

功能植物蛇床草生态控害作用及其应用*

戈 峰^{1**} 梁潇以¹ 张兴瑞¹ 李 卓¹ 鞠 倩² 欧阳芳³
杨泉峰⁴ 蔡志平⁵ 苏文雯^{1,3} 韩国栋^{1,5}

(1. 山东省农业科学院植物保护研究所, 济南 250100; 2. 山东省花生研究所, 国家花生工程技术研究中心, 青岛 266100; 3. 中国科学院动物研究所, 北京 100101; 4. 北京林业大学草业与草原学院, 北京 100083; 5. 石河子大学农学院, 石河子 832003)

摘 要 功能植物是指具备吸引天敌及授粉昆虫并提供天敌食物或栖息场所、拟或趋避害虫等生态防控功能的植物总称。自 2012 年发现蛇床草 *Cnidium monnieri* 是华北区域最重要的功能植物以来, 已围绕着蛇床草的作用方式、作用机理、控害能力及其应用进行了大量研究, 并将它发展成了一项重要的生态调控新技术。本文系统介绍了蛇床草的基本特性、作用方式、作用机制及其在华北小麦、玉米、花生、棉花、苹果园及梨园的应用, 提出了未来蛇床草研究方向, 旨在为作为生态防控最重要的功能植物之一的蛇床草推广应用提供参考价值。

关键词 蛇床草; 功能植物; 生态控害作用; 非作物生境; 农田景观

Ecologically based pest management mechanisms and practical applications of the functional plant *Cnidium monnieri*

GE Feng^{1**} LIANG Xiao-Yi¹ ZHANG Xing-Rui¹ LI Zhuo¹ JU Qian² OUYANG Fang³
YANG Quan-Feng⁴ CAI Zhi-Ping⁵ SU Wen-Wen^{1,3} HAN Guo-Dong^{1,5}

(1. Institute of Plant Protection, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan 250100, China;

2. National Engineering Technology Research Center of Peanut, Shandong Peanut Research Institute,

Qingdao 266100, China; 3. Institute of Zoology, Chinese Academy of Science, Beijing 100101, China;

4. School of Grassland Science, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;

5. College of Agriculture, Shihezi University, Shihezi 832003, China)

Abstract Functional plants, characterized by their ecological regulatory capabilities, are a group of plant species that attract the natural enemies of pest insects and pollinators, provide food sources and habitats for these, and repel pests. Since the discovery in 2012 that *Cnidium monnieri* is the predominant functional plant in North China, extensive research has been conducted to elucidate its mode and mechanism of action, and the effectiveness of growing it, culminating in the development of an innovative, ecological, regulation technology based on this species. This review synthesizes current research findings, systematically examines the fundamental biological characteristics, mode, and mechanism of action of *C. monnieri*, with particular emphasis on its performance as an ecological regulator in North China's predominant agricultural systems, including wheat, maize, peanut and cotton fields, as well as apple and pear orchards. Future research directions for *C. monnieri* are proposed, with the aim of promoting the use of this plant as one of the most important functional plants for ecological pest control.

Key words *Cnidium monnieri*; functional plant; ecologically based pest management; non-crop habitats; agricultural landscapes

功能植物是指具备吸引天敌及授粉昆虫、提供天敌食物或栖息场所, 或趋避害虫等生态防控功能的植物总称。它通常具有为天敌昆虫或传粉

昆虫提供“衣(传粉服务)、食(食物服务)、住(庇护服务)、行(转移服务)”的功能, 而有利于目标保护作物上害虫的“衣、食、住、行”的

*资助项目 Supported projects: 顶尖人才“一事一议”项目资助(2023YSYY-006); 国家重点研发计划重点专项(2017YFD0200400); 国家自然科学基金(32402473); 山东省自然科学基金(ZR2024QC274)

**第一作者和通讯作者 First and corresponding author, E-mail: gef@ioz.ac.cn

收稿日期 Received: 2025-03-21; 接受日期 Accepted: 2025-05-05

作用等特征(杨泉峰等, 2020)。常见的功能植物包括诱虫植物、蜜源植物、栖境植物、驱避植物等(杨泉峰等, 2020)。

近年来, 随着农业集约化的发展, 引起农田景观中生物多样性减少、自然天敌控害功能下降等问题, 越来越重视通过以功能植物种植为基础的农田景观生态系统重构, 给害虫的天敌安上一个家, 以发挥农田天敌控害的生态防控作用(Li *et al.*, 2023)。其中, 蛇床草 *Cnidium monnieri* 被认为是华北区域最重要的功能植物(杨泉峰等, 2018)。自 2012 年以来, 我们团队聚焦于“寻找以蛇床草代表的重要功能植物、明确其作用方式、揭示其作用机理、构建其作用模式”这条主线, 对蛇床草开展了系统性研究。本文详细介绍了该重要功能植物蛇床草的生物学特性、作用方式、作用机制及其在华北小麦、玉米、花生、棉花、苹果园及梨园的应用, 旨在于为蛇床草及其它功能植物的推广应用提供参考价值。

