果 树 学 报 2026,43(10):2855-2865
Journal of Fruit Science

DOI:10.13925/j.cnki.gsxb.20260054

新型仿生粘虫板对太谷区梨园绿盲蝽的防控作用

赵 伟[1,2],陶少杰[1],喻 强[1],赵龙龙[3*],马瑞燕[1,2*]

([1]山西农业大学植物保护学院,山西晋中 030801;[2]农业有益生物利用与生态农药创制山西省重点实验室,山西晋中 030801;[3]山西农业大学果树研究所,山西晋中 030815)

摘 要:【目的】明确新型仿生粘虫板(条纹板)对梨园末代绿盲蝽(*Apolygus lucorum*)的防控作用,为科学防治绿盲蝽提供方法借鉴。**【方法】**测定不同类型粘虫板对梨园末代绿盲蝽成虫的诱集作用,研究条纹板不同设置参数以及性信息素组合对绿盲蝽的防控作用。**【结果】**绿盲蝽在梨园有3个发生峰期,分别为6月中旬、9月中旬和10月下旬(末代成虫),后者为全年虫口量最高期;条纹板(15.83头•板$^{-1}$)和黄板(13.67头•板$^{-1}$)的诱虫量显著高于其他色板,绿色、蓝色等粘虫板的诱虫量均低于7头•板$^{-1}$;蓝板益害比最高,为0.734,对天敌的诱集量平均为19.33头•板$^{-1}$,条纹板益害比最低,为0.025,对天敌的诱集量平均为1.83头•板$^{-1}$;粘虫板对绿盲蝽的诱集作用主要受悬挂密度的影响,高度对诱虫量无显著影响。条纹板悬挂密度为4张•株$^{-1}$时(48.50头•12 m^{-2})与黄板密度为6张•株$^{-1}$(49.17头•12 m^{-2})诱虫量相当;性信息素诱芯与条纹板联用后,发挥了明显协同诱集作用,其对成虫和雌虫的诱集量分别为诱芯的1.23倍和3.50倍。**【结论】**条纹板防控效益优于传统色板,与性信息素诱芯联用可强化其对成虫和雌虫的防控作用。建议结合信息素监测,在绿盲蝽发生峰期以1500张•hm^{-2}密度悬挂条纹板,优先采用条纹板+诱芯组合模式。

关键词:梨园;绿盲蝽;警戒色;仿生学;仿生粘虫板;雌虫诱集

中图分类号:S661.2;S436.612 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-9980(2026)10-2855-11

The control effect of bionic sticky traps on *Apolygus lucorum* in pear orchards in Taigu District

Zhao Wei[1,2], Tao Shaojie[1], Yu Qiang[1], Zhao Longlong[3*], Ma Ruiyan[1,2*]

([1]College of Plant Protection, Shanxi Agricultural University, Jinzhong 030801, Shanxi, China; [2]Shanxi Key Laboratory of Bioagent Utilization and Eco-Pesticide Innovation, Jinzhong 030801, Shanxi, China; [3]Pomology Institute, Shanxi Agricultural University, Jinzhong 030815, Shanxi, China)

Abstract:【Objective】*Apolygus lucorum* is a major polyphagous pest in pear orchards, causing severe damage to young fruits and reducing their commercial value. Since the 2000s, its occurrence and damage have progressively intensified, as the last-generation adults in late October lay eggs for overwintering, directly influencing the population density of the subsequent year. Critically, September-October coincides with the ripening period of pear in northern pear areas, and chemical control is constrained by pesticide residue concerns—creating an urgent demand for green physical control measures. Traditional sticky traps suffer from poor selectivity and high non-target mortality of natural enemies, which disrupts the orchard ecological balance. Based on the aposematism principle, a novel bionic striped sticky trap was developed to warn natural enemies and minimize non-target trapping. This study aimed to clarify the population dynamics of *A. lucorum*, evaluate the trapping efficacy and ecological safety of striped traps, optimize their deployment parameters, and assess the trapping effect on female adults when combined with sex pheromone lures, thereby providing a scientific and practical green control strategy.

收稿日期:2026-02-03 **接受日期:**2026-03-30

基金项目:山西省重点研发计划项目(202302140601011);国家现代农业产业技术体系建设专项资助(CARS-28-19);山西省科技创新人才团队专项(202304051001006);山西省果树产业技术体系(2025CYJSTX07-19)

作者简介:赵伟,男,在读硕士研究生,研究方向为果树虫害的生物防治。E-mail:15125808906@163.com

***通信作者** Author for correspondence. E-mail:xiaoxiaolong007@outlook.com;E-mail:maruiyan2019@163.com

【Methods】The experiments were conducted in Yuluxiang (*Pyrus bretschneideri*) pear orchard (37°20′ N, 112°29′ E) in Taigu District, Jinzhong City, with an altitude of 866 m and an area of 2 hm^2. Pear trees were planted with a spacing of 4 m × 3 m, a height of 2.5−3 m, and subjected to conventional management, including chemical control applications in early April, early May, early June, mid-July, and mid-August. From April to November in 2023 and 2024, sex pheromone triangular traps were employed to monitor the population dynamics of *A. lucorum* (15 traps/hm^2, spaced 30 m apart, 20 m away from the field edge, and 1.5 m above the ground). Backing plates were updated every 15 days, and lures were replaced every 30 days. Trapping effects of 11 types of sticky traps (white, red, pink, yellow, green, blue, light blue, purple, gray, black, and bionic striped trap) were compared, with 6 replicates for each type; traps were randomly hung on September 22, 2024 (spaced 8−12 m apart) and retrieved after 30 days. Trapped insects were classified into natural enemies, neutral insects, and pests to calculate the natural enemy-to-pest ratio. With yellow sticky traps as the control, the effects of hanging height (1.5 m, 3.0 m) and density (1−8 traps per tree, based on a 12 m^2 projected canopy area) on striped traps were optimized—with 12 replicates for the height test and 6 replicates for the density test. Traps were hung on October 30 and retrieved after 30 days. Additionally, synergistic effects of sticky traps combined with sex pheromone lures were tested in five treatments (6 replicates each): yellow sticky trap, yellow sticky trap + lure, striped sticky trap, striped sticky trap + lure, and transparent sticky trap + lure (CK). Traps (25 cm × 30 cm, uniform viscosity) were hung 1.5 m above the ground on September 24, 2025 (spaced 30 m apart between treatments), with lures fixed at the center using iron wire. After 30 days, the total trapping amount, number of male and female adults, and female proportion were recorded. Data were organized using Microsoft Excel 2016 and analyzed via one-way ANOVA, independent sample t-test, and Duncan's new multiple range test with IBM SPSS 27.0 ($P<0.05$).【Results】Results indicated that *A. lucorum* exhibited three annual population peaks (mid-June, mid-September, late October) in both 2023 and 2024. Notably, the population density of the last-generation adults in late October reached the highest (83.33 adults · 666.7 m^{-2} in 2023 and 116.00 adults · 666.7 m^{-2} in 2024), with total trapping amounts of 1305 and 1642 adults, respectively, demonstrating an increasing trend. Furthermore, striped sticky traps (15.83 adults per trap) and yellow sticky traps (13.67 adults per trap) demonstrated significantly higher trapping efficacy compared to other colored traps ($P<0.05$), while red traps showed the lowest efficacy (2.33 adults per trap). Among all tested traps, the blue sticky trap exhibited the highest natural enemy-to-pest ratio (0.734), with an average of 19.33 natural enemies trapped per trap (90% of which belonged to Syrphidae), whereas the striped sticky trap had the lowest ratio (0.025), with only 1.83 natural enemies trapped per trap. Notably, the non-target mortality of *Propylaea japonica* caused by striped sticky traps was 0.21 times that of yellow sticky traps. Regarding the factors affecting trapping efficiency, density (rather than height) had a significant impact ($P<0.05$): hanging 4 striped traps per tree (48.50 adults · 12 m^{-2}) yielded a trapping amount comparable to that of hanging 6 yellow traps per tree, and the striped sticky trap exhibited significantly higher efficacy at a density of 2−4 traps per tree ($P<0.05$). A significant synergistic trapping effect was observed when used in combination with sex pheromone lures: the combination of striped sticky traps and lures captured 1.23 times as many adults and 3.5 times as many female adults, respectively, compared to using the lures alone.【Conclusion】The bionic striped sticky trap demonstrates superior comprehensive performance in terms of trapping efficacy, ecological safety, and cost-effectiveness. When combined with sex pheromone lures, it establishes a synergistic model of "long-distance chemical attraction + short-distance visual capture", which enhances the trapping efficiency of female *A. lucorum*. Therefore, it is recommended to employ

