

DOI:10.13718/j.cnki.zwyx.2025.01.006

异色瓢虫对草地贪夜蛾和甜菜夜蛾的捕食作用及偏好性

唐艺婷¹, 张学峰¹, 赵云霞¹, 张凯¹,
曹凯歌¹, 王孟卿², 陈澄宇¹

1. 江苏徐淮地区淮阴农业科学研究所/国家农业科学淮安观测实验站, 江苏 淮安 223001;

2. 中国农业科学院 植物保护研究所, 北京 100193

摘要: 为探讨异色瓢虫对草地贪夜蛾和甜菜夜蛾混发的捕食作用及其偏好性, 通过试验评估了异色瓢虫成虫对草地贪夜蛾和甜菜夜蛾2龄、3龄幼虫的捕食功能反应与捕食偏好性。结果表明: 异色瓢虫对草地贪夜蛾和甜菜夜蛾的捕食功能反应均符合HollingII型功能反应模型; 异色瓢虫成虫对草地贪夜蛾和甜菜夜蛾2龄幼虫的最大日捕食量分别为129.87头和153.84头, 对3龄幼虫的最大日捕食量分别为20.92头和24.94头。异色瓢虫成虫对草地贪夜蛾和甜菜夜蛾2龄和3龄幼虫均表现出较强的捕食作用, 异色瓢虫对甜菜夜蛾的捕食偏好性明显强于草地贪夜蛾, 表明异色瓢虫在甜菜夜蛾的生物防治中具有更大的潜力。

关键词: 异色瓢虫; 草地贪夜蛾; 甜菜夜蛾;

捕食功能反应; 捕食偏好性

中图分类号: S433.4

文献标志码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



文章编号: 2097-1354(2025)01-0045-06

Predatory Functional Response and Predation Preference of Ladybeetle *Harmonia axyridis* to *Spodoptera frugiperda* and *Spodoptera exigua*

TANG Yiting¹, ZHANG Xuefeng¹, ZHAO Yunxia¹, ZHANG Kai¹,
CAO Kaige¹, WANG Mengqing², CHEN Chengyu¹

收稿日期: 2024-02-19

基金项目: 农业基础性长期性科技工作国家天敌等昆虫资源数据中心观测任务书(NAES-EE-037); 江苏徐淮地区淮阴农业科学研究所发展基金(HNY202128, HNY202220); 江苏徐淮地区淮阴农业科学研究所高层次引进人才发展基金(0152020009B)。

作者简介: 唐艺婷, 硕士, 助理研究员, 主要从事天敌昆虫研究工作。

通信作者: 陈澄宇, 博士, 助理研究员。

1. Huaiyin Institute of Agricultural Sciences of Xuhuai Region in Jiangsu / China National Agricultural Science Observation and Experiment Station, Huaian Jiangsu 223001, China;
2. Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China

Abstract: To explore the predation effect of *Harmonia axyridis* on the coexistence of *Spodoptera frugiperda* and *Spodoptera exigua*, in this study, evaluation of the predation function response and predation preference of adults of *H. axyridis* to the 2_{nd} and 3_{rd} instar larvae of *S. frugiperda* and *S. exigua* were carried out. The results showed that the predation function response of *H. axyridis* to both *S. frugiperda* and *S. exigua* were belong to Holling II models. The maximum daily predation of *H. axyridis* on the 2_{nd} instar larvae of *S. frugiperda* and *S. exigua* were 129.87 and 153.84, respectively, and the maximum daily predation of *H. axyridis* on the 3_{rd} instar larvae were 20.92 and 24.94, respectively. The *H. axyridis* has a good predation effect on the 2_{nd} and 3_{rd} instar larvae of *S. frugiperda* and *S. exigua*. Compared to *S. frugiperda*, *H. axyridis* prefers to prey on *S. exigua*. The results showed that *H. axyridis* had better biological control potential against *S. exigua*.

