

doi:10.3969/j.issn.1002-2481.2024.03.18

紫花苜蓿田苜蓿蚜虫诱集技术优化

乔浪^{1,2}, 韩海斌², 王振¹, 张志强³, 魏淑花⁴, 倪鹏⁵, 邢丽伟⁶, 谭瑶^{1,3}

(1. 内蒙古农业大学园艺与植物保护学院, 内蒙古呼和浩特 010010; 2. 中国农业科学院草原研究所, 内蒙古呼和浩特 010020; 3. 内蒙古农业大学草地资源教育部重点实验室, 内蒙古呼和浩特 010010; 4. 宁夏农林科学院植物保护研究所, 宁夏银川 750002; 5. 蒙草生态环境(集团)股份有限公司, 内蒙古呼和浩特 011500; 6. 呼伦贝尔市海拉尔区农牧技术推广中心, 内蒙古呼伦贝尔 021000)

摘要: 苜蓿蚜虫是紫花苜蓿田的一类重要害虫, 主要种类有豌豆蚜(*Acyrtosiphon pisum*)、苜蓿蚜(*Aphis craccivora*)及苜蓿斑蚜(*Therioaphis trifolii*)。为优化紫花苜蓿田苜蓿蚜虫的诱集技术, 为防治苜蓿田蚜虫制定科学详尽的综合防控策略提供科学依据, 分别于2021、2022年连续2 a测定苜蓿生长期8种颜色诱虫板、2个悬挂高度、2个田间位置、每日4个时段等因素对紫花苜蓿(*Medicago sativa*)田内苜蓿蚜虫诱集量的影响。结果表明, 蓝色诱虫板对苜蓿蚜虫具有强烈趋性且对天敌影响小, 2 a平均诱集量分别为57、56头/板; 蓝色诱虫板悬挂高度在50 cm处诱集效果显著高于20 cm处; 诱虫板放置在田间边缘地段较中央地段诱虫板的诱集效果好; 在每日监测的4个时段内, 下午至黄昏时分(15:00—19:00)诱集到苜蓿蚜虫的数量最多。此外, 监测了苜蓿蚜虫的种群动态发生规律, 即每年7月中下旬苜蓿蚜虫为害达到高峰; 第2茬诱集到的苜蓿蚜虫最多, 而每一茬苜蓿在现蕾期蚜虫为害最严重。综上, 蓝色诱虫板放置在田间边缘地段, 悬挂高度为50 cm, 在每天15:00—19:00诱集, 可以达到较好的苜蓿蚜虫诱集效果。

关键词: 苜蓿蚜虫; 诱虫板; 天敌; 紫花苜蓿; 绿色防控

中图分类号: S541⁺.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-2481(2024)03-0137-10

Trapping Technology Optimization for Controlling Alfalfa Aphids in Alfalfa Field

QIAO Lang^{1,2}, HAN Haibin², WANG Zhen¹, ZHANG Zhiqiang³,
WEI Shuhua⁴, NI Peng⁵, XING Liwei⁶, TAN Yao^{1,3}

(1. College of Horticulture and Plant Protection, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010010, China; 2. Institute of Grassland Research of Chinese Academy of Agricultural Science, Hohhot 010020, China; 3. Key Laboratory of Grassland Resources, Ministry of Education P.R. of China, Hohhot 010010, China; 4. Institute of Plant Protection, Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Yinchuan 750002, China; 5. M-Grass Ecology And Environment(Group) Co., Ltd., Hohhot 011500, China; 6. Agricultural and Animal Husbandry Technology Extension Center of Hailaer District in Hulunbuir City, Hulunbuir 021000, China)

Abstract: Alfalfa aphids are important pests in alfalfa fields, including *Acyrtosiphon pisum*, *Aphis craccivora*, and *Therioaphis trifolii*. The aim of this research was to optimize the trapping technology of alfalfa aphids in alfalfa field to provide scientific basis for the development of scientific and detailed comprehensive prevention and control of aphids in alfalfa fields. In this study, effects of the factors including eight colors of sticky boards, two hanging heights, two filed locations, four times of a day on the trapping volume of alfalfa aphids in alfalfa fields for two consecutive years in 2021 and 2022. The results showed that the blue sticky board had a strong tropism to alfalfa aphids, it also had minimal impact on its natural enemies, and the average trapping volume in two years were 57 per trap and 56 per trap, respectively. The trapping effect of the blue sticky board at the hanging height of 50 cm was significantly higher than that at the hanging height of 20 cm. The trapping effect was better when the sticky boards were set at the edge of the alfalfa field than that of the central section. The number of alfalfa aphids trapped at the period from afternoon to dusk(15:00-19:00) was more than other test times in one day. In addition, the annual population dynamics of alfalfa aphids was monitored, that was the damage caused by alfalfa aphids reached its peak in middle to late July every year. The second cutting trapped the most alfalfa aphids, and the damage of alfalfa aphids in the budding stage of each

收稿日期: 2023-08-30

基金项目: 国家自然科学基金项目(32160651); 内蒙古科技攻关项目(2021GG0057, 2022YFHH0034); 国家牧草产业技术体系(CARS-34-39); 中央引导地方项目(2022-184)

作者简介: 乔浪(1998-), 男, 陕西榆林人, 在读硕士, 研究方向: 牧草害虫的发生与防治。

通信作者: 谭瑶(1985-), 女, 内蒙古呼和浩特人, 副教授, 主要从事牧草害虫适应性机制研究工作。

cutting was the most serious. In conclusion, the blue sticky board placed on the edge of the alfalfa field with a hanging height of 50cm, and the trapping in afternoon(15:00-19:00) every day could achieve a better trapping effect of alfalfa aphids.

Key words: alfalfa aphids; sticky boards; natural enemy; *Medicago sativa*; green management

紫花苜蓿 (*Medicago sativa*) 是多年生优质豆科牧草, 具有蛋白种类丰富、产量高、适应性强等特点, 其发达的根系具有很强的根瘤固氮能力, 可增加土壤有机质、改善土壤质量^[1], 是优良的栽培及饲草植物^[2]。紫花苜蓿在我国东北、华北及西北地区普遍种植, 成为牧草产业中的支柱产业^[3], 同时为畜牧、乳制品加工、食品、草地绿化等产业的发展带来了良好的经济效益和生态价值^[4-6]。

苜蓿蚜虫广泛分布于我国各大苜蓿种植区, 具有复杂的生命周期和多态性等特点^[7], 主要种类有豌豆蚜 (*Acyrtosiphon pisum*)、苜蓿蚜 (*Aphis craccivora*)、苜蓿斑蚜 (*Therioaphis trifolii*), 常见于苜蓿植株叶背及幼嫩枝叶, 以刺吸式口器吸取植株汁液^[8], 导致寄主植物叶片卷曲萎蔫, 严重时造成植株矮化、叶片脱落, 显著降低了苜蓿产量^[9]。苜蓿蚜虫作为苜蓿田害虫的优势种群之一, 可分泌毒素于植株内部, 传播病毒^[10], 引起叶片失绿黄化^[11], 分泌蜜露使霉菌大量孳生, 严重危害苜蓿的产量与品质^[12]。