striped traps at a density of 1500 traps · hm^{-2} during the three population peaks (especially late October) at a height of 1.5−3.0 m, prioritizing the "striped trap + sex pheromone lure" combination. This study offers a practical green control strategy for *A. lucorum* in pear orchards and provides a reference for the management of similar pests.

Key words: Pear orchard; *Apolygus lucorum*; Aposematism; Bionics; Bionic sticky trap; Female adult trapping

绿盲蝽（*Apolygus lucorum*）属半翅目（Hemiptera）盲蝽科（Miridae），是一种多食性害虫。2000年以来，绿盲蝽发生和危害程度呈明显加重趋势，已成为葡萄、枣、梨、桃、苹果等多种果树的主要害虫[1]。绿盲蝽在华北棉区1年发生4~5代，在西北地区1年发生3~4代，在山西省晋中地区梨园1年发生4~5代，具有明显的寄主转移特点，末代成虫多在果树皮缝、芽鳞或杂草上产卵，并以卵越冬[2]。在梨园，绿盲蝽初代若虫和成虫对梨幼果危害明显，导致幼果果面斑点状、凹陷、畸形，果肉木栓化直接影响到梨果的可食性和商品性[3]。鉴于绿盲蝽以卵越冬，翌年卵孵化后的子代决定了次年初始虫口基数。因此，控制梨园末代成虫数量对降低越冬虫口基数和减轻翌年危害等具有重要意义[4]。

粘虫板诱杀作为一项重要的物理防治技术，因具有绿色环保、无毒物残留、使用方便等特点，已被广泛应用到作物的生产管理中，通常被用于害虫的监测和防治[5-6]。在绿盲蝽的治理中，通过在葡萄园、棉田、枣园使用粘虫板，对绿盲蝽均取得显著防效[7-9]。粘虫板是利用害虫对光的趋性特点制成[10]，但在使用过程中普遍存在选择性差、误杀天敌等问题。已有研究指出，在利用粘虫板防治害虫过程中，诱捕天敌的数量和害虫相当[11]，梨、桃园使用粘虫板杀死害虫的同时对天敌的诱杀作用明显，甚至其对天敌的诱捕量高于害虫[12]。针对现有粘虫板的不足，运用昆虫警戒色原理，模拟胡蜂腹部警戒条纹，制成黄黑相间的仿生新型粘虫板"条纹板"（简称为条纹粘虫板），该板的警戒条纹对天敌产生警示作用，降低了粘虫板对天敌的误杀作用效率，弥补了传统色板的不足。试验证实，该板相对传统黄板，在提高对蚜虫、叶蝉等害虫诱集效果的同时降低了天敌误杀率，防控效益明显优于传统色板[13]。绿盲蝽在体型与飞行能力上均明显区别于蚜虫和叶蝉，且偏好于弱光环境下活动[14]，条纹粘虫板对其防控效果目前尚不清楚。此外，在绿盲蝽治理中，性信息素凭借特异性强、环境友好且对天敌安全的特性，已成为精准监测和防控绿盲蝽的重要手段[15]。在绿盲蝽诱集过程中，条纹粘虫板通过视觉信号（物理作用）实现对该虫的近距离诱集，而性信息素则通过嗅觉信号（化学作用）实现对其远距离吸引，二者联用能否形成优势互补，以提升绿盲蝽诱集作用，仍待进一步验证。

绿盲蝽以卵越冬，梨园绿盲蝽末代成虫期为产卵高峰期，此时期与梨果成熟期重叠，为保障果品安全，绿色、安全且无残留的防治手段成为末代绿盲蝽防治的首选。鉴于此，笔者以条纹粘虫板诱集作为梨园末代绿盲蝽治理的主要手段，重点开展两方面研究：一是验证该条纹粘虫板对绿盲蝽的诱杀效果是否优于其他色板；二是在明确其诱杀有效性的基础上，进一步探究其在梨园中的使用参数及与性信息素诱芯的协同联用效果，以期为梨园末代绿盲蝽成虫的绿色防控提供理论支撑与技术方案。

1　材料和方法

1.1　材料

供试三角形诱捕器、绿盲蝽性信息素诱芯均购自中捷四方生物科技股份有限公司；10种粘虫色板为河南佳多科工贸有限责任公司生产，粘虫板颜色分别为白色、红色、粉色、黄色、绿色、蓝色、浅蓝色、紫色、灰色、黑色；条纹板为山东启诚农业科技有限公司代为生产，其特点为在黄色粘虫板上印刷黑色条纹，与底色黄色形成黑黄相间条纹，宽度为1 cm。11种粘虫板材质均为PP材料，厚度为0.3 mm，双面涂胶，规格为20 cm×24 cm，粘虫板基板波段符合国标要求，基板颜色符合GB/T 24689.4—2009要求。

供试梨园概况：试验梨园位于山西省晋中市太谷区山西农业大学果树研究所玉露香[Yuluxiang（*Pyrus bretschneideri*）]梨园，海拔约为866 m，面积2 hm^2。梨树树形为自由纺锤形，树势偏旺，株行距为3 m ×4 m，树高2.5~3 m。试验期间，梨园进行常

规化管理，分别在4月上旬、5月上旬、6月上旬、7月中旬、8月中旬实施化学防治。

1.2 方法

1.2.1 梨园绿盲蝽成虫发生动态的监测 2023—2024年，在梨园均匀布置绿盲蝽性诱捕器，悬挂时间为4月初至11月上旬，悬挂间距为30 m，距梨园边缘20 m，悬挂高度为1.5 m，平均15个•hm^{-2}。每7~15 d观察1次，每15 d更新1次三角形诱捕器中的粘虫板，每30 d更换1次绿盲蝽诱芯。

