



汪加佳, 李姝, 杨亚洁, 王甦, 顾俊杰, 岳艳丽. 储蓄植物系统田间应用关键参数对七星瓢虫种群定殖及控害的影响 [J]. 环境昆虫学报, 2024, 46 (6): 1271-1278. WANG Jia-Jia, LI Shu, YANG Ya-Jie, WANG Su, GU Jun-Jie, YUE Yan-Li. Effects of key parameters in the field application of banker plant system on population colonization and pest control of *Coccinella septempunctata* [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2024, 46 (6): 1271-1278.

## 储蓄植物系统田间应用关键参数对七星瓢虫种群定殖及控害的影响

汪加佳<sup>1,2</sup>, 李姝<sup>2\*</sup>, 杨亚洁<sup>1,2</sup>, 王甦<sup>2</sup>, 顾俊杰<sup>1</sup>, 岳艳丽<sup>1\*</sup>

(1. 四川农业大学农学院, 成都 611130; 2. 北京市农林科学院植物保护研究所/农业农村部天敌昆虫重点实验室/农业农村部北方果蔬有害生物绿色防控重点实验室, 北京 100097)

**摘要:** 储蓄植物系统 (Banker plant system) 是近年来新兴的用于提升天敌昆虫高效可持续防控害虫的保护型生物防治的技术, 然而在田间应用中效果不稳定, 这主要是由于储蓄植物系统的田间应用关键参数并不明确。七星瓢虫 *Coccinella septempunctata* 作为我们熟知的优势天敌昆虫, 田间应用时因为定殖率低, 严重限制了其可持续控害效率。本试验对已构建的七星瓢虫储蓄植物系统进行田间试验验证, 探究了不同替代猎物的初始密度等关键参数对天敌昆虫七星瓢虫的种群变化及对靶标害虫桃蚜 *Myzus persicae* 的控害效果。试验结果表明, 当储蓄植物系统接种替代猎物豌豆修尾蚜 *Megoura crassicauda* 不同初始密度时, 对七星瓢虫个体数量及桃蚜密度均有显著差异, 初始接种密度为 300 的 Y<sub>300</sub>、N<sub>300</sub> 处理组在 21~28 d 时桃蚜的虫口数量显著低于其他处理组, 同时七星瓢虫定殖率在 7~14 d 时显著高于其他处理组。与对照相比, 初始设置 1 d 笼罩去除在 7~14 d 内有效帮助七星瓢虫个体数量维持, 而且有助于卵、幼虫种群的建立。在距离储蓄植物系统 9 m 处, 七星瓢虫成虫定殖率高于其他处理组, 由此证明七星瓢虫储蓄植物系统作用距离可达 9 m 处, 有助于七星瓢虫种群维持发挥可持续控害作用。本研究为科学地田间应用提供理论支撑, 有助于完善优化储蓄植物系统可持续控害生态策略。

**关键词:** 储蓄植物系统; 七星瓢虫; 笼罩试验; 田间试验

中图分类号: Q968.1; Q476

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2024) 06-1271-08

### Effects of key parameters in the field application of banker plant system on population colonization and pest control of *Coccinella septempunctata*

WANG Jia-Jia<sup>1,2</sup>, LI Shu<sup>2\*</sup>, YANG Ya-Jie<sup>1,2</sup>, WANG Su<sup>2</sup>, GU Jun-Jie<sup>1</sup>, YUE Yan-Li<sup>1\*</sup> (1. Sichuan Agricultural University, College of Agronomy, Chengdu 611130, China; 2. Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Institute of Plant Protection, Beijing 100097, China)

**Abstract:** Banker plant system is an emerging protective biological control technology for improving the efficient and sustainable pest control of natural enemy insects in recent years, but the effect is unstable in field application, mainly due to the lack of clarity of key parameters in the field application of banker plant system. *Coccinella septempunctata*, as a high efficiency predator, severely limits its sustainable pest control efficiency due to its low colonization rate in the field. The study explored how key parameters such as the initial density of different alternative prey affect the population dynamics of the predator insect,

基金项目: 国家自然科学基金青年基金 (32202372); 国家重点研发计划 (2023YFE0104800); 北京市农林科学院青年科学基金 (QNJJ202321); 北京市农林科学院创新能力建设项目 (KJXC20230115)

作者简介: 汪加佳, 女, 硕士研究生, 研究方向为农业昆虫与害虫防治, E-mail: 1600834915@qq.com

\*共同通讯作者 Author for correspondence: 岳艳丽, 博士, 副教授, 研究方向农业昆虫与害虫防治, E-mail: yyl@sicau.edu.cn; 李姝, 博士, 副研究员, 研究方向为害虫生物防治, E-mail: ls\_baafs@163.com