Key words: *Harmonia axyridis*; *Spodoptera frugiperda*; *Spodoptera exigua*; predatory functional response; predation preference

草地贪夜蛾(*Spodoptera frugiperda*)又称秋粘虫(Fall Armyworm),为鳞翅目(Lepidoptera)、夜蛾科(Noctuidae)昆虫,原产于美洲热带和亚热带地区,是联合国粮农组织全球预警的重大农业害虫^[1-5]。草地贪夜蛾危害作物广泛,成灾后造成严重损失,且具有迁飞扩散迅速、适生范围广、繁殖能力强的特点^[6-8]。自2018年12月入侵我国后,草地贪夜蛾迅速蔓延,严重危害玉米、高粱、甘蔗等作物,对我国粮食生产及农业发展构成巨大威胁^[9]。甜菜夜蛾(*Spodoptera exigua*)为鳞翅目(Lepidoptera)、夜蛾科(Noctuidae)昆虫,主要分布于57°N至40°S的国家和地区^[10],危害蔬菜、豆类、葡萄、苹果等作物,是一种多食性害虫。甜菜夜蛾具有来势猛、蔓延速度快、虫口密度高、世代重叠等特点,在温暖地区一年可发生6~7代^[11]。江苏徐淮地区淮阴农业科学研究所农业害虫高效绿色防控创新团队2022—2023年在江苏淮安地区的田间进行调查,发现甜菜夜蛾大规模暴发,严重危害大豆和玉米。

草地贪夜蛾和甜菜夜蛾的主要防治方式为化学防治,但化学用药的频繁使用导致害虫产生抗药性。相比之下,生物防治因其环保、持久性强且对人畜安全等优点,得到广泛认可,其中天敌昆虫是生物防治的重要手段之一。异色瓢虫(*Harmonia axyridis*)为鞘翅目(Coleoptera)、瓢甲科(Coccinellidae)昆虫,是我国农业中的重要天敌。异色瓢虫分布广泛,遍布全国各地,具有强大的捕食能力,能够捕食蚜虫、飞虱、蓟马及鳞翅目昆虫的卵和低龄幼虫^[12-14]。研究表明,异色瓢虫对草地贪夜蛾的卵及1龄、2龄幼虫具有很强的捕食能力^[15]。周丽君等^[16]研究了异色瓢虫对草地贪夜蛾和禾谷缢管蚜(*Rhopalosiphum padi*)的捕食偏好性,发现异色瓢虫偏好捕食禾谷缢管蚜,而非草地贪夜蛾。

目前,异色瓢虫对甜菜夜蛾的捕食作用及其对甜菜夜蛾与草地贪夜蛾的捕食偏好性尚未有相关研究报道。在国家推动的大豆-玉米复合种植模式下,甜菜夜蛾与草地贪夜蛾的混发现象更加显著。因此,本研究旨在探讨异色瓢虫对这两种害虫的捕食能力及其捕食偏好性,以为草地贪夜蛾与甜菜夜蛾的绿色防控技术提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

异色瓢虫于2021年10月采集于江苏淮安(119°02'8"E, 33°31'44"N),在江苏徐淮地区淮阴

农业科学研究所实验室内用大豆蚜(*Aphis glycines*)进行饲养。草地贪夜蛾和甜菜夜蛾于 2022 年 8 月采集于江苏淮安(119°02′8″E, 33°31′44″N), 利用人工饲料经过室内多代饲养。

1.2 试验方法

捕食功能反应试验: 选择羽化后 5 d 内的异色瓢虫成虫进行试验。将一头异色瓢虫置于培养皿(直径为 9 cm, 高为 1.5 cm)内, 饥饿处理 24 h, 并在皿中放入一个浸湿的棉花球以供其补充水分。24 h 后取出棉花球, 并向每个培养皿中加入不同数量的猎物。猎物为甜菜夜蛾 2 龄和 3 龄幼虫, 以及草地贪夜蛾 2 龄和 3 龄幼虫。草地贪夜蛾和甜菜夜蛾 2 龄幼虫的密度为 40、60、80、120、160 头/皿; 3 龄幼虫的密度为 6、8、12、16、24 头/皿。每个猎物密度处理设置 3 次重复, 24 h 后统计各组中存活的猎物数量, 并计算异色瓢虫在不同猎物密度下的捕食量。

偏好性试验: 使用毛笔挑取草地贪夜蛾和甜菜夜蛾 3 龄幼虫, 分别放入直径 9 cm、高 1.5 cm 的培养皿中, 设置草地贪夜蛾与甜菜夜蛾的密度比为 12 : 12、8 : 16 和 16 : 8。然后, 向每个培养皿中放入 1 只经过饥饿处理 24 h 的异色瓢虫成虫, 24 h 后统计草地贪夜蛾与甜菜夜蛾的存活数量, 每个处理重复 3 次。