1.2.2 不同类型粘虫板对绿盲蝽及不同类型昆虫的诱集作用比较 11种供试粘虫板于2024年9月22日随机悬挂，每种粘虫板6次重复，每板间隔8~12 m，30 d后收板鉴定。将粘虫板收集到的昆虫按天敌昆虫、中性昆虫、害虫分类。其中，将瓢甲科、食蚜蝇科、草蛉科和姬蜂总科等归为天敌昆虫资源；蝇科、蜜蜂科等归为中性昆虫；盲蝽科、蚜科、木虱科、叶蝉科等归为害虫。统计天敌昆虫与害虫的虫口总量，计算益害比，益害比=天敌数量/害虫数量，中性昆虫不计。

1.2.3 粘虫板不同悬挂高度及密度对绿盲蝽诱集情况的影响 根据梨园树体的生长情况，设置2种悬挂高度，树冠层3 m和树中层1.5 m。每株树每个高度悬挂1张条纹板为1个处理，每处理12次重复，粘虫板间隔8~12 m，以黄板作为对照，处理方法相同。10月30日粘虫板悬挂30 d后收板鉴定。

以一株树投影面积（12 m^2）作为1个试验小区，按照不同密度悬挂条纹板，设置1个试验小区内悬挂1张、2张、4张、6张、8张板作为5种密度处理。粘虫板以同一高度对向方向进行悬挂，每处理间隔8~12 m，每处理6次重复，黄板为对照，处理和统计方法同上。

1.2.4 粘虫板与绿盲蝽性信息素诱芯处理对绿盲蝽诱集情况及雌虫占比调查 试验设置5个处理组，分别为黄色粘虫板（T1）、条纹粘虫板（T2），黄色粘虫板+诱芯（T3）、条纹粘虫板+诱芯（T4）、以透明粘虫板+诱芯作为对照（CK）。粘虫板规格统一为20 cm×24 cm，透明粘虫板为透明PP板，黏性一致。

粘虫板+诱芯组合物理处理方法，在粘虫板中央位置粘1枚诱芯，诱芯两边的粘虫板各打一小孔，用铁丝捆住诱芯后穿孔固定于板上，避免风吹脱落或移位。各处理组采用随机区组设计，每处理6个重复，粘虫板悬挂高度与树冠中部平齐（距地面约1.5 m）。2025年9月24日于梨园随机悬挂，不同处理组间隔30 m，30 d后带回实验室进行虫体鉴定与数据统计。统计指标包括各处理组绿盲蝽总诱捕量、雌雄虫数量及雌性占比（每板绿盲蝽雌虫数量/每板绿盲蝽总诱捕数量）。

1.3 数据分析

使用Microsoft Excel 2016软件进行数据整理和作图，使用IBM SPSS 27.0软件对试验数据进行单因素方差分析，分别应用独立样本*t*检验法和Duncan氏新复极差法进行不同处理间的差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 梨园绿盲蝽成虫动态发生规律

如图1所示，对梨园绿盲蝽成虫发生规律监测发现，2023、2024年梨园绿盲蝽发生规律相似，共出现3次发生高峰期，分别在6月中旬、9月中旬和10月下旬。9月至10月梨树成熟期，也是绿盲蝽成虫在梨园的活动高发期，绿盲蝽成虫诱集数量于10月下旬达到全年峰值，2023年最高峰期为1 249.95头•ha^{-1}，2024年为1 740.00头•ha^{-1}。2023年梨园绿盲蝽诱捕器总诱集量为1305头，2024年梨园绿盲蝽总诱集量为1642头。

2.2 不同类型粘虫板对绿盲蝽的诱集情况

不同类型粘虫板对绿盲蝽的诱集数量差异显著。其中，条纹板和黄板的诱集数量显著高于其他色板，其平均诱集量分别为15.83和13.67头•板$^{-1}$；绿板、蓝板、浅蓝板、粉板和灰板次之，均低于7头•板$^{-1}$；红板诱集效果最差，平均为2.33头•板$^{-1}$（图2）。

2.3 不同类型粘虫板对昆虫的诱集情况

粘虫板对不同类型昆虫诱集情况如表1所示，在供试粘虫板中，30 d内条纹板诱集害虫数量最多，试验期间共诱集害虫447头，平均74.50头•板$^{-1}$；其次为黄板，共诱集害虫239头，平均39.83头•板$^{-1}$。条纹板诱集数量为黄板的1.87倍，显著高于黄板，同时条纹板和黄板的害虫诱集数量显著高于其他色板。条纹板和黄板诱集绿盲蝽成虫的情况如图3所示。黑板诱集害虫效果最差，试验期间诱集总量为26头；蓝板益害比最高，为0.734，天敌误杀总量最多，为116头，平均为19.33头•板$^{-1}$，诱集天敌数量显著高于其他色板，其中诱集天敌以食蚜蝇科昆虫为主，占比90%；条纹板益害比最低，为0.025，平均诱集天敌量为1.83头•板$^{-1}$，显著低于蓝板、浅蓝板和紫

