

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1787.20250008

麦扁盾蝽的生物学、生态学及监测与防控技术研究进展

顾咏玥, 张万龙, 张皓*

植保资源与病虫害治理教育部重点实验室, 农业农村部西北黄土高原作物有害生物综合治理重点实验室, 西北农林科技大学植物保护学院, 陕西 杨凌 712100

摘要: 麦扁盾蝽是一种重要的外来入侵谷物害虫, 被我国列为哈萨克斯坦进境小麦的检疫害虫。该虫目前分布于亚洲、非洲和非洲的 38 个国家, 主要危害小麦、大麦和黑麦等, 越冬、越夏寄主有白草蒿、黄芪等。其成虫和若虫主要危害寄主籽粒, 可造成作物减产、种子发芽率及面粉加工品质降低。麦扁盾蝽为一化性, 全年可分为危害期、夏季休眠期和越冬滞育期, 危害期一般持续 2.5~3.0 个月; 成虫在小麦收获后离开麦田进入高海拔或温度较低区域越夏。环境温度、湿度和海拔是影响种群动态及行为的主要生态因子。可根据成虫形态特征及雄性外生殖器特征进行种类鉴定, 也可利用 PCR-RFLP 进行分子生物学鉴定。虫情监测主要通过田间扫网采集成虫和若虫的方法, 籽粒受害情况则需要利用仪器诊断、生化检测和烘焙质量评估等方法进行判定。目前主要利用植物检疫、农业防治、化学防治和生物防治等进行防治。然而, 关于麦扁盾蝽的起源、国内种群传入来源和途径、在国内的危害潜力及重要的生物学与生态学特性等尚不清楚, 亟需研究明确。

关键词: 麦扁盾蝽; 地理分布; 生物学; 生态学; 检测; 监测

Advancements in the biology, ecology, monitoring, and control of *Eurygaster integriceps* Puton

GU Yongyue, ZHANHG Wanlong, ZHANG Hao*

Key Laboratory of Plant Protection Resources and Pest Management of Ministry of Education, Key Laboratory of Integrated Pest Management on Crops in Northwestern Loess Plateau of Ministry of Agriculture and Rural Affairs, College of Plant Protection, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China

Abstract: The sunn pest, *Eurygaster integriceps* Puton is a major invasive alien grain pest, listed as a quarantine pest for wheat imported from Kazakhstan into China. The pest is currently distributed in 38 countries across Asia, Europe, and Africa, primarily infesting *Triticum aestivum*, *Hordeum vulgare*, and *Secale cereale*, with overwintering and oversummering hosts include *Artemisia herba-alba* and *Astragalus* (*Tragacantha*) spp. Both adults and nymphs damage host grains, resulting in yield reductions, decreased seed germination, and reduced flour processing quality. *E. integriceps* is univoltine, with an annual cycle comprising a damage phase (generally lasting 2.5–3.0 months), a summer dormancy and an overwintering diapause phases. After wheat harvest, adults migrate to higher altitudes or cooler areas for oversummering. Population dynamics and behaviors are influenced by ecological factors such as temperature, humidity, and altitude. Species identification can be based on adult morphological characteristics and male genitalia structures, or through molecular methods such as polymerase chain reaction-restriction fragment length polymorphism (PCR-RFLP). Field monitoring primarily relies on sweep-net sampling of adults and nymphs, while grain damage assessment requires instrumental analysis, biochemical testing, and baking quality evaluation. Current control strategies include plant quarantine, agricultural practices, chemical control, and biological control. However, critical aspects such as the pest's origin, sources and pathways of introduction into China, damage potential, and detailed biology and ecology remain unclear and require further research for effective management.

Key words: *Eurygaster integriceps*; geographical distribution; biology; ecology; detection; monitoring

麦扁盾蝽 *Eurygaster integriceps* Puton 属半翅目 是我国一种外来入侵害虫, 2006 年被我国列入进口 Hemiptera 盾蝽科 Scutelleridae 扁盾蝽属 *Eurygaster*, 哈萨克斯坦小麦检疫性有害生物名单。麦扁盾蝽

收稿日期 (Received): 2025-01-17 接受日期 (Accepted): 2025-04-28

基金项目: 科技部对发展中国家科技援助项目 (KY202002018); 国家现代农业产业技术体系建设专项 (CARS-03-37)

作者简介: 顾咏玥, 女, 硕士研究生。研究方向: 入侵害虫监测与防控。E-mail: 1339945886@qq.com

* 通信作者 (Author for correspondence), 张皓, E-mail: zhh1972@nwsuaf.edu.cn

危害小麦 *Triticum aestivum* L.、大麦 *Hordeum vulgare* L. 等作物的叶片、茎秆和籽粒,造成作物减产、种子发芽率和面粉加工品质降低 (Critchley, 1998; Kivan, 2008), 可引起小麦减产 50%~90%, 大麦减产 20%~30% (Darkoh *et al.*, 2010; Tafaghodinia & Majdabadi, 2006), 在不采取防治措施情况下, 甚至导致绝收 (Kivan & Kilic, 2006)。我国对麦扁盾蝽研究报道较少, 章士美 (1995) 描述了其形态学特征、地理分布等; 张生芳和薛光华 (2007) 综述了其地理分布、危害和生物学特性等。2023 年 6 月, 笔者在新疆伊犁霍城县冬小麦田调查, 发现部分田块该虫虫口密度高达 8.6 头·m⁻²。鉴于其在国外危害的严重性和在国内的传播风险, 本文对其地理分布、生物学、生态学及监测与防控技术研究进展进行了综述, 以期分析其在国内的危害、扩散风险和制定防控对策等提供参考。

