



我国棉花盲蝽生物学特性的研究进展^{*}

陆宴辉 吴孔明^{**}

(中国农业科学院植物保护研究所 植物病虫害生物学国家重点实验室 北京 100193)

摘 要 近 10 年来,盲蝽在我国由次要害虫上升为了主要害虫,在棉花、枣、葡萄等多种作物生产上造成了严重危害。自 2008 年以来,在公益性行业(农业)科研专项经费项目的支持下,对盲蝽人工饲养技术、个体发育与繁殖、食性、寄主选择行为、取食行为、性信息素通讯行为、交配与产卵行为、飞行与扩散能力、滞育与越冬习性、年生活史等生物学特性进行了系统研究,为研发盲蝽预测预报和综合防治技术提供了必要的科学依据。

关键词 盲蝽, 生物学特性, 测报, 防治

Advances in research on cotton mirid bugs in China

LU Yan-Hui WU Kong-Ming^{**}

(State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection,
Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China)

Abstract In the past 10 years the mirid bugs, formerly a group of secondary insect pests, have become important pests of cotton, Chinese dates, grapes and other fruit crops. Since 2008, with support from a grant from the “Special Fund for Agro-scientific Research in the Public Interest”, extensive studies have been conducted on mirid bugs, including artificial rearing techniques, nymphal development and adult fecundity, feeding habits, host-selection behavior, feeding behavior, sex pheromone communication, oviposition, flight and dispersal capacity, diapauses, overwintering habits and annual life history. This work has created a basic information infrastructure for developing forecast techniques and control measures for these pests in China.

Key words mirid bug, biological characteristics, forecast, control

盲蝽是一类重要的农业害虫,种类繁多,在我国主要有绿盲蝽 *Apolygus lucorum* (Meyer-Dür)、中黑盲蝽 *Adelphocoris suturalis* Jakovlev、三点盲蝽 *Adelphocoris fasicollis* (Reuter)、苜蓿盲蝽 *Adelphocoris lineolatus* (Goeze) 和牧草盲蝽 *Lygus pratensis* (L.) (Lu *et al.*, 2008)。近年来,盲蝽在我国黄河流域和长江流域地区发生程度日益严重,对棉花、枣、葡萄、樱桃、桃、苹果和茶等多种农作物的生产构成了严重威胁(陆宴辉和吴孔明, 2008; 陆宴辉等, 2010; Lu *et al.*, 2010a; Lu and Wu, 2011a)。因此,急需发展我国盲蝽的预测预报与综合防治技术(陆宴辉等, 2007)。

每种害虫都具有各自独特的生物学特性,从中寻找到生活史中的薄弱环节或特殊习性,能更加有针对性地研发测报与防治技术,可使防控工作“有的放矢”、更加科学高效。如忽视其生物学特性,测报与防治工作中难免会出现盲目性,导致防控措施达不到相应的效果等问题。我国过去对盲蝽的研究甚少、基础薄弱,对其生物学特性的认识比较有限(丁岩钦, 1957, 1963a, 1963b, 1964, 1965; 朱弘复和孟祥玲, 1958; 曹赤阳和万长寿, 1983; 张永孝等, 1986; 高宗仁等, 1992; 李巧丝等, 1994; 高宗仁和李巧丝, 1998)。自 2008 年以来,在公益性行业(农业)科研专项经费项目“盲蝽蝗

^{*} 资助项目:公益性行业(农业)科研专项(201103012)。

^{**} 通讯作者, E-mail: kmwu@ippcaas.cn

收稿日期: 2012-02-26, 接受日期: 2012-04-19

区域性灾变规律与监测治理技术研究(200803011)”等的支持下,中国农业科学院植物保护研究所等单位对绿盲蝽、中黑盲蝽、三点盲蝽、苜蓿盲蝽4个优势种类的人工饲养技术、个体发育与繁殖、食性、寄主选择行为、取食行为、性信息素通讯行为、交配与产卵行为、飞行与扩散能力、滞育与越冬习性、年生活史等进行了系统研究,为现阶段盲蝽防控技术的研发提供了必要的科学指导。本文就我国盲蝽生物学特性的最新进展做一总结和评述。