化学药剂的大量使用易造成害虫对杀虫剂产生抗性, 增加防治难度, 绿色防控成为目前害虫治理领域的研究热点之一。昆虫对寄主植物的搜寻定位与视觉识别及嗅觉感受密切相关^[13-14], 同一昆虫不同种群对于颜色的趋性也具有特异性^[15], 色板诱虫技术作为基于此原理的一种绿色防控手段不仅在害虫治理中发挥作用, 同时可运用于害虫的预测预报^[16]、节律监测^[17-18]等方面, 对害虫的综合防效具有预见性、时效性及专一性。同时在色板使用过程中, 不可避免会造成对非靶标昆虫的诱集^[19]。贾娜等^[20]研究表明, 黄板对蚜虫的诱集效果最好, 但对于天敌昆虫的诱集数量也显著高于其他色板。付文等^[21]报道的 4 种诱虫板对烟田靶标昆虫的诱集量占诱虫总量的 54.0%, 而非靶标昆虫和益虫的诱集量分别占 30.8% 和 15.2%。天敌对害虫防控发挥着重要作用^[22-23], 是调控害虫种群动态的关键因素之一^[24], 而利用食蚜蝇、瓢虫、蚜茧蜂等天敌昆虫的捕食与寄生作用也是减轻蚜虫为害的重要途径^[25-26]。植物—害虫—天敌三者的互动关系影响着农田生态系统的稳定和对害虫的可持续控制^[27-28]。因此, 研究色板对害虫诱集作用的同时需兼顾非靶标昆虫对色板的颜色选择, 降低色板诱集对天敌昆

虫的负诱集作用, 是衡量和实现色板绿色、高效、安全防控的重要指标。

本研究在呼和浩特地区利用 8 种色板调查分析了苜蓿蚜虫及其天敌的诱集效果, 通过设置色板不同悬挂高度、不同地段、不同时段等诱集因素以明确对苜蓿蚜虫的诱集差异, 对蚜虫在一年中苜蓿各生长期的种群发生动态进行了监测, 比较了色板在苜蓿不同生长时期对蚜虫的诱集差异, 旨在评价使用色板诱虫技术对苜蓿蚜虫进行种群监测及防治的可行性, 以实现苜蓿蚜虫的绿色防控。

1 材料和方法

1.1 试验材料

苜蓿品种为中草 3 号, 由中国农业科学院草原研究所提供。诱虫板购自中捷四方生物科技股份有限公司, 长方形 (25 cm × 20 cm), 可悬挂于立杆上, 诱虫板颜色及波长见表 1。

表 1 诱虫板颜色及波长
Tab.1 Color and wavelength of sticky boards nm

颜色 Color	波长 Wavelength	颜色 Color	波长 Wavelength
红色 Red	640±10	黄色 Yellow	575±10
绿色 Green	520±10	蓝色 Blue	465±10
紫色 Purple	430±10	白色 White	550±10
粉色 Pink	520±10	黑色 Black	无波长

1.2 试验方法

试验地位于呼和浩特市和林格尔县中国农业科学院草原研究所农牧交错区牧草良种繁育基地 (40°60'N, 111°80'E), 苜蓿蚜虫种类多, 多呈周期性爆发为害。条播种植, 30 cm 行距, 一年刈割 3 次, 所选试验田均为标准的长方形, 苜蓿田设置 6 个重复小区, 每小区面积 660 m² (30 m × 20 m)。

1.2.1 诱虫板颜色及高度对苜蓿蚜虫及天敌的影响 为明确最佳趋性的色板及最适悬挂高度, 在 2021、2022 年第一茬苜蓿生长中期 (5 月 15 日前后) 挂板, 挂板周期为 20 d, 调查不同颜色及不同悬挂高度诱虫板对苜蓿蚜虫的趋性。在每小区每百株苜蓿间设置不同悬挂高度的相同颜色诱虫板 1 块, 悬挂高度分别为 20 cm 和 50 cm, 8 种颜色的色板随机排列, 重复 6 次, 每 5 d 更换一次诱虫板, 并统计

苜蓿蚜虫及其天敌数量^[29]。

1.2.2 诱虫板放置不同地段对诱虫量的影响 为明确色板最佳诱集地段,试验分别于2021、2022年第2茬苜蓿生长中期(6月20日前后)挂板,挂板周期为20 d,于第2茬苜蓿刈割前结束挂板。在1.2.1基础上,在试验田每小区边缘地段及中央地段悬挂色板,每百株苜蓿间悬挂1块诱虫板,重复6次。每5 d更换一次诱虫板,并统计苜蓿蚜虫数量^[29]。

1.2.3 诱虫板在不同时间段对诱虫量的影响 为明确使用色板的每日最佳诱集时间段,试验分别于2021、2022年第3茬苜蓿生长中期(7月30日前后)挂板,挂板周期为20 d,第3茬苜蓿刈割前结束挂板。在试验1.2.1和1.2.2的基础上,以24 h为一个周期,设置上午(7:00—11:00)、中午(11:00—15:00)、下午(15:00—19:00)、晚上(19:00—次日7:00)4个诱集时段,试验田每百株苜蓿间悬挂1块诱虫板,重复6次,不同时段诱虫结束更换诱虫板,并统计苜蓿蚜虫数量^[29]。

1.2.4 苜蓿蚜虫种群发生动态监测 试验从2022年苜蓿返青开始持续挂板至最后一茬苜蓿收割。在1.2.1基础上,选择蓝色诱虫板、悬挂高度为50 cm,全天随机悬挂诱虫板于重复小区内,重复6次。诱虫板每10 d更换1次^[29]。

1.3 数据分析

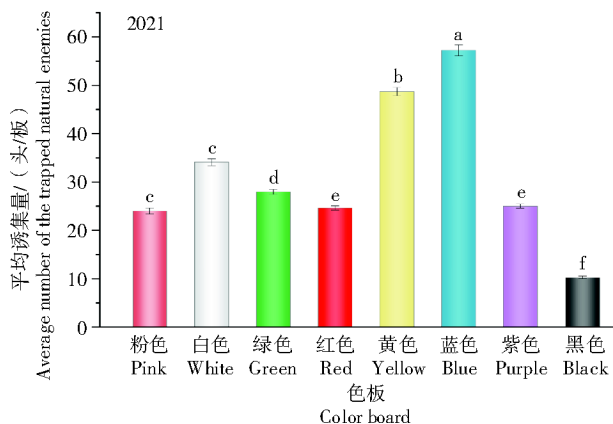
蚜虫及天敌对不同颜色诱虫板的趋性、诱虫板

在每日不同时段、对不同种类苜蓿蚜虫的诱集量、苜蓿不同茬次及不同生育期对蚜虫的诱集量进行单因素方差分析与Tukey检验;同一颜色诱虫板在不同悬挂高度、不同放置地段对苜蓿蚜虫的诱集量进行t-检验。数据分析软件为IBM SPSS Statistics 26.0,绘图软件为OriginPro 2021^[29]。

2 结果与分析

2.1 苜蓿蚜虫对不同颜色诱虫板的趋性

2021年研究结果表明(图1),苜蓿蚜虫对蓝板(57头/板)趋性最强,对黑板(10头/板)趋性最弱,其他颜色诱虫板诱集效果依次为黄色(49头/板)>白色(34头/板)>绿色(28头/板)>紫色(25头/板)>红色(25头/板)>粉色(24头/板),其中粉色与红色($P=1.00$)、紫色($P=0.99$),红色与紫色($P=1.00$)板对蚜虫的诱集量无显著差异,而白板、绿板、黄板、蓝板、黑板的诱集效果均与其他色板间存在显著差异($P<0.05$);2022年研究结果表明(图1),蓝色(56头/板)依旧为趋性最强的颜色,其次为黄板(51头/板),两者之间无显著差异($P=0.42$);绿色(37头/板)与白色(37头/板)诱虫板对蚜虫的诱集量无显著差异($P=1.00$),紫色(16头/板)与粉色(17头/板)相比无显著差异($P=0.87$),但显著低于红板(20头/板, $P<0.05$)。