1 地理分布

麦扁盾蝽主要分布于亚洲、欧洲和非洲 (Parker *et al.*, 2011; Popov *et al.*, 1982; Syromyatnikov *et al.*, 2017), 且呈逐渐扩大趋势。2007 年, 该虫在全球 18 个国家发生分布 (张生芳和薛光华 2007); 2018 年, 发生分布的国家有 27 个 (Mackesy & Moylett, 2018); 2023 年, 据 GBIF 数据库 (<https://www.gbif.org/species/9157433>) 信息及文献记录, 目前发生分布的国家有 38 个 (Aljaryian *et al.*, 2016; Critchley, 1998)。章士美 (1995) 报道, 麦扁盾蝽仅在黑龙江、内蒙古的呼盟和昭盟以及新疆北部有局部分布。

2 寄主与危害

2.1 寄主

麦扁盾蝽属多食性害虫, 寄主范围较广泛。国外将其寄主分为取食危害寄主、越冬和越夏寄主, 其取食危害的寄主主要有小麦、大麦、黑麦 *Secale cereale* L.、玉米 *Zea mays* L.、谷子 *Setaria italica* (L.) Beauv. var. *germanica* (Mill.)、高粱 *Sorghum bicolor* (L.) Moench、亚麻 *Linum usitatissimum* L.、向日葵 *Helianthus annuus* L.、大戟 *Euphorbia pекinensis* Rupr.、车轴草 *Galium odoratum* (L.) Scop. 等, 其中以禾本科 Poaceae 栽培植物为主。野生的禾本科寄主有野燕麦草 *Avena* spp.、雀麦草 *Bromus* spp.、鸭茅 *Dactylis* spp.、羊草 *Festuca* spp.、黑燕麦草 *Lolium* spp. 和早熟禾 *Poa* spp. 等, 豆科 Fabaceae 有 *Prosopis stephaniana*

(Willd.) Kunth 和骆驼刺 *Albagi camelorum* Fisch., 菊科 Asteraceae 有翼蓟 *Cirsium* spp. (Critchley, 1998)。越冬和越夏的寄主有白草蒿 *Artemisia herba-alba* (Asso.)、黄芪 *Astragalus* (*Tragacantha*) spp.、地肤 *Kochia* spp.、橡树 *Quercus* spp. 和一些栎属 *Quercus* 落叶树等, 为成虫提供凉爽、潮湿的越冬、越夏场所 (Critchley, 1998; Parker *et al.*, 2002, 2011)。Critchley (1998) 认为, 麦扁盾蝽在越冬寄主上并不取食, 这些所谓的越冬植物并不属于麦扁盾蝽的寄主植物。

2.2 危害

麦扁盾蝽以成、若虫刺吸寄主汁液造成危害。1~4 龄若虫取食小麦嫩芽和叶片, 5 龄若虫和成虫主要取食小麦籽粒 (Critchley, 1998)。在小麦不同生育期造成的危害不同, 在冬小麦拔节期和春小麦分蘖期, 成虫在植株茎基部取食, 造成心叶枯死, 被害株生长迟缓, 甚至死亡; 在抽穗前后危害, 可造成“白穗”和籽粒发育不良; 在小麦乳熟期会引起麦粒干瘪; 在蜡熟期危害, 受害麦粒会干瘪, 表面出现针孔大小的黑色斑点, 周围环绕浅色或变色的光晕 (Critchley, 1998; Davari & Parker, 2018)。

麦扁盾蝽取食时将唾液中多种消化酶注入麦粒, 引起面粉沉降值、稳定时间、混合耐受指数等下降, 面筋降解 (Karababa & Ozan, 1998), 导致面团弹性下降, 整体松散甚至不能成团 (Davari & Parker, 2018)。当面粉中受害麦粒含量达 2%~15% 时, 制作的面包品质显著下降 (Critchley, 1998)。

3 生物学特性

麦扁盾蝽属一化性害虫, 以成虫在落叶与土表越冬。全年可分为活动危害期和休眠期, 每阶段的持续时间因地理区域不同而异 (Parker *et al.*, 2011)。

3.1 活动为害期

当日均温度达到 10 °C 时, 成虫从越冬场所迁回麦田为害, 但回迁时间受越冬场所、环境温度和寄主植物的影响 (Critchley, 1998)。为害期一般可持续 2.5~3.0 个月, 期间遇到降雨多、温度低时为害期延长 (Alizadeh *et al.*, 2010; Davari & Parker, 2018; Radjabi, 2000)。在英国, 成虫将卵产于寄主茎、叶上, 单雌产卵量 70~80 粒; 卵期 6~28 d, 若虫期 35~40 d, 1~4 龄各龄期一般 4~7 d, 5 龄期较长, 一般 10~11 d。1、2 龄若虫通常就近为害, 3 龄后分散在小麦叶、茎、穗部取食, 5 龄后期和成虫期活动性变弱, 主要原因是囤积脂肪, 为越夏、越冬做

准备。若虫一般在6月全部发育至成虫,根据当地温度准备越夏、以及后续越冬(Critchley, 1998; Davari & Parker, 2018; Paulian & Popov, 1980)。在土耳其,卵的发育起点温度为 $11.7\text{ }^{\circ}\text{C}$,卵期有效积温 $90.9\text{ d}\cdot^{\circ}\text{C}$;在 $17\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下卵历期为 $(17.6\pm 0.1)\text{ d}$, $32\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下为 $(4.5\pm 0.01)\text{ d}$ (Kivan, 2008)。