1 进展评述

1.1 人工饲养技术

过去一般都使用棉花苗、苜蓿苗、马铃薯嫩芽等活体植物饲养盲蝽,但活体植物培养过程中存在着工作量大、温湿度要求高等问题,只能用于盲蝽的短期、小规模饲养。陆宴辉等(2008a)发展了利用四季豆(*Phaseolus vulgaris* L.)豆荚饲养绿盲蝽、中黑盲蝽、三点盲蝽和苜蓿盲蝽的方法,迄今已连续饲养绿盲蝽50多代,中黑盲蝽、三点盲蝽和苜蓿盲蝽30多代,解决了盲蝽室内规模化繁育和继代饲养的问题。此外,发现新鲜玉米棒(*Zea mays* L.)也适宜绿盲蝽的周年饲养,并具有农药残留量普遍低于四季豆豆荚的优势,至今利用这一植物材料已连续饲养绿盲蝽10多代(陆宴辉等,2011)。最近,河南农科院植保所成功研制出绿盲蝽人工饲料配方,在此基础上已连续饲养绿盲蝽4代,各代若虫存活率达80%左右、单雌产卵量约60粒,饲养效果与四季豆豆荚基本相当(封洪强等,2010;宋国晶等,2010)。此外,付晓伟等(2008a)报道,滤纸可作为中黑盲蝽的产卵基质用于其人工饲养,这一方法可以有效避免四季豆豆荚、玉米棒等植物产卵载体易腐烂或干枯等问题,将有助于规模化饲养中卵的收集、保存与孵化。盲蝽继代饲养技术的突破为各项试验提供了标准化的试虫,对盲蝽研究起到了重要的推动作用。今后,盲蝽人工饲料配方的研制与优化将是这方面的重点工作。

1.2 个体发育与繁殖

这是盲蝽生物学特性中最重要的组成部分,早期在这方面有过一些研究报道(丁岩钦,1957, 1963a, 1963b, 1964, 1965;李巧丝等,1994),但总

体上还不够系统。Lu等(2009a, 2010b)研究了不同温度(10、15、20、25、30和35℃)对盲蝽种群适合度的影响,结果表明:在10~30℃范围内,盲蝽卵和若虫的发育速率随着温度的上升而逐渐加快,35℃时发育速率出现下降趋势;绿盲蝽、中黑盲蝽、三点盲蝽、苜蓿盲蝽卵的发育起始温度和有效积温分别为3.21℃和179.27日·度、5.60℃和189.86日·度、6.26℃和188.81日·度、5.58℃和231.66日·度,若虫的发育起始温度和有效积温分别为3.66℃和262.44日·度、5.03℃和308.83日·度、3.04℃和366.73日·度、6.23℃和291.64日·度;盲蝽卵和若虫的生长发育最适温度范围为32~34℃;而20~30℃下卵孵化率和若虫存活率较高;盲蝽成虫寿命均随着温度的升高而逐渐缩短,而成虫产卵量在15~30℃下较高;绿盲蝽耐极端温度能力最强,中黑盲蝽耐低温能力较弱、耐高温能力较强,而三点盲蝽和苜蓿盲蝽正好与中黑盲蝽相反。同时,组建了不同湿度下4种盲蝽的实验种群生命表,发现环境湿度对盲蝽种群适合度也有着明显影响,其中高湿条件(如70%和80% RH)能显著提高卵和若虫的存活率、延长成虫寿命、增加成虫产卵量,而低湿条件(如40%和50% RH)下盲蝽的种群适合度明显下降(Lu and Wu, 2011b)。此外,郭小奇等(2008)及付晓伟等(2008b)比较研究了不同寄主种类或不同棉花品种上盲蝽的生长发育与繁殖情况。上述研究结果为盲蝽发生期预测技术的发展提供了基础资料,期待今后能更好地应用于种群动态模拟模型构建等的深入研究。