收稿日期 Received: 2024-07-17; 接受日期 Accepted: 2024-09-28

*C. septempunctata*, and its efficacy in controlling the target pest, *Myzus persicae*. The experimental results indicated that when the alternative prey, *Megoura crassicauda*, was inoculated at different initial densities in the banker plant system, there were significant differences in the number of individual *C. septempunctata* and the density of *M. persicae*. The  $Y_{300}$  and  $N_{300}$  treatment groups, with an initial inoculation density of 300, had significantly lower *M. persicae* populations between 21 to 28 days compared to other treatment groups, and the colonization rate of *C. septempunctata* was significantly higher between 7 to 14 days compared to other groups. Compared to the control, the initial setup of a 1-day cover removal effectively helped maintain the number of *C. septempunctata* individuals and was conducive to the establishment of egg and larval populations within 7 to 14 days. At a distance of 9 meters from the banker plant system, the colonization rate of adult *C. septempunctata* was higher than in other treatment groups, proving that the effective range of the *C. septempunctata* banker plant system can reach up to 9 meters, which was beneficial for the maintenance of *C. septempunctata* populations and the sustainable control of pests. This study provides theoretical support for the scientific application in the field, which helps to improve and optimize sustainable pest control ecological strategies in conservation planting systems.

**Key words:** Banker plants system; *Coccinella septempunctata*; shroud test; field trials

储蓄植物系统是利用非作物植物繁育替代猎物支持天敌在田间维持种群, 可持续防治害虫的措施, 也是高效持续提升天敌昆虫生物防治的重要途径之一。构建储蓄植物系统的研究重点在于筛选适宜的非作物植物, 为替代猎物和天敌昆虫提供营养物质及栖息地。如张昌容等 (2021) 经过对比月季 *Rosa chinensis*、长寿花 *Narcissus jonquilla*、辣椒 *Capsicum annuum*、黄瓜 *Cucumis sativus* 和蚕豆 *Vicia faba* 5种植物, 发现辣椒和蚕豆是构建南方小花蝽 *Orius similis* 储蓄植物系统的优势植物。田艳丽等 (2024) 发现烟盲蝽 *Nesidiocoris poppiusi* 若虫可以在芝麻 *Sesamum indicum* 和小白菜上 *Brassica chinensis* 完成幼期发育, 是构建烟盲蝽储蓄植物系统的潜在储蓄植物。田间应用储蓄植物系统可以有效增加天敌昆虫生物防治效果, 如 Zhang 等 (2023) 以景天科风车草属胧月 *Graptopetalum paraguayense* 为储蓄植物, 建立班氏小跳蜂 *Aenasius bambawalei* 储蓄植物系统, 田间试验发现应用储蓄植物系统对番茄上的扶桑棉粉蚧 *Penacoccus solenopsis* 有显著的控制效果。储蓄植物系统结合了保护式和增补式生物防治的特点, 旨在创造一个可长期自我维持的天敌饲养单位, 为天敌提供栖息地, 支持天敌种群的生存与繁殖 (潘明真等, 2019)。如 Gonzalez 等 (2023) 利用美国食蚜蝇 *Eupeodes americanus* 防治蚜虫时借助大麦储蓄植物系统吸引食蚜蝇产卵, 进一步增强美国食蚜蝇对辣椒上蚜虫的控制效能。

Hogg 等 (2023) 研究发现大麦 *Hordeum vulgare* 能为草蛉提供栖息地, 是防治莴苣蚜虫 *Nasonovia ribisnigri* 的潜在储蓄植物, 进一步验证了储蓄植物系统在涵养天敌昆虫方面的优势。在明确的储蓄植物系统关键因子的构建基础上, 储蓄植物系统在田间应用研究成为热点 (李姝等, 2020)。Zhao 等 (2017) 田间实验研究发现金盏菊 *Calendula officinalis* 的存在对天敌昆虫东亚小花蝽 *Orius sauteri* 的生存及繁殖是有益的, 在有金盏菊存在的区域释放小花蝽对蚜虫和蓟马的控害能力较无金盏菊存在的区域显著提高。Schoeller 等 (2022) 种植辣椒作为储蓄植物来协助玫瑰上的斯氏钝绥螨 *Amblyseius swirskii* 控制害虫。结果显示玫瑰上斯氏钝绥螨是捕食螨 *Amblydromalus limonicus* 的 1.9~3.4 倍, 应用储蓄植物系统后两种螨的比例则下降 2.2~3.0 倍。