3.2 夏眠及冬季滞育期

有研究认为,小麦收获后,受食物短缺和温度不适宜等因素影响,麦扁盾蝽成虫会离开麦田,寻找适宜场所进入滞育直至次年夏季(Alborzi *et al.*, 2025; Davari & Parker, 2018),所选场所多位于海拔 $1\ 700\sim 2\ 200\text{ m}$ 之间、凉爽潮湿的山区或林木及寄主植物下(Karimzadeh *et al.*, 2014)。成虫的脂肪储备状况会影响其越冬场所与麦田之间的距离以及越冬时间的长短(Critchley, 1998)。也有研究认为,在冬季严寒的地区,该虫可能会经历夏眠与冬季滞育两个阶段,在较高海拔夏眠一段时间,之后迁往低海拔地区滞育越冬(Arnoldi, 1955; Parker *et al.*, 2011)。目前,麦扁盾蝽在我国的生活史尚不明确,其夏眠及冬季滞育期间是否仍有危害行为也尚不清楚。

4 影响种群动态的环境因素

4.1 温度和光周期

Banks *et al.* (1961)报道,麦扁盾蝽的适宜温区为 $6\sim 25\text{ }^{\circ}\text{C}$,超过 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 则活跃度下降。温度还可影响成虫的生殖,室内饲养发现,成虫产卵量随温度发生变化, $22\sim 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下,温度升高产卵量有所上升;同时,在 $20\sim 30\text{ }^{\circ}\text{C}$,随着温度升高,种群总增殖率(gross reproductive rate, GRR)、净增殖率(R_0)、内禀增长率(r_m)、周限增长率(λ)、瞬时出生率(b)和瞬时死亡率(d)等均增大(Iranipour *et al.*, 2010)。Islamoglu (2022)认为,影响麦扁盾蝽由夏眠地向越冬场所迁移的因素主要是温度和光周期,在巴基斯坦,9月底时,随着温度下降光周期缩短,成虫开始向越冬地迁移,直至10月中旬完成迁移。

4.2 湿度

湿度是影响麦扁盾蝽存活率的重要因素。当田间干旱缺水时,即使有充足的食物来源,成虫也会在 $9\sim 10\text{ d}$ 内死亡;但降水过多,如遇暴雨,也会造成卵和若虫大量死亡(Brown, 1962b)。此外,暴雨还会阻碍或减少成虫的取食,进而减少虫体的脂肪储备(Critchley, 1998)。

4.3 海拔

海拔高度主要影响成虫的越冬行为。在冬季严寒的地区,成虫在夏初迁入高海拔地区休眠,在寒冬来临前复苏,转入低海拔地区越冬(Arnoldi, 1955; Parker *et al.*, 2011);而在冬季温和的地区,成虫的休眠和越冬均在高海拔地区进行(Brown, 1962a; Iranipour *et al.*, 2010; Parker *et al.*, 2011)。成虫喜欢在海拔 $1800\sim 2000\text{ m}$ 、向阳山坡的 *Noea spinosissima* Moq 植物上休眠(Islamoglu & Akmese, 2017)。

5 虫情监测与检测技术

5.1 种类鉴定

准确的种类鉴定是实现虫情监测结果可靠性的前提和基础。麦扁盾蝽与我国麦田发生的扁盾蝽 *Eurygaster testudinarius* (Geoffroy) (齐国俊和仵均祥, 2002)为近缘种,在若虫期尚无可靠特征予以区别(Malipatil, 2008),二者在成虫期则可根据前胸背板前侧缘和雄性阳茎特征进行鉴别(章士美, 1995)。Syromyatnikov *et al.* (2017)报道了PCR-RFLP分子鉴定种类方法,可有效避免假阳性产生。由于该方法对操作者的专业技术水平和仪器设备要求较高,目前在基层虫情监测调查中难以应用。

5.2 田间虫情监测

目前,对麦扁盾蝽的虫情监测主要通过田间扫网的方法捕捉成虫和若虫,该方法费时费力,效率较低。Motie *et al.* (2023)报道了近地遥感监测技术的应用,该技术将无人机与近红外光谱(Near-infrared, NIR, $820\sim 880\text{ nm}$)照相技术相结合实现对田间危害情况的监测,全年最佳监测时间在2—4月。但该方法易受阳光、杂草、植物颜色和飞行高度等因素影响,尚未得到实践应用,可为后续监测工作的完善提供参考。

5.3 小麦籽粒受害程度检测

鉴于麦扁盾蝽为害对小麦种子发芽率和面粉加工品质的影响,国外一直非常重视对收获小麦籽粒受害率及品质的检测技术研发。早期主要利用手持放大镜、实体显微镜对麦粒进行外部观察,根据麦粒表面是否存在黑色小孔和晕圈进行判断,存在准确性不够、效率较低的问题(Kapustkina & Frolov, 2022)。之后,低能量微聚焦放射照相(Kapustkina & Frolov, 2022)、红外显微镜(Arkhipov *et al.*, 2013)、彩色平板扫描仪(Aydogan & Ünlü, 2020)等仪器先后用于检测,可快速获得小麦受害程度信

息,也可利用生化方法判断小麦受害情况(Konarev *et al.* 2011)。此外,还可直接测定小麦面粉质量参数判断受害情况,如利用 SDS 沉降试验检测(Shabolkina *et al.*, 2012),通过分析仪器 Mixolab[®] 评估面粉的蛋白质和淀粉成分等(Blandino *et al.*, 2015)。这些方法在检测麦扁盾蝽对小麦籽粒受害率及品质影响方面各有其优点和局限性,有的因稳定性较差尚未得到推广应用。