1.3 数据处理与统计学分析

研究数据统计采用 Excel 2010, 捕食作用试验中的差异显著性分析使用 GraphPad Prism 7 的 *t* 检验。捕食功能反应分析采用 Holling II 模型, 公式为 $Na = aNTr / (1 + aThN)^{[17]}$, 其中 *Na* 为捕食的猎物数量, *a* 为捕食者对猎物的瞬时攻击率, *N* 为猎物的密度, *Tr* 为试验总时间(1 d), *Th* 为处理时间(即捕食者捕食 1 头猎物所需的时间)。使用 GraphPad Prism 7.0 软件对该模型进行方程拟合并绘制图形。

偏好性试验中, 瓢虫对猎物的选择性指数(Cain 指数, *D*)按以下公式计算: $D = N_{p1}N_2 / N_{p2}N_1^{[18]}$, 其中 *N*₁ 和 *N*₂ 分别为甜菜夜蛾和草地贪夜蛾的初始密度, *N*_{p1} 和 *N*_{p2} 分别为甜菜夜蛾和草地贪夜蛾的被捕食数量。当选择性指数 *D* < 1 时, 表示天敌对两种猎物的选择没有偏好; 当选择性指数 *D* > 1 时, 表示天敌对猎物的选择存在偏好性。

2 结果与分析

2.1 异色瓢虫对不同密度草地贪夜蛾和甜菜夜蛾的捕食量

试验结果表明, 随着猎物密度增加, 异色瓢虫对草地贪夜蛾和甜菜夜蛾的捕食量逐渐增加, 达到一定量之后捕食量趋于稳定, 不再上升。异色瓢虫对草地贪夜蛾和甜菜夜蛾 2 龄幼虫的捕食量在不同密度下明显不同, 在猎物密度为 40 头/皿时, 捕食量比较差异具有统计学意义(表 1)。异色瓢虫对草地贪夜蛾和甜菜夜蛾 3 龄幼虫在不同密度下捕食量比较, 猎物密度为 6 头/皿时差异具有统计学意义(表 2)。

表 1 异色瓢虫对不同密度草地贪夜蛾和甜菜夜蛾 2 龄幼虫的捕食量

猎物	密度/(头·皿 ⁻¹)				
	40	60	80	120	160
草地贪夜蛾	38.00±1.00	58.33±2.08	78.00±3.46	83.00±3.61	84.00±2.65
甜菜夜蛾	40.00±0.00	59.67±0.58	71.00±4.58	89.33±8.15	91.67±9.07
<i>t</i>	3.464	1.069	2.111	1.232	1.405
<i>p</i>	0.013	0.345	0.102	0.286	0.233

表2 异色瓢虫对不同密度草地贪夜蛾和甜菜夜蛾3龄幼虫的捕食量

猎物	密度/(头·皿 ⁻¹)				
	6	8	12	16	24
草地贪夜蛾	4.67±0.58	7.00±1.00	10.67±1.53	11.33±0.58	12.00±1.00
甜菜夜蛾	6.00±0.00	7.33±1.16	10.33±0.58	11.67±4.04	14.00±1.73
<i>t</i>	4.000	0.378	0.354	0.141	1.732
<i>p</i>	0.016	0.725	0.742	0.894	0.158

2.2 异色瓢虫对草地贪夜蛾和甜菜夜蛾的捕食功能反应

异色瓢虫对草地贪夜蛾和甜菜夜蛾的捕食功能反应均符合 Holling II 模型(图1)。其中,异色瓢虫对甜菜夜蛾2龄幼虫的捕食能力最强,瞬时攻击率为1.561,捕食1头甜菜夜蛾2龄幼虫所需的处理时间为0.0065 d,日最大捕食量为153.84头,控害效能为240.15。异色瓢虫对草地贪夜蛾3龄幼虫的捕食能力更弱,瞬时攻击率为1.379,日最大捕食量为20.92头,低于其对甜菜夜蛾3龄幼虫的日最大捕食量(表3)。

