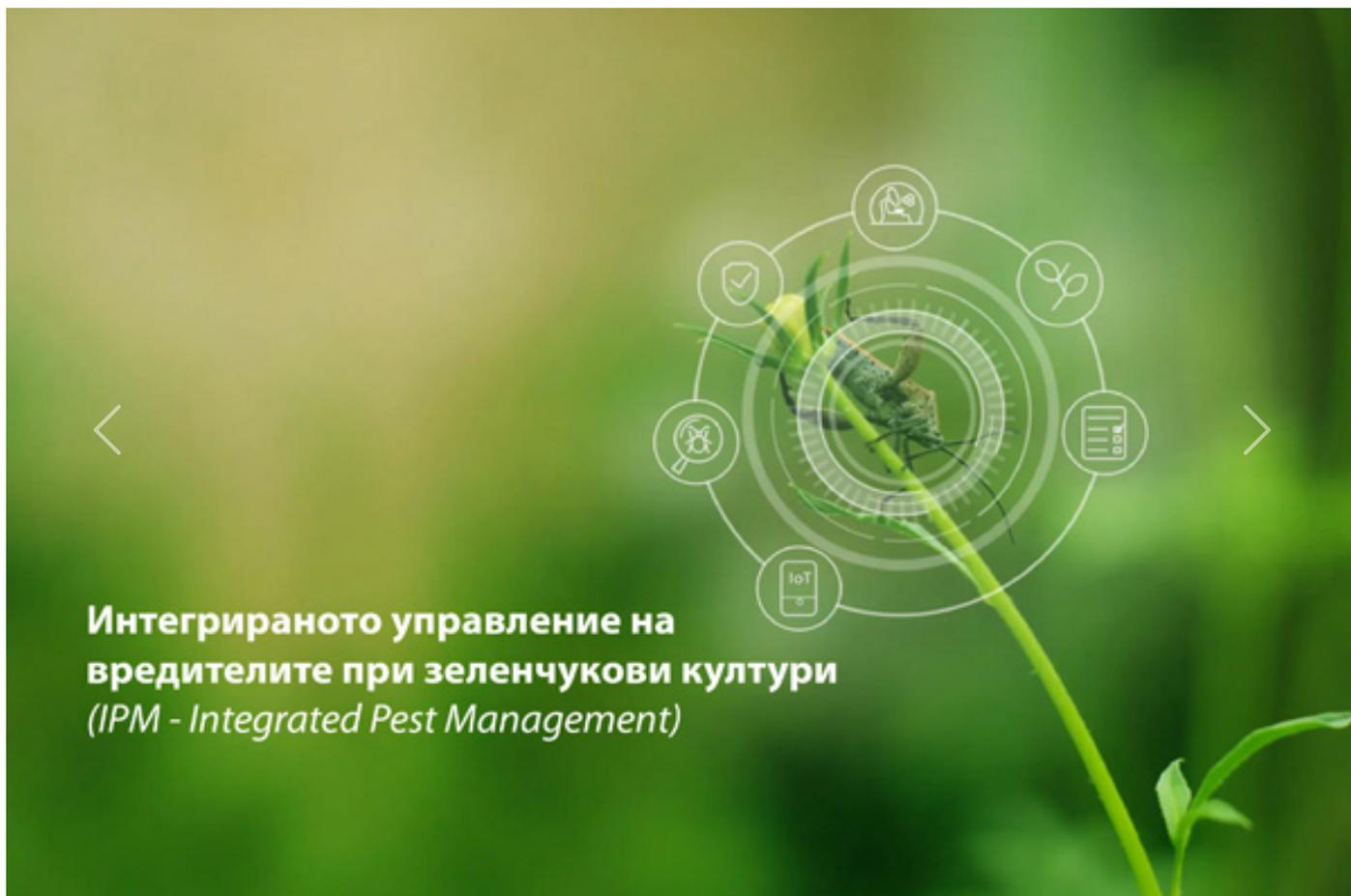


蔬菜作物综合病虫害管理 — 兼具传统的新方法

Автор(и): проф. д-р Винелина Янкова, Институт за зеленчукови култури "Марица" – Пловдив, ССА; проф. д-р Стойка Машева, ИЗК "Марица", ССА
Дата: 14.07.2025 Брой: 7/2025