6 防治

麦扁盾蝽在我国属检疫性和外来入侵害虫,防控中应采取植物检疫,农业、生物和化学防治相结合的对策。

6.1 植物检疫

加强对入境寄主作物的查验,禁止从疫区和发生区调运寄主作物产品。如需调运应做好除害处理,降低传入的风险。

6.2 农业防治

6.2.1 选育和种植抗性品种 国际干旱地区农业研究中心(International Center for Agricultural Research in the Dry Areas, ICARDA)筛选出多个在营养生长期对麦扁盾蝽具有耐害性的普通小麦和硬粒小麦种质资源(Ali *et al.*, 2009)。普通小麦种质主要来自阿富汗的 IG-139531、IG-139883、IG-139814、IG-139835、IG-139753、IG-139770、IG-139555 和来自塔吉克斯坦的 IG-140411;硬粒小麦为来自塔吉克斯坦的 IG-140368,及选育出的一些具有较高耐害性抗性的小麦品种(Kamenchenko *et al.*, 2010; Krupnov, 2012)。Emebiri (2017)通过 QTL 定位,初步明确了抗性基因的位点。但目前尚未发现对小麦品质不会造成影响的抗性品种(El-Bouhssini *et al.*, 2009)。

6.2.2 合理栽培,及时收获 可通过种植早熟品种,或采取早收、快收措施,缩短麦扁盾蝽为害时间(Critchley, 1998)。研究发现,普通冬小麦和抽穗较晚的小麦品种比其他类型(如二倍体、四倍体小麦)耐害性更强(Geits & Pavlov, 1977)。因此,在缺乏抗性品种的情况下,可通过种植普通冬小麦或抽穗较晚的品种进行防治(Najafi-Mirak & Mohammadi, 2004; Rezabeigi *et al.*, 2004)。

6.2.3 清除杂草,降低越冬虫源数量 田间野生杂草寄主和庇护植物,如野燕麦草、白草蒿、黄芪等,为麦扁盾蝽提供了丰富的食物来源或适宜的越冬场所,因此,在小麦收获后应清除这些植物,抑制越

冬种群数量(Critchley, 1998)。

6.2.4 轮作 小麦收获后种植甜菜 *Beta vulgaris* L. 等可以吸引天敌的植物,或者种植非寄主作物进行轮作(Critchley, 1998)。

6.3 化学防治

化学防治是目前防治麦扁盾蝽的主要措施。Pavlov (1988)指出,施用杀虫剂的最佳时间是小麦抽穗期前后,可叶面喷施溴氰菊酯、氯氟氰菊酯、敌百虫、吡虫啉和毒死蜱等杀虫剂。Jafarpour *et al.* (2011)报道,噻虫嗪、吡虫啉、呋虫胺和啶虫脒等 4 种新烟碱类杀虫剂均具有良好的防治效果,其中噻虫嗪、吡虫啉和呋虫胺对 3 龄若虫防效更佳,且噻虫嗪的防效远高于吡虫啉和呋虫胺,而啶虫脒对成虫防效较好。Alizadeh *et al.* (2022)研发出一种基于介孔二氧化硅纳米颗粒(mesoporous silica nanoparticles, MSNs)的新型溴氰菊酯制剂,叶面喷施后可明显减少成虫的产卵量,还可减少用药量和用药次数。

Canhilal *et al.* (2005)研究认为,麦扁盾蝽在土耳其的普通小麦和硬粒小麦上的经济阈值分别为 8.1 和 9.2 头若虫·m⁻²。但受品种、地区经济状况和防治要求不同的影响,各地采取的阈值范围在 2~20 头若虫·m⁻² 不等(Çetin *et al.*, 2014)。Canhilal (2016)认为,某些小麦品种,尤其是在低产量(<2000 kg·hm⁻²)的普通小麦种植地,经济阈值可能降低至 7~8 头若虫·m⁻²。

6.4 生物防治

麦扁盾蝽的生物防治包括寄生性天敌、昆虫生长调节剂、激素杀虫剂及病原微生物的利用等。最常用的卵寄生天敌昆虫是沟卵蜂属 *Trissolcus* 的多种卵寄生蜂(Kutuk *et al.*, 2010)。随着人工繁殖技术的发展(Allahyari *et al.*, 2004),其在田间的应用已见报道(Kivan & Kilic, 2002, 2004; Radjabi, 2000, 2007)。研究表明,当寄主与寄生蜂比例低、麦扁盾蝽卵的日龄小于 1 d 时,会明显提高寄生率(Davari & Parker, 2018)。此外,寄生性天敌蛆蝇异蚤蝇 *Megaselia scalaris* (Loew) 也具有较好的应用前景(Ebrahimi *et al.*, 2023)。近年来,昆虫生长调节剂、抗幼虫激素等激素杀虫剂(Davari & Parker, 2018),以及球孢白僵菌等生防菌也得到应用(Parsi & Peighamai-Ashnaei, 2022)。

7 传播途径与定殖风险

7.1 传播途径

USDA-APHIS-PPQ (2017)分析认为,麦扁盾蝽

的远距离传播随货物运输完成,但迄今尚未见各国截获报道。由于成虫具有较强的飞行能力,飞行距离达 25~30 km (Pavlov, 1988),因此,成虫也可短距离扩散。新疆与哈萨克斯坦等中亚多国接壤,这些国家均为麦扁盾蝽的发生分布区。因此推测,新疆定殖的麦扁盾蝽种群既可能随贸易传入,也可能是境外成虫飞行入境。鉴于成虫通常在小麦收获后迁离麦田越冬、越夏,其随麦种调运传播的可能性较低,而随越冬、越夏寄主传播的可能性更大。然而,这些寄主通常并非海关口岸检疫查验的重点,可能是导致口岸检疫鲜有截获报告的主要原因。因此,需对麦扁盾蝽的远距离传播载体和传播途径进行分析评估,尤其是非小麦寄主载体传带的危险性。