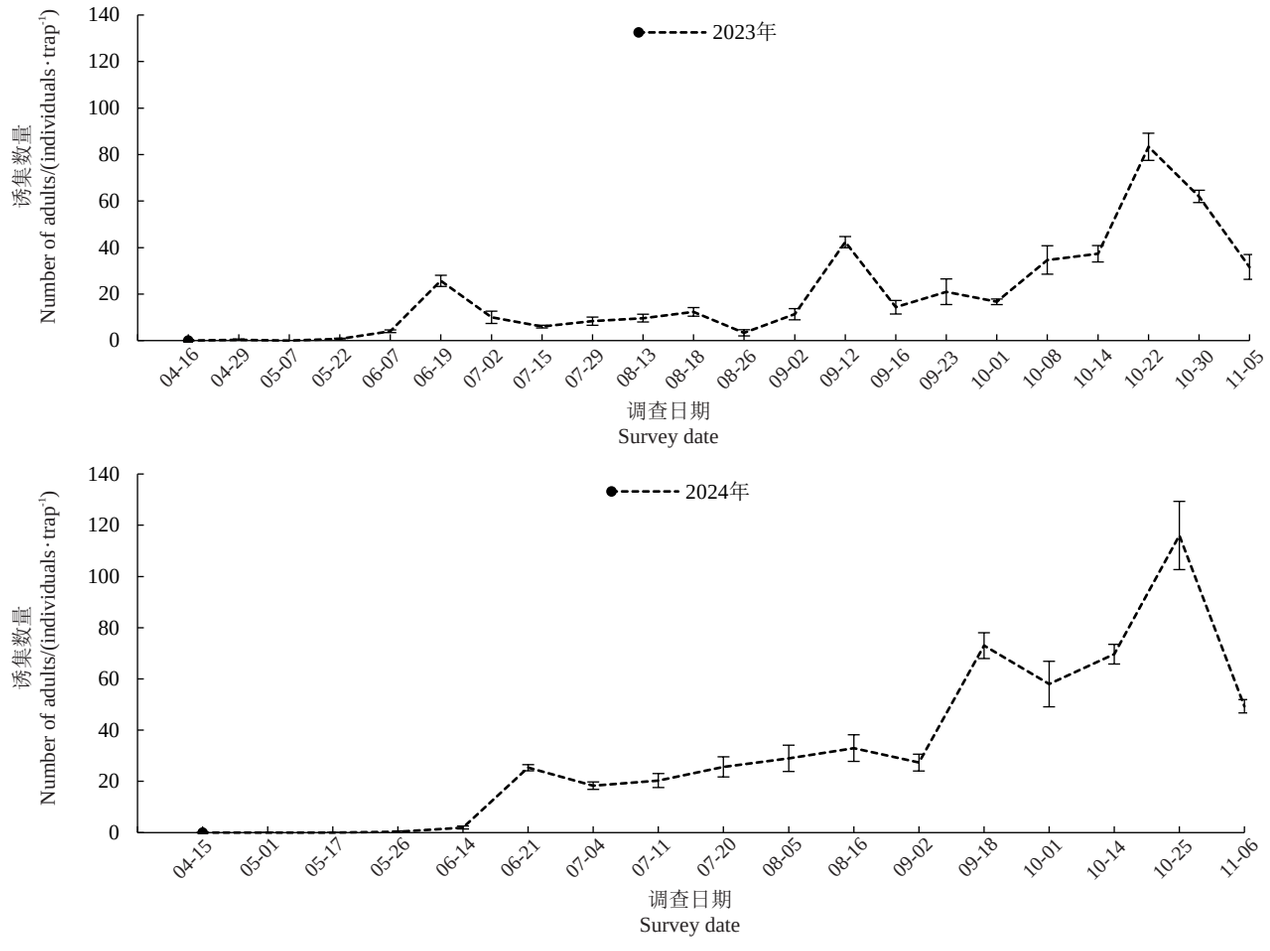
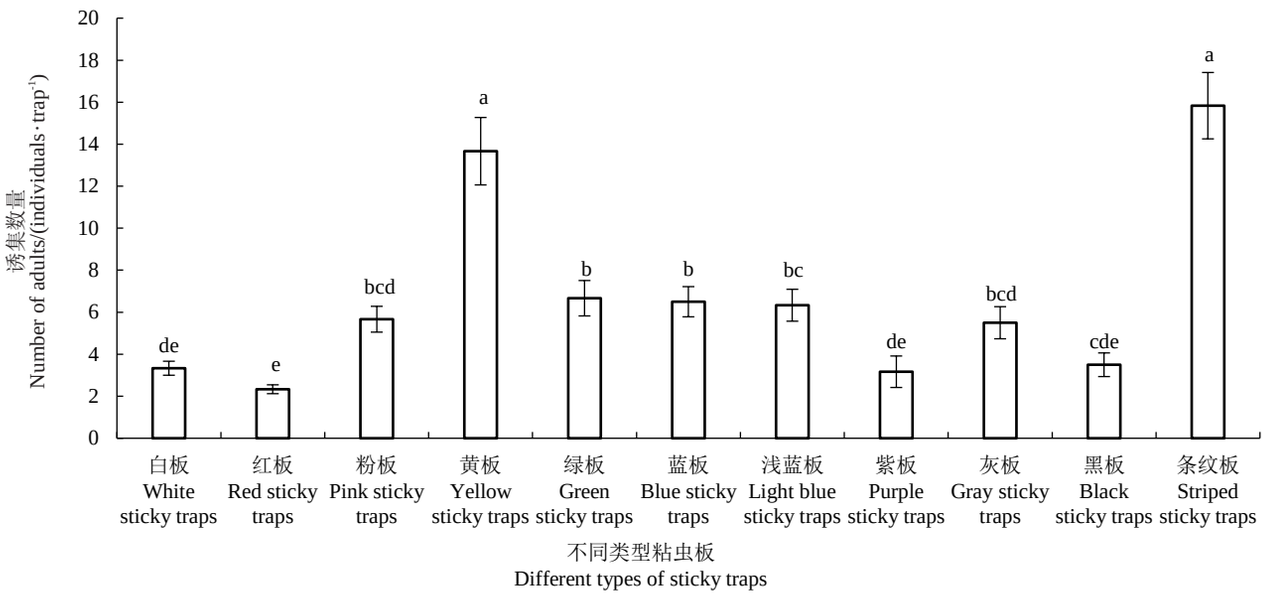


图 1　2023—2024 年梨园绿盲蝽成虫的发生动态

Fig. 1　Population dynamics of *A. lucorum* in pear orchards during 2023—2024



不同小写字母表示差异显著（$P<0.05$）。

Different small letters indicate significant difference ($P<0.05$).

图 2　不同类型粘虫板对绿盲蝽的诱集效果

Fig. 2　Trapping effect of different types of sticky traps on *A. lucorum*

表 1 不同类型粘虫板诱集情况

Table 1 Trapping performance of different types of sticky traps

不同类型粘虫板 Different types of sticky traps	天敌总数量 Total number of natural enemies	均值±标准误 Mean ± SE	害虫总数量 Total number of pests	均值±标准误 Mean ± SE	益害比 Ratio of natural enemies to pest insects
白板 White sticky trap	12	2.00±0.73 d	34	5.67±1.12 d	0.353
红板 Red sticky trap	20	3.33±1.20 cd	37	6.17±1.25 d	0.541
粉板 Pink sticky trap	27	4.50±0.56 bcd	58	9.67±1.54 d	0.466
黄板 Yellow sticky trap	22	3.67±1.12 cd	239	39.83±3.87 b	0.092
绿板 Green sticky trap	5	0.83±0.31 d	153	25.50±3.19 c	0.033
浅蓝板 Light blue sticky trap	48	8.00±1.67 bc	75	12.50±2.59 d	0.640
蓝板 Blue sticky trap	116	19.33±3.20 a	158	26.33±4.16 c	0.734
紫板 Purple sticky trap	51	8.50±3.44 b	76	12.67±2.93 d	0.671
灰板 Gray sticky trap	3	0.50±0.22 d	67	11.17±1.49 d	0.045
黑板 Black sticky trap	4	0.67±0.21 d	26	4.33±0.56 d	0.154
条纹板 Striped sticky trap	11	1.83±0.31 d	447	74.50±1.57 a	0.025

注：不同小写字母表示在 $P<0.05$ 差异显著。

Note: Different small letters indicate significant differences at $P<0.05$.