有害生物综合治理 (IPM - *Integrated Pest Management*) 是一种在农业系统中管理有害生物的综合性和生态学方法。它涉及多种防治方法——农业栽培、生物和化学措施——的战略整合，以将有害生物种群控制在经济损失阈值以下。从而，环境和人类健康风险被降至最低。IPM特别注重预防措施、监测以及基于既定损害阈值的决策。IPM的主要原则包括：通过轮作等农业栽培措施预防有害生物问题；持续监测有害生物种群及其天敌；在做出管理决策时使用经济损失阈值；综合应用生物、物理和化学防治方法；评估所实施处理措施的有效性。通过融入多学科知识和基于系统的方法，IPM旨在优化农业生产，保护生态系统服务，并减轻传统农药施用带来的有害后果。

IPM框架内的可持续有害生物防治实践，对于应对日益增长的粮食需求、保护国家生物资源以及缓解气候变化不利影响所带来的挑战至关重要。传统的、涉及大量使用农药的有害生物防治实践，导致了诸多生态、经济和社会挑战。这些挑战包括农药抗性的出现、有益大型生物因子群落的破坏、土壤和水体污染，以及工人和消费者可能接触危险化学品。相反，IPM提供了一种更可持续的有害生物防治模式，将农药处理限制在经济和生态合理的阈值内。通过减少对化学农药的依赖，IPM促进了生物多样性和生态系统保护，增强了农业系统的稳定性，通过降低投入成本和增加产量为农民带来经济效益，同时提高了消费者的食品安全和产品质量。

IPM不仅处理有害生物对栽培植物的直接影响，还有助于可持续发展，包括保护自然资源、保障公共卫生以及促进社会经济福祉。

有害生物综合治理的主要原则：

1. 生物生态群落学方法。农业生物群落是一个生命有机体。其组成部分之间的关系是动态的。引入IPM旨在基于有害生物和有益生物之间的拮抗关系，保护生态系统的生物平衡。重点是控制，而非根除有害生物。完全消灭有害生物是不可能的，这种尝试可能代价高昂且对环境有害。



在此方案下，控制始于确定经济损失水平。随后是选择和应用防治措施。这些阈值不仅包括有害生物，还包括它们所指的具体地点，因为它们可能因地区而异。通过将有害生物种群维持在可接受的水平，消除了选择压力。这降低了产生对化学植物保护产品抗性的风险。

2. 经济学方法。在病理系统或有害生物/作物组合中，评估损害阈值和行动阈值很重要。行动阈值是病害或有害生物发展的最高水平，低于此水平损失不具有经济意义。达到此阈值时，必须采取行动以防止流行病或灾难性繁殖。该阈值是综合治理中的重要工具，可根据替代防治方案的有效性及其作用持续时间而变化。

3. 正确选择化学药剂。 IPM使用对有害生物有毒而对有益物种无毒或低毒的选择性农药。选择性可以是：生理选择性——由植物保护产品的活性结构及其作用机制决定；生态选择性——由有害生物和有益物种的生物学和生态学决定；技术选择性——由处理方法和技术决定（局部处理、通过滴灌系统施用、灌溉施肥、种子处理、使用颗粒状植物保护产品、农药混剂、与微生物制剂结合使用减量剂量）。IPM计划中化学植物保护产品应用的风险评估由以下因素决定：生物防治因子的表征和鉴定；健康风险；环境风险；植物保护产品效力。IPM使用最具选择性的农药，这些农药在实现其目的的同时，对有益物种、空气、土壤和水质最安全；进行局部而非全面处理，并采用低容量喷雾。

IPM的组成部分

IPM依赖于多种策略的组合，包括预防和农业栽培防治方法、监测和决策工具、生物和化学防治。预防和农业栽培防治方法包括轮作、保持作物无杂草、间作和使用抗性品种。目标是创造不利于有害生物种群发展的条件。监测和决策工具（经济损失水平、侦察和取样技术）帮助农民评估有害生物种群并确定何时需要干预。生物防治方法，包括利用天敌、保护和增殖有益物种、遗传控制和经典生物防治，利用捕食者/寄生者的力量来控制有害生物种群。化学干预方法（生物农药、选择性/靶向农药使用和纳米技术）在其他方法不足时有节制地用于控制有害生物。通过整合这些多样化的策略，IPM可以通过降低公共卫生和环境风险来成功管理有害生物。