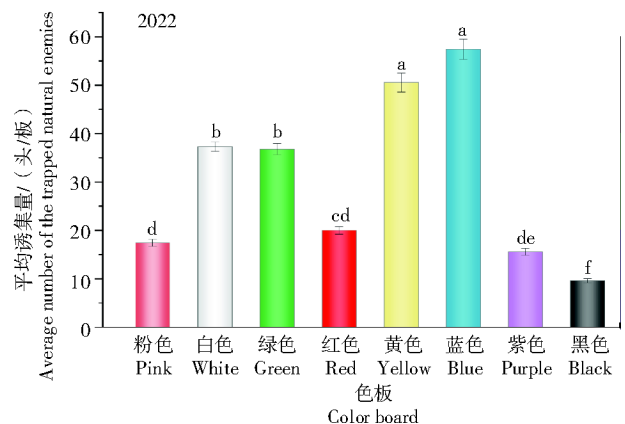


不同小写字母表示在0.05水平差异显著,图4、6、7同

Different lowercase letters indicated significant differences at 0.05 level, The same as Tab4, 6, 7

图1 不同颜色诱虫板上苜蓿蚜虫的平均诱集量

Fig.1 Average trapping volume of alfalfa aphids on different color of sticky boards



2.2 不同颜色诱虫板对苜蓿蚜虫天敌的诱集效果

从表2可以看出,黄板对食蚜蝇诱集最多(2021年9.58头/板,2022年8.25头/板),显著高于其他色板($P<0.05$);蓝板对瓢虫诱集最多(2021年11.50头/板,2022年9.50头/板);而黄板对草蛉及

花蝽(草蛉科2021年4.67头/板,2022年4.07头/板;花蝽科2021年7.33头/板,2022年7.75头/板)、绿板对草蛉及花蝽(草蛉科2021年4.50头/板,2022年5.00头/板;花蝽科2021年8.08头/板,2022年7.42头/板)表现出较高的吸引力;此外,黄板对寄

生性天敌蚜茧蜂的诱集作用更强(2021年3.33头/板,2022年2.92头/板),与其他7种色板诱集作用相比无显著差异。

表 2 不同色板对苜蓿蚜虫天敌昆虫的诱集效果
Tab.2 Trapping effects of different color boards on natural enemies of alfalfa aphids 头/板

年份 Year	颜色 Color	平均诱集量 Average number of the trapped natural enemies				
		食蚜蝇科 Syrphidae	瓢虫科 Coccinellidae	草蛉科 Chrysopidae	茧蜂科 Braconidae	花蝽科 Anthocoridae
2021	蓝色	3.25±0.81b	11.50±0.78a	2.92±0.53ab	3.08±0.47a	7.50±0.89a
	白色	4.25±0.45b	3.83±0.42b	2.17±0.39a	1.75±0.33a	6.00±0.56a
	绿色	3.83±0.37b	5.17±0.49b	4.50±0.50b	3.08±0.51a	8.08±0.53ab
	黄色	9.58±0.48a	9.83±0.64a	4.67±0.31c	3.33±0.71a	7.33±0.36a
	粉色	3.58±0.38b	4.33±0.51b	2.33±0.33a	2.50±0.50a	4.92±0.60c
	红色	2.75±0.39b	5.42±0.58b	2.33±0.40a	2.50±0.40a	3.75±0.54c
	紫色	4.00±0.37b	1.92±0.29c	1.33±0.28ad	2.00±0.30a	5.42±0.45ac
	黑色	1.50±0.34c	1.58±0.36c	1.17±0.30ad	1.58±0.29a	3.00±0.48c
	F	53.19	44.23	11.25	2.06	10.32
P	<0.05	<0.05	<0.05	0.06	<0.05	
2022	蓝色	6.83±0.75a	9.50±0.70a	3.75±0.33a	1.67±0.28a	7.58±0.93a
	白色	3.50±0.40b	3.58±0.40b	2.17±0.35abc	1.75±0.33a	5.58±0.60a
	绿色	3.33±0.28b	4.58±0.43b	5.00±0.52ad	2.08±0.26a	7.42±0.45ab
	黄色	8.25±0.41a	8.92±0.60a	4.08±0.29ad	2.92±0.57a	7.75±0.33ab
	粉色	4.17±0.42b	3.67±0.50bc	1.75±0.30bc	1.83±0.41a	4.58±0.50ac
	红色	2.25±0.39b	4.83±0.56b	1.92±0.40bc	2.00±0.35a	4.83±0.53ac
	紫色	4.33±0.48b	1.50±0.29cd	1.25±0.18bc	2.00±0.30a	4.17±0.55ac
	黑色	3.42±0.29b	1.67±0.23c	2.00±0.28bc	1.28±0.10a	2.83±0.47c
	F	35.44	37.79	14.92	1.34	10.20
P	<0.05	<0.05	<0.05	0.24	<0.05	

注:不同小写字母表示在0.05水平上差异显著。表4、5同。
Note: Different lowercase letters indicated significant differences at 0.05 level. The same as Tab.4-5.

图2显示了所诱集到的苜蓿蚜虫的天敌种类及比例,其中瓢虫科昆虫占天敌总数的26.95%,包括多异瓢虫 *Adonia variegata* 为5.64%、异色瓢虫 *Harmonia axyridis* 为5.00%、七星瓢虫 *Coccinella septempunctata* 为4.52%、双七瓢虫 *Coccinula sinensis* 为4.16%、菱斑巧瓢虫 *Oenopia conglobata* 为4.08%、方斑瓢虫 *Propylaea quatuordecimpunctata* 为3.55%;其次为食蚜蝇科,分别为长尾管蚜蝇

Eristalis tenax 为10.89%、黑带食蚜蝇 *Episyrphus balteatus* 为8.40%、大灰食蚜蝇 *Eupeodes corollae* 为6.90%;花蝽科的东亚小花蝽 *Orius sauteri* 占比为23.67%;草蛉科昆虫主要有中华通草蛉 *Chrysoperla sinica* 和普通草蛉 *Chrysopa carnea*,占比分别为7.76%和6.11%;茧蜂科昆虫主要为麦蚜茧蜂 *Ephedrus plagiator*,占比为9.32%。

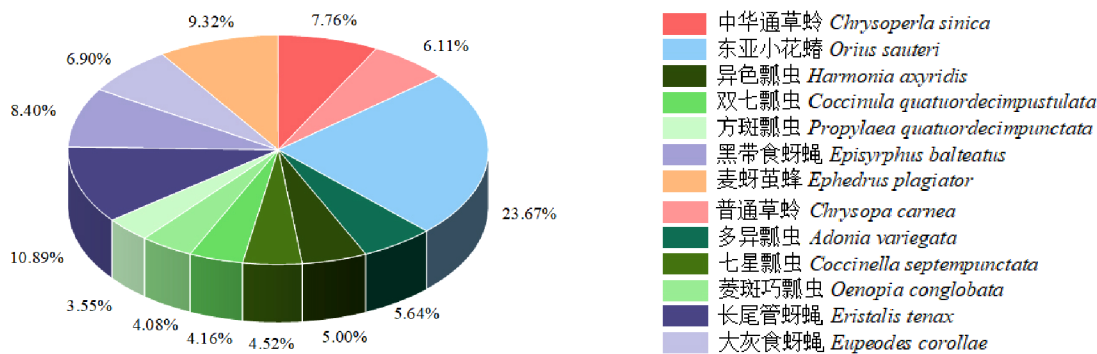


图2 天敌昆虫种类及占比
Fig. 2 Species and proportion of natural enemies

表3显示了不同年份不同色板诱捕苜蓿蚜虫及其天敌的益害比,其中黑色诱虫板的平均益害比最高(0.87),白板最低(0.49),蓝板益害比为0.50。

表3 不同颜色诱虫板苜蓿蚜虫及天敌益害比
Tab.3 Benefit and harm ratio of alfalfa aphids and natural enemies with different color of sticky boards

指标 Index		蓝色 Blue	白色 White	绿色 Green	黄色 Yellow	粉色 Pink	红色 Red	紫色 Purple	黑色 Black
Benefit and harm ratio	2021年	0.49	0.53	0.88	0.71	0.69	0.68	0.59	0.86
	2022年	0.56	0.44	0.61	0.63	0.92	0.80	0.85	0.88
	平均值	0.50	0.49	0.75	0.67	0.81	0.74	0.72	0.87

注:益害比=捕食性天敌数量/苜蓿蚜虫数量。
Note: The benefit and harm ratio=number of predatory natural enemies/number of alfalfa aphids.