1 功能植物蛇床草生物与生态学特性

蛇床草 *C. monnieri* 为伞形科 *Apiaceae*、蛇床属 *Cnidium* 的一年生草本植物。茎直立, 圆柱, 具纵棱; 叶三回三出式羽状全裂; 小伞形花序, 花瓣白色。传统上是一味中药, 有燥湿、杀虫止痒等功效。它的适应性很强, 在我国各地都有分布。

自 2012 年在山东禹城中国科学院试验站, 从 62 种功能植物的筛选中, 发现了这种生长在麦田周围且富含龟纹瓢虫 *Propylaea japonica*、食蚜蝇 *Syrphus* sp. 等天敌昆虫的功能植物蛇床草, 其上生长的胡萝卜微管蚜 *Semiaphis heraclei*, 主要取食寄主植物的茎、嫩梢、叶和花蕾, 但不对小麦、玉米、棉花取食危害; 而胡萝卜微管蚜可在早春作为天敌的食物, 涵养大量的瓢虫、食蚜蝇、草蛉等天敌, 使之扩散到小麦田内捕食麦长管蚜 *Sitobion avenae*、禾谷缢管蚜 *Rhopalosiphum padi* 和麦二叉蚜 *Schizaphis graminum* 等害虫。同时, 蛇床草还具有种植管理轻简, 适生性强, 种子不

扩散, 一次种植多年有效, 且具观赏功能等可应用特点(杨泉峰等, 2018)。研究发现, 蛇床草带在小麦拔节期至抽穗灌浆期均能涵养大量的捕食性天敌龟纹瓢虫、异色瓢虫 *Harmonia axyridis* 和七星瓢虫 *Coccinella septempunctata*, 平均百株瓢虫量为 100.1-300.2 头; 可作为麦田、玉米田、棉田等多种农田周围的功能植物(Yang *et al.*, 2021)。由此, 基于这一重要发现, 开辟了利用蛇床草作为功能植物进行害虫生态防控的作用途径。

2 伴生种植蛇床草对小麦-玉米轮作系统蚜虫及天敌的作用方式与途径

2.1 伴生种植蛇床草有助于促进天敌对麦蚜的控制作用

伴生种植在小麦田边缘的蛇床草带, 能涵养大量的七星瓢虫、异色瓢虫, 并提前转移到麦田, 使麦蚜田间的分布更加离散, 且瓢虫的分布从距离蛇床草带由近至远密度逐渐减小, 由此表明, 麦田边缘蛇床草通过保育天敌瓢虫并溢出至麦田, 进而影响麦田瓢虫空间分布, 提升了瓢虫对麦蚜的控害作用(杨泉峰, 2021)。

研究表明, 瓢虫和食蚜蝇是麦田中蛇床草涵养的优势天敌。蛇床草种植面积比例为 5%、10% 和 15% 的蛇床草上瓢虫所占的比例分别为 61.23%、36.22% 和 47.76%; 食蚜蝇的占比分别为 38.52%、63.25% 和 52.02%。随着蛇床草种植比例的增加, 能涵养的天敌总量越高。在捕食性天敌和寄生性天敌的联合控害作用下, 伴生种植蛇床草的麦田中麦蚜的数量均显著低于对照麦田, 且随着种植比例的增加而减少。进一步定量评估天敌对麦蚜的控制作用发现, 5%、10% 和 15% 比例的相对生物控害指数 RBSI 平均分别增加了 39.53%、55.48% 和 56.40%, 蛇床草种植比例的增加强化了天敌对麦蚜的控制作用, 发挥着对麦蚜的生态防控作用(Liang *et al.*, 2024)。

2.2 蛇床草作为桥梁生境促进麦田天敌瓢虫转移至玉米田

当小麦收获后, 蛇床草可以涵养并储存从麦

田迁移过来的龟纹瓢虫、异色瓢虫、食蚜蝇、草蛉和七星瓢虫等捕食性天敌。其中, 龟纹瓢虫占比最大, 为 72.3%。玉米出苗前, 蛇床草里的龟纹瓢虫种群数量显著高于自然生境, 是自然生境的近 6.9 倍; 与蛇床草带相邻的玉米田里龟纹瓢虫种群数量是自然生境的 1.8 倍。而且, 蛇床草上的瓢虫数量具有显著的距离效应, 即距离蛇床草越近的玉米地上瓢虫的数量越多。进一步利用蛇床草 ITS 特异性引物分子检测技术, 检测到玉米上龟纹瓢虫内肠道内容物内有蛇床草的 ITS 序列, 说明蛇床草上的龟纹瓢虫可取食蛇床草花粉, 且由蛇床草带转移至玉米田 (Yang *et al.*, 2021)。这些研究结果充分表明, 在小麦-玉米轮作田边缘种植蛇床草, 蛇床草可作为小麦、玉米田共有天敌龟纹瓢虫的桥梁生境, 促进龟纹瓢虫从麦田向玉米田转移, 减弱小麦收获和玉米种植等农事操作对龟纹瓢虫的伤害, 有助于玉米田瓢虫种群的迅速重建。