1.3 食性

早在半个世纪前,就有盲蝽捕食蚜虫的报道(朱弘复和孟祥玲,1958)。近年来,作者发现盲蝽能取食多种小型昆虫,同时其种间自残现象也很普遍;但盲蝽的具体食性特点尚未明确。王丽丽(2010)对绿盲蝽的食性问题进行了系统研究,发现绿盲蝽对棉铃虫卵和初孵幼虫、棉蚜、烟粉虱若虫等具有较强的捕食作用,其捕食量随自身龄期的增长或猎物密度的增加而增加,捕食功能反应均符合Holling II;与只取食植物性食物相比,同时取食植物性食物和动物性食物(棉铃虫卵、棉蚜或烟粉虱)的绿盲蝽种群适合度显著提高,而只取食动物性食物的基本上不能完成生活史,这表明

绿盲蝽的食性以植食性为主,兼有肉食性。此外,田间绿盲蝽对棉蚜等其他害虫的捕食作用也得到了证实。中黑盲蝽等其他种类的食性与绿盲蝽基本一致(李文静等,2012)。明确了盲蝽的食性为其人工饲料配方研发提供了重要依据,然而杂食性盲蝽在农田生态系统中的地位与功能有待全面评估。

1.4 寄主选择行为

研究寄主选择行为将有助于解析昆虫与植物关系、发展害虫行为调控措施(陆宴辉等,2008b)。多食性盲蝽的寄主选择行为及其机制是近年来我们研究的焦点。通过多年的小区寄主选择试验,发现绿盲蝽、中黑盲蝽、三点盲蝽与苜蓿盲蝽对田间不同寄主植物表现出的选择性各异。在 100 余种的供试植物中,绿盲蝽偏好绿豆、蚕豆、蓖麻、凤仙花、野艾蒿、黄花蒿等植物,中黑盲蝽偏好背扁黄芪、紫花苜蓿、藿香、荆芥等植物,三点盲蝽偏好扁豆、益母草等植物,苜蓿盲蝽偏好紫花苜蓿、草木樨等植物(陆宴辉,2008)。室内 Y 型嗅觉仪测定发现,盲蝽对不同种类寄主植物的偏好程度与上述小区试验结果基本一致,表明嗅觉在盲蝽寄主选择行为过程中起着重要的作用。同时,利用 GC-EAD 与 GC-MS 对盲蝽成虫触角电生理进行了系统研究,结合 Y 型嗅觉仪的行为测定结果,筛选出了多个对盲蝽成虫具有吸引活性的植物挥发物组分,这些组分可能是盲蝽产生寄主选择偏好行为的主要诱导因子。除不同种类寄主之外,盲蝽对不同品种、不同受害程度的寄主植物也具有不同的选择性(张立娟等,2010;吴敌,2010;吴敌等,2010)。上述研究中筛选出的偏好寄主植物绿豆已发展成绿盲蝽的诱集植物(Lu *et al.*, 2009b)。盲蝽寄主种类众多,还需进一步研究阐明盲蝽与不同种类寄主之间的化学通讯机制,并利用鉴定出的活性挥发物组分研制成虫诱杀剂。

同时,对苜蓿盲蝽的嗅觉识别分子机制进行了一些研究。通过构建苜蓿盲蝽雌雄触角的 cDNA 文库发掘筛选到若干嗅觉相关基因,其中包括 14 个气味结合蛋白基因、8 个化学感受蛋白基因、2 个气味受体基因、8 个气味降解酶候选基因;克隆、表达和纯化了 2 个气味结合蛋白 AlinOBP1、AlinOBP3,用荧光竞争结合试验研究发现 AlinOBP1、AlinOBP3 与一些棉花挥发性物质具有

很强的结合能力,初步证实了这 2 个气味结合蛋白在苜蓿盲蝽与寄主植物化学通讯中起着重要作用(谷少华,2010;谷少华等,2010 a, 2010 b; Gu *et al.*, 2011a, 2011b)。这方面的研究,特别是气味结合蛋白、气味受体等基因功能的解析,还有待全面深入地开展,将有助于阐明盲蝽识别与选择寄主植物的本质,为研制高效的引诱剂或驱避剂提供理论依据并开辟新途径。

