

中图分类号: S532; S435.32 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635(2023)06-0555-05
DOI: 10.19918/j.cnki.1672-3635.2023.06.007

马铃薯蚜虫生物防治研究进展

宫磊*

(七台河市茄子河区铁山乡人民政府, 黑龙江 七台河 154624)

摘要: 马铃薯害虫是影响马铃薯产量和质量的重要因素之一。当下防治害虫主要以化学防治和物理防治为主, 而生物防治是目前各类植物病虫害防治领域关注的热点。以马铃薯蚜虫为例, 主要介绍了马铃薯蚜虫的主要危害(直接伤害、间接伤害), 分析马铃薯蚜虫防治过程中存在过度依赖化学农药、缺乏综合防治策略、马铃薯蚜虫监测和预警系统不完善等问题。总结生物防治技术在马铃薯蚜虫防治中的应用对策, 为发展和推广新型生物防治技术, 实现更高效、更环保的害虫防治提供参考。

关键词: 害虫防治; 马铃薯蚜虫; 生物防治

Research Progress in Biological Control of Potato Aphids

GONG Lei*

(The People's Government of Tieshan Town, Qiezihe District, Qitaihe, Heilongjiang 154624, China)

Abstract: Potato pests are one of the important factors affecting potato yield and quality. Presently, the control of pests is mainly based on chemical control and physical control, while biological control is a hot spot in the field of various plant diseases prevention and pest control. Taking potato aphid as an example, the main hazards (direct injury and indirect injury) of potato aphid were mainly introduced. The problems of over-reliance on chemical pesticides, lack of integrated control strategies, imperfect monitoring and early warning system of potato aphid control were analyzed. The application of biological control technology in potato aphid control was summarized, which may provide a reference for the development and promotion of new biological control technologies to achieve more efficient and environmentally friendly pest control.

Key Words: pest control; potato aphid; biological control

马铃薯蚜虫(Potato aphid)是马铃薯田间一类重要害虫, 常对马铃薯作物生长造成严重危害。马铃薯蚜虫吸食马铃薯叶片汁液, 不仅使叶片萎缩变形, 虫体所分泌蜜露布满叶片会进一步加剧病害传播^[1]。此外, 马铃薯蚜虫还可传播花叶病毒等植物病毒, 对马铃薯生长和产量造成负面影响。目前,

马铃薯蚜虫防治主要采用化学防治, 但大量使用化学农药会产生环境污染、杀伤非靶标生物、增加马铃薯蚜虫抗药性等问题^[2]。因此, 有必要寻找有效的替代性防治方法。生物防治是利用天敌生物来控制害虫, 对环境友好且可持续性强。生物防治目标在于建立一个生态系统, 平衡害虫和益虫间自然调

收稿日期: 2023-11-01

作者简介: 宫磊(1995-), 男, 硕士, 研究方向为作物遗传育种。

*通信作者(Corresponding author): 宫磊, E-mail: 382257636@qq.com。

节机制从而降低危害^[3]。可通过寻找马铃薯蚜虫天敌, 结合其他农业防治手段(如培育抗虫品种、优化农作物管理等措施)建立有效的综合防治系统, 以控制马铃薯蚜虫种群数量, 使马铃薯产量和质量提高进而保障生产者利益和粮食安全^[4]。生物防治具有长效性, 可减缓抗药性增长, 因此研究马铃薯蚜虫生物防治具有重要意义。