2.3 小麦-玉米轮作系统中种植蛇床草促进了对天敌瓢虫的保育及对蚜虫的控制

在小麦-玉米轮作系统中伴生种植蛇床草显著增加了小麦田中天敌瓢虫的数量, 进而明显减少了麦蚜总量、麦长管蚜、禾谷缢管蚜的

发生量。其中, 种植蛇床草的麦田中瓢虫高峰期的数量为 17.17 头/ m^2 , 显著高于对照麦田的 8.53 头/ m^2 ; 种植蛇床草处理麦田中麦蚜高峰期数量为 801.67 头/百株, 显著低于对照处理的 1 033.00 头/百株。蛇床草上天敌瓢虫的数量伴随着蛇床草开花而迅速增加, 而小麦上的天敌则伴随着麦蚜的下降而迅速下降。蛇床草能将天敌瓢虫种群维持至玉米三叶期, 其不仅能作为天敌瓢虫的栖息地及“桥梁生境”, 在发挥对瓢虫的涵养作用的基础上, 促进瓢虫从小麦转移至蛇床草上, 再从蛇床草转移至玉米田以发挥天敌的控害作用 (梁潇以, 2024)。

2.4 蛇床草在小麦-玉米轮作系统的生态防控作用途径

综上所述, 早春蛇床草从周围生境吸引天敌, 并助迁天敌在其上繁育, 随后扩散到麦田去控害。当小麦收获之后, 天敌从小麦转移到蛇床草上, 随后再转移到玉米上发挥控害功能。当玉米收获之后, 天敌再回到蛇床上越冬; 部分到周围非作物生境越冬。这一完整的转移扩散及控害规律周而复始发生, 从而打造了一个周年的田间自然天敌的加工厂和储存间, 其生态控害作用途径如图 1 所示。

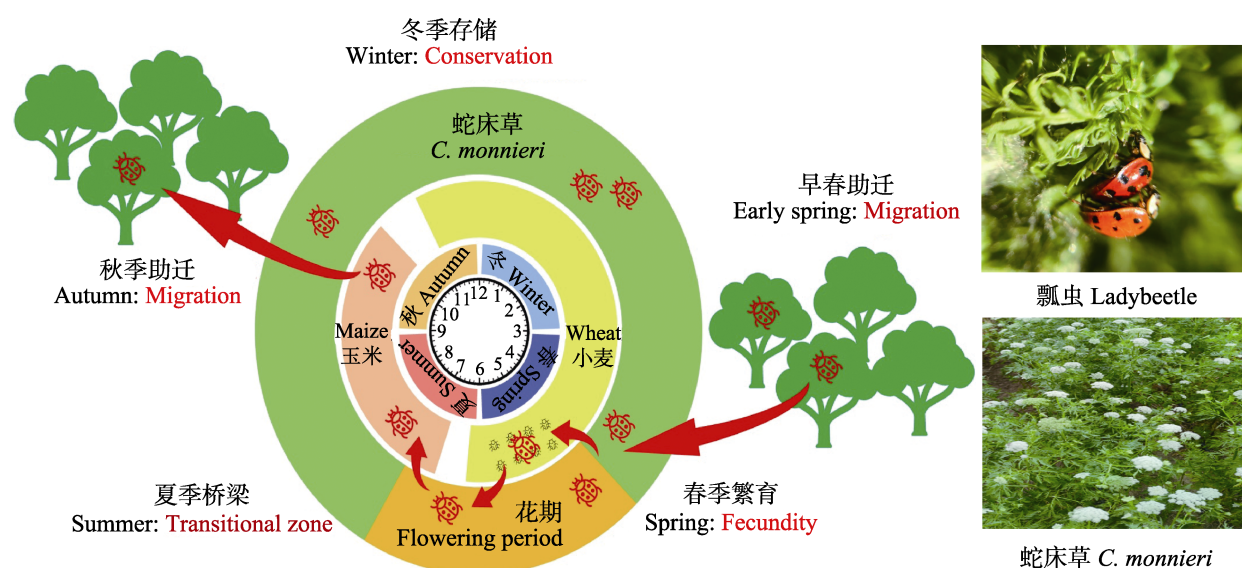


图 1 蛇床草在小麦-玉米轮作系统的生态控害作用途径

Fig. 1 The role pathways of *Cnidium monnieri* in a wheat-corn crop rotation system