1.5 取食行为

盲蝽不同于蚜虫、粉虱等汁液取食者,它主要是取食植物细胞内的细胞质和细胞核,属细胞取食者。由于其取食行为的特殊性,刺吸电位技术(EPG)到 2002 年才首次引入盲蝽研究(Cline and Backus, 2002)。蔡晓明等(2008)利用 EPG 技术研究了中黑盲蝽的取食行为,结果表明:中黑盲蝽在菜豆、苜蓿、甘蓝、小麦和棉花等寄主上取食时,其刺探波形大致可分为 4 部分:I 波、II 波、III 波和 IV 波。其中, I 波表示口针的刺入; II 波表示口针在撕裂植物组织和细胞并向外分泌唾液; III 波表示取食; IV 波表示口针的拔出。中黑盲蝽取食苜蓿时,每次刺探的总时间和刺探中的 III 波时间均显著多于其它寄主,表明其较喜食苜蓿。在棉花上取食时,每次刺探时间和刺探中 III 波的时间均以取食生长点时最多,说明对生长点的喜食明显高于子叶和真叶。赵秋剑等(2011)研究发现绿盲蝽的刺探波型主要包括 5 种波型,即 A 波、H 波、M 波、B 波以及非刺探波型 NP 波。A 波为刺探波, H 波为口针在韧皮部刺探波, M 波为口针进入韧皮部中破碎细胞并分泌唾液波, B 波为对搅碎细胞后混合物的吸取以及口针停留后拔出波, NP 波为喙和口针停留在叶片表面并未刺入波。总的来说,盲蝽不同取食波的生物学意义有待进一步确认。此外,如何利用这一技术来阐明寄主植物对盲蝽的抗性机制、研发盲蝽拒食剂等问题值得关注。

1.6 性信息素通讯行为

国际上,盲蝽性信息素通讯研究已有 30 多年的历史,至今已研究明确了 10 多个种类的性信息素通讯机制,而我国过去在这方面一直未开展相关研究。苏建伟等(2010)通过 GC-EAD 和 GC-MS 对绿盲蝽雌虫性信息素组分进行了分析鉴定,发现主要成分是反-2-丁酸己烯酯。嗅觉行为和触角

电位生测结果表明,绿盲蝽雄性成虫对该物质具有明显的趋好行为(陈展册等,2010);但对田间绿盲蝽成虫的诱捕效果较差。张涛等(2010)在反-2-丁酸己烯酯中添加了一定量的己烯醛衍生物,发现能大大提高对绿盲蝽雄性成虫的引诱能力,单日单板平均诱捕量达10头以上。鲁冲(2010)从中黑盲蝽雌性成虫提取物中通过GC-EAD技术筛选出3种活性成分:乙酸己酯、丁酸己酯和丁酸辛酯,其中雄性成虫电生理反应最强的为丁酸己酯,丁酸辛酯次之,乙酸己酯最弱。田间诱捕试验表明,丁酸己酯:丁酸辛酯:乙酸己酯之间含量比为3:2:1时,对雄性成虫的诱捕效果最佳。张涛(2011)及张涛等(2011)对雌性中黑盲蝽提取物进行分析,则发现其中最主要组分为4-氧代-己烯醛和丁酸己酯,两者比例约为1:10;田间诱捕试验表明,4-氧代-己烯醛与丁酸己酯比例为1:10时对中黑盲蝽有最强的诱捕能力,单个诱捕器诱虫量为7.8头雄虫每天。应进一步确定盲蝽的信息素组分,从而阐明盲蝽异性个体之间的性信息素通讯与识别机制,并通过组分混配、化学物结构修饰等途径研发盲蝽性诱剂。

1.7 交配与产卵行为

陈展册(2010)研究了绿盲蝽的交配行为,发现绿盲蝽的交配过程持续时间很短,只有 (67.7 ± 27.9) s;部分雌虫在羽化后2~3d就能发生交配行为,3日龄雌虫的交配成功率接近50%,13日龄的雌虫交配率达95%以上;雌虫产卵主要在晚上进行,产一粒卵所需时间为 (35.2 ± 17.1) s。鲁冲(2010)研究发现,中黑盲蝽成虫的交配在夜间进行,光照情况下没有交配发生。此外,中黑盲蝽的产卵也主要集中在夜间(22:00至翌日8:00),此时段的产卵量占日产卵量的73%左右(封洪强,个人通讯)。今后在盲蝽交配与产卵的关系、产卵选择性等方面还有待系统研究。

