

豆大蓟马生物生态学特性与 绿色防控技术研究进展*

史彩华^{1**} 谢文^{2,3} 吴明月³ 邹祥³ 吴青君² 张友军^{2***}

(1. 湖北文理学院现代农业研究院, 襄阳 441054; 2. 中国农业科学院蔬菜花卉研究所, 蔬菜生物育种全国重点实验室, 北京 100081; 3. 三亚中国农业科学院国家南繁研究院, 三亚 572019)

摘要 豆大蓟马 *Megalurothrips usitatus* 是豆科作物的重要害虫, 其寄主范围广泛, 尤其喜欢危害豇豆。该虫不仅给作物造成巨大的经济损失, 还能传播多种植物病毒, 给作物生长和品质带来不可估量的影响。本文综述豆大蓟马的形态特征、地理遗传分化、生物生态学特性、发生危害规律、综合防控进展, 同时展望其绿色防控技术的研发与应用, 为深入挖掘其制约因子并研发新型绿色防控技术奠定理论基础。

关键词 豆大蓟马; 危害规律; 遗传分化; 生态调控; 绿色防控

Progress in research on the ecology of *Megalurothrips usitatus* and the development of environmentally-friendly control methods for this pest

SHI Cai-Hua^{1**} XIE Wen^{2,3} WU Ming-Yue³ ZOU Xiang³
WU Qing-Jun² ZHANG You-Jun^{2***}

(1. Institute of Advanced Agricultural Science, Hubei University of Arts and Science, Xiangyang 441054, China;
2. State Key Laboratory of Vegetable Biobreeding, Institute of Vegetables and Flowers, Chinese Academy
of Agricultural Science, Beijing 100081, China; 3. Sanya National Academy of Southern Propagation,
Chinese Academy of Agricultural Science, Sanya 572019, China)

Abstract *Megalurothrips usitatus* is an important pest of legumes. It has a broad host range, but is an especially important pest of cowpea crops. This species can not only cause huge economic losses, but can also spread a variety of plant viruses, thereby significantly impacting both crop growth and quality. This article reviews the morphological characteristics, geographic genetic differentiation, bio-ecological characteristics, occurrence, and progress in the prevention and control of *M. usitatus*. Obstacles hindering the development and application of green prevention and control technology for *M. usitatus* are also discussed.

Key words *Megalurothrips usitatus*; damage regularity; genetic differentiation; ecological regulation; green prevention and control

豆大蓟马 *Megalurothrips usitatus* 俗称普通大蓟马、豆花蓟马, 是缨翅目 Thysanoptera 锯尾亚目 Terebrantia 蓟马科 Thripidae 大蓟马属 *Megalurothrips* 的一种昆虫 (张桂玲, 2003)。该

虫主要危害豆科作物, 尤其在豇豆 *Vigna unguiculata* (谭珂等, 2015a; 唐良德等, 2015a) 整个生育期均可危害, 造成叶皱卷曲、生长点发育受阻、花器腐烂凋落、豆荚“黑头和黑尾”等

*资助项目 Supported projects: 国家自然科学基金 (32172400); 海南省重大科技计划 (ZDKJ2021007); 国家特色蔬菜产业技术体系项目 (CARS-24-C-02)

**第一作者 First author, E-mail: shicaihua1980@126.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: zhangyoujun@caas.cn

收稿日期 Received: 2022-07-12; 接受日期 Accepted: 2022-10-19

现象。若不采取有效的防控措施,对豇豆造成的直接经济损失可高达 70%以上(唐良德等, 2015b; 王凉等, 2022)。同时,豆大蓟马还能传播烟草线条病毒(Tobacco streak virus, TSV)、花生芽坏死病毒(Peanut bud necrosis virus, PBNV)等植物病毒,抑制豇豆正常生长,对豇豆品质带来不可估量的间接影响(范咏梅等, 2013)。

近年来,随着各省(市)豇豆种植面积扩大,豆大蓟马的危害愈演愈烈。为减少损失,老百姓频繁使用化学药剂或不合理用药、乱用药,不仅增强了豆大蓟马的抗药性,还毒杀其天敌,导致其危害性更加严重(刘奎等, 2014)。本文综述豆大蓟马的形态特征、地理遗传分化、生物生态学特性、发生危害规律、综合防控进展,同时展望其绿色防控技术的研发和应用,为深入挖掘豆大蓟马的制约因子并研发新型绿色防控技术奠定理论基础。

1 豆大蓟马的形态鉴定与地理遗传分化

1.1 形态特征

豆大蓟马属不完全变态昆虫,包括卵、若虫、伪蛹和成虫 4 个发育阶段。卵约 0.2 mm,呈白色肾形。若虫初孵时呈白色,后逐渐变橙红色。其中,初孵 1 龄若虫长约 0.52 mm(图 1: A),呈白色透明,眼部红色,活动性较强;2 龄若虫长

约 0.98 mm(图 1: B),体色渐黄,逐渐向橙红色转变。伪蛹有白色透明的短翅芽,伸展至腹部 2/3 处(图 1: D)。成虫复眼呈半椭圆形,雌雄个体的小眼数量分别为 74 个和 65 个(图 1: E)。雌性成虫体长约 1.6 mm,呈棕色或褐色,触角有 8 节呈念珠状,其中第 3 至第 4 节末端收缢成颈状,且分别有一个长叉状的感觉锥。成虫头部的纵向长度短于横向长度,且两颊近似平行。复眼和单眼共存,其中单眼位于前后中心边线与外缘连线之间,间鬃较长,后鬃较短。口器锉吸式。前胸背板前角鬃发达,后缘鬃 3 对,中间 1 对最长。中胸内叉骨具小刺,后胸内叉骨无刺。后胸背板有 1 对钟形感觉孔。翅狭窄,周缘着生细长的缨毛,前翅近基部 1/4 处及近端部无色,中部和端部褐色。前翅各有 11-14 根前脉鬃和后脉鬃且等距离排列,前脉端鬃 2 根。腹部腹板无附属鬃,第 7 节腹板中间的 1 对后缘鬃长在后缘前方,第 8 节腹背板后缘梳不完整,仅两侧有,中间无。雄性成虫的个体小于雌性成虫,但体色差异不明显。雄性阳茎短小,基部呈亚球形(范咏梅等, 2013; 满岳, 2015; 潘雪莲等, 2021)。

1.2 地理分布与遗传分化

豆大蓟马主要分布在日本、马来西亚、印度尼西亚、澳大利亚、斯里兰卡、尼日利亚、巴基斯坦、基里巴斯、泰国、印度、菲律宾、斐济、新西兰、爪哇、新喀里多尼、澳大利亚、汤加、



图 1 豆大蓟马的形态特征(谢文摄)

Fig. 1 The morphological characteristics of *Megalurothripsusitatus* (Photoed by Xie Wen)