3 伴生种植蛇床草对棉花、花生害虫及天敌的作用方式

3.1 棉田旁边种植功能植物蛇床草能提前保育瓢虫类天敌，显著减少棉蚜的种群发生

棉田伴生种植蛇床草可以有效的涵养天敌昆虫，其主要天敌种类为瓢虫、食蚜蝇和草蛉。其中，瓢虫在天敌昆虫占比最高，为 65.48%（2020 年）和 61.72%（2021 年），华北地区棉田以龟纹瓢虫和异色瓢虫为优势种群。研究发现，在棉花-蛇床草伴种模式下，2020-2021 年，整个棉花生育期内棉蚜 *Aphis gossypii* 发生量显著降低了 34%-57%，减少了化学农药 50%以上，保证了棉花生产和环境安全（Yang *et al.*, 2023）。进一步通过比较种植蛇床草带后是否可以达到常规化学防治棉蚜的控制效果发现，2020 年边缘种植蛇床草带的棉田棉蚜发生数量显著低于化学防治田，2021 年与化学防治田无显著差异；同不种植蛇床草花带、不使用化学农药的对照田相比，种植蛇床草带的棉田苗蚜数量显著减少了 57%（2020 年）和 34%（2021 年）。同时，边缘种植蛇床草带可有效控制 14.6 m 范围内的棉蚜发生危害（Yang *et al.*, 2023）。说明通过在棉田边缘种植蛇床草花带可以有效地控制棉蚜的发生危害，同使用化学农药的防效相当，具有完全“替代”化学农药防治棉蚜的潜力。

3.2 花生田种植功能植物蛇床草的控害保益作用

伴生种植蛇床草在花生田后，捕食性瓢虫（龟纹瓢虫、多异瓢虫和异色瓢虫）、食蚜蝇、星豹蛛 *Pardosa astrigera* 等种群数量显著增加。在花生-蛇床草伴种模式下，2021-2022 年期间，天敌数量增加 39%-62%。这些天敌通过协同捕食，有效抑制了花生蚜 *Aphis craccivora*（Ju *et al.*, 2025）、蛴螬 *Holotrichia parallela*、蓟马和棉铃虫 *Helicoverpa armigera* 等害虫的发生（Ju *et al.*, 2025）。进一步通过对捕食性瓢虫和食蚜蝇幼虫体内蚜虫 DNA 的检测显示，从蚜虫发生初期到后期，阳性率检出率达 34%-67%，充分证明了

天敌在害虫控制中的关键作用。此外，研究还发现害虫密度随离蛇床草带距离的增加而上升，而天敌密度则呈下降趋势。蛇床草的天敌吸引效应可在 20 m 范围内持续影响害虫种群，有效增强生物防治效果（Ju *et al.*, 2025）。从产量表现来看，花生果荚成熟度指数与花生蚜密度呈显著负相关，而与花生产量呈正相关，表明种植蛇床草通过降低蚜虫密度，增加果荚完整性，从而提高荚果成熟度，最终提升花生产量。相比花生单作模式，伴种模式下花生减少产量损失约 14.75%-28.40%，且即使蛇床草占用 5% 的种植面积，整体产量仍显著增加（未发表数据）。

4 蛇床草及其组合对果园害虫生态调控作用

与一年生农作物相比，果园是一个相对稳定的生态系统，更加有利于自然天敌控害作用的发挥。针对果园底部不留草、不同害虫发生的时间不同，通过配置不同生长期、不同高矮的功能植物组合，为天敌提供多样化的食物来源和良好的栖息环境，可充分发挥它们的控害功能。

4.1 蛇床草及其组合对苹果园蚜虫生态调控作用

从 16 种功能植物中，筛选出适合山东烟台的功能植物二月兰 *Orychophragmus violaceus*、蛇床草、金盏菊 *Calendula officinalis*、长柔毛野豌豆 *Vicia villosa*、油菜 *Brassica campestris* 等，并组配了“二月兰+蛇床草+金盏菊”和“油菜+长毛豌豆+波斯菊”两种果园功能植物控害模式（肖云丽等，2020）。发现在 3 种功能植物二月兰、蛇床草、金盏菊种植区的苹果树上，龟纹瓢虫、异色瓢虫、七星瓢虫、草蛉、三突花蛛 *Misumenops tricuspidatus* 等几种主要的捕食性天敌种群显著高于对照区（蔡志平，2020）。

罩笼排除试验中显示，在苹果黄蚜 *Aphis citricolavander*（又名绣线菊蚜）发生前期，二月兰种植区生物控害指数较高（32.71%），发生高峰期蛇床草种植区生物控害指数较高（47.56%）。从不同功能植物种植区自然天敌的生物控害指

数比较来看, 前期二月兰区控害指数较高, 中期蛇床草区控害指数较高, 而金盏菊区控害指数相对较低 (Cai *et al.*, 2021)。说明种植功能植物对苹果园前期发生的苹果黄蚜有较好的控制作用。