储蓄植物系统的应用虽然已经有 40 多年历史, 但是仍然存在诸多问题, 如引入替代寄主或猎物、天敌昆虫的接入时间和接种密度等 (潘明真等, 2019)。Yang 等 (2022) 通过量化操作桃蚜和豌豆修尾蚜的相对数量, 揭示了七星瓢虫储蓄植物系统中两种共享天敌的蚜虫之间的即时动态关系, 并在实验室内筛选出七星瓢虫储蓄植物系统中, 靶标害虫桃蚜和替代猎物豌豆修尾蚜的最佳初始密度比为 1/3~3 的比值范围内, 然而该比例在田间的防治效果还有待进一步研究。天敌昆虫与害虫所占据的营养级不同, 只有同时满足捕食者与害

虫在空间同域性和时间同步性的这两个条件时,才可以发挥其在田间的控害作用(杨龙等,2016)。

天敌昆虫田间种群动态的稳定是可持续进行生物防治的前提(Yang *et al.*, 2020)。储蓄植物系统在田间的控害效果需要综合评估天敌昆虫在涵养种群的连续性(王杰等,2023)。储蓄植物系统在田间的应用受诸多因素的影响,除靶标害虫与替代猎物的初始密度等重要因素外,储蓄植物系统的作用距离也是田间应用布局的关键参数。尽管刘梅等(2021)证明储蓄植物系统的不同布局方式对其田间防效无显著的影响,但储蓄植物的作用距离决定田间应用效果,其作用影响尚不明确。本研究主要通过田间释放不同的初始密度的替代猎物,探究涵养天敌种群且控害效率最佳的替代猎物起始量以及储蓄植物系统作用距离,为应用储蓄植物系统防治害虫提供理论支撑。

## 1 材料与方法

### 1.1 七星瓢虫-蚕豆-豌豆修尾蚜储蓄植物系统构建

本研究所用七星瓢虫饲养于北京市农林科学院实验室内,雌雄成虫以50头释放于一个笼罩饲养于100目的养虫笼内扩繁多代供试,期间不断提供接种足量的豌豆修尾蚜的蚕豆苗为七星瓢虫的食物源以及产卵场所。试验在北京市平谷区诺亚有机农场的两个生产温室内进行。试验区被划分为4个区域。4个小区均为宽5 m,长15 m,面积75 m<sup>2</sup>的长方形。每一区域内均匀定植番茄7株/行×12行,植株间距为0.5 m。两区域间保留空白隔离区不定植任何植物。当所有番茄发育到带有5~7片真叶时,在4个区域长方形的边上分别定植1行7株蚕豆苗(带有4片真叶)作为储蓄植物。在不同区域的每株蚕豆上分别接种100头或300头豌豆修尾蚜,并于1 d后释放一对雌雄瓢虫,从而构建以蚕豆为储蓄植物,豌豆修尾蚜为替代猎物涵养七星瓢虫的储蓄植物系统。

### 1.2 桃蚜

本研究所使用的桃蚜种群源自北京诺亚农业发展有限公司温室中栽培的番茄 *Solanum lycopersicum* (品种为中蔬4号)。为了试验需要,这些桃蚜在北京诺亚农业发展有限公司的养虫室内,以萝卜苗作为寄主植物进行了多代的扩繁和保存。具体的昆虫饲养环境条件如下:温度控制

在25°C±1°C,相对湿度维持在70%±5%,并且设置了L:D=16:8的光照周期,光照强度保持在1100 lux。

### 1.3 试验方法

储蓄植物系统中不同初始密度的替代猎物对七星瓢虫释放后不同距离下个体数量影响在北京市平谷区诺亚有机农场的生产日光温室内进行,环境条件控制在温度28°C±5°C和相对湿度70%±5%。每个试验小区均设置7组重复,每组重复包括一株储蓄植物蚕豆及12株番茄。在储蓄植物定植后,设置替代猎物豌豆修尾蚜3龄若蚜初始密度分别为100头和300头进行接种。1 d后,向试验区域的每株储蓄植物上释放1对雌雄七星瓢虫。为评估设置笼罩对瓢虫定殖是否有影响,分别设置笼罩区(释放瓢虫时对储蓄植物设置笼罩,并在1 d后去除)和无笼罩区(直接释放瓢虫到储蓄植物上)。因此共设置4个试验组:有笼罩、替代猎物初始密度为100头(Y<sub>100</sub>);有笼罩、替代猎物初始密度为300头(Y<sub>300</sub>);无笼罩、替代猎物初始密度为100头(N<sub>100</sub>)以及无笼罩、替代猎物初始密度为300头(N<sub>300</sub>)。