7.2 定殖风险

Aljaryian *et al.* (2016) 对麦扁盾蝽在全球的适生区预测发现,其在我国的潜在适生区面积较大,但由于我国并非该研究关注的重点,因此,有关麦扁盾蝽在我国的适生范围及其未来的变化需进一步明确。从小麦、大麦等寄主作物在我国的种植范围看,麦扁盾蝽侵入后寄主可得性高,定殖风险较高。

8 展望

麦扁盾蝽是一种重要的麦类作物害虫,在我国既是入侵害虫,也是中亚国家输入我国的小麦检疫害虫。尽管国外对其寄主、危害、生物学和生态学、监测、防治等进行了较多研究,但其在国内的研究极为薄弱。为维护我国的生物安全和粮食安全,需在以下方面加强研究。

8.1 溯源与扩散风险评估

明确入侵害虫的起源、传入来源和途径是做好预警防控的基础。通常可通过构建时空分布格局分析扩散路径(孙明明等,2024),或通过分析不同地理种群的种群遗传结构,或基于昆虫肠道微生物进行入侵昆虫的地理溯源(检科智创生物科技有限公司,2021)。目前,在我国发生的麦扁盾蝽的来源及传入途径均不清楚,可探索利用以上方法明确扩散路径与传入来源。

利用地理分布模型预测不同时期和气候条件物种的潜在地理分布范围,可为入侵物种的风险分析以及开展物种分布调查提供依据。目前最常用的物种分布模型为 CLIMEX 和 MaxEnt (陈燕婷等,2023; 金剑雪等,2024; 闫文静等,2024; 曾晓丽等,2024; 张嘉敏等,2024)。可利用这些分布模型预测麦扁盾蝽的适生性,为分析其在我国可能出现的

扩散布局,进一步开展风险评估提供依据。

8.2 明确基础生物学与生态学

在新疆较多麦区存在的冬、春小麦邻作混种模式,可能导致国内种群发生动态与国外不同。例如冬小麦收获后,春小麦可继续为麦扁盾蝽提供食物,使其在田间的发生从 4 月持续到 8 月,可能引起越夏期缩短或不存在。在有明显越夏现象的地区,其在国内的越夏寄主是什么,越夏与越冬寄主和场所是否相同,麦扁盾蝽在小麦、越夏寄主和越冬寄主间如何往返迁移等问题均需通过田间系统调查予以明确。有研究表明,高温和食物短缺是导致麦扁盾蝽产生越夏休眠行为的主要因素(Karimzadeh *et al.*, 2014)。麦扁盾蝽种群发展的适宜温度幅度较宽(6~30 °C)(Banks *et al.*, 1961; Iranipour *et al.*, 2010),新疆很多麦区在夏季的环境温度均在该范围之内,小麦收获后,田间还存在其他寄主。在温度适宜、寄主可得情况下,麦扁盾蝽是否还会产生小麦收获后迁出远离的行为有待商榷。摸清其在我国的越夏、越冬寄主及其年生活史,可为明确种群在不同寄主间的季节性往返迁移规律奠定基础,进而为防治提供依据。

8.3 明确危害性及经济阈值

明确外来入侵物种的潜在危害是评估入侵物种危险性、制定防控对策的依据。经济阈值可为有害生物的适期用药、及时防控提供指导(房文娇等,2024)。麦扁盾蝽在土耳其小麦的经济阈值为 2~20 头若虫·m⁻²(Çetin *et al.*, 2014)。2023 年 6 月,在新疆霍城县,部分麦田的虫口密度已达到 8.6 头若虫·m⁻²,2024 年 7 月,在霍城县和察布查尔县的走访调查中,农户反映小麦收获时虫量极大,均说明其对小麦的危害可能已达到较严重程度。然而,国内尚未见报道,其危害性可能被严重低估和忽视。鉴于目前化学防治仍为主要防治手段,国内亟需明确麦扁盾蝽对小麦的危害和经济阈值,以期指导田间用药防治。

8.4 快速鉴定和高效、绿色防控技术的完善

麦扁盾蝽与近缘种形态极其相似,利用形态进行鉴定对操作人员的专业技术要求很高,口岸检疫与国内虫情监测均亟需研发高效快速实用的鉴定技术。目前,多种分子生物学技术,如 RPA-EXO 技术(焦莉苹等,2024)、酶介导双重指数扩增技术(韩蕊等,2024)已成功用于入侵物种的快速检测与鉴定。

可借鉴已有成熟技术研发麦扁盾蝽的快速鉴定方法,为口岸检疫与基层虫情监测提供技术支持。

当前,基于物联网、传感器实时采集气候数据、结合模型预测的智能化监测是作物病虫害监测预警的重要发展方向,根据预测结果,可为制定防控对策和采取防护措施提供依据(张莉等,2024)。因此,未来在麦扁盾蝽的研究中也应研发基于物联网和大数据的智能化监测预警技术体系,以指导科学高效防控。