A. 1 龄若虫; B. 2 龄若虫; C. 3 龄若虫; D. 伪蛹; E. 成虫。

A. 1st instar nymph; B. 2nd instar nymph; C. 3rd instar nymph; D. Pseudo-pupa; E. Adult.

尼泊尔、孟加拉国、巴基斯坦、阿联酋、柬埔寨和中国等赤道附近的热带或亚热带国家 (Aliakbarpour *et al.*, 2011; Duraimurugan and Tyagi, 2014; Gahukar and Reddy, 2018; 黄伟康等, 2018; Srinivasan *et al.*, 2019)。其中, 国内主要分布在台湾、海南、广西、贵州、湖北、浙江、陕西和云南等地 (潘雪莲等, 2021)。目前, 主要通过基因序列或蛋白质靶标等技术鉴定蓟马种类。例如, 随机扩增多态性 DNA 标记技术 (RAPD 技术)、限制性片段长度多态性标记技术 (RFLP 技术)、特征序列扩增区域标记技术 (SCAR 技术) 和实时荧光定量 PCR 技术 (qPCR 技术) 等 (乔玮娜, 2012)。苏美凤等 (2017) 研究表明, 豆大蓟马谷胱甘肽 S-转移酶 (GSTs 酶) 的活性表现出显著的地域差异, 可能与其用药频率或抗药性水平有关。在不同药剂的长期选择压下, 昆虫将产生不同程度的基因突变, 有些突变甚至可以遗传给子代, 逐渐形成特定的地域遗传分化。因此, 豆大蓟马不同地域的遗传分化可能随着基因突变而分化, 有待长期跟踪监测。

2 豆大蓟马的生物生态学特性

2.1 空间分布型

豆大蓟马在不同寄主上呈不同的分布型。例如, 豆大蓟马成虫在豇豆田的垂直空间和水平空间均呈聚集分布, 符合负二项分布, 且随着种群密度增加其聚集度增强 (范咏梅等, 2013); 在旱季或雨季的芒果树上呈聚集分布, 但在杂草 (含羞草、醉蝶花、光头稗和赤道樱草) 上呈均匀分布 (Aliakbarpour and Che Salmah, 2011)。即使寄主植物相同, 豆大蓟马不同生育期, 其分布型也不相同。例如, 豆大蓟马成虫在红豆开花期呈聚集分布, 而若虫呈随机分布 (Chang, 1992); 豆大蓟马成虫在杂草上呈均匀分布, 而若虫呈聚集分布 (Aliakbarpour and Che Salmah, 2011)。关于相同寄主不同取食生态位, 豆大蓟马的空间分布型是否相同, 目前暂不清楚, 有待进一步研究。明确不同地域不同寄主植物上豆大蓟马不同发育期的空间分布型, 对其制定精准高

效的绿色防控策略具有重要的指导意义。

2.2 环境因子对豆大蓟马发育的影响

昆虫的生长发育和后代繁衍受环境因子影响较大。由于昆虫是变温动物, 因此可以说温度是影响其生长发育最重要的环境因子之一 (Hu *et al.*, 2022)。豆大蓟马也不例外, 其卵、若虫和伪蛹期的发育起点温度分别为 6.18、9.80 和 8.83 °C; 有效积温分别为 76.55、76.77 和 46.73 °C; 完成整个世代的发育起点温度和有效积温分别为 9.35 和 238.87 °C; 各虫态的发育速率与温度呈二次回归关系。温度低于 15 °C 或高于 35 °C, 该虫的存活率较低。温度在 15-35 °C, 该虫可以正常发育, 其中卵期 2.72-8.71 d, 若虫期 3.54-16.24 d, 预蛹期 0.76-3.62 d, 蛹期 2.02-8.74 d, 产卵前期 1.00-9.16 d, 完成整个发育历期 10.57-46.29 d。然而, 高温促进其性别偏雄 (罗亚丽, 2020a), 且成虫寿命与温度增长呈反比。豆大蓟马生长发育的最适温区是 20-25 °C, 但其产卵量最多的是 30 °C, 分别是 15 °C 和 35 °C 的 3.84 倍和 8.87 倍 (邱海燕等, 2014)。显然, 温度超过 35 °C, 不仅对豆大蓟马的生长发育、种群数量、存活率和成虫寿命等不利, 而且高温偏雄将直接降低其雌性作为“生育机器”的比例, 从而减少其后代种群的数量。

湿度也是影响昆虫生长发育的重要环境因子之一。由于豆大蓟马有入土化蛹的习性, 因此, 土壤含水量对其化蛹和羽化均会产生较大影响。土壤含水量过高或过低均不利于豆大蓟马化蛹和羽化, 当含水量为 15% 时, 豆大蓟马的发育历期最短 (韩云等, 2015)。有研究表明, 豆大蓟马旱季的种群数量显著多于雨季 (Aliakbarpour and Che Salmah, 2011), 与降雨量呈负相关 (Kandakoor *et al.*, 2012)。显然, 豆大蓟马并不喜欢高湿或水浸的环境。然而, 目前关于豆大蓟马在高湿或水浸中存活的具体时间并不清楚, 有待进一步研究。

栖息环境对豆大蓟马生长发育的影响也较大。在厨房用纸中, 豆大蓟马的羽化率最高, 其次是含水量 5% 的沙子 (杨波等, 2019)。同样是

土壤,豆大蓟马在砂壤土中的发育历期最短、羽化率较高,在粘土中的化蛹率和羽化率较低(韩云等,2015;杨波等,2019)。显然,栖息环境对豆大蓟马生长发育的影响仍然与环境湿度有关。因为厨房用纸的湿度小于5%的沙子,豆大蓟马的羽化率高;砂壤土的保湿性小于粘土,豆大蓟马的羽化率也高。所以,栖息环境的湿度也是豆大蓟马生长发育的重要因子。然而,目前关于环境湿度对豆大蓟马生长发育影响的研究并不深入,有待进一步研究。

寄主植物也是影响豆大蓟马生长发育的重要因子,不同寄主植物对豆大蓟马的适合度并不相同。豆大蓟马用豇豆饲养,其净增殖率和内禀增长率均最大,平均世代周期最长;用菜豆饲养,其净增殖率和内禀增长率均最小,卵期最短且存活率最高;用大菜豆饲养,其卵期最长且存活率最低(Tang et al., 2015)。显然,豇豆是豆大蓟马的最适寄主之一。然而,豆大蓟马在不同国家的主要寄主并不完全相同,有些是非豆科植物(潘雪莲等,2021)。因此,除了豇豆,豆大蓟马可能还存在其他更适宜的寄主,只是目前缺少系统研究,暂无明确定论。

生殖方式或种群竞争对豆大蓟马生长发育

也会产生显著影响。例如,豆大蓟马两性生殖的后代,其寿命比孤雌生殖的寿命短(谭珂等,2015b);无论是否存在种群竞争,豆大蓟马的产卵量显著高于西花蓟马 *Frankliniella occidentalis* (禹云超等,2020);白花三叶草上豆大蓟马种群与西花蓟马种群呈负相关(Xie et al., 2012)。然而,在豆科植物上常见的蓟马种群是豆大蓟马和西花蓟马,它们如何在相同的寄主植物上调节生殖方式或调控种群竞争,以达到其种群动态平衡,有待进一步研究。

3 豆大蓟马的发生危害规律

3.1 危害寄主

目前,已发现豆大蓟马可危害12科49种寄主,其中有32种为豆科植物,包括红豆、菜豆、菜豆、黑绿豆、豇豆、花生、木豆、尖叶猪屎豆等(李晓维等,2019)。此外,豆大蓟马还危害柃麻、向日葵、芒果、马铃薯、耳叶决明、刺桐、墨西哥丁香等(Men and Kandalkar, 2000; Galvez et al., 2005; Aliakbarpour and Che Salmah, 2011)。不同国家或地域的豆大蓟马主要危害寄主并不相同,部分结果见表1。