同时在4个试验区域内距储蓄植物3 m(O<sub>3</sub>)、9 m(O<sub>9</sub>)的番茄上接种100头桃蚜作为靶标害虫。释放瓢虫后每隔7天在Y<sub>100</sub>、Y<sub>300</sub>、N<sub>100</sub>、N<sub>300</sub>区域内调查O<sub>3</sub>、O<sub>9</sub>位置的番茄,统计各区域内的七星瓢虫种群数量(卵+幼虫+成虫)及桃蚜数量。

### 1.4 数据处理

试验所有数据均使用Excel 2021进行统计作图,为分析储蓄植物系统不同初始接种密度、笼罩(有无)处理对桃蚜种群数量和七星瓢虫成虫定殖率影响,使用SPSS 22.0进行双因素方差分析,邓肯检验法进行差异显著性分析(P<0.05)。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同处理储蓄植物系统对桃蚜数量的影响

双因素方差分析结果表明,在距离储蓄植物系统3 m处,初始接种密度在7 d、14 d、21 d、28 d时均对桃蚜的种群数量有显著差异(P<0.05)。在距离储蓄植物系统9 m处,初始接种密度、笼罩(有无)在7 d、14 d、21 d及28 d时对桃蚜的种群数量有显著差异(P<0.01),初始接种密度×笼罩(有无)在14 d、21 d、35 d时均对桃蚜的虫口数量产生显著影响(P<0.05)。

在七星瓢虫释放7 d后, 距离储蓄植物3 m处的桃蚜虫口数量各处理组均显著减少, 而第14~21天均呈上升趋势, 在第28~35天调查时达到桃蚜种群暴发高峰期后降低, 第42天时又呈逐渐上升的趋势。具体看, 初始接种密度为300处理的无笼罩  $N_{300}$  在第7天、第21天的桃蚜虫口数量为  $6.86 \pm 3.37$  头、 $20.86 \pm 7.698$  头和有笼罩  $Y_{300}$  在第14天、第28天的桃蚜虫口数量  $20.86 \pm 7.698$  头、 $300.29 \pm 125.932$  头显著低于其他处理组 ( $P < 0.05$ )。而初始接种密度为100的仅在第28天时有笼罩处理  $Y_{100}$  的虫口数量  $530.00 \pm 61.353$  头显著低于无笼罩处理  $N_{100}$  的虫口数量  $1\ 637.57 \pm 381.22$  头 ( $P < 0.05$ )。

在距离储蓄植物系统9 m处, 桃蚜种群总体动态与3 m处一致。当初始接种密度为100时, 第7~21天的无笼罩  $N_{100}$  处理显著低于有笼罩处理  $Y_{100}$  ( $P < 0.05$ ), 但35~42 d的有笼罩处理  $Y_{100}$  显著低于无笼罩处理  $N_{100}$  ( $P < 0.05$ )。当初始接种密度为300时, 有无笼罩的处理组  $Y_{300}$  和  $N_{300}$  间无显著差异, 在21 d、28 d、42 d时均显著低于其他处理组  $Y_{100}$ 、 $N_{100}$  ( $P < 0.05$ ) (表1)。

## 2.2 不同处理储蓄植物系统对七星瓢虫成虫定殖率的影响

双因素方差分析结果表明, 在释放瓢虫后第

42天时, 在距离储蓄植物系统为3 m处, 初始接种密度对七星瓢虫的定殖率产生显著影响 ( $P < 0.05$ )。当距离储蓄植物系统为9 m处, 第7天时初始接种密度 ( $P < 0.05$ ), 第14天时, 初始接种密度、笼罩 (有无)、初始接种密度×笼罩 (有无) 均对七星瓢虫的定殖率产生显著影响 ( $P < 0.05$ )。

释放七星瓢虫7 d时, 在距离储蓄植物系统为3 m处, 初始接种密度300处理组  $Y_{300}$ 、 $N_{300}$  的七星瓢虫定殖率均高于初始接种密度100的处理组  $Y_{100}$ 、 $N_{100}$ , 在14~21 d时, 笼罩处理的瓢虫定殖率  $Y_{300}$ 、 $Y_{100}$  略高于  $N_{300}$ 、 $N_{100}$ , 但没有显著差异。在距离储蓄植物系统9 m处, 与3 m处瓢虫定殖率动态类似。但初始接种密度300的有笼罩处理组  $Y_{300}$  使七星瓢虫定殖率一直保持在7%以上, 在第7~14天时显著高于其他处理组 ( $P < 0.05$ )。(表2)。