1 马铃薯蚜虫危害

马铃薯蚜虫为一类危害马铃薯的小型昆虫, 对马铃薯产业造成潜在危害。马铃薯蚜虫可通过吸食植物汁液使马铃薯生长受阻, 其作为病毒媒介又可引发多种马铃薯病害, 对马铃薯造成间接危害^[5]。马铃薯蚜虫以细小口针刺入植物叶片、茎、花等部位, 吸食汁液。上述吸食行为会消耗马铃薯植株营养使植株生长缓慢。马铃薯蚜虫取食后所分泌蜜露含有糖分, 蜜露布满叶片可导致黑曲霉病等多种真菌性植物病害发生^[6]。虫害严重导致马铃薯植株出现叶片卷曲、枯黄等症状, 甚至出现植株死亡。此外, 马铃薯蚜虫是马铃薯卷叶病毒(Potato leafroll virus)、马铃薯X病毒(Potato virus X, PVX)、马铃薯Y病毒(Potato virus Y, PVY)等植物病毒主要传播媒介, 可引发田间流行多种马铃薯病害, 严重时导致马铃薯减产50%以上^[7]。在温暖湿润环境中马铃薯蚜虫繁殖迅速, 一年可繁殖多代, 危害可从田间延伸至贮藏和运输全过程, 进一步影响马铃薯产量和品质。

2 国内外研究进展

国内研究方面, 许多学者和科研机构致力于马铃薯蚜虫生物防治方法的研究^[4,8]。例如, 研究人员利用一些天敌昆虫, 如寄生蜂(*Aphidius ervi*)和捕食性蝽类来控制蚜虫数量。这些天敌虫类能寄生或捕食马铃薯蚜虫, 控制其种群数量以减轻对马铃薯的危害。一些研究还探索利用微生物手段, 如细菌或真菌来控制蚜虫, 通过干扰蚜虫生长发育或感染蚜虫达到防治效果。

国外研究方面, 一些国家也在马铃薯蚜虫防治研究上取得了一些突破。国外多次将蜡蚧菌应用于

田间蚜虫防治, 且都取得较好的防治效果。此外, 一些国家利用转基因技术研发抗蚜虫马铃薯品种, 进而减轻蚜虫对马铃薯的危害^[9]。

3 马铃薯蚜虫防治中存在问题

3.1 过度依赖化学农药

目前农业生产中, 化学防治是马铃薯蚜虫防治最常用的手段。化学农药防效快、力度大, 故易于被生产者接受, 但过度使用化学农药不仅对环境和人体健康造成潜在危害, 还导致马铃薯蚜虫产生抗药性, 降低原有农药防效。研发全新、更有效农药需更长时间, 这也增大了马铃薯蚜虫防治难度。此外, 使用化学农药对蚜虫天敌也有杀伤作用, 导致马铃薯蚜虫种群数量激增^[10]。

3.2 缺乏综合防治策略

目前, 生物防治和农业管理措施已被应用于防治马铃薯蚜虫, 例如引入马铃薯蚜虫天敌、采用轮作制度和增施有机肥。但上述方法并未普及, 特别是小农户和资源有限地区更难以实施^[11]。综合防治策略需整合化学防治、生物防治及农业管理等, 多措并举以达到最佳防治效果。但这需较高技术水平和管理能力, 在当前农业生产体系中, 实施综合防治策略仍面临较大难度^[12]。

3.3 监测和预警系统不完善

马铃薯蚜虫发生具有较强区域性和周期性, 实时、准确地监测并预警对于防控马铃薯蚜虫至关重要。目前, 马铃薯蚜虫监测和预警系统不够完善, 无法做到实时、准确监测和预警。生产者对马铃薯蚜虫发生和发展缺乏认知, 常在虫害已大量发生并造成严重损失后才开展防治, 这无疑增加了防治难度和成本^[13]。

4 马铃薯蚜虫生物防治技术

4.1 引入马铃薯蚜虫天敌

引入马铃薯蚜虫天敌进行生物防治, 是一种有效防治技术。该技术主要通过引入或增加马铃薯天敌数量, 利用天敌捕食或寄生作用, 控制马铃薯蚜虫数量达到防治目的。马铃薯蚜虫天敌包括瓢虫、寄生蜂及昆虫病原真菌等多个种类。上述天敌可直