表 1 豆大蓟马在部分国家或地域的主要寄主
Table 1 Main hosts of *Megalurothrips usitatus* in some countries or regions

国家或地域 Countries or regions	主要寄主名称 Main hosts name	文献 References
斯里兰卡 Sri Lanka	花生 <i>Arachis hypogaea</i> 、木豆 <i>Cajanus cajan</i> 、耳叶决明 <i>Cassia auriculata</i> 、柃麻 <i>Crotalaria juncea</i> 、尖叶猪屎豆 <i>Crotalaria pallida</i> 、异叶山蚂蝗 <i>Desmodium heterophyllum</i> DC、刺桐 <i>Erythrina variegata</i> 、墨西哥丁香 <i>Gliricidia sepium</i> 、菜豆 <i>Phaseolus lunatus</i> 、菜豆 <i>Phaseolus vulgaris</i> 、三裂叶野葛 <i>Pueraria phaseoloides</i> 、大花田菁 <i>Sesbania grandiflora</i> 、黑绿豆 <i>Vigna mungo</i> 、豇豆 <i>Vigna unguiculata</i> 、醉蝶花 <i>Cleome hassleriana</i> 、风笋果 <i>Hiptage benghalensis</i>	Tillekaratne et al., 2012
印度尼西亚 Indonesia	绿豆 <i>Vigna radiata</i> 、花生 <i>Arachis hypogaea</i> 和大豆 <i>Glycine max</i>	Indiati, 2015
印度 India	向日葵 <i>Helianthus annuus</i>	MenandKandalkar, 2000
尼日利亚 Nigeria	木豆 <i>Cajanus cajan</i>	Dialoke, 2013

续表 1 (Table 1 continued)

国家或地域 Countries or regions	主要寄主名称 Main hosts name	文献 References
马来西亚 Malaysia	芒果 <i>Mangifera indica</i> 、含羞草 <i>Mimosa pudica</i> 、醉蝶花 <i>Cleome hassleriana</i> 、光头稗 <i>Echinochaloa colonum</i> 、赤道樱草 <i>Asystasia gangetica</i> 、菜豆 <i>Phaseolus vulgaris</i> 、豇豆 <i>Vigna unguiculata</i> 、四棱豆 <i>Psophocarpus tetragonolobus</i>	Aliakbarpour and CheSalmah, 2011; Mfuti et al., 2017; Zafirah andAzidah, 2018
菲律宾 Philippines	马铃薯 <i>Solanum tuberosum</i> 、玉米 <i>Zea mays</i>	Galvez et al., 2005
中国 China	豇豆 <i>Vigna unguiculata</i> 、红豆 <i>Vigna angularis</i> 、大豆 <i>Glycine max</i> 、花生 <i>Arachis hypogaea</i> 、木豆 <i>Cajanus cajan</i> 、柑橘 <i>Citrus reticulata</i> 、棒豆 <i>Phaseolus vulgaris</i> 、扁豆 <i>Lablab purpureus</i> 、菜薹 <i>Brassica rapa var.chinensis</i> 、丝瓜 <i>Luffa cylindrica</i> 、萝卜 <i>Raphanus sativus</i> 、茄子 <i>Solanum melongena</i> 、菜豆 <i>Phaseolus vulgaris</i> 、烟草 <i>Nicotiana</i> 、脐橙 <i>Citrus sinensis</i> 、决明 <i>Cassia tora</i> 、白花三叶草 <i>Trifolium repens</i>	Chang, 1992; 唐国文等, 2002; 袁成明等, 2008; Xie et al., 2012; 范咏梅等, 2013; 邱海燕等, 2014; 杨真, 2016

3.2 发生规律和危害症状

豆大蓟马世代重叠现象非常严重。气候条件适宜时可周年危害。其中,在海南每年发生 24-26 代 (邱海燕等, 2014); 在广西和广东每年发生 15 代以上 (范咏梅等, 2013); 在贵州每年发生 14-16 代 (袁成明等, 2008); 在湖北每年发生 15-16 代 (唐国文等, 2002)。通常情况, 适温干旱季节豆大蓟马发生严重, 且在短时间内虫口密度快速增长; 高温多雨季节有利于其种群发育和繁衍 (Sani and Umar, 2017)。

豆大蓟马主要吸食植物汁液。受害后的叶片皱缩变小, 甚至心叶无法展开, 生长点萎缩, 从而抑制植物生长。受害后的花蕾呈黄白色细斑或凹陷状, 严重时坏死或脱落 (Hunter and Ullman, 1994)。尤其是花朵最易受害, 每朵受害的花中蓟马数量高达几十头甚至几百头。受害后的荚果变畸, 荚面出现粗糙的疤痕, 形成黑褐色斑点或“黑头和黑尾”的现象, 严重影响了豇豆的品质和产量 (李钊阳等, 2021)。

4 综合防治研究进展

豆大蓟马的防治可分为农业防治、理化诱控、生物防治和化学防治四大类, 虽然生产上的防治手段多种多样, 但均存在不足。目前, 生产

上主要采用化学防治。

4.1 农业防治

农业防治是在不增加额外成本的情况下, 通过耕作栽培措施或选用抗虫品种等手段减少虫害, 具有天然环保、害虫不会产生抗药性等优点, 主要起预防作用, 受地域、劳动力和季节等生物或非生物因子的影响。Das 和 Trivedi (2000) 研究表明, 无杂草的木豆田中豆大蓟马的种群数量显著低于杂草丛生的田块, 也显著低于 30 d 仅锄草 1 次的田块。因此, 说明田间除草能有效降低豆大蓟马的种群数量。Dialoke (2013) 研究表明, 豆大蓟马的种群数量在 10 月种植の木豆上显著低于 4 月种植の木豆; 种植密度越高的田块, 豆大蓟马的种群数量越少, 表明适当调整播期或种植密度能够减轻豆大蓟马的危害。目前, 针对豆大蓟马的农业防治方法主要有清洁田园、及时锄草、精耕细作、地膜覆盖、水肥管理、播期调整、良种选用等, 以此破坏其生存环境来减少其种群数量, 从而达到控害目的 (黄伟康等, 2018)。

4.2 理化诱控

理化诱控是利用物种对某些特定物质的趋避习性来调节害虫的行为, 从而达到控害的目的。闫凯莉等 (2017) 研究表明, 蓝色对豆大蓟

马的吸引力显著高于其他颜色,其次是浅蓝色和紫色。唐良德等(2015c)研究表明,豆大蓟马对波长为 440-461 nm 的蓝光最敏感。因此,田间悬挂蓝色粘虫板或蓝光诱捕器对豆大蓟马具有理想的诱杀效果。然而,每种害虫均有特定的活动节律,倘若在其活动高峰期实施诱捕,将能达到“事半功倍”的防控效果。闫凯莉等(2017)研究表明,豆大蓟马的活动最高峰是 8:00-10:00,其次是 10:00-12:00,20:00-次日 6:00 几乎不活动;然而,邱海燕等(2015)在田间距离豇豆 10 cm 的高度悬挂蓝色粘虫板,10:00-14:00 的诱集效果最佳,与闫凯莉等(2017)的研究结果并不一致。虽然目前暂无不同地域、不同气候、不同虫龄、不同性别等因子影响豆大蓟马对颜色响应差异的报道,但闫凯莉等(2017)研究表明,1 日龄豆大蓟马的趋光率最低,与 3-7 日龄存在显著差异,而且交配后的雌虫趋光性增加。色与光存在紧密关联,物体表面呈现不同颜色,是反射不同光波的结果。既然存在龄期、交配等因子影响豆大蓟马的趋光性,也可能存在气候、虫龄大小、性别等因素影响豆大蓟马对颜色的反应或选择,具体结果有待进一步研究。