## 2.3 不同处理下储蓄植物系统对七星瓢虫各个虫态的种群影响

七星瓢虫释放后42 d, 初始接种密度为100有笼罩处理组  $Y_{100}$  的卵与幼虫的累计量均显著高于无笼罩处理组  $N_{100}$  ( $P < 0.05$ ) (图1-A); 初始接种密度为300有笼罩处理组  $Y_{300}$  的卵与幼虫的累计量均显著高于无笼罩处理组  $N_{300}$  ( $P < 0.05$ ) (图1-B)。

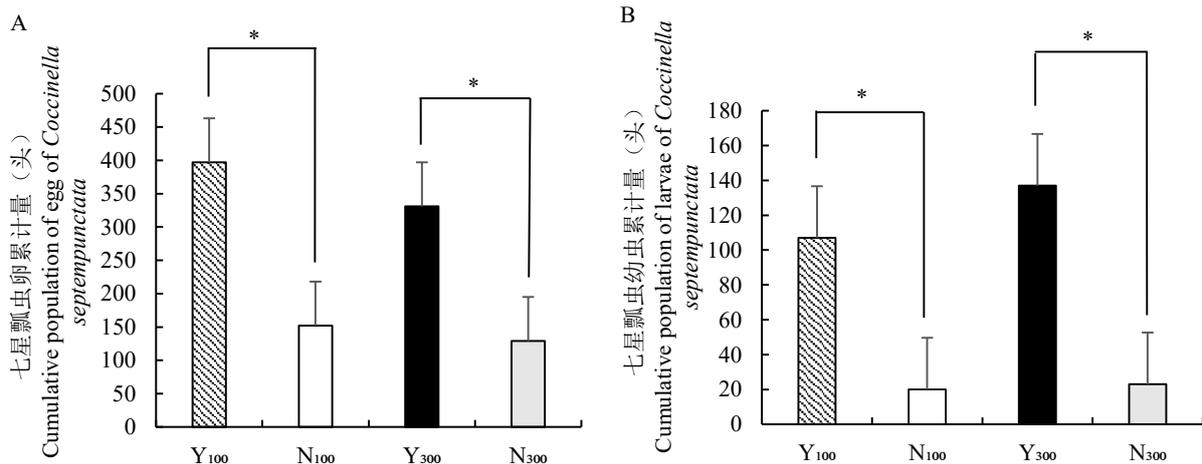


图1 不同处理下七星瓢虫卵、幼虫的累计量

Fig. 1 Cumulative amount of eggs and larvae of *Coccinella septempunctata* under different treatments

注: \*表示不同处理间经单因素方差分析在 $P=0.05$ 的水平下差异显著, ns代表差异不显著。Note: \* indicated that there was a significant difference between different treatments at the level of  $P=0.05$  by one-way ANOVA, and ns represented no significant difference.

表1 不同处理七星瓢虫储蓄植物系统下桃蚜虫口数量(头)

Table 1 Populations of *Myzus persicae* under different treatments of *Coccinella septempunctata* banker plant system

初始接种 密度 Density	笼罩处理 Shrouded treat		3米3 meters(O <sub>3</sub> )					
			7 d	14 d	21 d	28 d	35 d	42 d
100	有Y	Y <sub>100</sub>	37.830 ± 6.047 a	263.000 ± 129.084 a	1025.200 ± 187.729 a	530.000 ± 61.353 b	333.000 ± 148.552 a	1 450.000 ± 409.268 a
	无N	N <sub>100</sub>	32.000 ± 5.460 a	187.710 ± 39.341 ab	858.670 ± 229.801 ab	1 637.570 ± 381.220 a	482.170 ± 154.630 a	1 371.000 ± 303.726 a
300	有Y	Y <sub>300</sub>	23.710 ± 9.005 ab	20.860 ± 7.698 b	107.430 ± 50.651 b	300.290 ± 125.932 b	494.710 ± 82.830 a	644.290 ± 157.794 a
	无N	N <sub>300</sub>	6.860 ± 3.370 b	27.570 ± 18.385 b	34.000 ± 16.172 b	370.000 ± 103.379 b	330.000 ± 136.179 a	1 575.000 ± 341.748 a
笼罩处理 Shrouded treat						*		
密度 Density			*	*	**	**		
笼罩处理*初始接种密度 Shrouded treat * density								
初始接种 密度 Density	笼罩处理 Shrouded treat		9米9 meters(O <sub>9</sub> )					
			7 d	14 d	21 d	28 d	35 d	42 d
100	有Y	Y <sub>100</sub>	24.570 ± 6.055 a	404.710 ± 114.714 a	1 005.290 ± 250.776 a	1 339.710 ± 340.986 a	157.140 ± 96.325 b	300.000 ± 100.000 b
	无N	N <sub>100</sub>	6.430 ± 2.680 b	11.000 ± 6.370 b	97.830 ± 60.654 b	664.830 ± 235.079 ab	844.830 ± 237.036 a	1 569.330 ± 325.311 a
300	有Y	Y <sub>300</sub>	24.000 ± 3.606 a	27.710 ± 10.042 b	120.140 ± 45.542 b	651.860 ± 219.402 ab	226.000 ± 68.664 b	299.290 ± 124.941 b
	无N	N <sub>300</sub>	12.430 ± 4.750 ab	16.140 ± 6.773 b	92.290 ± 64.644 b	285.290 ± 247.119 b	188.330 ± 77.981 b	321.670 ± 213.891 b
笼罩处理 Shrouded treat			**	**	**	*		
密度 Density				**	**			
笼罩处理*初始接种密度 Shrouded treat * density				**	**		*	