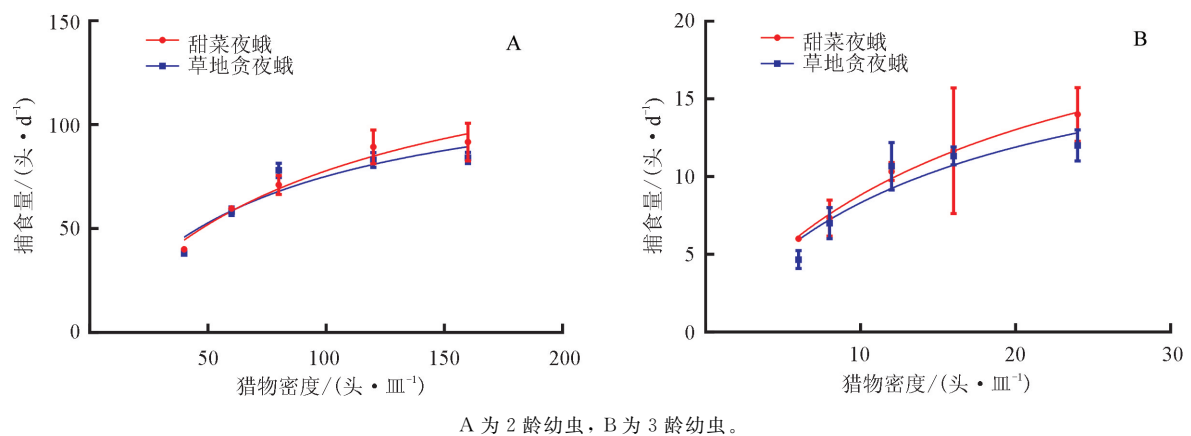


图1 异色瓢虫对草地贪夜蛾和甜菜夜蛾2龄和3龄幼虫捕食功能反应

表3 异色瓢虫对草地贪夜蛾和甜菜夜蛾捕食功能反应

猎物	龄期	捕食功能方程	相关系数	瞬时攻击率	处理时间/d	日最大捕食量/头	控害效能
草地贪夜蛾	2	$Na = 1.768N / (1 + 0.014N)$	0.861 0	1.768	0.007 7	129.87	229.61
	3	$Na = 1.379N / (1 + 0.0659N)$	0.814 2	1.379	0.047 8	20.92	28.85
甜菜夜蛾	2	$Na = 1.561N / (1 + 0.0101N)$	0.910 9	1.561	0.006 5	153.84	240.15
	3	$Na = 1.363N / (1 + 0.0547N)$	0.743 9	1.363	0.040 1	24.94	33.99

2.3 异色瓢虫对草地贪夜蛾和甜菜夜蛾的取食偏好性

由调查结果可知,当猎物甜菜夜蛾和草地贪夜蛾以不同数量比例共存时,异色瓢虫对猎物的选择性指数值均大于1,表明无论什么样的猎物比例下,异色瓢虫成虫对甜菜夜蛾3龄幼虫均表现出更强的捕食偏好性(表4)。

表 4 异色瓢虫对草地贪夜蛾和甜菜夜蛾 3 龄幼虫选择偏好性

猎物数量/头		猎物被捕食量/头		猎物选择性指数
甜菜夜蛾	草地贪夜蛾	甜菜夜蛾	草地贪夜蛾	
16	8	16	4.6	1.7
12	12	12	5.3	2.3
8	16	8	8.6	1.9

3 讨论与结论

随着绿色农业的发展,生物防治在农业生产中日益重要^[19]。利用天敌昆虫防治害虫有助于减少化学农药的使用,是生物防治的重要手段之一。异色瓢虫是我国重要的捕食性天敌,本研究探讨了异色瓢虫成虫对草地贪夜蛾和甜菜夜蛾 2 龄、3 龄幼虫的捕食能力,并进行了取食偏好性比较。试验结果表明,当草地贪夜蛾和甜菜夜蛾同时发生时,异色瓢虫倾向于捕食甜菜夜蛾。