1.8 飞行与扩散能力

在年生活史中,盲蝽常进行季节性寄主转移。这是否意味着盲蝽成虫具有很强的飞行与扩散能力?Lu等(2007, 2009c)利用昆虫飞行磨测定了4种盲蝽的飞行潜力,发现10日龄盲蝽成虫24h的平均飞行距离约25~45km;绿盲蝽的飞行能力最强,中黑盲蝽与三点盲蝽次之,苜蓿盲蝽最弱;5~15日龄个体的飞行能力较强,而刚羽化、高龄个

体较弱;18~23℃和64%~68%RH最适合它们飞行,而高或低的温湿度均不利于其飞行。江苏、河南、河北、山东农科院植保所通过铷标记-回捕方法评估了盲蝽的田间扩散能力,发现在田间环境条件稳定、食料充足条件下,盲蝽成虫基本上没有大量主动远距离迁飞的现象;而在寄主植物生育期变化等条件胁迫下,能进行大规模、远距离的寄主转移。结果显示,标记后第7天绿盲蝽和中黑盲蝽的最大扩散距离分别达1280m和5120m(封洪强等,个人通讯)。盲蝽的扩散规律还有待监测研究,这对解析盲蝽大面积灾变规律、发展其区域性防控策略与技术至关重要。

1.9 滞育与越冬习性

越冬是盲蝽年生活史中最为关键的阶段。研究发现:绿盲蝽和中黑盲蝽都以滞育卵越冬。非滞育卵在26℃下孵化6d后出现红色眼点,而滞育卵不会出现,这一特征可用于区分2种盲蝽的非滞育卵与滞育卵(陈培育,2010;陈培育等,2010)。光周期是诱导2种盲蝽卵滞育的主要因素,而温度对滞育诱导无明显作用。在若虫期接受短光照处理,才能产生滞育卵。相同的光周期诱导不同龄期的若虫所得的卵滞育率不同,随龄期增加滞育率下降。以一龄若虫为例,绿盲蝽和中黑盲蝽的临界光周期分别为13h16min、13h14min。不同地理种群之间盲蝽卵的滞育特性也存在着一定差异。4℃低温和全日照处理30d以上能有效解除2种盲蝽卵的滞育,35℃高温不能解除滞育(陈培育,2010)。卓德干等(2011)研究发现:在滞育期,2℃的低温处理能够显著促进越冬卵滞育解除,提高孵化率;在越冬卵滞育后期,长光照比短光照更有利于越冬卵的发育,高温能有效地缩短越冬卵的孵化时间。在今后的研究中,应重点比较研究不同种类盲蝽的抗寒能力及其机制,从而解析不同种类之间地理分布、发生规律等差异机制;同时需研究明确越冬卵滞育解除机制以及越冬卵的孵化规律,为盲蝽早春虫源的监测预警与综合治理提供依据。

1.10 年生活史

通过系统调查,探明了各种盲蝽的越冬场所以及不同季节的寄主植物范围,并明确了盲蝽种群季节性寄主转移规律(陆宴辉,2008;陆宴辉和吴孔明,2008;Lu *et al.*, 2010c)。盲蝽滞育卵主

要在棉花秸秆、果树、杂草等场所越冬;早春4月卵解除滞育并孵化,在越冬场所附近的杂草、果树等寄主上取食并建立种群;6月中下旬成虫羽化后开始全面迁入棉田;7—8月为棉田盲蝽的为害盛期,同时向玉米等其他作物进行转移为害;8月下旬—9月上旬,盲蝽成虫陆续迁出棉田;9月下旬左右,在棉田四周杂草、果树等寄主上产卵越冬。基于盲蝽的年生活史,阐明了其种群灾变机制(Lu *et al.*, 2010a),并提出了种群控制策略及相应的防治技术(陆宴辉等,2010)。作物布局对盲蝽的种类组成、季节性发生规律有着明显影响。因此,应进一步阐明作物布局对盲蝽种群发生的影响作用,以便发展和完善不同种植模式下的盲蝽防控技术体系。