参考文献

- 陈燕婷,史梦竹,傅建炜,赵紫华,刘万学,李建宇,2023. 气候变化条件下木瓜秀粉蚧在中国的潜在适生区预测. *植物保护学报*, 50(6): 1491-1498.
- 房文娇,李霜,王思宇,成利,王成,陈秀娟,石浩玉,冯欣澳,涂雄兵,冯士骞,常静,任金龙,王广君,2024. 青海省门源草原毛虫取食特性及其防控经济阈值. *植物保护学报*, 51(5): 1218-1225.
- 韩蕊,滕祎,李献锋,王临静,魏霜,张雍哲,乔曦,刘海军,吴尧,马骏,万方浩,刘聪辉,钱万强,2024. 基于酶介导双重指数扩增技术(EmDEA)的小火蚁快速检测方法的开发. *环境昆虫学报*, 46(5): 1059-1067.
- 检科智创(北京)生物科技有限公司,2021. 一种基于肠道微生物的昆虫地理溯源方法: CN202110055453.4.
- 焦莉苹,冯自洋,雷荣,葛建军,陈井生,王旭,刘大伟,2024. 基于RPA-EXO的马铃薯金线虫快速检测技术研究. *植物检疫*, 38(5): 42-46.
- 金剑雪,张晓明,叶照春,王宇,邵昌余,张桂芬,2024. 基于MAXENT的番茄潜叶蛾在贵州省的适生区分布预测. *中国生物防治学报*, 40(4): 750-759.
- 齐国俊,仵均祥,2002. 陕西麦田害虫与天敌彩色图鉴. 西安: 西安地图出版社.
- 孙明明,刘彤,赵文轩,王寒月,刘雪莲,粟培,李金霞,2024. 豚草入侵新疆伊犁河谷的时空分布格局及扩散途径. *生物安全学报(中英文)*, 33(2): 132-138.
- 闫文静,曹玉,尚北辰,张悦,杨国,刘俊杰,2024. 黄斑长翅卷叶蛾在中国适生区的预测及风险评估. *应用昆虫学报*, 61(2): 474-484.
- 曾晓丽,喻三鹏,田茂娟,张念念,班启明,邱建生,2024. 入侵植物薇甘菊在贵州的潜在适生区及其变化趋势. *生物安全学报(中英文)*, 33(2): 169-176.
- 张嘉敏,李玉春,王霞,巴依苏拉,鲍婉婷,郝恩华,陆鹏飞,程业森,2024. 基于MaxEnt模型的柳脊虎天牛及其寄主植物潜在适生区预测. *植物保护学报*, 51(6): 1484-1495.
- 张莉,于海霞,李庆国,2024. 基于物联网技术对小麦病虫害进行监测预警的研究进展. *农业科技与装备* (3): 37-39.
- 张生芳,薛光华,2007. 麦扁盾蝽. *植物检疫*, 21(3): 173-175.
- 章士美,1995. 中国经济昆虫志 第五十册 半翅目. 北京: 科学出版社.
- ALI L, EL-BOUHSSINI M, NACHIT M, ABDALLAH O, VALKOUN J, ALSALTY M N, 2009. Sources of resistance in wheat and its wild relatives to sunn pest. *Plant Protection*, 27: 10-13.
- ALBORZI Z, AMIRI A, PIULACHS M D, BANDANI A R, 2025. Tissue-specific transcriptomic and endocrine signatures of obligatory reproductive diapause in *Eurygaster integriceps*. *Scientific Reports*, 15(1): 42999.
- ALIZADEH M, BANDANI A R, AMIRI A, 2010. Evaluation of insecticide resistance and biochemical mechanism in two populations of *Eurygaster integriceps* Puton (Hemiptera: Scutelleridae). *Munis Entomology & Zoology*, 5(2): 734-744.
- ALIZADEH M, SHEIKHI-GARJAN A, MA'MANI L, SALEK-DEH G H, BANDEHAGH A, 2022. Ethology of sunn-pest oviposition in interaction with deltamethrin loaded on mesoporous silica nanoparticles as a nanopesticide. *Chemical and Biological Technologies in Agricultur*, 9: 1-13.
- ALJARYIAN R, KUMAR L, TAYLOR S, 2016. Modelling the current and potential future distributions of the sunn pest *Eurygaster integriceps* (Hemiptera: Scutelleridae) using CLIMEX. *Pest Management Science*, 72(10): 1989-2000.
- ALLAHYARI H, FARD P A, NOZARI J, 2004. Effects of host on functional response of offspring in two populations of *Trissolcus grandis* on the sunn pest. *Journal of Applied Entomology*, 128(1): 39-43.
- ARKHIPOV M V, VELIKANOV L P, ZHELUDKOV A G, GUSAKOVA L P, ALFEROVA D V, POTRAKHOV N N, PRIYATKIN N S, 2013. Potential of biophysical methods in agrophysics and agriculture. *Biotekhnosfera*, 6: 40.
- ARNOLDI K V, 1955. Hibernation of *Eurygaster integriceps* Puton in the mountains of Kuban in the light of investigations in 1949-1953 [Russian] // FEDOTOV D M. *Eurygaster Integriceps*, 3: 171-237.
- AYDOGAN S, ÜNLÜ L, 2020. Determination of damage rate of sunn pest (*Eurygaster* spp.) and wheat sting bug (*Aelia* spp.) in some bread wheat varieties in Karatay (Konya) District. *Agricultural and Food Sciences*, 34(3): 193-199.
- BANKS C J, BROWN E S, DEZFULIAN A, 1961. Field studies of the daily activity and feeding behaviour of sunn pest, *Eurygaster integriceps* Put. (Hemiptera, Scutelleridae) on wheat in north Iran. *Agricultural and Food Sciences Entomo-*