2.3 不同悬挂高度诱虫板对苜蓿蚜虫的诱集效果

8种不同颜色的诱虫板悬挂在植株冠层(高约50 cm)处的诱集效果更好。2021年结果显示(图3),绿色(悬挂50、20 cm 诱集量分别为32、28头/板)、紫色(悬挂50、20 cm 诱集量分别为28、26头/板)诱虫板无显著差异($P>0.05$)。其余色板差异显著($P<0.05$),其中,白板悬挂50、20 cm 诱集量分别为40、28头/板;蓝板悬挂50、20 cm 诱集量分别为67、47头/板;粉板悬挂50、20 cm 诱集量分别为30、19头/板;红板悬挂50、20 cm 诱集量分别为28、21头/板;黄板悬挂50、20 cm 诱集量分别为56、

41头/板;黑板悬挂50、20 cm 诱集量分别为12、9头/板。2022年诱集结果显示(图3),与2021年不同的是,粉色(悬挂50、20 cm 诱集量分别为20、15头/板)、黑色(悬挂50、20 cm 诱集量分别为11、8头/板)诱虫板在不同悬挂高度之间无显著差异($P>0.05$);绿色(悬挂50、20 cm 诱集量分别为42、32头/板)、紫色(悬挂50、20 cm 诱集量分别为18、13头/板)诱虫板在不同悬挂高度间的诱集效果差异显著($P<0.05$)。其余设置不同高度的色板诱集差异与2021年相比均无显著变化。

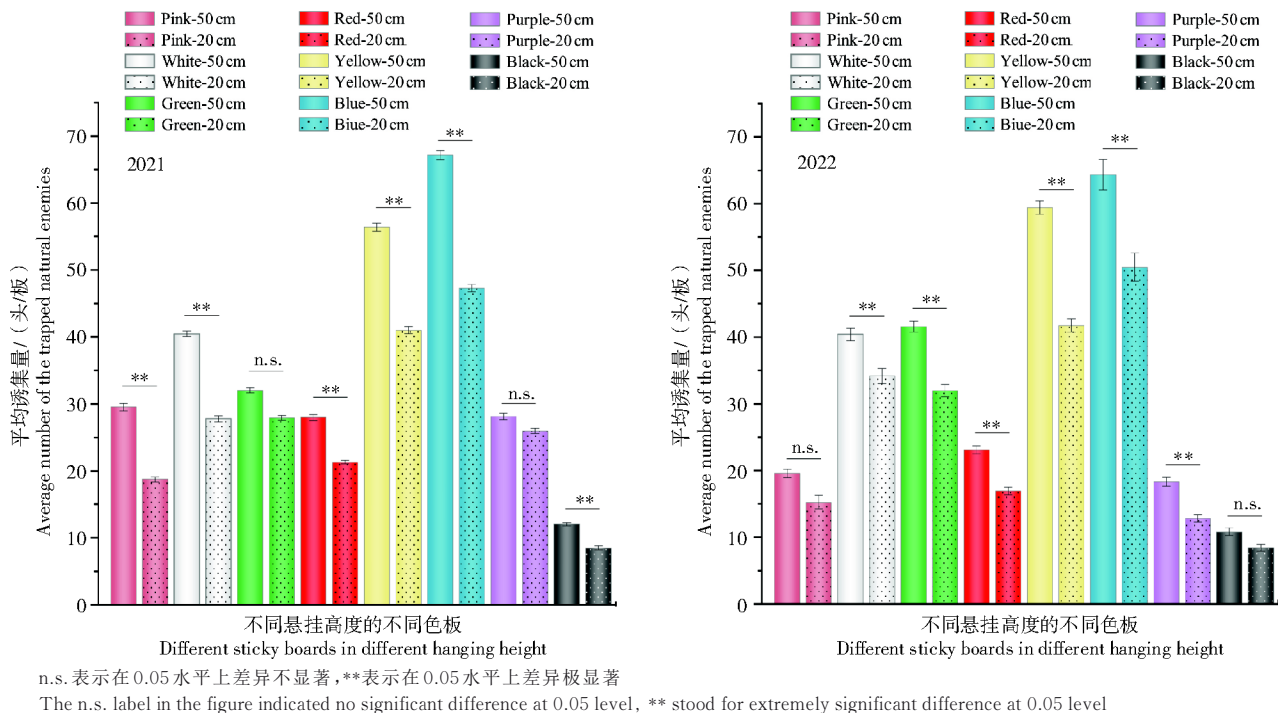


图3 不同悬挂高度诱虫板对苜蓿蚜虫的平均诱集量
Fig.3 Average number of the trapped alfalfa aphids per board in different hanging height

2.4 不同地段诱虫板对苜蓿蚜虫的诱集效果

在试验田边缘和中央地段中分别设置高度相同的同色诱虫板,结果表明(表4),边缘地段的诱

虫板诱集效果更好,与中央地段诱集结果差异显著($P<0.05$)。

表 4 不同地段诱虫板对苜蓿蚜虫的平均诱集量
Tab.4 Average number of the trapped alfalfa aphids per board in different sections

年份 Year	诱集地段 Section	色板总数 Number of color boards	平均诱集量/(头/板) Average number of the trapped alfalfa aphids	df	t	P
2021	边缘地段	48	33.23±0.34a	94	5.58	<0.01
	中央地段	48	30.65±0.32b			
2022	边缘地段	48	38.38±0.61a	94	12.67	<0.01
	中央地段	48	28.90±0.43b			

2.5 不同时间段诱虫板对苜蓿蚜虫的诱集效果

不同时间段诱虫板诱集结果显示(图4),以24 h为1个诱集周期内,诱集效果依次为下午(15:00—19:00)(2021年27头/板、2022年23头/板)>中午(11:00—15:00)(2021年19头/板、2022年20头/板)>上午(7:00—11:00)(2021年18头/板、2022年18头/板)>晚上(19:00—次日7:00)(2021年9头/板、2022年12头/板),下午至黄昏的时间段内诱集到的虫量最多,与其他时段差异显著。

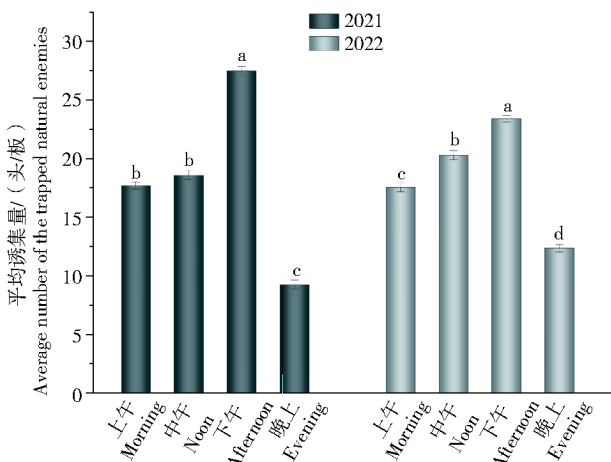


图 4 不同时间段诱虫板的平均诱集量
Fig.4 Average number of the trapped alfalfa aphids per board in different times