注: 表中数据为7次重复平均值±标准误差, 同列不同字母表示不同差异 ( $P<0.05$ ), \*表示不同因素之间具有显著差异 ( $P<0.05$ ), \*\*表示不同因素之间具有极显著差异 ( $P<0.01$ )。Note: Data in the table were the average ± standard error of seven replicates, and different letters in the same industry indicate different differences ( $P<0.05$ ), \* indicated a significant difference between different factors ( $P<0.05$ ), while \*\* indicated an extremely significant difference between different factors ( $P<0.01$ ).

表2 不同处理七星瓢虫储蓄植物系统下七星瓢虫的定殖率 (%)

Table 2 Colonization rate of *Coccinella septempunctata* under different treatments of banker plant system

初始接种 密度 Density	笼罩处理 Shrouded treat	3米 3 meters (O <sub>3</sub> )						
		7 d	14 d	21 d	28 d	35 d	42 d	
100	有 Y	Y <sub>100</sub>	0.00 ± 0.00 a	0.00 ± 0.00 a	7.00 ± 18.90 a	0.00 ± 0.00 a	0.00 ± 0.00 a	0.00 ± 0.00 b
	无 N	N <sub>100</sub>	7.00 ± 18.90 a	0.00 ± 0.00 a	0.00 ± 0.00 a	0.00 ± 0.00 a	0.00 ± 0.00 a	0.00 ± 0.00 b
300	有 Y	Y <sub>300</sub>	14.50 ± 24.40 a	7.00 ± 18.90 a	7.00 ± 0.00 a	0.00 ± 0.00 a	7.00 ± 18.90 a	129.00 ± 106.90 a
	无 N	N <sub>300</sub>	21.50 ± 39.34 a	0.00 ± 0.00 a	0.00 ± 0.00 a	7.00 ± 18.90 a	7.00 ± 18.90 a	43.00 ± 39.34 a
笼罩处理 Shrouded treat								
密度 Density								*
笼罩处理*初始接种密度 Shrouded treat * density								
初始接种 密度 Density	笼罩处理 Shrouded treat	9米 9 meters (O <sub>9</sub> )						
		7 d	14 d	21 d	28 d	35 d	42 d	
100	有 Y	Y <sub>100</sub>	0.00 ± 0.00 b	0.00 ± 0.00 b	7.00 ± 18.90 a	7.00 ± 18.90 a	0.00 ± 0.00 a	43.00 ± 39.34 a
	无 N	N <sub>100</sub>	0.00 ± 0.00 b	0.00 ± 0.00 b	7.00 ± 18.90 a	7.00 ± 18.90 a	0.00 ± 0.00 a	0.00 ± 0.00 a
300	有 Y	Y <sub>300</sub>	21.50 ± 39.34 a	21.50 ± 39.34 a	7.00 ± 18.90 a	7.00 ± 18.90 a	7.00 ± 18.90 a	29.00 ± 24.40 a
	无 N	N <sub>300</sub>	14.50 ± 24.40 a	0.00 ± 0.00 b	0.00 ± 0.00 a	7.00 ± 18.90 a	7.00 ± 18.90 a	71.00 ± 37.80 a
笼罩处理 Shrouded treat				*				
密度 Density			*	*				
笼罩处理*初始接种密度 Shrouded treat * density				*				

注：表中数据为7次重复平均值±标准误差，同列不同字母表示不同差异 ( $P<0.05$ )，\*表示不同因素之间具有显著差异 ( $P<0.05$ )。Note: Data in the table are the average ± standard error of seven replicates, and different letters in the same industry indicated different differences ( $P<0.05$ ), \* indicated a significant difference between different factors ( $P<0.05$ ).