豆大蓟马的田间分布与雄性聚集信息素存在显著相关性(李晓维等,2019)。豆大蓟马雄性聚集信息素(2E, 6E)-farnesyl acetate 对雄性和未交配雌性均具有较大的引诱效果,在田间诱捕器中加入(2E, 6E)-farnesyl acetate 能显著增加其诱捕数量(李晓维等,2019;Liu *et al.*, 2020),而且该物质与其他蓟马的聚集信息素不同,存在专化性。唐良德等(2015b)研究表明,豆大蓟马对豇豆花、四季豆花以及适当浓度的烟酸乙酯、橙花醇、芳樟醇、邻茴香醛和 3-苯丙醛等具有强烈的趋向反应;对 β -香茅醇和苯甲醛具有显著的驱避反应。李钊阳等(2021)研究表明,豆大蓟马对 β -石竹烯、植物醇、棕榈酸乙酯和邻二甲苯具有极显著的趋向反应;对罗勒烯、亚油酸甲酯、棕榈酸甲酯、甲酯、2-甲基-3-羟基-4-吡喃酮具有极显著的驱避反应;两种强引诱物质(邻二甲苯和 β -石竹烯、邻二甲苯和棕榈酸乙酯)混配,对豆大蓟马反而产生极显著的驱避作

用。因此,生产上利用引诱或驱避物质时,尤其要注意其合适的浓度或配比,以免适得其反。

目前,针对豆大蓟马的理化诱控方法有粘虫板、杀虫灯、性信息素、食诱剂、防虫网等(张瑞敏等,2015;闫凯莉等,2017;李晓维等,2019;杨鹤鸣等,2022),但生产上使用最多的仍然是蓝色粘虫板。史彩华等(待发表)研究表明,红糖醋液对豆大蓟马的引诱效果显著高于其他(白糖、葡萄糖、果糖和蜂蜜)糖醋液,其机理和最适配比有待进一步研究。

4.3 生物防治

生物防治是利用一种生物抑制或消灭另外一种有害生物的方法。Wang 等(2002)研究表明,南方小花蝽 *Orius similis* 在田间能够有效控制豆大蓟马的种群数量。唐良德等(2017)研究表明,大草蛉 *Chrysopa septempunctata* 2-3 龄幼虫对豆大蓟马 2 龄若虫的搜寻效应均大于豆蚜,暗示大草蛉对豆大蓟马具有较好的控害潜能。邱海燕等(2022)研究表明,淡翅小花蝽 *Orius tantillus* 各虫态的捕食量均随猎物密度增加而升高,但搜寻效应均随猎物密度增加而下降;同时,淡翅小花蝽若虫的捕食能力随龄期的增长而提高,其中 5 龄若虫的日捕食能力最强。李盼等(2022)研究表明,六斑月瓢虫 *Menochilus sexmaculata* 成虫对豆大蓟马的捕食量大于幼虫,但幼虫随着龄期增加捕食量增大;无论成虫还是幼虫,其搜寻效应均随猎物密度增加而下降,且均偏好捕食豆大蓟马的若虫。当然,六斑月瓢虫种间干扰也会显著降低对豆大蓟马的捕食量。黄伟康等(2022)研究表明,巴氏钝绥螨 *Amblyseius barkeri* 日取食量随豆大蓟马密度增加而增加,而且对 1-2 龄蓟马的捕食效能与温度呈显著正相关。同时,巴氏钝绥螨密度增加导致个体间自我干扰,反而降低其捕食潜能。禹云超等(2019)研究表明,斯氏钝绥螨 *Amblyseius swirskii* 更喜欢捕食豆大蓟马的 1 龄若虫,而且日均捕食量随斯氏钝绥螨自身密度的增加而逐渐降低。上述研究表明,释放天敌并不是越多越好,要根据天敌的习性和蓟马的密度合理释放,还要考虑释放时

外界的环境因子(如温度、光照、周边植物等),以充分发挥天敌的控害潜能。目前,已知豆大蓟马的天敌有 10 余种,主要包括捕食性(蟾、捕食螨、草蛉和瓢虫)、寄生性(寄生蜂)和致病性(真菌和线虫)等有益生物(Chang, 1990; 乔玮娜, 2012; Mfutiet *et al.*, 2017; Wu *et al.*, 2018; 禹云超等, 2019; 黄伟康等, 2022; 李盼等, 2022; 邱海燕等, 2022)。如果引进外来天敌,要提前做好风险评估,以免对本地天敌产生竞争威胁。

生防菌是一种有益微生物,对环境友好,不易产生抗药性,在防治豆大蓟马方面具有较大潜力。豆大蓟马接种 *Akanthomyces attenuatus* SCAUDCL-53 和白僵菌 SB010 后 5 d,其死亡率分别达 100% 和 90%;接种浓度为 1×10^8 个/mL 分生孢子的 *A. attenuate* SCAUDCL-38 和 *A. attenuate* SCAUDCL-56 菌液后 5 d,其死亡率分别达 76.25% 和 57.5% (Yang *et al.*, 2020),表明 *A.attenuatus* SCAUDCL-53 防治豆大蓟马的潜力可能超过白僵菌,但要进一步深入研究环境因子(温度、湿度、光周期等)对其稳定性的影响。

4.4 化学防治

化学防治是使用化学药剂毒杀或控制害虫种群的方法。刘暮莲等(2015)研究表明,75% 吡蚜·呋虫胺水剂(吡蚜酮和呋虫胺混剂)、15% 啉虫酰胺悬浮剂与 50% 虫螨腈水剂混配对豆大蓟马的防治效果最好。在豆大蓟马大面积暴发时,选用化学防治的目的是在短时间内快速降低其种群数量。桑松等(2014)研究表明,溴氰虫酰胺可分散油悬浮剂防治豆大蓟马有较好的持效性,但速效性太差。因此,豆大蓟马暴发期不适合采用溴氰虫酰胺进行应急防控。

目前,防治豆大蓟马的主要药剂有乙基多杀菌素、多杀菌素、吡虫啉、甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、吡蚜酮和烯啶虫胺混剂、吡蚜酮和呋虫胺混剂、噻虫嗪与氯虫苯甲酰胺混剂、螺虫乙酯、溴氰虫酰胺、拟除虫菊酯、高效氯氟氰菊酯、联苯菊酯、高效氯氟氰菊酯、呋虫胺、啉虫脲、噻虫胺等(唐良德等, 2015a; 沈登荣等, 2017; 孙靖雨等, 2017; 黄丹慙等, 2020; 罗亚丽等,

2020b)。其中,多杀菌素、乙基多杀菌素、吡蚜酮和呋虫胺混剂、啉虫酰胺与虫螨腈混剂、甲氨基阿维菌素与苯甲酸盐混剂、啉虫脲对蓟马的防治效果较好(唐良德等, 2015a; 沈登荣等, 2017; 孙靖雨等, 2017),但是吡虫啉、噻虫嗪、除虫菊酯、印楝素等因抗性水平逐年提升,目前对豆大蓟马的防治效果较差,不建议使用(Dialoke *et al.*, 2014)。