接捕食马铃薯蚜虫或通过寄生和感染破坏蚜虫生长和繁殖,进而降低害虫种群数量^[14]。七星瓢虫(*Coccinella septempunctata*)为马铃薯蚜虫重要天敌,成虫24 h可捕食上百只蚜虫,瓢虫幼虫对马铃薯蚜虫也有较强捕食能力^[15]。寄生蜂也是马铃薯蚜虫重要天敌类群,寄生在马铃薯蚜虫后,幼虫以蚜虫为食使虫体死亡。寄生蜂种群通过繁殖,数量增加后将对马铃薯蚜虫长期有效控制^[16]。但引入马铃薯蚜虫天敌也存在一些问题,例如马铃薯蚜虫天敌对温度、天气和湿度等环境条件有较高要求,引入天敌时需选择适合当地气候环境的种类^[17]。另外,马铃薯蚜虫天敌生命周期长、繁殖速度慢,在实施生物防治时需注意提前引入或适当增加天敌数量。

4.2 新型生物防治剂研发和应用

研发和使用新型生物防治制剂是解决马铃薯蚜虫防控问题的重要途径^[18]。通过天然生物因子控制马铃薯蚜虫数量增长和繁殖或通过喷施白僵菌(*Beauveria bassiana*)等昆虫病原菌制剂感染马铃薯蚜虫并导致其死亡,以有效防治马铃薯蚜虫,该方法对环境友好对人畜安全^[19]。另外,某些植物提取物,对马铃薯蚜虫具有驱避作用,例如菊花(*Chrysanthemum × morifolium* Ramat)提取物有效成分可对马铃薯蚜虫有效驱避,将该提取物制成喷雾剂在马铃薯田使用可减轻马铃薯蚜虫发生及危害^[20]。

生防菌剂能以环境友好方式控制病虫害,成为生物农药研究热点。细菌生物被膜(Bacterial biofilm, BBF)是在固—液和气—液表面生长并封闭在胞外多糖基质中的细胞群,能调控细菌对环境胁迫的适应能力,提高细菌对紫外线(UV)胁迫等环境的抗逆性,是细菌的一种保护性生长方式^[21]。有学者以生物被膜Bt XL6为出发菌株,构建含有Cry8Ea的苏云金芽胞杆菌(*Bacillus thuringiensis*, Bt)工程菌株Bt XL8E,研究BBF的存在是否提高Cry蛋白的杀虫活性。结果表明,BBF状态的Bt XL8E可提高其在蛱蝶幼虫中肠的繁殖能力,Cry蛋白可提高Bt的杀虫活性,增强Bt生防性能^[22]。

4.3 生物防治与农业管理结合

为有效控制马铃薯蚜虫数量、提高防治效

果,生物防治技术可与农业管理措施结合使用。首先,合理轮作是农业管理中重要措施之一,在马铃薯轮作中,可选择种植高粱、小麦和大豆等不适宜马铃薯蚜虫生长和繁殖作物,以减少马铃薯蚜虫数量。其次,合理施肥可提高马铃薯养分增强其抵抗马铃薯蚜虫能力^[23]。养分充足的植株更健壮,抵抗病虫害能力更强。故可通过科学施肥有效降低马铃薯蚜虫危害。再次,马铃薯蚜虫可危害多种作物,在马铃薯田间种植洋葱、玉米和胡萝卜等作物,可分散害虫寄主降低其对马铃薯的危害,提高产量^[24]。在马铃薯种薯繁育中,马铃薯种薯田应选择在风速大、高海拔、高纬度、气候冷凉地区,高级别种薯应远离低级别种薯和商品薯种植。注意田间杂草控制,减少马铃薯田周边蚜虫寄主及蚜虫栖息和着陆场所^[25]。