1. 预防和农业栽培防治方法

轮作是IPM内预防性有害生物管理的基本策略。它涉及在不同生长季节在同一块田地连续种植不同的作物。轮作在抑制有害生物种群方面的有效性归因于以下机制：寄主作物的时空分离；纳入作为屏障或诱集作物的非寄主作物；通过增强其生物多样性来刺激有益物种。轮作作为IPM策略的有效性取决于对作物时间序列的明智选择和安排、轮作方案中包含的作物多样性、轮作周期的持续时间以及覆盖作物或绿肥的战略纳入。研究发现，在战略轮作序列中，将非寄主作物与寄主作物（蔬菜）轮作，能有效限制多种作物中土传植物病原体 and 植物寄生线虫的发生频率和有害活动。在轮作中加入豆科作物也可以通过化感作用和资源竞争抑制杂草种群，同时提高土壤肥力。

蔬菜生产中间作系统中的香料作物

间作不同的作物是一种有效的农业栽培防治策略。它涉及在同一块田地同时种植多种作物。这种预防性实践基于不同植物物种之间的生态相互作用，以创建限制有害生物传播并促进天敌活动的农业生态系统。间作的机制是复杂的。它们包括资源竞争、物理屏障、化感作用和生境操纵等因素。间作作为有害生物管理策略的有效性取决于伴生作物的明智选择、其精确的空间配置以及建立的最佳时机。



这种共存的一个例子是种植罗勒或薄荷等芳香植物作为间作作物。这些植物可以驱避或掩盖有害生物用来定位其寄主植物的挥发性嗅觉信号，从而降低有害生物侵染率。除了对有害生物种群的直接影响外，间作还可以通过提高土壤肥力、优化水分利用效率和减少非生物胁迫的影响来增强农业生态系统的整体韧性和产量。

卫生措施，包括清除和销毁田间及周边地区受有害生物侵染的植物材料、作物残体和其他有害生物接种源，也属于农业栽培防治实践。它们减少了新出现的有害生物种群并防止其在生长季节内和季节间传播，从而最大限度地减少补救性干预的需要。除了这些田间措施外，卫生措施还包括清洁和消毒农业设备、储存设施和运输车辆，以限制外部来源有害生物的引入和传播。

培育抗性品种是农业栽培有害生物防治的核心策略。它利用作物的遗传多样性来最大限度地减少有害生物和病害对栽培作物的不利影响。在IPM计划中使用抗性品种旨在减少对农药的依赖，最大限度地减少产量损失，并提高作物的整体韧性。

2. 监测与决策

定期监测和取样是IPM计划中决策的基础。



还使用各种工具和技术来监测有害生物种群及其对栽培植物的不利影响，包括：目视检查、使用通风口防护网、粘虫板、信息素诱捕器和遥感技术。遥感技术包括航空摄影、卫星图像和无人驾驶飞行器。这些技术越来越多地用于监测作物状况并在大空间尺度上早期检测有害生物爆发。整合各种监测工具和技术，结合适当的取样，可以实现关于有害生物管理干预的必要性和时机的数据驱动决策。随着人工智能相关研究的进展，探索了其在IPM决策中应用的可能性（用于开发基于机器学习和神经网络的预测模型；用于优化监测基础设施；用于改进预测模型）。

经济损失阈值是做出作物处理决策的重要工具。它们决定了何时有害生物防治措施在经济上是合理的。这种方法最大限度地减少了多余的农药施用，降低了环境影响和与有害生物管理相关的经济负担。