在此基础上, 在山东烟台地区的果园中间作不同时空生态位的功能植物如油菜、长柔毛野豌豆、蛇床草和荆芥 *Nepeta cataria* 等构建果园微景观系统, 4 种不同花期的功能植物形成了时间上开花连续性, 可以持续地涵养天敌, 其中以蛇床草涵养的天敌种群数量最多。结果表明, 果树上两种天敌异色瓢虫和中华通草蛉 *Chrysoperla sinica* 在 4 种功能植物种植区要显著高于清耕区, 苹果黄蚜的种群数量在功能植物种植区要显著低于对照区。进一步通过罩笼试验, 显示种植功能植物后果树上天敌可以抑制苹果黄蚜的发生, 其中蛇床草种植区控害指数相对最高, 分别为 79% (2020 年) 和 80% (2021 年) (Zhang *et al.*, 2022)。显示, 苹果园间作功能植物可以涵养天敌, 并转移到果树上, 从而增加了果树上天敌的数量, 控制苹果黄蚜的发生危害, 为开展果园害虫生态调控提供了一种新方法。

4.2 天敌在蛇床草与苹果园之间的转移扩散规律

为追踪天敌在苹果园中蛇床草与苹果树间的转移扩散规律, 利用铷元素 Rb 标记手段对园内种植的功能植物蛇床草进行喷施, 进而测定苹果园中蛇床草-胡萝卜微管蚜-异色瓢虫的铷元素含量, 发现铷元素能够在苹果园蛇床草-蚜虫-异色瓢虫食物链中传递, 并且随着时间的推移, 植物及昆虫体内的铷元素含量逐渐下降。其中异色瓢虫 2018 和 2019 年的转移率分别为 44.04% 和 66.86%, 中华通草蛉 2018 和 2019 年的转移率分别为 96.79% 和 80.09% (Cai *et al.*, 2021)。显示异色瓢虫和中华通草蛉可从功能植物蛇床草转移到苹果树上去发挥其控害功能。

4.3 蛇床草及其组合对梨园害虫生态调控作用

梨木虱 *Cacopsylla chinensis* 作为梨树的主要害虫之一, 近年来的频繁暴发对梨产业的健康

发展造成冲击。针对这一难题, 通过在梨园果树行间种植 3 种不同花期的功能植物 (油菜、蛇床草和茴香) 来控制梨木虱, 结果表明, 3 种功能植物能涵养异色瓢虫、龟纹瓢虫和中华通草蛉等多种捕食性天敌, 功能植物种植区梨树上的天敌数量明显增加, 且有效控制了梨木虱的发生。进一步基于微量元素标记技术, 定量标记了天敌在梨树与蛇床草条带间的转移。结果表明, 梨木虱发生时, 蛇床草条带上的天敌可扩散到 18 m 处的梨树上进行控害; 当梨木虱被控制后, 天敌又可以转移到蛇床草上维持种群。罩笼试验结果进一步表明, 通过在梨树行间种植 1.8 m 宽的蛇床草条带, 能有效控制 14 m 之内的梨木虱 (Han *et al.*, 2025)。

5 蛇床草涵养瓢虫的营养机理与化学信息机制

对蛇床草上龟纹瓢虫的种群数量与其开花植株比例统计分析表明, 蛇床草带上龟纹瓢虫的种群数量与蛇床草开花植株比例均呈显著的正相关, 即蛇床草开花数量越多, 其涵养的龟纹瓢虫数量也越多; 进一步以蛇床草为食物, 发现饲喂蛇床花的龟纹瓢虫雌、雄成虫的存活时间分别比只取食水的延长 8.1 和 6.2 d, 平均的存活时间延长 7.2 d (Yang *et al.*, 2021)。

饲喂试验表明, 蛇床草的花作为营养补充可显著提升异色瓢虫的生长、发育和繁殖力。与单一小麦蚜虫食物处理做对比, 增加蛇床草花作为营养补充的处理组, 幼虫的存活率提高了 13.4%; 幼虫总发育历期平均缩短 1.81 d; 延长雄性瓢虫成虫寿命 18.39 d、雌性瓢虫产卵期 9.20 d; 雌性成虫产卵量提升 0.62 倍 (Su *et al.*, 2023)。

室内嗅觉行为选择测试显示, 异色瓢虫成虫对健康和蚜虫危害蛇床草植株的选择率均显著高于空白对照, 但无显著性差异。经气相色谱-触角电位联用仪 (GC-EAD) 和气相色谱-质谱联用仪 (GC-MS) 筛选和鉴定, 在健康植株和蚜虫危害植株挥发物中, 对异色瓢虫成虫有电生理反应的活性物质都是邻二乙苯 (1,2-Diethylbenzene)

和对二乙苯 (p-Diethylbenzene)。进一步通过室内嗅觉行为和田间诱集验证, 两种活性物质均能显著地吸引异色瓢虫成虫 (Cai *et al.*, 2020)。说明邻二乙苯和对二乙苯是蛇床草吸引异色瓢虫的主要化学信息物质, 揭示了蛇床草涵养瓢虫的营养机制与化学信息机制。