4.4 利用昆虫性信息素进行诱捕和干扰繁殖

昆虫性信息素是昆虫间用于交流的化学物质,可引起昆虫性吸引和诱导行为等^[26]。采用昆虫性信息素进行马铃薯蚜虫诱捕和干扰繁殖是一种新型生防技术,可有效控制马铃薯蚜虫数量。一是性信息素诱捕。合成马铃薯蚜虫雌性信息素并制成诱捕剂,放置在马铃薯田间可吸引并捕获马铃薯蚜虫雄蚜以控制马铃薯蚜虫繁殖^[27];二是配对干扰。在特定时期,马铃薯蚜虫需完成两性繁殖,期间雌虫释放性信息素吸引雄虫,若合成大量马铃薯蚜虫雌性信息素并在马铃薯田间喷洒可干扰马铃薯蚜虫繁殖行为^[28];三是电生理和趋向选择行为。利用触角电位技术(Electroantennography, EAG),测试多异瓢虫成虫和幼虫触角对蚜虫报警信息素反式- β -法尼烯(*E*- β -farnesene, EBF)和性信息素假荆芥内酯(*Z*, *E*-Nepetalactone)的触角电位反应。研究发现^[29]蚜虫报警信息素EBF和性信息素假荆芥内酯对多异瓢虫成虫和幼虫均具有电生理和行为活性,推测多异瓢虫可通过识别利用蚜虫种内信息素组分定位蚜虫种群。

4.5 利用昆虫病原菌和病毒

微生物防治是一种常用的马铃薯蚜虫生物防治技术,通过利用病原菌和病毒控制马铃薯蚜虫数量。该方法绿色环保、无毒无害,对环境和生

态系统无影响^[30]。可通过以下4种途径开展防控: 一是应用病原菌^[31], 病原菌是一种可感染昆虫并致死的微生物。在马铃薯蚜虫生物防治中, 常用病原菌为白僵菌和绿僵菌(*Metarhizium anisopliae*)。通过直接接触病原菌侵入马铃薯蚜虫体内并最终导致马铃薯蚜虫死亡。故制备白僵菌孢子悬浮液喷洒到马铃薯田间可控制马铃薯蚜虫数量。二是应用病毒, 病毒是一种可感染昆虫并致病的微生物。在马铃薯蚜虫生物防治中, 常用病毒为马铃薯叶簇病毒和马铃薯花叶病毒等, 这些病毒可在马铃薯蚜虫中传播, 感染蚜虫最终导致虫体减少繁殖^[32]。三是并用病原菌和化学农药^[33], 将病原菌与化学农药同时施用, 喷洒到马铃薯田间提高对马铃薯蚜虫防效。病原菌可增强马铃薯蚜虫对化学农药敏感性, 减少化学农药使用量以降低环境污染。四是并用病原菌和天敌^[34], 同步释放病原菌和马铃薯蚜虫天敌, 为天敌提供更多食源和栖息地, 增加天敌对马铃薯蚜虫捕食以达到防治效果。

4.6 生物防治技术推广与应用

生物防治是一种可持续的防治技术, 其推广与应用具有重要意义。首先, 通过科学研究和技术开发不断改进和提高生物防治效果及可行性。开展深入研究了解马铃薯蚜虫生活习性、繁殖规律及与天敌、病原菌等生物相互作用机制, 探索更有效的生物防治方法。研发安全环保的生物防治产品和工具以提高生物防治技术可行性和实用性^[35]。其次, 加大宣传力度, 使生产者充分了解生物防治技术优势和产品使用方法。通过示范田和组织学习班展示生物防治技术应用效果和使用技巧从而增强生产者对技术的信心和支持^[36]。再次, 政府应出台相关政策推进生物防治技术的宣传与应用, 例如出台惠民政策和财政补贴鼓励使用生物防治技术, 设立专项资金用于技术研发和推广, 促使其更广泛应用以达到减少使用化学农药的目的^[37]。最后, 建立生物防治技术企业与农业部门、农民合作社、农业技术推广站、科研机构等合作机制协同进行技术推广与应用, 最终实现信息和技术共享, 加强对生物防治技术宣传和推广, 及时解决推广过程中所遇到的问题和困难^[38]。

5 展望

未来, 生物防治马铃薯蚜虫的发展趋势和方向主要包括以下几个方面: 一是进一步研发并引用高效天敌和病原微生物以提高防治效果; 二是应加强对马铃薯蚜虫抗药性的监测和研究, 为有效使用病原微生物提供依据; 三是加强对生物防治技术推广和普及, 为生产者提供技术支持, 提高生产者对生物防治的认识和应用能力。