本研究结果表明,在不同猎物密度下,异色瓢虫的捕食量表现出明显差异,且其对甜菜夜蛾的捕食量普遍高于对草地贪夜蛾的捕食量,这可能是由于甜菜夜蛾的活动能力较弱,使异色瓢虫更易捕捉。异色瓢虫成虫不仅能捕食甜菜夜蛾和草地贪夜蛾的 2 龄幼虫,还能捕食其 3 龄幼虫,但对 3 龄幼虫的捕食量明显低于 2 龄幼虫,可能是因为 3 龄幼虫体积较大,捕食者需耗费更多时间进行捕食。先前的研究报道主要聚焦于异色瓢虫对草地贪夜蛾等鳞翅目害虫卵及 1 龄至 2 龄幼虫捕食能力的探讨^[15, 18],尚未涉及更广泛的发育阶段或捕食行为的其他方面。异色瓢虫对禾谷缢管蚜、豌豆蚜、牛角花齿蓟马等多种猎物的捕食功能反应均符合 Holling II 模型^[16, 20]。本研究发现,异色瓢虫成虫对草地贪夜蛾和甜菜夜蛾 2 龄及 3 龄幼虫的捕食功能反应同样符合 Holling II 模型。前人研究发现,异色瓢虫成虫对草地贪夜蛾 2 龄幼虫的日最大捕食量为 68.26 头^[15],而本研究中的日最大捕食量为 129.87 头,这可能是因为前者使用的是草地贪夜蛾 2 龄末幼虫,而本研究使用的是 2 龄初幼虫。偏好性试验结果表明,异色瓢虫成虫相较于草地贪夜蛾 3 龄幼虫,更倾向于捕食甜菜夜蛾 3 龄幼虫;在捕食能力试验中,异色瓢虫对甜菜夜蛾的捕食量明显高于草地贪夜蛾,这进一步支持了异色瓢虫偏好捕食甜菜夜蛾的结论。崔晓宁等^[20]的研究表明,在苜蓿上同时存在豌豆蚜(*Acyrtosiphon pisum*)和牛角花齿蓟马(*Odontothrips loti*)时,异色瓢虫倾向于捕食豌豆蚜。蔡志平等^[21]对异色瓢虫在苹果-蛇床草微景观中对 2 种蚜虫的捕食功能反应及选择偏好性进行了比较,发现异色瓢虫在一定猎物密度下倾向于捕食绣线菊蚜。周丽君等^[16]报道了异色瓢虫对禾谷缢管蚜的捕食选择性强于草地贪夜蛾。此外,研究表明,当柑橘木虱(*Diaphorina citri*)5 龄若虫与豆蚜(*Aphis craccivora*)4 龄若虫以不同密度共存时,龟纹瓢虫(*Propylea japonica*)成虫对 2 种猎物没有明显的捕食偏好性^[22]。结合现有研究及本试验观察,异色瓢虫偏好捕食甜菜夜蛾可能与其较差的活动能力和易捕捉性有关,而草地贪夜蛾则因其较强的活动能力而较难捕捉。

本试验在实验室条件下的研究结果表明,异色瓢虫对甜菜夜蛾表现出更好的生物防治潜力。然而,捕食性天敌对多种猎物的捕食偏好性是一个复杂的过程,尤其在农田生态系统中,天气、寄主植物、种间竞争等多种因素均会影响其捕食效能^[23-25]。因此,在农田生态环境中,异色瓢虫的捕食作用及捕食偏好仍需进一步深入研究。

参考文献:

[1] 姜玉英,刘杰,朱晓明. 草地贪夜蛾侵入我国的发生动态和未来趋势分析[J]. 中国植保导刊, 2019, 39(2): 33-35.