防治害虫除了选择合适的药剂,还应选择合理的施药时间。豇豆开花后,嫩芽上的豆大蓟马迅速转移花中,并在第 1 批盛花期达到高峰(潘雪莲等, 2022)。因此,建议在豇豆闭花前施药,以充分发挥药剂的作用(唐良德等, 2016)。采用化学药剂防治害虫时,选用高效低毒药剂是关键,精准施药是重点,轮换用药是核心,以减缓害虫抗药性发展,保障农产品绿色安全(唐良德等, 2018)。

5 小结与展望

豆大蓟马寄主广泛、隐蔽性强、危害严重。目前,化学防治仍然是控制豆大蓟马危害的重要手段。然而,随着化学药剂大量使用,或生产上不合理用药,导致其抗药性日显突出。因此,生产上应轮换使用抗性较低的药剂,如多杀菌素、乙基多杀菌素及啉虫脲等。乙基多杀菌素与高效氯氟氰菊酯复配,可减缓豆大蓟马的抗药性,同时延长乙基多杀菌素和高效氯氟氰菊酯的使用寿命。因此,生产上除了轮换用药,还应考虑复配用药,如吡蚜酮与呋虫胺复配、啉虫酰胺与虫螨腈复配、甲氨基阿维菌素与苯甲酸盐复配等,以充分发挥不同类型药剂的杀虫效果。

未来,除了重视化学防控应急技术的研发与投入,还应挖掘豆大蓟马生长发育的受限因子开发新型绿色防控技术。高温是影响豆大蓟马生长发育的重要环境因子之一。当温度超过 35 °C,除了影响其种群数量、存活和成虫寿命,也直接降低其雌性比例,从而减少其后代种群的数量。因此,在不影响植物正常生长的前提下,若能合理利用超过 35 °C 的温度并研发新型技术产品防控豆大蓟马,将是未来绿色防控的重大创举。湿

度也是影响豆大蓟马生长发育的重要环境因子之一。若能明确特定高湿或水浸环境对豆大蓟马生长发育和存活时间的影响,再在不影响植物正常生长的前提下,合理应用增湿技术或改善增湿条件,以提高土壤湿度或人为改变豆大蓟马的化蛹环境,如覆膜阻止其入土化蛹,或及时清理脱落虫花,或让虫花自然脱落在水浸环境中等,将能有效控制豆大蓟马的危害。环境颜色和光波对豆大蓟马也存在不同程度的趋避作用。因此,开发蓝色粘虫板或 LED 蓝光灯等诱捕器,对防控或监测豆大蓟马具有广阔的应用前景,但是必须进一步精确波长范围,以提高对其引诱率或减少对天敌的伤害。

目前,防控蓟马的非化学措施很多,但均需提前“设防”。否则,一旦蓟马暴发,只能依靠化学药剂应急,不仅加速其抗药性,还影响作物品质。因此,政府和企业要重视生态调控、理化诱控和生物防治等非化学防控新型技术的推广应用,也要加大高效低毒新型农药的研发投入。同时,科学家要持续监测豆大蓟马的抗药性水平,指导菜农合理用药、轮换用药,提出减缓其抗药性发展的科学措施。随着生物信息学(转录组、基因组、代谢组和蛋白质组等)技术的飞速发展,科学家要根据豆大蓟马的生物生态学特性与灾变机制,从宏观和微观层面深入挖掘制约其种群增长的关键因子,并研发新型绿色防控技术,积极构建多元化的综合防控技术体系,为我国豆科作物安全生产提供技术保障。

参考文献 (References)

- Aliakbarpour H, Che Salmah MR, 2011. Seasonal abundance and spatial distribution of larval and adult thrips (Thysanoptera) on weed host plants in mango orchards in Penang, Malaysia. *Applied Entomology and Zoology*, 46(2): 185–194.
- Aliakbarpour H, Che Salmah MR, Dzolkhifli O, 2011. Efficacy of neem oil against thrips (Thysanoptera) on mango panicles and its compatibility with mango pollinators. *Journal of Pest Science*, 84: 503–512.
- Chang N, 1990. *Ceranisusmenes* (Walker) (Eulophidae: Hymenoptera), a new parasite of bean flower thrips, *Megalurothrips usitatus* (Bagnall) (Thripidae: Thysanoptera). *Plant Protection Bulletin*, 32: 237–238.
- Chang N, 1992. Dispersion patterns of bean flower thrips, *Megalurothrips usitatus* (Bagnall), (Thysanoptera: Thripidae) on flowers of adzuki bean. *Plant Protection Bulletin*, 34: 41–53.
- Das S, Trivedi KK, 2000. Effect of weed management and fertilization on insect pest complex infesting pigeonpea. *Insect Environment*, 5(4): 153–154.
- Dialoke S, 2013. The population of leaf beetles (*Leptualaca fassicolis* thoms Coleoptera: Chrysomelidae) and flower thrips (*Megalurothrips usitatus* Bagnall Thysanoptera: Thripide) on pigeonpea under the influence of plant density and planting date in a rain forest zone, Nigeria. *Journal of Biology Agriculture & Healthcare*, 3(8): 81–86.
- Dialoke S, Bosah BO, Uluocha OB, 2014. Efficacy of different rates of formulated neem seed oil and frequency of application on the control of flower thrips infesting early maturing pigeonpea cultivar in owerri, Imo state, Nigeria. *Journal of Natural Sciences Research*, 22(4): 61–65.
- Duraimurugan P, Tyagi K, 2014. Pest spectra, succession and its yield losses in mungbean and urdbean under changing climatic scenario. *Legume Research*, 37(2): 201–222.
- Fan YM, Tong XL, Gao LJ, Wang M, Liu ZQ, Zhang Y, Yang Y, 2013. The spatial aggregation pattern of dominant species of thrips on cowpea in Hainan. *Journal of Environmental Entomology*, 35(6): 737–743. [范咏梅, 童晓立, 高良举, 王萌, 柳志强, 张宇, 杨叶, 2013. 普通大蓟马在海南豇豆上的空间分布型. 环境昆虫学报, 35(6): 737–743.]
- Gahukar RT, Reddy GVP, 2018. Management of insect pests in the production and storage of minor pulses. *Annals of the Entomological Society of America*, 111(4): 172–183.
- Galvez H, Fernandez EC, Hautea D, 2005. Molecular mapping of resistance to thrips in potato. *The Philippine Agricultural Scientist*, 88(3): 268–280.
- Han Y, Tang LD, Fu BL, Qiu HY, Wu JH, Liu K, 2015. The influences of different soil moisture and type on pupation and eclosion of *Megalurothrips usitatus*. *Journal of Environmental Entomology*, 37(4): 710–714. [韩云, 唐良德, 付步礼, 邱海燕, 吴建辉, 刘奎, 2015. 土壤含水量和土壤类型对豆大蓟马蛹期发育和羽化的影响. 环境昆虫学报, 37(4): 710–714.]
- Hu JR, Medison RG, Zhang S, Ma PF, Shi CH, 2022. Impacts of non-lethal high-temperature stress on the development and reproductive organs of *Bradysia odoriphaga*. *Insects*, 13(1): 74.
- Hunter WB, Ullman DE, 1994. Precibarial and cibarial chemosensilla in the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae). *International Journal of Insect Morphology & Embryology*, 23(2): 69–83.
- Huang DM, Shi DN, Li DX, Tian M, Guo X, 2020. Preliminary study on insecticidal activity of *Derris trifoliata* extract against