综上, 未来的发展趋势和方向应是研究和开发更高效的生物防治技术, 加强对抗药性的研究、完善对马铃薯蚜虫的检测和预警以实现马铃薯蚜虫生物防治的可行性和可持续性。这将有助于减少使用化学农药, 保护环境, 提高生产者的经济效益。

[参 考 文 献]

- [1] 刘征, 黄晓磊, 姜立云, 等. 中国蚜虫类昆虫物种多样性与分布特点(半翅目, 蚜总科) [J]. 动物分类学报, 2009, 34(2): 277-291.
- [2] 朱江, 牛力立, 樊祖立, 等. 杀虫剂对马铃薯蚜虫的室内毒力及田间防效 [J]. 贵州农业科学, 2019, 47(4): 60-63.
- [3] 范元兰, 陈敏, 王其刚, 等. 植物蚜虫及其抗性研究进展 [J]. 江苏农业科学, 2020, 48(14): 33-44.
- [4] 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.
- [5] 曾大芳, 童其坤. 马铃薯蚜虫发生规律及防蚜保种措施 [J]. 四川农业科技, 1983(2): 16-17.
- [6] Barratt B I P, Moran V C, Bigler F, et al. The status of biological control and recommendations for improving uptake for the future [J]. BioControl, 2018, 63(1): 155-167.
- [7] Naga K C, Kardile H B, Tiwari R K, et al. Genome size estimation of potato aphid *Macrosiphum Euphorbiae* using flow cytometry [J]. Indian Journal of Entomology, 2022, 84(1): 149-151.
- [8] 杨玉珠, 段海春, 杜红, 等. 蚜茧蜂生物防治蚜虫技术的推广与应用 [J]. 农业科技通讯, 2018(11): 161-164.
- [9] Mbaluto C M, Ahmad E M, Mädicke A, et al. Induced local and systemic defense responses in tomato underlying interactions between the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* and the potato aphid *Macrosiphum euphorbiae* [J]. Frontiers in Plant Science,