6 功能植物蛇床草的生态调控模式

6.1 “以草养虫、以虫治虫” 模式

功能植物蛇床草通过其挥发的化学信息吸

引周围天敌如瓢虫、草蛉、食蚜蝇、小花蝽 *Orius similis* 和寄生蜂等到其上取食花粉、花蜜和猎物 (胡萝卜微管蚜), 促进其生长发育和繁殖; 之后这些天敌再转移扩散到周围农田去捕食和寄生害虫; 实现“以草 (蛇床草) 养虫 (天敌)、以虫 (天敌) 治虫 (害虫)”、减少化学农药的使用的生态防控途径与效果 (图 2)。

6.2 蛇床草在小麦-玉米轮作田的害虫生态调控模式

小麦-玉米轮作是我国华北地区最为广泛的

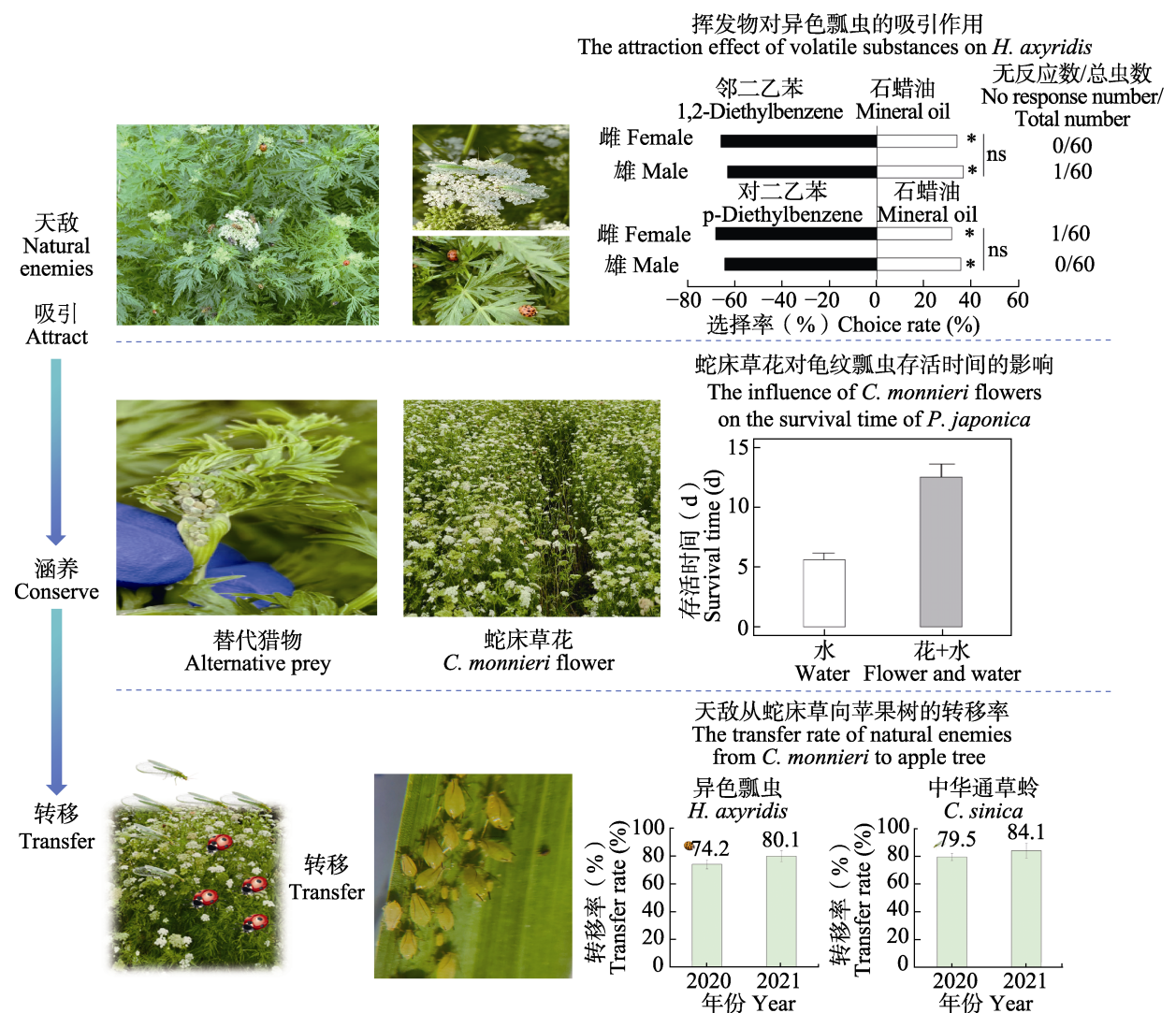


图 2 蛇床草“以草养虫、以虫治虫”的模式图 (Cai *et al.*, 2019, 2020; Su *et al.*, 2023)

Fig. 2 Schematic diagram of the functional plant *Cnidium monnieri* conserving natural enemies and utilizing them for pest control (Cai *et al.*, 2019, 2020; Su *et al.*, 2023)

ns 代表不显著; 星号代表差异显著 (* $P < 0.05$)。

ns represents no significant difference; Asterisk represents significant difference (* $P < 0.05$).