- Megalurothrips usitatus*. *Forestry and Environmental Science*, 36(6): 71–74. [黄丹慙, 史丹妮, 李敦禧, 田蜜, 郭霞, 2020. 三叶鱼藤提取物对普通大蓟马的杀虫活性初步研究. *林业与环境科学*, 36(6): 71–74.]
- Huang WK, Chen JJ, Guo JY, Fu QW, Huang GS, Luo F, 2022. Functional responses and field efficacy of the predatory mite on controlling the bean flower thrips. *China Cucurbits and Vegetables*, 35(3): 92–98. [黄伟康, 陈积杰, 郭静依, 符启位, 黄国宋, 罗丰, 2022. 巴氏钝绥螨对普通大蓟马的功能反应及田间防效. *中国瓜菜*, 35(3): 92–98.]
- Huang WK, Kong XY, Ke YC, Wang S, Li QJ, Fu QW, Wu QX, Liu Y, 2018. Research progress on thrips *Megalurothrips usitatus* (Bagrall). *China Vegetables*, 2018(2): 21–27. [黄伟康, 孔祥义, 柯用春, 王爽, 李秋洁, 符启位, 吴乾兴, 刘勇, 2018. 普通大蓟马的研究进展. *中国蔬菜*, 2018(2): 21–27.]
- Indiati SW, 2015. Management of thrips on mungbeans with an integrated pest management approach. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 34(2): 51–60.
- Kandakoor S, Khan H, Gowda G, Chakravarthy ATC, Kumar A, Venkataravana P, 2012. The incidence and abundance of sucking insect pests on groundnut. *Current Biology*, 6: 342–348.
- Li P, Zhu JX, Mo XN, Lin XM, Liu TZ, Li TZ, Li JH, Cai DC, 2022. The functional response of *Menochilus sexmaculata* to *Megalurothrips usitatus*. *Chinese Journal of Biological Control*, 38(1): 140–148. [李盼, 朱津贤, 莫小娜, 林幸明, 刘田振, 李金花, 蔡笃程, 2022. 六斑月瓢虫对普通大蓟马的捕食功能反应. *中国生物防治学报*, 38(1): 140–148.]
- Li XW, Luo XJ, Wang LK, Zhang JM, Zhang ZJ, Huang J, Wu JH, Lu YB, 2019. Isolation and identification of the aggregation pheromone in *Megalurothrips usitatus* (Thysanoptera: Thripidae). *Acta Entomological Sinica*, 62(9): 1017–1027. [李晓维, 雪君, 王丽坤, 章金明, 张治军, 黄俊, 吴建辉, 吕要斌, 2019. 普通大蓟马聚集信息素的分离和鉴定. *昆虫学报*, 62(9): 1017–1027.]
- Li ZY, Han Y, Tang LD, Wu JH, Ali S, 2021. Behavioral responses of *Megalurothrips usitatus* (Thysanoptera: Thripidae) to host plant and volatile compounds. *Journal of Environmental Entomology*, 43(6): 1566–1580. [李钊阳, 韩云, 唐良德, 吴建辉, SHAUKAT Ali, 2021. 普通大蓟马对寄主植物及其挥发物的行为反应. *环境昆虫学报*, 43(6): 1566–1580.]
- Liu K, Tang LD, Li P, Han ZW, Qiu HY, Fu BL, Fan YM, 2014. Toxicity and synergistic effect of the complex formulation of several insecticides to *Megalurothrips usitatus* (Bagnall). *Chinese Journal of Tropical Crops*, 35(8): 1615–1618. [刘奎, 唐良德, 李鹏, 韩志伟, 邱海燕, 付步礼, 范咏梅, 2014. 几种杀虫剂对豆大蓟马的毒力测定及复配增效作用. *热带作物学报*, 35(8): 1615–1618.]
- Liu ML, Huang XR, Ma DF, Chen FQ, 2015. Field control effect of several pesticides on *Megalurothrips usitatus*. *Guangxi Plant Protection*, 28(3): 19–21. [刘暮莲, 黄向荣, 马德发, 陈富启, 2015. 几种药剂对豇豆蓟马的田间防效试验. *广西植保*, 28(3): 19–21.]
- Liu PP, Qin ZF, Feng MY, Zhang L, Huang XZ, Shi WP, 2020. The male-produced aggregation pheromone of the bean flower thrips *Megalurothrips usitatus* in China: Identification and attraction of conspecifics in the laboratory and field. *Pest Management Science*, 76(9): 2986–2993.
- Luo YL, 2020a. Spatiotemporal variation in sex ratio of *Megalurothrips usitatus* (Thysanoptera: Thripidae), and impacts of temperature and insecticides on its sex allocation. Master dissertation. Haikou: Hainan University. [罗亚丽, 2020a. 普通大蓟马性比的时空动态及温度和杀虫剂的干扰效应. 硕士学位论文. 海口: 海南大学.]
- Luo YL, Shi D, Qiao XY, Dan JG, 2020b. Sublethal effect of insecticides on reproduction of *Megalurothrips usitatus* (Bagrall) (Thysanoptera: Thripidae). *Chinese Journal of Applied Entomology*, 57(2): 427–433. [罗亚丽, 施丹, 乔雪莹, 但建国, 2020b. 杀虫剂亚致死浓度对普通大蓟马繁殖的影响. *应用昆虫学报*, 57(2): 427–433.]
- Man Y, 2015. A taxonomic study of Thripini from China (Thysanoptera: Terebrantia). Master dissertation. Yangling: Northwest Sci-tech University of Agriculture and Forestry. [满岳, 2015. 中国蓟马族的分类研究(缨翅目: 蓟马科). 硕士学位论文. 杨凌: 西北农林科技大学.]
- Men UB, Kandalkar HG, 2000. Sunflower thrips in Maharashtra. *Insect Environment*, 6(3): 131.
- Mfuti DK, Niassy S, Subramanian S, du-Plessis H, Ekese S, Maniania NK, 2017. Lure and infect strategy for application of entomopathogenic fungus for the control of bean flower thrips in cowpea. *Biological Control*, 107: 70–76.
- Pan XL, Yang L, Jin HF, Lu RC, Li F, Cao FQ, Wu SY, 2021. Research advances in occurrence and control of *Megalurothrips usitatus* in Hainan. *Journal of Tropical Biology*, 12(4): 508–513. [潘雪莲, 杨磊, 金海峰, 陆容材, 李芬, 曹凤勤, 吴少英, 2021. 豆大蓟马在海南发生及防治的研究进展. *热带生物学报*, 12(4): 508–513.]
- Pan XL, Yang L, Yuan LL, Chen LW, Wu SY, 2022. Cloning and analysis of sodium channel of *Megalurothrips usitatus*. *Journal of Tropical Biology*, 13(3): 249–258. [潘雪莲, 杨磊, 袁琳琳, 陈龙威, 吴少英, 2022. 豆大蓟马钠离子通道基因克隆及分析. *热带生物学报*, 13(3): 249–258.]
- Qiao WN, 2012. Application of DNA barcoding technology for species identification of common thrips (Insecta: Thysanoptera) and spread trending analyse of *Frankliniella occidentalis* in China. Master dissertation. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences. [乔玮娜, 2012. DNA 条形码技术在我国