- logia Experimentalis & Applicata*, 109 (4): 289–300.
- BLANDINO M, MARINACCIO F, INGEGNO B L, PANSA M G, VACCINO P, TAVELLA L, REYNERI A, 2015. Evaluation of common and durum wheat rheological quality through Mixolab[®] analysis after field damage by cereal bugs. *Field Crops Research*, 179: 95–102.
- BROWN E S, 1962a. Researches on the ecology and biology of *Eurygaster integriceps* Puton (Hemiptera: Scutelleridae) in middle east countries, with special reference to the over-wintering period. *Bulletin of Entomological Research*, 53(3): 445–514.
- BROWN E S, 1962b. Laboratory experiments on certain aspects of the feeding of young adult *Eurygaster integriceps* Put. (Hemiptera, Scutelleridae) in Iran. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 5(1): 1–13.
- CANHILAL R, 2016. Economic threshold in the management of the sunn pest. *Agricultural and Food Sciences*, 6: 241–246.
- CANHILAL R, KÜTÜK H, KANAT A D, ISLAMOGLU M, HARAMEIN J F, EL-BOUHSSINI M, 2005. Economic threshold for the sunn pest (*Eurygaster integriceps* Put.) (Hemiptera: Scutelleridae) on wheat in Southeastern Turkey. *Journal of Agricultural and Urban Entomology*, 22(3/4): 191–204.
- ÇETİN M, CANHILAL R, KARACA V, DUMAN M, GÖZÜAÇIK C, KAN M, 2014. Economic threshold revision of the sunn pest (*Eurygaster integriceps* Put.) (Hemiptera: Scutelleridae) on wheat in Southeastern Anatolia Region. *Türkiye Entomoloji Bülteni*, 4(3): 157–169.
- CRITCHLEY B R, 1998. Literature review of sunn pest *Eurygaster integriceps* Put. (Hemiptera, Scutelleridae). *Crop Protection*, 17(4): 271–287.
- DARKOH C, EL-BOUHSSINI M, BAUM M, CLACK B, 2010. Characterization of a prolyl endoprotease from *Eurygaster integriceps* Puton (sunn pest) infested wheat. *Arch Insect Biochem Physiol*, 74(3): 163–178.
- DAVARI A, PARKER B L, 2018. A review of research on sunn pest [*Eurygaster integriceps* Puton (Hemiptera: Scutelleridae)] management published 2004–2016. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 21(1): 352–360.
- EBRAHIMI L, DISNEY R H L, HAGHSHEENAS A, GILASIAN E, AMIR-MAAFI M, KHANEGHAH S S, 2023. First record of scuttle fly, *Megaselia* (*M*) *scalaris* (Loew) (Diptera: Phoridae) as a parasitoid of sunn pest, *Eurygaster integriceps* Puton (Hemiptera: Scutelleridae) from Iran. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 33: 1–4.
- EL-BOUHSSINI M, STREET K, JOUBI A, IBRAHIM Z, RIHAWI F, 2009. Sources of wheat resistance to sunn pest, *Eurygaster integriceps* Puton, in Syria. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 56(8): 1065–1069.
- EMEBIRI L C, TAN M K, EL-BOUHSSINI M, WILDMAN O, JIGHLY A, TADESSE W, OGBONNAYA F C, 2017. QTL mapping identifies a major locus for resistance in wheat to sunn pest (*Eurygaster integriceps*) feeding at the vegetative growth stage. *Theoretical and Applied Genetics*, 130(2): 309–318.
- GEITS A A, PAVLOV I F, 1977. Factors affecting the resistance of winter wheat to attack by *Eurygaster integriceps* Puton. *Scientific Works of the All-Union Research Institute of Plant Protection of the Chernozem Zone*, 140(1): 79–82.
- IRANIPOUR S, KHARRAZI PAKDEL A, RADJABI G, 2010. Life history parameters of the sunn pest, *Eurygaster integriceps*, held at four constant temperatures. *Journal of Insect Science*, 10(1): 106.
- ISLAMOGLU M, AKMESE V, 2017. Overwintering *Eurygaster integriceps* Puton (Heteroptera: Scutelleridae) in relation to altitude, cardinal direction, and plant species in aestivation period. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 9(3): 235–240.
- ISLAMOGLU M E, 2022. Effect of some abiotic factors on migration of sunn pest (*Eurygaster integriceps* Put.) (Hemiptera: Scutelleridae) from aestivation sites to overwintering sites. *Pakistan Journal of Zoology*, 55(1): 1–5.
- JAFARPOUR A A, SHEIKHI-GARJAN A, IMANI S, MAHJOUB S M, MAHMOUDVAND M, 2011. Toxic effects of neonicotinoid insecticides on nymphs and adults of sunn pest, *Eurygaster integriceps* Puton (Hemiptera: Scutelleridae). *Acta Entomologica Sinica-SciEngine*, 54(8): 938–942.
- KAMENCHENKO S E, LEBEDEV V B, NAUMOVA T V, 2010. Injuriousness of the sunn pest (*Eurygaster integriceps*). *Agrarian Bulletin of the Southeast*, 1(4): 36–37.
- KAPUSTKINA A, FROLOV A, 2022. Wheat grain damage by *Eurygaster integriceps* Puton (Hemiptera, Scutelleridae): diagnostics and detection methods. *Entomological Review*, 102(1): 50–62.
- KARABABA E, OZAN A N, 1998. Effect of wheat bug (*Eurygaster integriceps*) damage on quality of a wheat variety grown in Turkey. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 77(3): 399–403.
- KARIMZADEH R, HEJAZI M J, HELALI H, IRANIPOUR S, MOHAMMADI S A, 2014. Predicting the resting sites of *Eurygaster integriceps* Puton (Hemiptera: Scutelleridae) using a geographic information system. *Precision Agriculture*, 15(2): 615–626.
- KIVAN M, KILIC N, 2002. Host preference: parasitism, emergence and development of *Trissolcus semistriatus* (Hymenoptera: Scelionidae) in various host eggs. *Journal of Applied*