种植模式, 基于上述对蛇床草控害作用的系统研究, 形成了小麦-玉米 (30 m)-蛇床草 (1 m) 的种植模式。该模式所涵养的瓢虫和食蚜蝇等天敌昆虫可提前 7 d 迁入麦田, 将麦蚜持续控制在防治指标以下; 当小麦收获后, 天敌昆虫聚集到蛇床草带, 待玉米出苗后再转移至玉米田, 使玉米田天敌瓢虫数量增加 210%。在大面积应用该技术的区域, 常规年份不需施用农药防治麦蚜和玉米苗期害虫 (梁潇以, 2024)。

6.3 蛇床草在棉花和花生生态调控模式

在华北地区, 构建了花生 (20 m)-蛇床草 (1 m) 种植模式, 实现了对花生蚜的全程控制, 花生减少产量损失 14.75%-28.40%, 常规年份不需使用杀虫剂防治蚜虫 (Ju *et al.*, 2025); 形成了棉花 (15 m)-蛇床草 (1 m) 种植模式, 将整个生育期的棉蚜数量降低 34%-57%, 减少化学农药使用量 50%以上, 与常规化学防治相比, 棉蚜的防控效果没有显著性差异 (Yang *et al.*, 2023)。

6.4 多种功能植物组合的果园生态调控模式

在苹果园行间种植蛇床草、二月兰和金盏菊, 形成了蛇床草 (1 行)-二月兰 (1 行)-金盏菊 (1 行) 的种植模式, 涵养了瓢虫、草蛉、食蚜蝇等优势天敌, 促使天敌昆虫在苹果树和功能植物间频繁转移以控制害虫, 使苹果蚜虫发生初期和高峰期控害指数分别提高了 32.71%和 47.56%, 实现了对苹果蚜虫的全过程生物控制 (Cai *et al.*, 2021)。

7 展望

本团队 14 年以来的系统研究表明, 蛇床草已经成为最重要的功能植物, 而且发挥着重要的害虫生态防控作用。展望未来, 我们认为尚需要开展以下的研究工作。

7.1 蛇床草基因组解析与改造

目前已经对蛇床草的基因组进行了测序和解析。下一步将基于基因组信息, 解析蛇床草吸引和涵养天敌的化学信息与营养组成的分子机

制; 探究其开花特性、耐盐碱性、耐除草剂等基因组信息; 通过遗传改造, 以将野生性蛇床草驯化成更好利用的功能植物。

7.2 构建不同的生态防控模式

尽管蛇床草的适应性很强, 但针对不同的作物体系和区域特点, 仍需要加强对其应用模式的系统研发, 以总结、提升、构建可重复、可实施、可操作的应用技术体系; 同时, 还要定量确定它在不同农作物系统中的有效作用距离, 构建多功能植物组成的不同作物情景的应用模式, 以充分发挥蛇床草的生态防控功能。

7.3 多措施的协同增效

功能植物蛇床草作为生态防控的最重要措施, 通过“以草养虫、以虫治虫”达到了生态防控的效果。但还需要进一步从农田景观的角度, 对蛇床草“种哪儿-种多大面积-如何将它们连贯成一体”进行整体生态设计, 重塑农田景观生态系统; 尚需要将它与其它绿色防控措施如生物防治技术协同、理化诱控技术配合、合理的化学防治有机结合, 以更好地实现生态防控为基础的害虫管理理念。

7.4 蛇床草综合利用

为充分利用蛇床草的生物学特性和药用价值, 需要重点研究蛇床草种籽萌发的机制, 提高其出苗率; 调节其开花的节律, 以涵养更多的天敌, 且与目标害虫发生时间相匹配; 实现机械化育苗、收获, 以便大面积推广应用。此外, 深度开发蛇床草, 提取蛇床子素制成生物农药; 基于蛇床草为核心的生态防控技术体系, 减少化学农药使用, 生产出安全、健康的生态农产品, 优质优价, 实现生态效益、经济效益和社会效益的有机统一。

7.5 加强对寄生性天敌和其它害虫发生的评估

蛇床草对瓢虫、草蛉、食蚜蝇、小花蝽有很好的吸引和繁育作用, 但有关它对寄生性天敌的涵养作用还需要进一步研究。此外, 也发现蛇床草有鳞翅目害虫, 尚需要对其发生与危害进行风险性评估。

参考文献 (References)