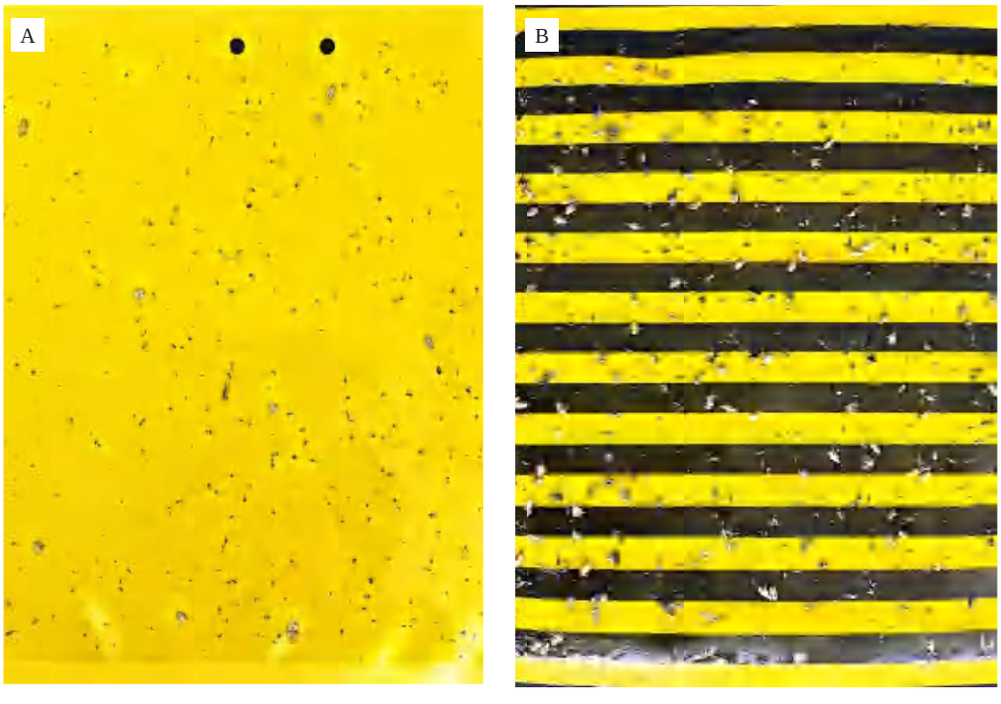


图 3 黄板（A）和条纹板（B）诱集绿盲蝽成虫情况对比

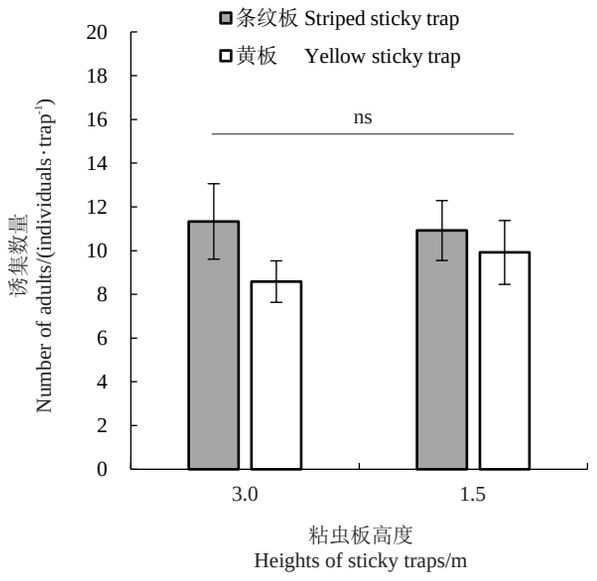
Fig. 3 Comparison of trapping effect between yellow sticky trap（A）and striped sticky trap（B）on *A. lucorum*

板；绿板、灰板益害比相对较低，分别为0.033和0.045，两种色板诱集虫量相对较少，且对梨园主要害虫的诱集数量相对较低。

2.4 粘虫板悬挂高度及密度对绿盲蝽诱集效果的影响

同类型粘虫板不同悬挂高度对绿盲蝽的诱集效果无显著影响。不同悬挂高度条件下，条纹板对绿盲蝽的诱集数量均高于黄板，但两者之间无显著差异（图4）。

由图5可知，随着粘虫板密度的增加，诱集绿盲蝽的数量也随之增加。在一株树投影区域内（12 m^2），悬挂4张条纹板时诱集数量最大，为48.50

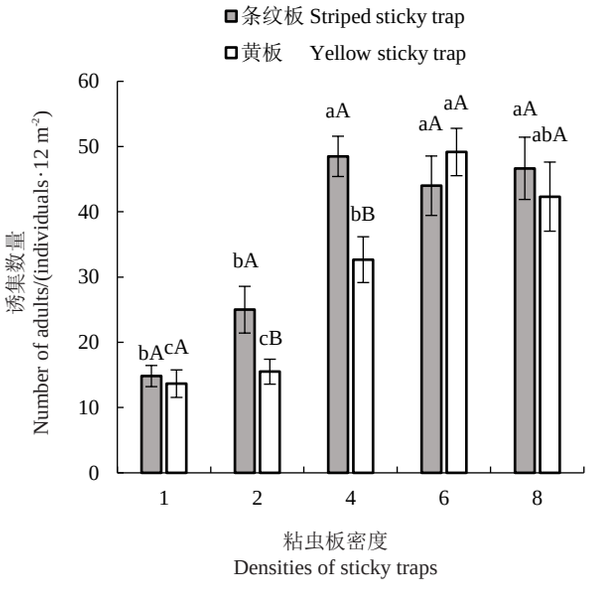


ns 表示不同处理组间无显著差异（*t* 检验，$P>0.05$）。

ns indicates no significant difference among different treatments (*t*-test, $P>0.05$).

图 4　不同高度粘虫板对绿盲蝽的诱集效果

Fig. 4　Trapping effect of sticky traps at different heights on *A. lucorum*



横坐标轴的数字表示一棵树投影区域（12 m²）悬挂的粘虫板数量。不同小写字母表示不同密度处理间差异显著（Duncan's 检验，$P<0.05$）；不同大写字母表示相同密度处理间差异显著（*t* 检验，$P<0.05$）。

The numbers on the x-axis indicate the density of sticky traps (number per 12 m² projected canopy area) for each pear tree. Different small letters indicate significant difference among trap density levels (Duncan's test, $P<0.05$). For the same trap density, different uppercase letters indicate significant difference among treatment groups (*t*-test, $P<0.05$).

图 5　不同密度粘虫板对绿盲蝽的诱集效果

Fig. 5　Trapping effect of sticky traps at varying densities on *A. lucorum*

头·12 m^{-2}，显著高于悬挂1张和2张条纹板（$P<0.05$），与悬挂6张和8张条纹板无显著差异；黄板在悬挂6张时诱集数量最大，达到49.17头·12 m^{-2}，显著高于悬挂1张、2张、4张条纹板（$P<0.05$），但与悬挂8张条纹板无显著差异。即投影面积内条纹板悬挂4张时的诱集数量与黄板悬挂6张时相当。当悬挂密度为2张和4张时，条纹板在投影面积内的诱集量显著高于黄板（$P<0.05$）。

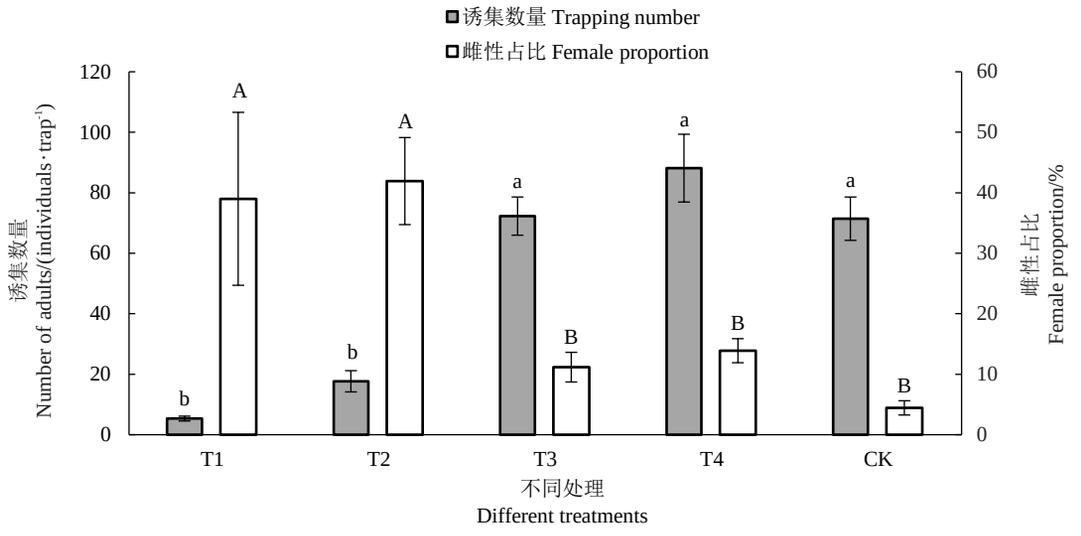
2.5　粘虫板与性信息素诱芯不同组合处理对绿盲蝽的诱集效果

诱芯与粘虫板组合处理后（T3、T4、CK），其对绿盲蝽总诱集量显著高于无诱芯组（T1、T2），平均诱集量为无诱芯处理组的4.2~5.1倍，表明绿盲蝽性信息素诱芯可显著提升诱集效果（$P<0.05$）。添加诱芯处理的粘虫板之间无显著差异，其中条纹板+诱芯诱集量为88.14头·板$^{-1}$，CK（透明板+诱芯）为71.43头·板$^{-1}$（图6）。