### 3 结论与讨论

由于七星瓢虫的迁移能力较强，在田间释放时常无法定殖至指定区域，造成田间控害难度大。在天敌昆虫释放的初期，天敌种群维持定殖效率会影响控害作用的发挥 (马亚云等, 2019)。而储蓄植物系统在田间有助于维持天敌昆虫的种群数

量，从而发挥可持续发挥控害作用。Xue 等 (2022) 发现在甘草带上设置笼罩能增加天敌的丰度，进而增强天敌对棉田害虫的防控能力。本研究也表明，相比对照，设置 1 d 笼罩后去除可使七星瓢虫成虫、幼虫及卵的数量都显著提升，但对桃蚜虫口数量控制在前期较无笼罩处理无显著差异，在后期由于增殖了瓢虫各虫态，有效提高了

对桃蚜的控害效率。因此设置1 d笼罩能有效帮助七星瓢虫度过适应期, 辅助在储蓄植物上定殖, 有助于储蓄植物系统在田间应用中发挥长效控害作用。

天敌昆虫的种群扩散、分布与靶标害虫的种群密度有着密切的关联(胡昌雄等, 2023)。本研究发现接种初始替代猎物密度为300头时, 七星瓢虫的食物充足导致其一直聚集在高猎物密度区域。在第28天时, 瓢虫成虫数量出现显著降低的趋势, 而桃蚜的数量显著增加; 可能是第一代瓢虫成虫期结束, 而第二代卵、幼虫种群正经历蛹期, 捕食能力下降, 导致桃蚜数量暴发。

影响储蓄植物系统在田间控害效能发挥因素很多, 如替代猎物的初始密度、天敌介导的替代猎物与靶标害虫间的相互作用、天敌扩散控害作用等(Wang *et al.*, 2022)。其中储蓄植物系统作用距离对其发挥控害效果影响尚不明确。本实验中分别观察了不同处理下, 距离储蓄植物系统3 m、9 m处靶标害虫桃蚜种群、七星瓢虫种群的动态。试验结果表明, 距离储蓄植物9 m处的七星瓢虫成虫定殖率高于其他处理组, 由此证明七星瓢虫储蓄植物系统作用距离可达9 m处。

综上所述, 经评估储蓄植物系统田间应用的关键参数替代猎物初始密度、设置笼罩辅助天敌定殖以及作用距离对天敌昆虫种群在田间涵养及控害有显著影响, 这些对田间应用的储蓄植物系统实现长效提供数据支撑, 有助于完善储蓄植物系统可持续控害生态体系。