3. 生物防治

天敌，包括寄生性天敌、捕食性天敌和病原体，是IPM计划中生物有害生物防治的重要组成部分。



这些有益生物可以通过各种机制调节有害生物种群，包括直接捕食、寄生和感染，通常将有害生物密度保持在经济损失阈值以下。将天敌成功整合到IPM中需要了解其生物学特性、与目标有害生物和作物环境的相互作用。捕食者对有害生物种群的影响取决于其取食率、功能反应、猎物偏好和其他生态因素。寄生性天敌是将卵产在寄主体内，随着寄生性幼虫的发育而消灭寄主的昆虫。病原体，包括病毒、细菌、微真菌和线虫，感染有害生物种群并引起疾病，导致其生长、繁殖和存活率下降。

经典生物防治涉及建立有害生物的天敌。该策略旨在通过恢复该地区有害生物与其天敌之间的生态平衡，实现长期和可持续的有害生物抑制。这减轻了入侵性有害生物对农业生态系统的不良影响。选择合适的天敌基于以下标准：寄主专一性、气候适应性、繁殖潜力和搜索效率。寄主专一性对于最大限度地降低对本地物种的非靶标效应风险以及确保生物防治计划的生态安全非常重要。

将天敌纳入IPM计划基于保护和扩增现有种群，以及通过保护性生物防治引入新物种。它侧重于通过提供替代食物来源、庇护所和越冬场所来改变作物环境，以利于生物因子的存活和效力。保护和扩增天敌是更广泛生物防治框架内的两个关键策略。保护和扩增技术通常与其他IPM策略（如化学和农业栽培防治）结合使用，以实现可持续且具有成本效益的有害生物管理。这包括各种实践，包括提供替代食物来源、为越冬生物创造庇护所，以及最大限度地减少可能对有益生物产生不利影响的广谱农药施用。

4. 化学防治

在IPM的各个组成部分中，化学防治是经历了最新和最近更新的部分。这些更新包括选择性及靶向农药使用、抗性管理、生物农药和天然化合物以及纳米技术应用方面的最新进展。

5. 农药的选择性与靶向使用

明智而精确地施用针对特定有害生物的农药，是IPM方法中的一个重要组成部分，该方法强调化学防治措施的战略实施。这种方法需要深入了解有害生物的生命周期、生态相互作用和种群波动，以及作物物候学和农业生态系统内的复杂关系。分子研究通过阐明决定杀虫剂选择性的潜在机制，为此做出了重大贡献。

6. 抗性管理策略

这些策略旨在预防或延缓有害生物种群中出现农药抗性。抗性的出现是由于重复施用农药施加的选择压力，这种压力有利于抗性个体相对于敏感个体的存活和繁殖。轮换使用不同作用机制的农药可以减少对特定抗性机制的选择压力，并有助于在有害生物种群中维持一个多样化的敏感个体基因库。按推荐全剂量施用农药是抗性管理策略的另一个重要部分，因为亚致死剂量可能促进抗性个体的存活和繁殖，从而加速抗性的出现。

7. 生物农药与天然来源产品

生物农药和天然产品为传统的合成农药提供了更具生态性和可持续性的替代品。天然来源产品是从天然材料中提取或分离出来的，可能经过一些化学修饰以增强其效力或稳定性。微生物农药来源于对特定有害生物物种具有致病性的细菌、真菌、病毒和线虫。例如，源自苏云金芽孢杆菌的产品含有细菌孢子和晶体蛋白，对某些有害生物有毒。源自真菌绿色木霉的各种制剂和精油对危害栽培植物的病原体具有活性。

全球正在进行积极的研究，以发现和表征来自天然来源的新生物活性化合物，并优化制剂和递送系统。



普通苦艾 (*Artemisia absinthium*) 自古以来就被用作药用植物

在最近关于植物毒性和昆虫毒性的研究中，评估了迷迭香和艾蒿精油对番茄害虫烟粉虱的效果。

8. 纳米技术。

纳米技术是一个新兴领域，具有在IPM内设计新的和改进的化学防治工具的潜力。纳米农药与传统农药制剂相比具有几个潜在优势：提高效力、减少环境影响以及靶向递送至预定有害生物或植物组织。用于制备纳米农药的纳米材料实例包括聚合物纳米颗粒、脂质基纳米载体和无机纳米颗粒（如二氧化硅和二氧化钛）。