- Entomology*, 126(7/8): 395–399.
- KIVAN M, KILIC N, 2004. Parasitism and development of *Trissolcus simoni* in eggs of different host species. *Phytoparasitica*, 32(1): 57–60.
- KIVAN M, KILIC N, 2006. Age-specific fecundity and life table of *Trissolcus semistriatus*, an egg parasitoid of the sunn pest *Eurygaster integriceps*. *Entomological Science*, 9(1): 39–46.
- KIVAN M, 2008. Development rate and lower temperature threshold in the eggs of *Eurygaster integriceps* (Heteroptera: Scutelleridae). *Insect Science*, 15(2): 163–166.
- KONAREV A V, BEAUDOIN F, MARSH J, VILKOVA N A, NEFEDOVA L I, SIVRI D, KÖKSEL H, SHEWRY P, LOVEGROVE A, 2011. Characterization of a glutenin-specific serine proteinase of sunn bug *Eurygaster integriceps* Put. *Journal of Agricultural & Food Chemistry*, 59(6): 2462–2470.
- KRUPNOV V A, 2012. Wheat breeding for resistance to the sunn pest (*Eurygaster* spp.): does risk occur? *Russian Journal of Genetics*, 2(1): 79–84.
- KUTUK H, CANHILAL R, ISLAMOGLU M, KANAT A D, EL-BOUHSSINI M, 2010. Predicting the number of nymphal instars plus new generation adults of the sunn pest from overwintered adult densities and parasitism rates. *Journal of Pest Science*, 83(1): 21–25.
- MACKESY D, MOYLETT H, 2018. CPHST pest datasheet for *Eurygaster integriceps*. USDA-APHISPPQ-CPHST. [2025-01-07]. <http://download.ceris.purdue.edu/file/3623>.
- MALIPATIL M, 2008. *Industry biosecurity plan for the grains industry; threat contingency plan sunn pest (Eurygaster integriceps)*. Canberra, Australia: Plant Health Australia.
- MOTIE J B, SAEIDIRAD M H, JAFARIAN M, 2023. Identification of sunn pest affected (*Eurygaster Integriceps* put.) wheat plants and their distribution in wheat fields using aerial imaging. *Ecological Informatics*, 76: 102–146.
- NAJAFI-MIRAK T, MOHAMMADI V, 2004. Resistance to sunn pest (*E. integriceps*) in advanced lines of durum and bread wheat // *Proceedings of the 2nd International Conference on Sunn Pest*. Aleppo, Syria: ICARDA: 179–184.
- PARKER B L, AMIR-MAAFI M, SKINNER M, KIM J S, EL-BOUHSSINI M, 2011. Distribution of sunn pest, *Eurygaster integriceps* Puton (Hemiptera: Scutelleridae), in overwintering sites. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 14(1): 83–88.
- PARKER B L, COSTA S D, SKINNER M, EL-BOUHSSINI M, 2002. Sampling sunn pest (*Eurygaster integriceps* Puton) in overwintering sites in northern Syria. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 26(3): 109–117.
- PARSI F, PEIGHAMI-ASHNAEI S, 2022. Screening thermo-tolerant isolates of *Beauveria bassiana* for potential management of sunn pest (*Eurygaster integriceps* Puton) in Iran. *Biocontrol Science and Technology*, 32(11): 1346–1350.
- PAULIAN F, POPOV C, 1980. *Sunn pest or cereal bug in wheat*. Basel, Switzerland: CIBA-GEIGY Ltd.
- PAVLOV I F, 1988. Overwintering of the sunn pest and continuity of its infestation of crops [In Russian with English summary]. *Zushchita Rastenii (Moskva)*, 1: 26.
- POPOV C, BARBULESCU A, BANITA E, ENICA D, IONESCU C, MUSTETEA D, PAULIAN F, TANASE V, VONICA I, 1982. Cereal bug (*Eurygaster integriceps*) the most important wheat pest in Romania. *Analele Institutului de Cercetări pentru Cereale și Plante Tehnice, Fundulea*, 50: 379–390.
- RADJABI G, 2000. *Ecology of cereals' sunn-pests in Iran*. Tehran, Iran: Ministry of Jihad and Agriculture, Agricultural Research, Education and Organization.
- RADJABI G, 2007. *Sunn pest management based on its outbreaks' key factor analysis in Iran*. Tehran, Iran: Agricultural Research, Education and Organization.
- REZABEIGI M, RADJABI G H, NOURI-GHANBALANI G, 2004. The effect of the starch size of grain endosperm on the resistance of wheat cultivars to sunn pest (*Eurygaster integriceps* Puton) // *Proceedings of the 2nd International Conference on Sunn Pest*. Aleppo, Syria: ICARDA: 185–190.
- SHABOLKINA E N, SYCHYOVA O M, SYUKOV V V, 2012. Modified methods for estimating the quality of wheat grain against the background of exposure to sunn pest. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 16(4/2): 965–969.
- SYROMYATNIKOV M Y, GOLUB V B, KOKINA A V, SOBOL-EVA V A, POPOV V N, 2017. DNA barcoding and morphological analysis for rapid identification of most economically important crop-infesting sunn pests belonging to *Eurygaster* Laporte, 1833 (Hemiptera, Scutelleridae). *Zookeys*, 706: 51–71.
- TAFAGHODINIA B, MAJDABADI M, 2006. Temperature-based model to forecasting attack time of the sunn pest *Eurygaster integriceps* Put. in wheat // *WSEAS International Conference on Mathematical Biology and Ecology*. Florida, USA: WSEAS: 66–71.
- USDA-APHIS-PPQ, 2017. *New pest response guidelines: Eurygaster integriceps Puton (Hemiptera: Scutelleridae) sunn pest*. Washington, D.C.: Government Printing Office.