2.6 苜蓿蚜虫种群动态变化

从图5可以看出,苜蓿生长期内,苜蓿蚜虫种群消长动态呈多峰型。第1茬苜蓿生长期,种群数量分别于5月20日和6月10日达到高峰,平均诱集量分别为31、39头/板;第2茬苜蓿生长期,苜蓿蚜虫种群数量呈先升后降的趋势,于6月30日达到高峰,平均诱集量达75头/板;第3茬苜蓿生长期,7月中下旬为蚜虫为害盛期,7月25日达到最高峰,平均诱集量为83头/板,之后逐渐下降,于8月5日后种群数量上升,8月15日达到最后一个小高峰,平均诱集量为53头/板,随后逐渐下降至第3茬苜蓿刈割。

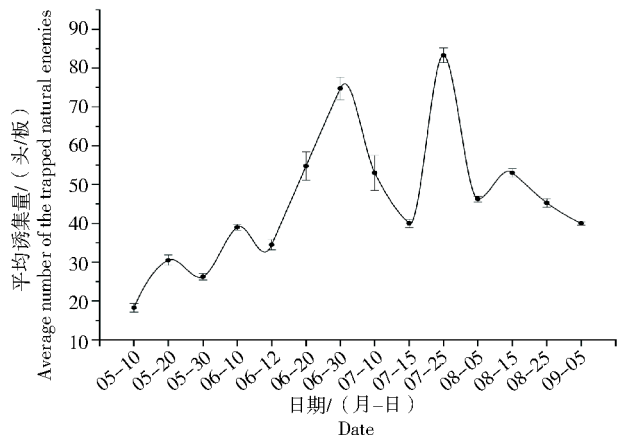


图 5 苜蓿蚜虫种群动态变化趋势
Fig.5 Trends of dynamics of alfalfa aphids population

在苜蓿整个生长期,比较了不同茬次之间色板对苜蓿蚜虫的诱集差异,结果显示(图6),第2茬苜蓿生长期苜蓿蚜虫平均诱集量最高(66头/板),其次为第3茬(45头/板),第1茬平均诱集量最少(30头/板),诱集量差异显著(P<0.05)。

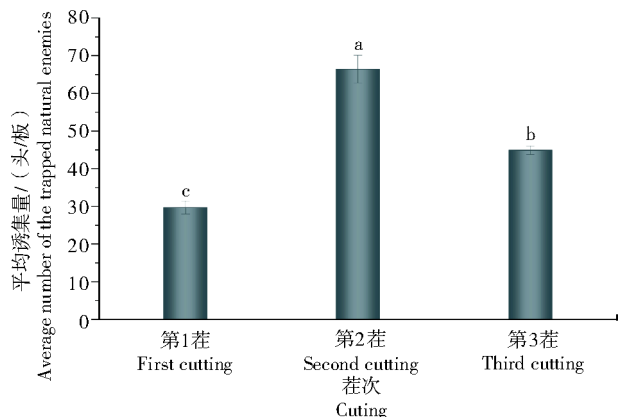


图 6 不同茬次苜蓿蚜虫的诱集差异
Fig.6 Trapping differences of alfalfa aphids under different cuttings

由图7可知,在第1、第2茬苜蓿不同生育期,诱虫板诱集效果大小表现为现蕾期>盛花期>初花期>返青期;在第3茬苜蓿不同生育期,现蕾期诱集量最高(52头/板),再生期诱集量(41头/板)高于盛花期(36头/板),低于初花期(43头/板),但差异均不显著。

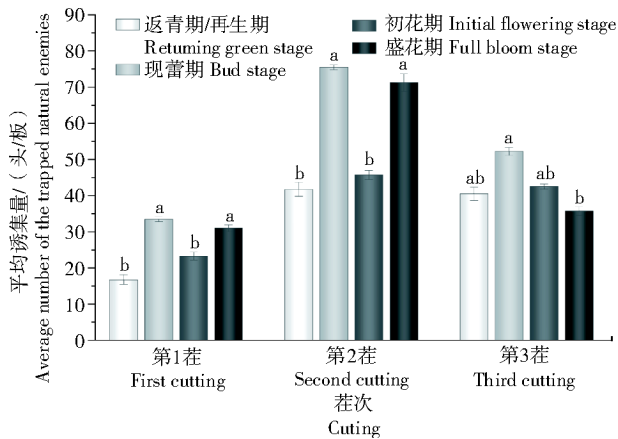


图7 苜蓿不同生育期苜蓿蚜虫的诱集差异
Fig.7 Trapping differences of alfalfa aphids in different growth stages of *M. sativa*

从表5可以看出,第1茬苜蓿生长期间,诱虫板对豌豆蚜(*Acyrtosiphon pisum*)(14头/板)、苜蓿蚜(*Aphis craccivora*)(6头/板)、苜蓿斑蚜(*Therioaphis trifolii*)(10头/板)的平均诱集量存在显著差异($P<0.05$),占比分别为46.75%、19.48%、33.77%;第2茬苜蓿生长期间,豌豆蚜、苜蓿蚜、苜蓿斑蚜的平均诱集量分别为19、9、29头/板,存在显著差异($P<0.05$),占比分别为32.62%、16.16%、51.22%;第3茬苜蓿生长期间,诱虫板对苜蓿斑蚜(32头/板)的平均诱集量显著高于豌豆蚜(16头/板)和苜蓿蚜(6头/板)($P<0.05$),占比依次为59.30%、29.60%、11.10%。

表5 紫花苜蓿田苜蓿蚜虫发生种类及比例
Tab.5 Species and proportion of alfalfa aphids in alfalfa field

苜蓿茬次 Different cutting	蚜虫种类 Species of aphids	平均诱集量/(头/板) Average number of the trapped alfalfa aphids	自由度 df	发生比例/% Percentage	F	P
第1茬 First cutting	豌豆蚜	14.00±0.40a	51	46.75	106.17	<0.05
	苜蓿蚜	5.83±0.36c		19.48		
	苜蓿斑蚜	10.11±0.41b		33.77		
第2茬 Second cutting	豌豆蚜	18.50±0.52b	51	32.62	259.75	<0.05
	苜蓿蚜	9.17±0.51c		16.16		
	苜蓿斑蚜	29.06±0.78a		51.22		
第3茬 Third cutting	豌豆蚜	16.00±0.49b	51	29.60	446.86	<0.05
	苜蓿蚜	6.03±0.39c		11.10		
	苜蓿斑蚜	32.06±0.88a		59.30		

3 结论与讨论

发展草业对维护国家生态安全、加快草场生态建设、经济繁荣、畜牧业发展有重要意义,而不断爆发的苜蓿病虫害严重制约着饲草及畜牧相关产业的发展^[30],其中苜蓿蚜虫的危害日趋加重^[31]。伴随着绿色植保理念的提出,探索与应用高效率、低污染、无公害的环境良好型病虫害防控技术已成为共识,以色列诱集为代表的物理防治方法操作简便、安全有效,可为苜蓿田蚜虫精准、绿色防治提供新的理论依据和实践经验。

本研究用8种颜色的诱虫板在紫花苜蓿田诱集蚜虫,结果表明,田间苜蓿蚜虫对不同颜色诱虫板具有强烈的选择性,其中对蓝色诱虫板趋性最高。在前人的研究报道中,多以黄板对蚜虫的诱集效果显著^[32-33],这与诱虫板颜色、蚜虫种类及寄主植物等密切相关。而蓝色诱虫板在其他害虫的诱集中效果显著,有研究表明,蔬菜害虫灰地种蝇对蓝