## 参考文献 (References)

- Balzan MV. Flowering banker plants for the delivery of multiple agroecosystem services [J]. *Arthropod-Plant Interactions*, 2017, 11: 743-754.
- Erich NS, Cindy LM, Lance SO. Chilli thrips rose management using an *Amblyseius swirskii* or *Amblydromalus limonicus* (Acari: Phytoseiidae) pepper banker plant [J]. *Journal of Applied Entomology*, 2022, 146 (10): 1281-1292.
- Gonzalez N, Fauteux A, Louis JC, *et al.* Oviposition preference of the American hoverfly, *Eupeodes americanus*, between banker plants and target crops [J]. *Insects*, 2023, 14: 295.
- Hogg BN, Nelson EH, Daane KM. A comparison of candidate banker plants for management of pests in lettuce [J]. *Environmental Entomology*, 2023, 52 (3): 379-390.
- Hu CX, Yang KW, Liu ZH, *et al.* Population dynamics of *Pseudodendrothrips mori* and the predatory functional response of *Harmonia axyridis* to them [J]. *Acta Sericologica Sinica*, 2023, 49 (3): 225-233. [胡昌雄, 杨伟克, 刘增虎, 等. 桑蓟马种群动态及异色瓢虫对其的捕食功能反应 [J]. 蚕业科学, 2023, 49 (3): 225-233]
- Li S, Wang J, Huang NX, *et al.* Research progress and prospect on banker plant systems of predators for biological control [J]. *Scientia Agriculture Sinica*, 2020, 53 (19): 3975-3987. [李姝, 王杰, 黄宁兴, 等. 捕食性天敌储蓄植物系统研究进展与展望 [J]. 中国农业科学, 2020, 53 (19): 3975-3987]
- Liu M, Zhang CR, Ban XF, *et al.* Control of tea pests by the banker plant system of *Orius strigicollis*-*Vicia faba*-*Aphis fabae* [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2021, 37 (5): 936-945. [刘梅, 张昌容, 班菲雪, 等. 南方小花蝽-蚕豆-蚕豆蚜载体植物系统对茶叶害虫的控制效果 [J]. 中国生物防治学报, 2021, 37 (5): 936-945]
- Ma YY, Zhang F, Wang S, *et al.* Synergistic effect of functional plant *Calendula officinalis* (Asterales: Asteraceae) to the colonization of *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) in greenhouse [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2019, 41 (2): 276-282. [马亚云, 张帆, 王甦, 等. 功能植物金盏菊对七星瓢虫温室定殖控害的增效作用研究 [J]. 环境昆虫学报, 2019, 41 (2): 276-282]
- Pan MZ, Liu TX. Banker-plant system for biological control of pests in greenhouse-grown crops [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2019, 56 (5): 917-926. [潘明真, 刘同先. 载体植物在温室作物害虫生物防治中的应用 [J]. 应用昆虫学报, 2019, 56 (5): 917-926]
- Schoeller EN, McKenzie CL, Osborne LS. Chilli thrips rose management using an *Amblyseius swirskii* or *Amblydromalus limonicus* (Acari: Phytoseiidae) pepper banker plant [J]. *Journal of Applied Entomology*, 2022, 146: 1281-1292.
- Tian YL, Yang YX, Zhang YL, *et al.* Effects of host plant and prey on nymphal survival and development of the omnivorous predator, *Nesidiocoris tenuis* [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2024, 40 (3): 542-549. [田艳丽, 杨亦心, 章雨露, 等. 寄主植物及猎物对杂食性天敌烟盲蝽若虫存活和发育的影响 [J]. 国生物防治学报, 2024, 40 (3): 542-549]
- Wang J, Yang YJ, Li YX, *et al.* Direct and indirect effects of banker plants on population establishment of *Harmonia axyridis* and aphid control on pepper crop [J]. *Frontiers in Plant Science*, 2022, 13: 1083848.
- Wang J, Zhang C, Zhu ZY, *et al.* Control effects of *Orius sauteri* on *Frankliniella occidentalis* in pepper and eggplant flowers in greenhouses [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2023, 39 (2): 264-270. [王杰, 张晨, 朱正阳, 等. 东亚小花蝽对温室辣椒及茄子花内西花蓟马的控害作用 [J]. 中国生物防治学报, 2023, 39 (2): 264-270]
- Xue Z, Peng T, Liu B, *et al.* Licorice strips enhance predator-mediated biological control in China's cotton crop [J]. *Pest Management Science*, 2023, 79: 781-791.
- Yang F, Yao ZW, Zhu YL, *et al.* A molecular detection approach for

- assessing wheat aphid-parasitoid food webs in northern China [J]. *Entomologia Generalis*, 2020, 40: 273–284.
- Yang L, Xu L, Liu B, *et al.* Effects of landscape pattern on the occurrence of ladybeetles in wheat fields in northern China [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2016, 53 (3): 612–620. [杨龙, 徐磊, 刘冰, 等. 农田景观格局对华北地区麦田早期瓢虫种群发生的影响 [J]. *应用昆虫学报*, 2016, 53 (3): 612–620]
- Yang Y, Wang J, Mi Y, *et al.* Ladybird-mediated indirect interactions between two aphid species when using a banker plant system [J]. *Agronomy*, 2022, 12: 3134.
- Zhang CR, Ban FX, Shang XL, *et al.* Evaluation of five plant species for their suitability as banker plant for *Orius similis* (Zheng) [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2021, 43 (4) : 1010–1015. [张昌容, 班菲雪, 尚小丽, 等. 五种植物作为南方小花蝽储蓄植物的适合性评价 [J]. *环境昆虫学报*, 2021, 43 (4): 1010–1015]
- Zhang J, Huang J, Tang YY, *et al.* Construction of a banker plant system via the host switch trait of a natural enemy *Aenasius bambawalei* [J]. *Life*, 2023, 13 (11): 2115.
- Zhao J, Guo X, Tan X, *et al.* Using *Calendula officinalis* as a floral resource to enhance aphid and thrips suppression by the flower bug *Orius sauteri* (Hemiptera: Anthocoridae) [J]. *Pest Management Science*, 2017, 73: 515–520.