- [2] 陈澄宇, 赵云霞, 唐艺婷, 等. 7 种杀虫剂对不同地区草地贪夜蛾田间种群的毒力测定[J]. 现代农药, 2022, 21(3): 64-68.
- [3] SPARKS A N. A Review of the Biology of the Fall Armyworm[J]. The Florida Entomologist, 1979, 62(2): 82.
- [4] 张学峰, 唐艺婷, 赵云霞, 等. 12 种单剂及复配农药制剂对玉米田草地贪夜蛾的防治效果[J]. 安徽农业科学, 2022, 50(17): 121-123, 127.
- [5] DAY R, ABRAHAM S P, BATEMAN M, et al. Fall Armyworm: Impacts and Implications for Africa[J]. Outlooks on Pest Management, 2017, 28(5): 196-201.
- [6] MONTEZANO D G, SPECHT A, SOSA-GÓMEZ D R, et al. Host Plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas[J]. African Entomology, 2018, 26(2): 286-300.
- [7] 吴秋琳, 姜玉英, 吴孔明. 草地贪夜蛾缅甸虫源迁入中国的路径分析[J]. 植物保护, 2019, 45(2): 1-6, 18.
- [8] 江幸福, 张蕾, 程云霞, 等. 草地贪夜蛾迁飞行为与监测技术研究进展[J]. 植物保护, 2019, 45(1): 12-18.
- [9] 陈辉, 杨学礼, 湛爱东, 等. 我国最早发现为害地草地贪夜蛾的入侵时间及其虫源分布[J]. 应用昆虫学报, 2020, 57(6): 1270-1278.
- [10] 罗礼智, 曹雅忠, 江幸福. 甜菜夜蛾发生危害特点及其趋势分析[J]. 植物保护, 2000, 26(3): 37-39.
- [11] UENO T. Beet Armyworm *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae): A Major Pest of Welsh Onion in Vietnam[J]. Journal of Agriculture and Environmental Sciences, 2015, 4(2): 181-185.
- [12] 王小艺, 沈佐锐. 异色瓢虫的应用研究概况[J]. 昆虫知识, 2002, 39(4): 255-261.
- [13] 吴钰薇, 郑林浩, 高鹏, 等. 异色瓢虫生物生态学及其应用研究进展[J]. 黑龙江农业科学, 2022(10): 109-114.
- [14] PARK Y L, OBRYCKI J J. Spatio-Temporal Distribution of Corn Leaf Aphids (Homoptera: Aphididae) and Lady Beetles (Coleoptera: Coccinellidae) in Iowa Cornfields[J]. Biological Control, 2004, 31(2): 210-217.
- [15] 孔琳, 李玉艳, 王孟卿, 等. 多异瓢虫和异色瓢虫对草地贪夜蛾低龄幼虫的捕食能力评价[J]. 中国生物防治学报, 2019, 35(5): 709-714.
- [16] 周丽君, 杨灯海, 胡其磊, 等. 异色瓢虫对草地贪夜蛾和禾谷缢管蚜的捕食功能反应及捕食选择性研究[J]. 植物保护, 2022, 48(2): 111-117.
- [17] HOLLING C S. Some Characteristics of Simple Types of Predation and Parasitism[J]. The Canadian Entomologist, 1959, 91(7): 385-398.
- [18] 赵英杰, 符成悦, 李维薇, 等. 异色瓢虫幼虫对草地贪夜蛾卵和低龄幼虫的捕食作用[J]. 植物保护, 2020, 46(1): 51-54, 86.
- [19] 陈学新, 杜永均, 黄健华, 等. 我国作物病虫害生物防治研究与应用最新进展[J]. 植物保护, 2023, 49(5): 340-370.
- [20] 崔晓宁, 席驳鑫, 张博鸿, 等. 异色瓢虫对苜蓿上豌豆蚜和牛角花齿蓟马的捕食效能及捕食偏好性[J]. 中国生物防治学报, 2023, 39(1): 38-45.
- [21] 蔡志平, 张兴瑞, 肖云丽, 等. 异色瓢虫对苹果-蛇床草微景观中两种蚜虫的捕食功能反应及选择偏好性[J]. 植物保护学报, 2024, 51(1): 96-105.
- [22] 周军辉, 李鹏雷, 乃吾扎提·祖农, 等. 龟纹瓢虫对柑橘木虱的捕食功能反应及猎物偏好性[J]. 植物保护学报, 2020, 47(5): 1062-1070.
- [23] GIRI G S, KUMAR N, KISHORE K, et al. Influence of Weather Parameters on the Incidence of Insect Pests and Natural Enemies Associated with Lentil and Field Pea in Bihar[J]. Journal of Entomological Research, 2023, 47(2): 317-321.
- [24] 文霞, 郭发城, 高桂珍. 集团外猎物种类及猎物密度对七星瓢虫集团内捕食作用的影响[J]. 新疆农业科学, 2024, 61(2): 441-447.
- [25] NORRIS R H, SILVA-TORRES C S A, LUJAN M, et al. Footprints of Predatory Lady Beetles Stimulate Increased Dispersal of Aphid Prey, But Do Not Alter Feeding Behavior or Spread of A Non-Persistently Transmitted Plant Virus[J]. Food Webs, 2023, 37: e00325.