- 2021, 12: 543.
- [10] 王文重, 李学湛, 白艳菊, 等. 国内外有关马铃薯蚜虫防治技术 [C]//陈伊里, 屈冬玉. 马铃薯产业与冬作农业. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社, 2006: 325–327.
- [11] Rizzo E, Sherman T, Manosalva P, *et al.* Assessment of local and systemic changes in plant gene expression and aphid responses during potato interactions with arbuscular mycorrhizal fungi and potato aphids [J]. *Plants*, 2020, 9(1): 82.
- [12] Sobhy I S, Caulfield J C, Pickett J A, *et al.* Sensing the danger signals: *cis*-Jasmone reduces aphid performance on potato and modulates the magnitude of released volatiles [J]. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 2020, 7: 499.
- [13] Bradford B Z, Chapman S A, Groves R L. Evaluation of foliar applications including botegha and movento for the control of colonizing aphids and leafhoppers on potato in Wisconsin, 2019 [J]. *Arthropod Management Tests*, 2020, 45(1): tsaa011.
- [14] Bilbo T R, Schoof S C, Walgenbach J F. Foliar insecticide efficacy against western flower thrips in staked tomato, 2019 [J]. *Arthropod Management Tests*, 2020, 45(1): tsaa063.
- [15] Samia A A, Karima B K, Souad T C. Potato aphids and their natural enemies in Tizi-Ouzou Northern of Algeria: biodiversity and importance [J]. *Bulletin of Pure and Applied Sciences*, 2020, 39(1): 75–81.
- [16] Beetge L, Krüger K. Drought and heat waves associated with climate change affect performance of the potato aphid *Macrosiphum euphorbiae* [J]. *Scientific Reports*, 2019, 9(1): 3645.
- [17] Bradford B Z, Chapman S A, Crubaugh L K, *et al.* Evaluation of registered and experimental foliar insecticides for the control of potato aphid in potato, 2018 [J]. *Arthropod Management Tests*, 2019, 44(1): tsz045.
- [18] Khaled W, Fekih I B, Nahdi S, *et al.* Transmission efficiency of potato leafroll virus by four potato colonizing aphid species in Tunisian potato fields [J]. *Potato Research*, 2018, 61: 89–96.
- [19] Teixeira M A, Sela N, Atamian H S, *et al.* Sequence analysis of the potato aphid *Macrosiphum euphorbiae* transcriptome identified two new viruses [J]. *PLoS One*, 2018, 13(3): e0193239.
- [20] 王进忠, 孙淑玲, 苏红田. 植物源杀虫剂的研究利用现状及展望 [J]. *北京农学院学报*, 2000(2): 72–75.
- [21] 凡肖, 束长龙, 关雄, 等. 细菌生物被膜在生物防治中的作用 [J]. *中国生物防治学报*, 2018, 34(5): 791–801.
- [22] 戴瑞卿. 苏云金芽胞杆菌 X1.6 生物被膜调控基因初步解析及工程菌构建 [D]. 福州: 福建农林大学, 2016.
- [23] 姚岭柏, 徐松鹤, 郭美兰, 等. 不同施钾量对马铃薯抗蚜虫能力的影响 [J]. *河南农业科学*, 2020, 49(3): 107–112.
- [24] 杨淑莉. 马铃薯与小麦混种的增产效应——以兰坪县为例 [J]. *吉林农业*, 2016(14): 67–68.
- [25] 张抒, 白艳菊, 范国权, 等. 马铃薯病毒病传播介体蚜虫的危害及防治 [J]. *黑龙江农业科学*, 2017(3): 59–63.
- [26] El-Sayed A M, Manning L A M. Identification of the sex pheromone of the pink grass worm, *Tmetolophota atristriga*, reveals possible population differences in male response to sex pheromone [J]. *Journal of Chemical Ecology*, 2022, 48(9–10): 683–689.
- [27] Lilley R, Hardie J, Merritt L A, *et al.* The sex pheromone of the grain aphid, *Sitobion avenae* (Fab.) (Homoptera, Aphididae) [J]. *Chemoecology*, 1994, 5: 43–46.
- [28] Roy S W. Inbreeding, male viability, and the remarkable evolutionary stability of the aphid X chromosome [J]. *Heredity*, 2021, 127(2): 135–140.
- [29] 刘晓旭, 谢佼昕, 单双, 等. 多异瓢虫对蚜虫报警信息素和性信息素组分的电生理反应及趋向选择 [J]. *应用昆虫学报*, 2023, 60(2): 554–563.
- [30] Elnahal A S M, El-Saadony M T, Saad A M, *et al.* The use of microbial inoculants for biological control, plant growth promotion, and sustainable agriculture: a review [J]. *European Journal of Plant Pathology*, 2022, 162(4): 759–792.
- [31] Wu S, Xing Z, Sun W, *et al.* Effects of *Beauveria bassiana* on predation and behavior of the predatory mite *Phytoseiulus persimilis* [J]. *Journal of Invertebrate Pathology*, 2018, 153: 51–56.
- [32] 宋维虎. 两种杀虫剂对马铃薯桃蚜的亚致死效应研究 [D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2020.
- [33] 林静, 陈智明, 张峰. 微生物农药在植物病虫害防治中的应用 [J]. *农业灾害研究*, 2023, 13(8): 62–64.
- [34] 蒋建军, 吴文信, 彭迎春, 等. 异色瓢虫防控烟草蚜虫示范应用研究 [J]. *现代农业科技*, 2023(10): 97–99.
- [35] 宋莹, 胡宝贵. 中国农业绿色防控技术推广研究进展 [J]. *中国农学通报*, 2020, 36(35): 150–155, 79.
- [36] 周晋峰, 王岩青, 唐玲. 积极推广生物防治助力农业可持续发展 [J]. *可持续发展经济导刊*, 2020(6): 26–27.
- [37] 刘芳. 生物防治技术在农业病虫害防治中的应用研究 [J]. *世界热带农业信息*, 2022(4): 86.
- [38] 徐天宝. 让生物防治夯实农业强省基础 [J]. *山东国资*, 2021(7): 16.