不同处理组对绿盲蝽雌性诱集效果表明，无诱芯粘虫板（T1、T2）的雌性占比显著高于诱芯处理组（T3、T4、CK）（$P<0.05$），雌性占比为诱芯组的3.0~3.5倍。性信息素诱芯与条纹板联用后，起到了明显的协同增效作用，条纹板+诱芯和黄板+诱芯组合处理后对绿盲蝽雌虫的诱集数量均高于CK（透明板+诱芯），其中条纹板+诱芯对成虫和雌虫的诱集量分别为CK的1.23倍和3.50倍。

3　讨　论

近年来，绿盲蝽发生呈明显加重趋势，已成为梨园害虫的重要防治对象之一。9月至10月下旬，我国大部分梨果产区逐渐进入成熟期和收获期，考虑到农药的残留期及果品安全生产的要求，多不采取化学管控措施。此外，随着梨园及其周边绿盲蝽赖以生存的草本寄主植物逐渐进入衰退期，绿盲蝽陆续迁入梨园或转往梨树上进行产卵等活动[4]，致使梨园末代成虫呈高发态势。绿盲蝽成虫发生动态监测结果表明，在调查园区，绿盲蝽于10月下旬达到全年峰值。绿盲蝽以卵越冬，越冬代卵基数直接影响翌年的虫口数量[16]，也关系到其危害程度。因此，



不同小写字母代表诱集数量在 $P<0.05$ 水平差异显著，不同大写字母代表雌虫占比在 $P<0.05$ 水平差异显著。

Different small letters indicate significant difference in the trapping number (left axis) among groups at the $P<0.05$ level, while different uppercase letters indicate significant difference in the female proportion among groups at the $P<0.05$ level.

图 6 粘虫板与性信息素诱芯不同组合处理对绿盲蝽成虫及雌性的诱集效果

Fig. 6 Trapping effect of sticky traps and sex pheromone lures on adults and females of *A. lucorum*

防控梨园末代成虫是有效降低越冬虫口基数的关键时期，也是物理诱杀的最佳窗口期。

光作为一种重要的环境信号，对昆虫的取食、生长发育、交配行为等具有重要的调控作用[17]。粘虫板的控害作用是利用害虫对光波的趋性特点吸引害虫，从而实现监测和防治的目的。通过测试不同类型粘虫板对绿盲蝽的引诱效果发现，本研究结果与宋海燕等[7]在棉田诱集绿盲蝽的研究结果相似，绿盲蝽对黄色的色板（条纹板和黄板）表现出明显的趋性；但与葡萄园中测试情况存在差异，王丽丽等[18]研究发现，绿盲蝽对绿板趋性最高，造成这种差异的原因可能是不同果园的环境背景影响绿盲蝽的趋性行为。如在桃园测试中发现，牧草盲蝽 *Lygus pratensis* 对粉色粘虫板具有较高的趋性，捕获数量多于其他色板[19]；而 Blackmer 等[20]在紫花苜蓿田中研究发现，牧草盲蝽却多趋向于绿色粘虫板，蓝色、黄色粘虫板次之。综合本试验结果及已有对绿盲蝽光趋性行为的研究，在发射光源测试条件下，绿盲蝽成虫对 400 nm 紫光、450 nm 蓝光和 562 nm 绿光表现出较强趋性[21-22]；而在田间反射光条件下，绿盲蝽对粘虫板反射的黄、绿、蓝光波普遍敏感，这与多数半翅目昆虫（烟粉虱 *Bemisia tabaci*、三点角蝉 *Tricentrus aleuritis* 、中国梨喀木虱 *Cacopsylla chinensis*、小绿叶蝉 *Empoasca onukii*）的趋光特性相似[20]。即对紫、蓝、绿、黄光波的趋性是其共性特点，前三者与昆虫复眼中紫、蓝、绿三种感光视锥细胞密切相关[23]，而绿盲蝽并无专门感知黄色（570~590 nm）的视锥细胞[24]，其对黄色表现出的明显趋性可能与“绿光激活/蓝光抑制”（绿$^{+}$/蓝$^{-}$）神经拮抗系统有关，即当蓝绿光共存时，蓝色感光神经系统抑制绿光感光系统，但黄光可强烈激活绿色感光细胞，同时微弱刺激蓝色感光细胞，进而促使该拮抗神经元输出峰值电信号。该信号传入中枢神经系统后，被解码为具有高吸引力的视觉信息，使绿盲蝽对黄色信号产生趋向行为[25-26]。

不同类型粘虫板诱虫测试结果表明，天敌食蚜蝇对蓝色粘虫板表现出明显的趋性，诱集到食蚜蝇数量甚至高于害虫；黄色粘虫板诱集的害虫如绿盲蝽数量相对较多，但其对天敌寄生蜂、瓢虫仍具有较高的误杀率；而绿色粘虫板虽然对天敌误杀率较低，但诱集害虫数量也相对较低，仅约为黄板一半。进一步分析不同类型粘虫板上诱集昆虫的益害比发现，蓝板、黄板、绿板的益害比分别是仿生粘虫板（条纹板）的 29.36、3.68 和 1.32 倍，害虫的诱集量却是仿生粘虫板的 0.35、0.53 和 0.34 倍。条纹板相比其他色板，在减少对天敌误杀的同时还提高了害虫的诱集量。与传统色板不同，条纹板由 1∶1 的黄黑条纹组成，模拟胡蜂腹部警戒条纹特点，通过视觉传递危

险信号，对主动攻击或捕食的天敌如瓢虫、姬蜂、食蚜蝇等起到警示作用，如本研究发现条纹板对龟纹瓢虫（*Propylaea japonica*）的诱集量仅为黄板的0.21倍。在试验测试条件下，条纹板对绿盲蝽的诱杀效果均高于黄板（CK），有可能与绿盲蝽偏好于凌晨或傍晚暗弱光条件下活动有关[14]。通过对粘虫板反射光谱测试发现，与黄板相比，条纹板反射的波长特性未发生改变（主峰为610 nm），但对光的反射强度降低了一半以上（黄板反射率54.9%；条纹板反射率20.6%），低反射率的条纹板相比黄板对绿盲蝽更有吸引力；另外可能是仿生粘虫板上的条纹与叶片光影明暗特点类似。田间研究发现，当绿盲蝽受到惊扰时偏好躲入叶背面或杂草阴暗处。综上所述，条纹板在防控绿盲蝽过程中优于其他色板的原因包括：仿生粘虫板的警戒条纹对天敌产生一定屏蔽作用，相对较低的光反射率和明暗变化的纹理与绿盲蝽偏好的活动环境条件契合，从而提高了绿盲蝽的诱集量。