色诱虫板趋性最高,且蓝板对菜地益虫伤害较小^[34]。此外,蓝色诱虫板广泛应用于蓟马类害虫的治理,其对丽花蓟马(*Frankliniella intonsa*)^[35]、普通大蓟马(*Megalurothrips usittus*)^[36]、黄胸蓟马(*Thrips hawaiiensis*)^[37]等害虫的诱杀能力均高于其他色板。同时,本研究分析了色板对天敌的诱集作用,白板益害比最低,与蓝板无显著差异,但诱集蚜虫效果却显著低于蓝板,因此,使用蓝板防治苜蓿田蚜虫能获得较好的诱集效果。前人报道发现,黄板对天敌的误杀作用显著^[38-39]。本试验也发现,尽管黄板诱蚜效果仅次于蓝板,但其对苜蓿蚜虫天敌食蚜蝇、草蛉、蚜茧蜂、小花蝽均表现出较强的诱集作用,因此,不建议在紫花苜蓿田中使用。黑色、粉色这种对蚜虫诱集能力弱、对天敌诱集能力强的色板不推荐使用。

本研究中,悬挂高度在植株冠层处的色板能诱集到更多的苜蓿蚜虫,这与蚜虫的为害特性和植物的生长状况密切相关。蚜虫具有为害植株叶片及

叶背的特性^[40],作为传毒昆虫其通过取食传播病毒,可引起植物叶片病害大面积发生^[41-43];此外,在干旱条件下,苜蓿叶片积累营养物质和光合作用的能力增强,以抵御干旱胁迫^[44]。本试验正值苜蓿生长中期,降雨量少,苜蓿植株易受干旱胁迫致使冠层部位积累的营养元素含量显著上升,因此,幼嫩的植株冠层会吸引更多的蚜虫取食为害。

设置在边缘地段的诱虫板能诱集到更多的苜蓿蚜虫,可能与试验期间苜蓿田间温湿度相关。前人研究结果表明,蚜虫的发生量与相对湿度呈显著负相关^[45]。本试验期间降雨量少且苜蓿田边缘地段植株间隙大、通风良好,高温干燥的环境为蚜虫的生长发育提供了有利条件。此外,边缘地段空间大、杂草多,随着苜蓿生长及衰老,苜蓿蚜虫向其他植物迁移,使得边缘地段的诱虫板能诱集到更多的蚜虫。温度及光照条件也会影响一天中不同时段色板的诱集效果,张蓓蓓等^[46]报道,豌豆蚜取食和活动的最适温度在 18~30℃,本试验中下午至黄昏(15:00—19:00)的时段气温逐渐降低,苜蓿蚜虫活动频繁,随着日落后天光照变弱,其取食与活动减弱,致使诱集量显著下降。

苜蓿蚜虫种群在监测期间呈现 5 个高峰期,且不同高峰期间隔时间短,这与蚜虫生活周期短、繁殖能力强有关^[47],蚜虫一年可繁殖 10~30 代,世代重叠严重。苜蓿生长期 6 月中旬至 7 月中旬是蚜虫为害的第 3 个高峰期,持续时间长,此时干旱少雨的气候也导致了第 2 茬苜蓿生长期对蚜虫的诱集量显著高于其他 2 茬;第 4 个高峰期为苜蓿蚜虫为害最盛期,此时期降雨量大且时时伴随大风天气,因此,高峰持续时间较短;8 月中下旬,蚜虫发生数量逐渐下降。同一茬内,现蕾期的苜蓿植株营养含量最高^[48-49],因此,色板在现蕾期对蚜虫的诱集量显著高于其他生育期。紫花苜蓿作为蜜源植物,能为害虫生长繁殖提供必要的营养^[50],在盛花期依然能吸引大量蚜虫吸食蜜露,因此,本试验中苜蓿前 2 茬盛花期对蚜虫的诱集量也相对较高。

此外,本研究鉴定并统计了 3 茬苜蓿生长中蚜虫的种类及发生比例,结果显示,豌豆蚜为苜蓿生长前期的优势种。有研究表明,光周期显著影响豌豆蚜的生长发育^[51],在短光照条件下,豌豆蚜种群繁殖力更强^[52];苜蓿斑蚜在苜蓿生长中后期发生严重,具有高爆发、为害周期长等特点,与其适应于干旱环境有关^[53]。本试验中苜蓿生长前期光照时间短,而生长中后期气候干旱,不同的生境因素导致

了 2 种蚜虫在不同时期爆发;苜蓿蚜为害较轻,发生种群比例相对恒定。

综上,本研究明确了呼和浩特地区紫花苜蓿田苜蓿蚜虫的发生规律,为制定科学有效的色板诱杀方案奠定理论基础。利用诱虫板诱杀苜蓿蚜虫效果显著,应用前景广阔,但研究发现,色板诱杀仍有短板需要改进,如试验过程中色板诱杀效果易受高温、降雨、大风等外界因素的影响。未来将进一步优化试验方案,并综合评价诱虫板、诱虫灯、性诱剂等多种措施的联防效果,以期制定对紫花苜蓿田蚜虫的绿色监防策略。

参考文献:

- [1] NIU Y N, LUO Z Z, CAI L Q, et al. Continuous monoculture of alfalfa and annual crops influence soil organic matter and microbial communities in the rainfed Loess Plateau of China[J]. *Agronomy*, 2020, 10(7):1054.
- [2] SHEN X H, LI J D, FENG P, et al. Root physiological traits and cold hardiness of alfalfa grown alone or mix-sowed with meadow fescue[J]. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil & Plant Science*, 2017, 67(3):235-244.
- [3] 赵娇阳,朱慧森,张士敏,等. 8 个紫花苜蓿品种在山西中部地区的农艺性状和营养价值评价[J]. *山西农业科学*, 2021, 49(4):414-419.
ZHAO J Y, ZHU H S, ZHANG S M, et al. Evaluation on agronomic characters and nutritional value of 8 alfalfa varieties in central Shanxi province[J]. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 2021, 49(4):414-419.
- [4] 王斌,李满有,王欣盼,等. 深松浅旋对半干旱区退化紫花苜蓿人工草地改良效果研究[J]. *草业学报*, 2022, 31(1):107-117.
WANG B, LI M Y, WANG X P, et al. Combined ploughing and tilling to improve degraded alfalfa (*Medicago sativa*) stands in a semi-arid region[J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2022, 31(1):107-117.
- [5] 韩颜隆,刘晓静,王静,等. 施氮对不同品种紫花苜蓿根系特性和生产性能的影响[J]. *草地学报*, 2022, 30(2):379-384.
HAN Y L, LIU X J, WANG J, et al. Effects of nitrogen application on root characteristics and productivity of different alfalfa cultivars[J]. *Acta Agrestia Sinica*, 2022, 30(2):379-384.
- [6] 张海铨,霍文婕,陈雷,等. 添加剂对紫花苜蓿青贮品质及小肠可吸收氨基酸的影响[J]. *草地学报*, 2022, 30(5):1302-1309.
ZHANG H X, HUO W J, CHEN L, et al. Effects of additives on the fermentation quality and the absorption of amino acids in the small intestine of alfalfa silage[J]. *Acta Agrestia Sinica*, 2022, 30(5):1302-1309.
- [7] LI Y Q, CHEN J, QIAO G X. Complete mitochondrial genome of the aphid *Hormaphis betulae*(Mordvilko)(Hemiptera: Aphididae: Hormaphidinae) [J]. *Mitochondrial DNA. Part A*, 2017, 28(2):265-266.
- [8] KIPNYARGIS A C, KHAMIS F M, KENYA E U, et al. Genetic diversity of aphid (Hemiptera: Aphididae) species attacking amaranth and nightshades in different agro-ecological zones of Kenya and Tanzania[J]. *African Entomology*, 2018, 26(2):