- 常见蓟马种类识别及西花蓟马传播扩散趋势分析中的应用. 硕士学位论文. 北京: 中国农业科学院.]
- Qiu HY, Fu BL, He SL, Liu K, 2022. Functional response and predation preference of *Orius tantillus* to *Megalurothrips usitatus*. *Chinese Journal of Biological Control*, 38(6): 1443–1448. [邱海燕, 付步礼, 何石兰, 刘奎, 2022. 淡翅小花蝽对豆大蓟马的捕食功能反应及猎物偏好性. 中国生物防治学报, 38(6): 1443–1448.]
- Qiu HY, Liu K, Li P, Fu BL, Tang LD, 2015. Comparison of attracting effect of cowpea flower thrips *Megalurothrips usitatus* (Bagnall) with yellow and blue sticky cards. *Chinese Horticulture Abstracts*, 31(1): 50–52. [邱海燕, 刘奎, 李鹏, 付步礼, 唐良德, 2015. 黄、蓝色板对豆大蓟马的诱集效果比较. 中国园艺文摘, 31(1): 50–52.]
- Qiu HY, Liu K, Li P, Fu BL, Tang LD, Zhang ML, 2014. Biological characteristics of the bean flower thrips, *Megalurothrips usitatus* (Bagnall) (Thripidae: Thysanoptera). *Chinese Journal of Tropical Crops*, 35(12): 2437–2441. [邱海燕, 刘奎, 李鹏, 付步礼, 唐良德, 张曼丽, 2014. 豆大蓟马的生物学特性研究. 热带作物学报, 35(12): 2437–2441.]
- Sang S, Zhang K, Wang PD, Hu MY, Dong XL, 2014. Control effects of Cyantraniliprole against thrips on cowpea. *Guizhou Agricultural Sciences*, 42(3): 69–70. [桑松, 张珂, 王培丹, 胡美英, 董小林, 2014. 溴氰虫酰胺防治豇豆蓟马的效果. 贵州农业科学, 42(3): 69–70.]
- Sani I, Umar K, 2017. Biology and management of legume flower thrips (*Megalurothrips sjostedti*) (Thysanoptera: Thripidae), a major insect pest of cowpea: a review. *Annals of Experimental Biology*, 5(1): 14–17.
- Shen DR, He C, Zeng TM, Guo S, Tian XJ, Yuan SY, Zhang HR, 2017. Toxicity of spinetoram combined with three pesticides to *Megalurothrips usitatus* (Bagnall). *Journal of Southwest China Normal University (Natural Science Edition)*, 42(12): 53–57. [沈登荣, 何超, 曾通明, 郭苏, 田学军, 袁盛勇, 张宏瑞, 2017. 乙基多杀菌素与 4 种杀虫剂复配对普通大蓟马的毒力测定. 西南师范大学学报 (自然科学版), 42(12): 53–57.]
- Srinivasan R, Paola S, Lin MY, Chhun Hy HC, Sareth K, Sor S, 2019. Development and validation of an integrated pest management strategy for the control of major insect pests on yard-long bean in Cambodia. *Crop Protection*, 116: 82–91.
- Su MF, Sun JY, Hu J, Wu D, Miao H, Fan YM, 2017. Molecular identification and enzyme activity determination of different geographical populations of *Megalurothrips usitatus* (Bagnall). *Journal of Tropical Biology*, 8(3): 364–370. [苏美凤, 孙靖雨, 胡坚, 吴迪, 庙浩, 范咏梅, 2017. 普通大蓟马不同地理种群的分子鉴定及酶活测定. 热带生物学报, 8(3): 364–370.]
- Sun JY, Fan YM, Chen SC, You J, Jiang YT, 2017. The indoor toxicity baseline establishment and resistance monitoring of *Megalurothrips usitatus* to Acetamiprid. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 45(7): 98–100. [孙靖雨, 范咏梅, 陈思诚, 游佳, 姜钰婷, 2017. 普通大蓟马对啮虫腈室内敏感毒力基线的建立及抗性监测. 江苏农业科学, 45(7): 98–100.]
- Tan K, Li MJ, Chen X, Ge WL, Dan JG, 2015a. Preliminary studies on oviposition preference of bean flower thrips, *Megalurothrips usitatus* (Bagnall). *Chinese Journal of Tropical Crops*, 36(3): 587–590. [谭珂, 李曼娟, 陈鑫, 葛文龙, 但建国, 2015a. 普通大蓟马产卵选择性初探. 热带作物学报, 36(3): 587–590.]
- Tan K, Chen X, Li MJ, Ge WL, Dan JG, 2015b. Life tables for experimental populations of *Megalurothrips usitatus* (Bagnall) on three leguminous crops. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 36(5): 956–960. [谭珂, 陈鑫, 李曼娟, 葛文龙, 但建国, 2015b. 普通大蓟马在 3 种豆类作物上的实验种群生命表研究. 热带作物学报, 36(5): 956–960.]
- Tang GW, Gong XW, Meng GL, 2002. Studies on species of thrips in fields of vegetable in Wuhan region. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 21(1): 5–9. [唐国文, 龚信文, 孟国玲, 2002. 武汉地区蔬菜蓟马种类研究. 华中农业大学学报, 21(1): 5–9.]
- Tang LD, Fu BL, Qiu HY, Han Y, Li P, Liu K, 2015a. Studied on the toxicity of different insecticides to against *Megalurothrips usitatus* by using a modified TIBS method. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 36(3): 570–574. [唐良德, 付步礼, 邱海燕, 韩云, 李鹏, 刘奎, 2015a. 豆大蓟马对 12 种杀虫剂的敏感性测定. 热带作物学报, 36(3): 570–574.]
- Tang LD, Han Y, Wu JH, Fu BL, Zhang RM, Qiu HY, Liu K, 2015b. The effect of host plants and chemicals on behavioral response of *Megalurothrips usitatus* (Bagnall). *Journal of Environmental Entomology*, 37(5): 1024–1029. [唐良德, 韩云, 吴建辉, 付步礼, 张瑞敏, 邱海燕, 刘奎, 2015b. 豆大蓟马对寄主植物及挥发性化合物的趋性. 环境昆虫学报, 37(5): 1024–1029.]
- Tang LD, Han Y, Wu JH, Li P, Fu BL, Qiu HY, Liu K, 2015c. Preference of *Megalurothrips usitatus* (Thysanoptera: Thripidae) to different colors and light-waves in lab. *Plant Protection*, 41(6): 169–172. [唐良德, 韩云, 吴建辉, 李鹏, 付步礼, 邱海燕, 刘奎, 2015c. 豆大蓟马室内对不同颜色及光波的趋性反应. 植物保护, 41(6): 169–172.]
- Tang LD, Wang XS, Zhao HY, Fu BL, Qiu HY, Liu K, 2017. The predation function response and development of *Chrysopa pallens* larva on *Megalurothrips usitatus* and *Aphis craccivorn*. *Chinese Journal of Biological Control*, 33(1): 49–55. [唐良德, 王晓双, 赵海燕, 付步礼, 邱海燕, 刘奎, 2017. 大草蛉幼虫捕食豆大蓟马和豆蚜的功能反应及生长发育. 中国生物防治学报, 33(1): 49–55.]
- Tang LD, Yan KL, Fu BL, Wu JH, Liu K, Lu YY, 2015. The life table parameters of *Megalurothrips usitatus* (Thysanoptera: Thripidae) on four leguminous crops. *Florida Entomologist*,