害虫的空间活动特性直接影响物理防控效果，也是粘虫板参数设置的重要依据。秦焕荣等[27]研究表明，粘虫板的布置方位、高度及密度均会影响绿盲蝽诱集效果，但本研究发现1.5 m和3.0 m悬挂高度对条纹板与黄板的诱集效果无显著差异，而悬挂密度是影响诱集效果的关键因素。条纹板在适宜密度下便能达到黄板高密度时的诱集效果，且中低密度条件下，条纹板的单位面积诱虫效果显著优于黄板。上述结果与绿盲蝽的田间活动规律吻合，该虫主要在梨树中上部树冠内上下转移觅食、产卵，水平远距离扩散能力较弱[14]。因此，不同高度的诱集范围重叠度高，而增加密度可扩大树冠内的视觉捕获覆盖范围，进而提高诱集效率。从实践应用来看，高度无显著影响的特性可降低田间操作对精准度的要求。单位面积下条纹板诱集效率高于传统黄板，可减少耗材用量，降低防控成本。

绿盲蝽以卵越冬，末代雌虫的产卵量直接决定翌年虫口密度。对粘虫板上的雌虫解剖发现，雌虫多为孕卵雌虫，带卵率90%，卵量20~40粒不等。因此，降低雌性个体基数是有效抑制虫口基数的关键。性信息素诱芯通过化学信号介导，在绿盲蝽总诱捕量上相比条纹板更具优势，但其对雌虫的诱集作用相对较弱甚至无吸引力，因此难以从源头削减越冬卵基数[28]，而条纹板在诱集雌虫方面具有优势，二者组合后，其优势互补。两者组合对成虫和雌虫的诱集效果优于黄板+诱芯组合，也显著优于单一诱芯处理，实现了化学信号远距离引导+视觉信号近距离诱杀的协同控害模式[29]。这种协同控害模式在降低成虫基数的同时，也有效抑制了子代数量，减少翌年危害发生。

4　结　论

建议在梨树生长期（5—8月），当绿盲蝽虫口数量较低时，在防治中国梨喀木虱（*Cacopsylla chinensis*）等其他害虫过程中进行兼防。在梨树成熟期（9月下旬），当绿盲蝽虫口基数持续增长时，实施“条纹板+诱芯”防治措施，条纹板密度设置为1500张·hm^{-2}，诱芯间隔20~30 m，持续至11月上旬或绿盲蝽消退。条纹板在绿盲蝽诱集效果、生态安全性及成本效益上优于传统色板，与性信息素诱芯联用可强化对雌虫的诱捕作用。本研究结果为梨园末代绿盲蝽成虫及子代的绿色防控提供了理论支撑与技术方案。

参考文献 References：

[1] Lu Y H，Wu K M，Jiang Y Y，Xia B，Li P，Feng H Q，Wyckhuys K A，Guo Y Y. Mirid bug outbreaks in multiple crops correlated with wide-scale adoption of Bt cotton in China[J]. Science，2010，328(5982)：1151-1154.

[2] 陆宴辉，吴孔明 . 我国棉花盲蝽生物学特性的研究进展[J]. 应用昆虫学报，2012，49(3)：578-584.
Lu Yanhui，Wu Kongming. Advances in research on cotton mirid bugs in China[J]. Chinese Journal of Applied Entomology，2012，49(3)：578-584.

[3] 张乃芹，于凌春，李红梅 . 绿盲蝽在果树上的发生及危害及综合防治[J]. 安徽农业科学，2007，35(35)：11409-11410.
Zhang Naiqin，Yu Lingchun，Li Hongmei. Occurrence，damage and synthetic control of *Lygus lucorum* in the fruit tree[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences，2007，35(35)：11409-11410.

[4] 李林懋，门兴元，叶保华，于毅，张安盛，李丽莉，张思聪，周仙红 . 果树盲蝽的发生与防控技术[J]. 应用昆虫学报，2012，49(3)：793-801.
Li Linmao，Men Xingyuan，Ye Baohua，Yu Yi，Zhang Ansheng，Li Lili，Zhang Sicong，Zhou Xianhong. Occurrence and management of fruit mirids[J]. Chinese Journal of Applied Entomology，2012，49(3)：793-801.

[5] Hoddle M S，Robinson L，Morgan D. Attraction of thrips (Thysanoptera：Thripidae and Aeolothripidae) to colored sticky cards in a California avocado orchard[J]. Crop Protection，2002，21(5)：383-388.

[6] 傅建炜，徐敦明，吴玮，尤民生 . 不同蔬菜害虫对色彩的趋性差异[J]. 昆虫知识，2005(5)：532-533.
Fu Jianwei，Xu Dunming，Wu Wei，You Minsheng. Preference of different vegetable insect pests to color[J]. Entomological Knowledge，2005(5)：532-533.

[7] 宋海燕，李丽莉，王凤月，门兴元 . 不同颜色粘虫板对棉田绿盲蝽、中黑盲蝽和赤须盲蝽的诱集效果[J]. 植物保护学报，2016，43(5)：713-721.
Song Haiyan，Li Lili，Wang Fengyue，Men Xingyuan. Trapping effects of different colored sticky cards to mirids *Apolygus lucorum*，*Adelphocoris suturalis* and *Trigonotylus ruficonis* in cotton fields[J]. Journal of Plant Protection，2016，43(5)：713-721.

[8] 朱丽娜 . 不同颜色粘虫板诱捕绿盲蝽的效果[J]. 河北果树，2013(6)：10-12.
Zhu Lina. Effect of sticky traps with different color on trapping *Apolygus lucorum*[J]. Hebei Fruits，2013(6)：10-12.

[9] 王辉，方彤晖，薛宏贵，王新谱 . 不同颜色粘虫板及性诱捕器对枣园绿盲蝽的诱集效果[J]. 果树学报，2019，36(5)：647-654.
Wang Hui，Fang Tonghui，Xue Honggui，Wang Xinpu. Trapping effects of different color sticky cards and sex pheromone traps on *Apolygus lucorum* in jujube orchards[J]. Journal of Fruit Science，2019，36(5)：647-654.

[10] 桑文，朱智慧，雷朝亮 . 昆虫趋光行为的光胁迫假说[J]. 应用昆虫学报，2016，53(5)：915-920.
Sang Wen，Zhu Zhihui，Lei Chaoliang. Review of phototaxis in insects and an introduction to the light stress hypothesis[J]. Chinese Journal of Applied Entomology，2016，53(5)：915-920.

[11] 陈汉杰，张金勇，涂洪涛，韩立新，王红艳，朱守卫 . 苹果、梨园悬挂黄色粘板诱虫的生态效应[J]. 果树学报，2012，29(1)：86-89.
Chen Hanjie，Zhang Jinyong，Tu Hongtao，Han Lixin，Wang Hongyan，Zhu Shouwei. Investigation on ecological influence resulting from trapping insects by using yellow sticky card in apple and pear orchards[J]. Journal of Fruit Science，2012，29(1)：86-89.