- Cai ZP, 2020. Effects of ecological regulation on spirea aphid (*Aphis spiraeicola*) and predatory natural enemies in apple orchards by three functional plants. Doctor dissertation. Shihezi: Shihezi University. [蔡志平, 2020. 三种功能植物对苹果园绣线菊蚜及其捕食性天敌的调控作用. 博士学位论文. 石河子: 石河子大学.]
- Cai ZP, Ouyang F, Su JW, Zhang XR, Liu CL, Xiao YL, Zhang JP, Ge F, 2020. Attraction of adult *Harmonia axyridis* to volatiles of the insectary plant *Cnidium monnieri*. *Biological Control*, 143: 104189.
- Cai ZP, Ouyang F, Zhang XR, Chen J, Xiao YL, Ge F, Zhang JP, 2021. Biological control of *Aphis spiraeicola* (Hemiptera: Aphididae) using three different flowering plants in apple orchards. *Journal of Economic Entomology*, 114(3): 1128–1137.
- Han GD, Zhang XR, Cai ZP, Xiao YL, Ge F, 2025. Flower strips enhance the abundance and biocontrol services of predatory arthropods in a pear orchard. *Biological Control*, 200: 105680.
- Ju Q, Wei XP, Berthon K, Zhang Q, Ma WQ, Qu MJ, Ge F, Dicks LV, 2025. Flower strips increase natural pest control of peanut aphids, thereby enhancing crop yield. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 388: 109659.
- Li Z, Chang CY, Yuan YY, Zhang XR, Ge F, 2023. Functional plant, *Cnidium monnieri*, facilitates the conservation and the biocontrol performance of natural enemies. *The Innovation Geoscience*, 1(3): 100045.
- Liang XY, Ouyang F, Zhang XR, Sun YC, Li Z, Ge F, 2024. Increasing the proportion of flower strip area in farmland promotes natural enemies to enhance aphid biocontrol and wheat yield. *Entomologia Generalis*, 44(5): 1183–1192.
- Liang XY, 2024. Function of insectary plant *Cnidium monnieri* in ecological control of insect pests in the wheat-maize rotation system. Doctor dissertation. Beijing: University of Chinese Academy of Sciences. [梁潇以, 2024. 功能植物蛇床草对小麦-玉米轮作系统中害虫的生态调控作用. 博士学位论文. 北京: 中国科学院大学.]
- Su WW, Ouyang F, Li Z, Yuan YY, Yang QF, Ge F, 2023. *Cnidium monnieri* (L.) cusson flower as a supplementary food promoting the development and reproduction of ladybeetles *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae). *Plants*, 12(9): 1786.
- Xiao YL, Cai ZP, Zhang XR, 2020. Selection, configuration and application of functional plants in orchards. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 57(1): 49–58. [肖云丽, 蔡志平, 张兴瑞, 2020. 果园功能植物的筛选、配置及应用. 应用昆虫学报, 57(1): 49–58.]
- Yang QF, Li Z, Ouyang F, Men XY, Zhang KN, Liu M, Guo W, Zhu CG, Zhao WL, Reddy GVP, Ge F, 2023. Flower strips promote natural enemies, provide efficient aphid biocontrol, and reduce insecticide requirement in cotton crops. *Entomologia Generalis*, 43(2): 421–432.
- Yang QF, 2021. Function and mechanism of the insecta functional plant *Cnidium monnieri* to ecological regulation and control of insect pests in agricultural farmlands in North China. Doctor dissertation. Beijing: University of Chinese Academy of Sciences. [杨泉峰, 2021. 功能植物蛇床草对华北农田害虫生态调控的作用及机制. 博士学位论文. 北京: 中国科学院大学.]
- Yang QF, Men XY, Zhao WL, Li C, Zhang QQ, Cai ZP, Ge F, Ouyang F, 2021. Flower strips as a bridge habitat facilitate the movement of predatory beetles from wheat to maize crops. *Pest Management Science*, 77(4): 1839–1850.
- Yang QF, Ouyang F, Men XY, Ge F, 2018. Discovery and utilization of a functional plant, rich in the natural enemies of insect pests, in northern China. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 55(5): 942–947. [杨泉峰, 欧阳芳, 门兴元, 戈峰, 2018. 北方富含天敌的功能植物的发现与应用. 应用昆虫学报, 55(5): 942–947.]
- Yang QF, Ouyang F, Men XY, Ge F, 2020. Functional plants: Current uses and future research. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 57(1): 41–48. [杨泉峰, 欧阳芳, 门兴元, 戈峰, 2020. 功能植物的作用原理、方式及研究展望. 应用昆虫学报, 57(1): 41–48.]
- Zhang XR, Ouyang F, Su JW, Li Z, Yuan YY, Sun YC, Sarkar SC, Xiao YL, Ge F, 2022. Intercropping flowering plants facilitate conservation, movement and biocontrol performance of predators in insecticide-free apple orchard. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 340: 108–157.