- 407-421.
- [9] SONG L M, WANG X M, LIU Y Q, et al. Characterization of antennal sensilla and immunolocalization of odorant-binding proteins on spotted alfalfa aphid, *Therioaphis trifolii* (monell) [J]. *Frontiers in Physiology*, 2020, 11: 606575.
- [10] JACQUES S, SPERSCHNEIDER J, GARG G, et al. A functional genomics approach to dissect spotted alfalfa aphid resistance in *Medicago truncatula* [J]. *Scientific Reports*, 2020, 10(1): 22159.
- [11] ZHAO H L, ULLAH H, MCNEILL M R, et al. Inhibitory effects of plant trypsin inhibitors *Msti-94* and *Msti-16* on *Therioaphis trifolii* (Monell) (Homoptera: Aphididae) in alfalfa [J]. *Insects*, 2019, 10(6): 154.
- [12] HE C G, ZHANG X G. Field evaluation of lucerne (*Medicago sativa* L.) for resistance to aphids in Northern China [J]. *Australian Journal of Agricultural Research*, 2006, 57(4): 471.
- [13] ZHANG X, PENGSAKUL T, TUKAYO M, et al. Host-location behavior of the tea green leafhopper *Empoasca vitis* Göthe (Hemiptera: Cicadellidae): olfactory and visual effects on their orientation [J]. *Bulletin of Entomological Research*, 2018, 108(4): 423-433.
- [14] FARNIER K, STEINBAUER M J. Elevated anthocyanins protect young *Eucalyptus* leaves from high irradiance but also indicate foliar nutritional quality to visually attuned psyllids [J]. *Ecological Entomology*, 2016, 41(2): 168-181.
- [15] AYSE Y, JOHANNES S. Colour vision in ants (Formicidae, Hymenoptera) [J]. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 2022, 377(1862): 2021.
- [16] SÉTAMOU M, SALDAÑA R R, HEARN J M, et al. Screening sticky cards as a simple method for improving efficiency of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) monitoring and reducing nontarget organisms [J]. *Journal of Economic Entomology*, 2019, 112(3): 1167-1174.
- [17] DYER J E, TALAMAS E J, LESKEY T C, et al. Evaluating chemical cues associated with *Halyomorpha halys* toward enhanced sensitivity of surveillance for *Trissolcus japonicus* [J]. *Environmental Entomology*, 2022, 51(4): 679-687.
- [18] MACHTINGER E T, BURGESS E R. Evaluation of filth fly species composition and abundance using two monitoring methods in swine confinement housing [J]. *Journal of Medical Entomology*, 2020, 57(6): 1812-1820.
- [19] 宋卓琴, 郭媛, 高磊, 等. 不同蜂种为紫花苜蓿授粉的行为与效果研究 [J]. *山西农业科学*, 2017, 45(11): 1856-1858.
SONG Z Q, GUO Y, GAO L, et al. Study on pollinating behavior and effect of different bees for alfalfa [J]. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 2017, 45(11): 1856-1858.
- [20] 贾娜, 刘靖, 卢威成, 等. 不同颜色粘虫板对葡萄园昆虫的诱集效应 [J]. *中国果树*, 2021(2): 31-35.
JIA N, LIU J, LU W C, et al. Trapping effects of sticky traps in different colors on insects in the vineyard [J]. *China Fruits*, 2021(2): 31-35.
- [21] 付文, 李永川, 季梅, 等. 烟田应用粘虫色板的生态影响研究 [J]. *中国植保导刊*, 2017, 37(4): 33-37.
FU W, LI Y C, JI M, et al. Study on ecological impact of application of armyworm color plate in tobacco field [J]. *China Plant Protection*, 2017, 37(4): 33-37.
- [22] ÁLVAREZ H A, JIMÉNEZ-MUÑOZ R, MORENTE M, et al. Ground cover presence in organic olive orchards affects the interaction of natural enemies against *Prays oleae*, promoting an effective egg predation [J]. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2021, 315: 107441.
- [23] ITURRALDE-GARCÍA R D, RIUDAUVETS J, CASTAÑE C. Biological control of *Callosobruchus chinensis* (Coleoptera: Chrysomelidae) in stored chickpeas through the release of natural enemies [J]. *Biological Control*, 2020, 149: 104322.
- [24] 李姣, 金晨钟, 龙大彬, 等. 天敌昆虫对害虫的非直接致死效应 [J]. *应用昆虫学报*, 2014, 51(4): 863-870.
LI J, JIN C Z, LONG D B, et al. Non-lethal effects of a natural enemy on herbivore insect population [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2014, 51(4): 863-870.
- [25] SOLEIMANI S, MADADI H. Seasonal dynamics of the pea aphid, *Acyrtosiphon pisum* (Harris), its natural enemies the seven spotted lady beetle *Coccinella septempunctata* Linnaeus and variegated lady beetle *Hippodamia variegata* Goeze, and their parasitoid *Dinocampus coccinellae* (Schrank) [J]. *Journal of Plant Protection Research*, 2015, 55(4): 421-428.
- [26] 孙骊珠, 罗兰, 孙娟, 等. 苜蓿田节肢动物种类调查和主要害虫与天敌种群动态及其关系分析 [J]. *草地学报*, 2016, 24(5): 1087-1093.
SUN L Z, LUO L, SUN J, et al. Investigations of arthropod community and major pests and natural enemies population dynamics as well as their relationship in alfalfa field [J]. *Acta Agrestia Sinica*, 2016, 24(5): 1087-1093.
- [27] 戈峰, 吴孔明, 陈学新. 植物-害虫-天敌互作机制研究前沿 [J]. *应用昆虫学报*, 2011, 48(1): 1-6.
GE F, WU K M, CHEN X X. Major advance on the interaction mechanism among plants, pest insects and natural enemies in China [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2011, 48(1): 1-6.
- [28] CHEN X, JAWORSKI C C, DAI H J, et al. Combining banker plants to achieve long-term pest control in multi-pest and multi-natural enemy cropping systems [J]. *Journal of Pest Science*, 2022, 95(2): 685-697.
- [29] 谭瑶, 乔浪, 李玲, 等. 不同诱虫色板及悬挂方式对紫花苜蓿田牧草盲蝽的诱集效果 [J]. *草地学报*, 2023, 31(4): 1226-1233.
TAN Y, QIAO L, LI L, et al. The effect of different color and hanging methods of sticky boards on trapping the tarnished *Lygus pratensis* (Hemiptera: Miridae) in alfalfa field [J]. *Acta Agrestia Sinica*, 2023, 31(4): 1226-1233.
- [30] 李霜, 杜桂林, 尹晓飞, 等. 我国饲草重大病虫鼠害研究进展 [J]. *中国生物防治学报*, 2020, 36(1): 9-16.
LI S, DU G L, YIN X F, et al. Research advance in forage diseases, insect pests and rodents in China [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2020, 36(1): 9-16.
- [31] 罗兰, 杨国锋, 刘兆良, 等. 啮虫脍和吡蚜酮对苜蓿蚜虫和蓟马的防效及残留 [J]. *中国草地学报*, 2017, 39(6): 21-25.
LUO L, YANG G F, LIU Z L, et al. Control efficacy of acetamiprid and pymetrozine on alfalfa aphides and *Thrips* and the residues in alfalfa [J]. *Chinese Journal of Grassland*, 2017, 39(6): 21-25.
- [32] 蒋月娥, 杨广. 不同黄板和二混合色板对烟蚜的引诱作用 [J]. *应用昆虫学报*, 2018, 55(6): 1105-1110.

