Gotoh T, 2020. Effects of temperature on demographic parameters of *Bryobia praetiosa* (Acari: Tetranychidae). *Journal of Economic Entomology*, 13(1): 211–221.
- Wang B, 2012. Research progress on biological characteristics and biological control of 28 star ladybird beetles. *Shaanxi Journal of Agricultural Sciences*, 58(6): 135–136. [王波, 2012. 二十八星瓢虫的生物学特性及生物防治研究进展. *陕西农业科学*, 58(6): 135–136.]
- Wang K, Cheng YM, Sun QM, Yang YZ, Su HH, 2023. Effect of different host plants on the growth and development of *Spodoptera exigua* (Hübner) and its host selection. *Chinese Journal of Biological Control*, 39(2): 346–354. [王凯, 程禹铭, 孙清明, 杨益众, 苏宏华, 2023. 甜菜夜蛾在不同寄主植物上的适合度及寄主选择. *中国生物防治学报*, 39(2): 346–354.]
- Wang P, Yang F, Zhou LL, Luo HH, Wang Y, Si SY, 2021. A major outbreak of potato ladybug in Wuhan in spring 2021. *China Vegetables*, 2021(11): 101, 134, 102–103. [王攀, 杨帆, 周利琳, 骆海波, 望勇, 司升云, 2021. 2021年春季武汉市马铃薯瓢虫大发生. *中国蔬菜*, 2021(11): 101, 134, 102–103.]
- Wang WQ, Zheng YQ, Chen B, Phangthavong SS, Xiao GL, 2020. Effects of different host plants on the growth, development and fecundity of potato tuber moth *Phthorimaea operculella* based on the age-stage two-sex life table. *Journal of Plant Protection*, 47(3): 488–496. [王文倩, 郑亚强, 陈斌, Phangthavong Souksamone, 肖美丽, 2020. 基于年龄-阶段两性生命表的不同寄主对马铃薯块茎蛾生长发育和繁殖力的影响. *植物保护学报*, 47(3): 488–496.]
- Wen DM, Liu YH, Ren LL, Lu PF, Luo YQ, 2016. The effect of host plant species on the development of *Trabala vishnou gigantina* Yang (Lepidoptera: Lasiocampidae). *Chinese Journal of Applied Entomology*, 53(1): 157–163. [温冬梅, 刘永华, 任利利, 陆鹏飞, 骆有庆, 2016. 栎黄枯叶蛾生长发育与几种寄主内含物的关系. *应用昆虫学报*, 53(1): 157–163.]
- Xie W, Zhi JR, Ye JQ, Zhou YM, Li C, Liang YJ, Yue WB, Li DY, Zeng G, Hu CX, 2021. Age-stage, two-sex life table analysis of *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) reared on maize and kidney bean. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 8: 1–8.
- Zang JC, Jiang CZ, 2017. Effect of plant crude extract on the biological activity of *Brevicoryne Brassicae*. *Journal of Plateau Agriculture*, 1(1): 59–64, 37. [臧建成, 江昌柱, 2017. 植物粗提物对甘蓝蚜生物活性的影响. *高原农业*, 1(1): 59–64, 37.]
- Zhang SM, Fang J, Zhao JQ, Wang K, Ren YJ, Meng ZJ, Yan SC, 2023. Effects of 8 host young trees on growth, development and nutritional efficiency of *Hyphantria cunea* Larvae. *Forest Research*, 36(1): 124–131. [张书曼, 方静, 赵佳齐, 王楷, 任英杰, 孟昭军, 严善春, 2023. 8种寄主幼树对美国白蛾幼虫生长发育及营养效应的影响. *林业科学研究*, 36(1): 124–131.]
- Zhang ZY, Lei TS, Li DX, Ma XL, 1993. Preliminary study on the parasitic plants of potato ladybug. *Chinese Potato*, 7(2): 96–99. [张志勇, 雷铁栓, 李定旭, 马新丽, 1993. 马铃薯瓢虫寄生植物的初步研究. *中国马铃薯*, 7(2): 96–99.]
- Zhu L, Chen YM, Zang LS, 2023. Adaptability of *Trialeurodes vaporariorum* to three important host plants based on the age-stage two-sex life table. *Journal of Environmental Entomology*, 45(2): 442–450. [朱琳, 陈永明, 臧连生, 2023. 基于年龄-阶段两性生命表的温室白粉虱对三种重要寄主植物的适应性. *环境昆虫学报*, 45(2): 442–450.]
- Zhuang HD, 2010. Study on biological characteristics and chemical control of *Henosepilachna vigintioctomaculata* (Mots.) Master dissertation. Daqing: Heilongjiang Bayi Agricultural University. [庄会德, 2010. 马铃薯瓢虫生物学特性及化学防治研究. 硕士学位论文. 大庆: 黑龙江八一农垦大学.]