- 98(2): 620–625.
- Tang LD, Zhao HY, Fu BL, Han Y, Yan KL, Qiu HY, Liu K, Wu JH, Li P, 2016. Monitoring the insecticide resistance of the field populations of *Megalurothrips usitatus* in Hainan area. *Journal of Environmental Entomology*, 38(5): 1032–1037. [唐良德, 赵海燕, 付步礼, 韩云, 闫凯莉, 邱海燕, 刘奎, 吴建辉, 李鹏, 2016. 海南地区豆大蓟马田间种群的抗药性监测. 环境昆虫学报, 38(5): 1032–1037.]
- Tang LD, Zhao HY, Fu BL, Qiu HY, Wu JH, Li P, Liu K, 2018. Insecticide resistance monitoring of the Hainan field populations of *Megalurothrips usitatus* and their susceptibility to 6 insecticides. *Journal of Environmental Entomology*, 40(5): 1175–1181. [唐良德, 赵海燕, 付步礼, 邱海燕, 吴建辉, 李鹏, 刘奎, 2018. 海南普通大蓟马抗药性监测及对 6 种杀虫剂的敏感性. 环境昆虫学报, 40(5): 1175–1181.]
- Tillekaratne K, Edirisinghe JP, Gunatilleke CVS, Karunaratne WAIP, 2012. Survey of thrips in Sri Lanka: A checklist of thrips species, their distribution and host plants. *Ceylon Journal of Science*, 40: 89–108.
- Wang CL, Lee PC, Wu YJ, 2002. Rearing and utilization of *Orius strigicollis* for the control of thrips. *Formosan Entomology*, 3: 157–174.
- Wang L, Liu YY, Li H, Chen YX, Lin S, Yu Y, Tian HJ, Lin T, Zhang J, Chen Y, Wei H, 2022. Morphology and ultrastructure of the alimentary canal of *Megalurothrips usitatus* (Thysanoptera: Thripidae). *Acta Entomology Sinica*, 65(2): 144–156. [王谅, 刘宇艳, 李恒, 陈艺欣, 林硕, 余芸, 田厚军, 林涛, 张洁, 陈勇, 魏辉, 2022. 豆大蓟马消化道形态及超微结构. 昆虫学报, 65(2): 144–156.]
- Wu SY, Tang LD, Fang F, Li DG, Yuan X, Lei ZR, Gao YL, 2018. Screening, efficacy and mechanisms of microbial control agents against sucking pest insects as thrips. *Advances in Insect Physiology*, 55: 199–217.
- Xie YH, Li ZY, Dong K, Zhang HR, 2012. Changes in the species composition of thrips on *Trifolium repens* (Fabales). *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 47(1): 61–67.
- Yan KL, Tang LD, Wu JH, 2017. Color preferences and diurnal rhythm of *Megalurothrips usitatus* (Bagnall) (Thysanoptera: Thripidae). *Chinese Journal of Applied Entomology*, 54(4): 639–645. [闫凯莉, 唐良德, 吴建辉, 2017. 普通大蓟马对不同颜色的趋性及日节律调查. 应用昆虫学报, 54(4): 639–645.]
- Yang B, Du CL, Ali S, Wu JH, 2020. Molecular characterization and virulence of fungal isolates against the bean flower thrips, *Megalurothrips usitatus* Bagnall (Thysanoptera: Thripidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 30(1): 50–58.
- Yang B, Wang XS, Zhou Z, Tang LD, Wu JH, 2019. Influences of different putation substrate on pupae development period, eclosion rate and sex ratio of *Megalurothrips usitatus* (Thysanoptera: Thripidae). *Journal of South China Agricultural University*, 40(4): 47–51. [杨波, 王晓双, 周镇, 唐良德, 吴建辉, 2019. 不同化蛹基质对普通大蓟马蛹期、羽化率及性比的影响. 华南农业大学学报, 40(4): 47–51.]
- Yang HM, Ye ZL, Huang HX, Zou YX, Zhou SH, Dan JG, 2022. Offspring sex ratio response to odors from conspecific adults in *Megalurothrips usitatus* (Bagnall) (Thysanoptera: Thripidae). *Journal of Tropical Biology*, 13(3): 1–6. [杨鹤鸣, 叶子龙, 黄慧秀, 邹游兴, 周世豪, 但建国, 2022. 普通大蓟马子代性比对同种成虫气味的响应. 热带生物学报, 13(3): 1–6.]
- Yang Z, 2016. Study on thrips species and its natural enemies on tobacco in Yunnan province. Master dissertation. Kunming: Yunnan Agricultural University. [杨真, 2016. 云南省烟草蓟马种类及其天敌种类研究. 硕士学位论文. 昆明: 云南农业大学.]
- Yu YC, Zhi JR, Huang WQ, Li DY, 2020. Effects of the number and sex of *Frankliniella occidentalis* and *Megalurothrips usitatus* adults on their fecundity. *Journal of Plant Protection*, 47(3): 508–516. [禹云超, 邹军锐, 黄万庆, 李定银, 2020. 西花蓟马与豆大蓟马成虫数量和性别对彼此产卵量的影响. 植物保护学报, 47(3): 508–516.]
- Yu YC, Zhi JR, Zeng G, Yue WB, Ye M, 2019. The functional predatory response of *Amblyseius swirskii* to *Frankliniella occidentalis* and *Megalurothrips usitatus* nymphs. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 56(6): 1317–1323. [禹云超, 邹军锐, 曾广, 岳文波, 叶茂, 2019. 斯氏钝绥螨对西花蓟马和豆大蓟马若虫的捕食功能反应. 应用昆虫学报, 56(6): 1317–1323.]
- Yuan CM, Zhi JR, Li JZ, Zhang Y, 2008. Investigation on the species of thrips in fields of vegetable in Guizhou province. *China Plant Protection*, 28(7): 8–10. [袁成明, 邹军锐, 李景柱, 张勇, 2008. 贵州省蔬菜蓟马种类调查研究. 中国植保导刊, 28(7): 8–10.]
- Zafirah Z, Azidah AA, 2018. Diversity and population of thrips species on legumes with special reference to *Megalurothrips usitatus*. *Sains Malaysiana*, 47(3): 433–439.
- Zhang GL, 2003. Taxonomic study of Thripidae from China. Master dissertation. Yangling: Northwest A&F University. [张桂玲, 2003. 中国蓟马科分类研究. 硕士学位论文. 杨凌: 西北农林科技大学.]
- Zhang RM, Fu BL, Qiu HY, Tang LD, Li T, Li P, Liu K, 2015. Study on the blocking effect of insect net on the main pests of cowpea. *China Plant Protection*, 35(11): 36–38. [张瑞敏, 付步礼, 邱海燕, 唐良德, 李涛, 李鹏, 刘奎, 2015. 防虫网对豇豆主要害虫的阻隔作用研究. 中国植保导刊, 35(11): 36–38.]