- JIANG Y E, YANG G. The attractiveness of different yellow sticky cards and bi-colored sticky cards to the green peach aphid, *Myzus persicae*[J]. Chinese Journal of Applied Entomology, 2018, 55(6): 1105-1110.
- [33] 万海霞, 杨崇庆, 张国辉, 等. 色板在胡麻害虫监测中的应用效果[J]. 中国植保导刊, 2015, 35(1): 51-55.
WAN H X, YANG C Q, ZHANG G H, et al. Effects of insect pests dynamic monitoring on flax by color board[J]. China Plant Protection, 2015, 35(1): 51-55.
- [34] 吴霜, 张谊模, 刘玉英, 等. 6 种颜色粘虫板对春季菜地昆虫的诱集效应[J]. 环境昆虫学报, 2021, 43(6): 1589-1595.
WU S, ZHANG Y M, LIU Y Y, et al. Effectiveness of six different colored sticky traps on trapping insects in spring vegetable field[J]. Journal of Environmental Entomology, 2021, 43(6): 1589-1595.
- [35] 欧善生, 简峰, 苏桂花, 等. 丽花蓟马对不同颜色的趋性及田间诱杀效果研究[J]. 植物保护, 2012, 38(6): 174-177.
OU S S, JIAN F, SU G H, et al. Taxis of *Frankliniella intonsa* on *Lonicera confusa* to different colors and field control effect of sticky cards[J]. Plant Protection, 2012, 38(6): 174-177.
- [36] 闫凯莉, 唐良德, 吴建辉. 普通大蓟马对不同颜色的趋性及日节律调查[J]. 应用昆虫学报, 2017, 54(4): 639-645.
YAN K L, TANG L D, WU J H. Color preferences and diurnal rhythm of *Megalurothrips usitatus* (Bagrall) (Thysanoptera: Thripidae)[J]. Chinese Journal of Applied Entomology, 2017, 54(4): 639-645.
- [37] 夏西亚, 付步礼, 邱海燕, 等. 黄胸蓟马对颜色的趋性反应[J]. 应用昆虫学报, 2017, 54(2): 230-236.
XIA X Y, FU B L, QIU H Y, et al. Preference of *Thrips hawaiiensis* for different colors[J]. Chinese Journal of Applied Entomology, 2017, 54(2): 230-236.
- [38] 郑颖姘, 钮羽群, 崔桂玲, 等. 秋末苏南茶园昆虫的群落组成及其趋色性[J]. 生态学报, 2013, 33(16): 5017-5025.
ZHENG Y C, NIU Y Q, CUI G L, et al. Community composition and phototaxis of insects in tea plantations in Southern Jiangsu Province during late fall[J]. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(16): 5017-5025.
- [39] 杜浩, 高旭辉, 刘坤, 等. 不同颜色色板对梨园昆虫的诱集效应[J]. 植物保护, 2019, 45(2): 188-192.
DU H, GAO X H, LIU K, et al. Trapping effect of sticky traps in different colors on insects in pear orchards[J]. Plant Protection, 2019, 45(2): 188-192.
- [40] 武立举, 董秀霞. 日光温室蔬菜“五小”害虫综合防控技术[J]. 中国植保导刊, 2022, 42(1): 59-60.
WU L J, DONG X X. Integrated prevention and control techniques of five small pests on vegetables in solar greenhouse[J]. China Plant Protection, 2022, 42(1): 59-60.
- [41] NENADIĆ M, GRANDI L, MESCHER M C, et al. Transmission-enhancing effects of a plant virus depend on host association with beneficial bacteria[J]. Arthropod-Plant Interactions, 2022, 16(1): 15-31.
- [42] SRIDHAR J, VENKATESWARLU V, SHAH M A, et al. Species composition and distribution of the vector aphids of PVY and PLRV in India[J]. Potato Research, 2022, 65(3): 601-617.
- [43] KARIMI K, SADEGHI A, MAROUFPOOR M, et al. Induction of resistance to *Myzus persicae*-nicotianae in Cucumber mosaic virus infected tobacco plants using silencing of CMV-2b gene[J]. Scientific Reports, 2022, 12(1): 4096.
- [44] 马亚珺, 杨国柱, 童永尚, 等. 干旱和盐胁迫对紫花苜蓿生理特性及品质的影响[J]. 饲料研究, 2021, 44(23): 106-109.
MA Y J, YANG G Z, TONG Y S, et al. Effect of drought and salt stress on endogenous osmotic substances of alfalfa[J]. Feed Research, 2021, 44(23): 106-109.
- [45] JAVED S, LAKSHMI K V, REDDY C N, et al. Study of seasonal incidence and impact of abiotic factors on sucking pests of brinjal[J]. Journal of Applied and Natural Science, 2017, 9(1): 51-54.
- [46] 张蓓蓓, 何海芳, 张泽龙, 等. 温度对豌豆蚜蜜露分泌量和分泌节律的影响[J]. 华中昆虫研究, 2020, 16: 355.
ZHANG B B, HE H F, ZHANG Z L, et al. Effect of temperature on honeydew secretion and secretion rhythm of *Acyrtosiphon pisum*[J]. Research of insects in Central China, 2020, 16: 355.
- [47] 潘明真, 张毅, 曹贺贺, 等. 我国主要农作物蚜虫生物防治的研究进展、应用与展望[J]. 植物保护学报, 2022, 49(1): 146-172.
PAN M Z, ZHANG Y, CAO H H, et al. Research progresses, application, and prospects in aphid biological control on main crops in China[J]. Journal of Plant Protection, 2022, 49(1): 146-172.
- [48] 刘霞, 李冬, 季莉, 等. 宁夏平罗地区主要牧草营养品质变化分析与评价[J]. 饲料研究, 2022, 45(15): 106-109.
LIU X, LI D, JI L, et al. Nutritional quality changes analysis and evaluation of main forages in Pingluo Area of Ningxia[J]. Feed Research, 2022, 45(15): 106-109.
- [49] YUAN N, SUN L, DU S, et al. Effects of harvesting period and storage duration on volatile organic compounds and nutritive qualities of alfalfa[J]. Agriculture, 2022, 12(8): 1115.
- [50] 方艳, 王杰, 覃杨, 等. 蜜源植物波斯菊对捕食性天敌种群动态的影响[J]. 中国生物防治学报, 2021, 37(5): 877-884.
FANG Y, WANG J, QIN Y, et al. Effect of nectar plant *Cosmos bipinnata* on the population dynamics of predatory natural enemies[J]. Chinese Journal of Biological Control, 2021, 37(5): 877-884.
- [51] BARBERÀ M, CAÑAS-CAÑAS R, MARTÍNEZ-TORRES D. Insulin-like peptides involved in photoperiodism in the aphid *Acyrtosiphon pisum*[J]. Insect Biochemistry and Molecular Biology, 2019, 112: 103185.
- [52] 马亚玲, 刘长仲. 光周期对两种色型豌豆蚜种群参数的影响[J]. 生态学报, 2016, 36(14): 4548-4555.
MA Y L, LIU C Z. Effect of photoperiod on population parameters of two color morphs of the pea aphid *Acyrtosiphon pisum*[J]. Acta Ecologica Sinica, 2016, 36(14): 4548-4555.
- [53] 张蓉, 朱猛蒙, 马建华, 等. 基于地理信息系统的耕地苜蓿斑蚜种群发生的适宜生境[J]. 应用生态学报, 2009, 20(8): 1998-2004.
ZHANG R, ZHU M M, MA J H, et al. Suitable habitat of *Theorhaphis trifolii* population on arable lands of Southern Ningxia based on GIS[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2009, 20(8): 1998-2004.