[12] 张利军，李宾瑶，李丫丫，李玥，赵志国，马瑞燕 . 黄色黏虫板在3种果园对蚜虫及其天敌的诱集作用[J]. 植物保护学报，2014，41(6)：747-753.
Zhang Lijun，Li Binyao，Li Yaya，Li Yue，Zhao Zhiguo，Ma Ruiyan. Effectiveness of yellow sticky traps in capturing aphids and their natural enemies in three kinds of orchards[J]. Journal of Plant Protection，2014，41(6)：747-753.

[13] 马文尧，赵龙龙，任爱华，韩继龙，张毓，董坤，王晓祥 . 新型仿生(黄黑条纹)粘虫板在哈尔滨地区生态梨园的防控效果[J]. 黑龙江农业科学，2025(6)：48-53.
Ma Wenyao，Zhao Longlong，Ren Aihua，Han Jilong，Zhang Yu，Dong Kun，Wang Xiaoxiang. Prevention and control effect of a new biomimetic (yellow and black striped) sticky insect board on ecological pear orchards in Harbin[J]. Heilongjiang Agricultural Sciences，2025(6)：48-53.

[14] 耿辉辉，陆宴辉，杨益众 . 绿盲蝽成虫的田间活动规律[J]. 应用昆虫学报，2012，49(3)：601-604.
Geng Huihui，Lu Yanhui，Yang Yizhong. Activity of adult *Apolygus lucorum* in cotton fields[J]. Chinese Journal of Applied Entomology，2012，49(3)：601-604.

[15] 苏恒，孙小旭，张金勇 . 苹果园绿盲蝽性诱剂监测与诱集方法研究[J]. 果树学报，2021，38(8)：1390-1395.
Su Heng，Sun Xiaoxu，Zhang Jinyong. Methods for sex pheromone monitoring and trapping of *Apolygus lucorum* in apple orchard[J]. Journal of Fruit Science，2021，38(8)：1390-1395.

[16] 张晓凤，陈欣，闫喜中，邓彩萍 . 枣园绿盲蝽越冬卵的分布及粘虫板对其秋季成虫落卵量的影响[J]. 植物保护，2019，45(2)：182-187.
Zhang Xiaofeng，Chen Xin，Yan Xizhong，Deng Caiping. Distribution of overwintering eggs and effects of sticky trap on oviposition of *Apolygus lucorum* adults in autumn in jujube orchard[J]. Plant Protection，2019，45(2)：182-187.

[17] 桑文，黄求应，王小平，郭墅濠，雷朝亮 . 中国昆虫趋光性及灯光诱虫技术的发展、成就与展望[J]. 应用昆虫学报，2019，56(5)：907-916.
Sang Wen，Huang Qiuying，Wang Xiaoping，Guo Shuhao，Lei Chaoliang. Progress in research on insect phototaxis and future prospects for pest light-trap technology in China[J]. Chinese Journal of Applied Entomology，2019，56(5)：907-916.

[18] 王丽丽，王洪涛，刘学卿，任爱梅，王英姿 . 不同颜色粘虫板对葡萄园绿盲蝽的诱集效果[J]. 果树学报，2014，31(2)：288-291.
Wang Lili，Wang Hongtao，Liu Xueqing，Ren Aimei，Wang Yingzi. Attractive effect of the different color sticky traps on *Apolygus lucorum* in vineyard[J]. Journal of Fruit Science，2014，31(2)：288-291.

[19] Legrand A，Los L. Visual responses of *Lygus lineolaris* and *Lygocoris* spp. (Hemiptera：Miridae) on peaches[J]. Florida Entomologist，2003，86(4)：424-428.

[20] Blackmer J L，Byers J A，Rodriguez-Saona C. Evaluation of color traps for monitoring *Lygus* spp.：Design，placement，height，time of day，and non-target effects[J]. Crop Protection，2008，27(2)：171-181.

[21] 李耀发，高占林，党志红，王吉强，杨继坤，潘文亮 . 绿盲蝽对不同波段光谱选择性的初步测定[J]. 河北农业科学，2011，15(5)：57-60.
Li Yaofa，Gao Zhanlin，Dang Zhihong，Wang Jiqiang，Yang Jikun，Pan Wenliang. Determination of sensitive band ranges of *Apolygus lucorum* Meyer-Dür[J]. Journal of Hebei Agricultural Sciences，2011，15(5)：57-60.

[22] 董松，卢增斌，李丽莉，李文强，于毅，门兴元，尹淑艳 . 绿盲蝽成虫对光谱和光照强度的行为反应[J]. 山东农业科学，2017，49(9)：122-127.
Dong Song，Lu Zengbin，Li Lili，Li Wenqiang，Yu Yi，Men Xingyuan，Yin Shuyan. Behavior response of *Apolygus lucorum*

Meyer-Dür adults to spectrum and light intensity[J]. Shandong Agricultural Sciences，2017，49(9)：122-127.

[23] 靖湘峰，雷朝亮 . 昆虫趋光性及其机理的研究进展[J]. 昆虫知识，2004，41(3)：198-203.
Jing Xiangfeng，Lei Chaoliang. Advances in research on phototaxis of insects and the mechanism[J]. Chinese Bulletin of Entomology，2004，41(3)：198-203.

[24] Warrant E J，Nilsson D E. Invertebrate Vision[M]. Cambridge：Cambridge University Press，2006：494-525.

[25] Kelber A，Vorobyev M，Osorio D. Animal colour vision：Behavioural tests and physiological concepts[J]. Biological Reviews，2003，78(1)：81-118.

[26] Stukenberg N，Poehling H M. Blue-green opponency and trichromatic vision in the greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*) explored using light emitting diodes[J]. Annals of Applied Biology，2019，175(2)：146-163.

[27] 秦焕荣，刘珠珠，贺亚红，张聪合，王永梅，张俊侠 . 粘虫板不同颜色和悬挂高度对葡萄园绿盲蝽的诱集效果[J]. 中国植保导刊，2020，40(8)：57-59.
Qin Huanrong，Liu Zhuzhu，He Yahong，Zhang Conghe，Wang Yongmei，Zhang Junxia. Trapping effects of different colored sticky boards at varying hanging heights on *Apolygus lucorum* in vineyards[J]. China Plant Protection，2020，40(8)：57-59.

[28] 马兴莉，宋宏伟，张真，卢绍辉，袁国军，杨昆，崔国卿 . 绿盲蝽性诱剂诱捕效率的测定及其影响因子分析[J]. 中国生物防治学报，2016，32(3)：305-310.
Ma Xingli，Song Hongwei，Zhang Zhen，Lu Shaohui，Yuan Guojun，Yang Kun，Cui Guoqing. Determination of trapping efficiency of traps with sex pheromone traps for *Apolygus lucorum* and its affecting factors[J]. Chinese Journal of Biological Control，2016，32(3)：305-310.

[29] 帕提玛•乌木尔汗，马成，王芳，张以和，王岩平，靳改龙，马少军，阿孜姑丽•阿布力米提，杨媚，吉艳玲，米日古丽，潘卫萍，马德英 . 不同色板和引诱剂对设施蔬菜主要害虫的诱杀效果[J]. 植物保护，2018，44(6)：205-209.
Patima Wumuerhan，Ma Cheng，Wang Fang，Zhang Yihe，Wang Yanping，Jin Gailong，Ma Shaojun，Aziguli Abulimiti，Yang Mei，Ji Yanling，Mi Riguli，Pan Weiping，Ma Deying. Trapping effect of card traps with different colors and attractants against main pests in protected vegetables[J]. Plant Protection，2018，44(6)：205-209.