2 研究展望

在美国、加拿大等国,盲蝽也是一类重要害虫,在棉花、蔬菜、果树等作物生产中长期造成严重损失。因此,早在100多年前就开始了对盲蝽的生活习性的系统研究。2001年,Wheeler博士对这一领域的研究成果进行了全面梳理,出版了《Biology of plant bugs: pests, predators, opportunists》一书。与之相比,我国在盲蝽方面的研究基础较弱。同时,我国盲蝽发生种类与美国、加拿大等国的不同,因此迫切需要加强我国盲蝽生物学特性的研究。

纵观我国盲蝽生物学特性的最新研究进展,可以看出:我国对盲蝽的主要生活习性、生活史等已有了初步的认识,并有效推进了盲蝽预报与防控技术的研发,为现阶段盲蝽的科学防控提供了必要的科技支撑。下一阶段,除了上述各项需要进一步深入开展的研究之外,应对如下几个生物学问题进行探讨:(1)盲蝽卵的胚胎发育;(2)盲蝽生殖系统发育;(3)盲蝽的视觉识别能力;(4)盲蝽成虫的趋花行为;(5)盲蝽对寄主植物的致害作用。

参考文献(References)

Cline AR, Backus EA, 2002. Correlations among AC electronic monitoring waveforms, body postures, and stylet penetration behaviors of *Lygus hesperus* (Hemiptera: Miridae). *Environm. Entomol.*, 31(3):538—549.

Gu SH, Wang SP, Zhang XY, Wu KM, Guo YY, Zhou JJ,

Zhang YJ, 2011a. Identification and tissue distribution of odorant binding protein genes in the lucerne plant bug *Adelphocoris lineolatus* (Goeze). *Insect Biochem. Mol. Biol.*, 41(4):254—263.

Gu SH, Wang WX, Wang GR, Zhang XY, Guo YY, Zhang ZD, Zhou JJ, Zhang YJ, 2011b. Functional characterization and immunolocalization of odorant binding protein 1 in the lucerne plant bug, *Adelphocoris lineolatus* (Goeze). *Arch. Insect Biochem. Physiol.*, 77(2):81—98.

Lu YH, Qiu F, Feng HQ, Li HB, Yang ZC, Wyckhuys KAG, Wu KM, 2008. Species composition and seasonal abundance of pestiferous plant bugs (Hemiptera: Miridae) on Bt cotton in China. *Crop Prot.*, 27(3/5):465—472.

Lu YH, Wu KM, 2011a. Mirid bugs in China: pest status and management strategies. *Outlooks on Pest Management*, 22(6):248—252.

Lu YH, Wu KM, 2011b. Effect of relative humidity on population growth of *Apolygus lucorum* (Heteroptera: Miridae). *Appl. Entomol. Zool.*, 46(3):421—427.

Lu YH, Wu KM, Guo YY, 2007. Flight potential of *Lygus lucorum* (Meyer-Dür) (Heteroptera: Miridae). *Environm. Entomol.*, 36(5):1007—1013.

Lu YH, Wu KM, Jiang YY, Xia B, Li P, Feng HQ, Wyckhuys KAG, Guo YY, 2010a. Mirid bug outbreaks in multiple crops correlated with wide-scale adoption of Bt cotton in China. *Science*, 328(5982):1151—1154.

Lu YH, Wu KM, Wyckhuys KAG, Guo YY, 2009a. Comparative study of temperature-dependent life histories of three economically important *Adelphocoris* spp. *Physiol. Entomol.*, 34(4):318—324.

Lu YH, Wu KM, Wyckhuys KAG, Guo YY, 2009b. Potential of mungbean, *Vigna radiatus* as a trap crop for managing *Apolygus lucorum* (Hemiptera: Miridae) on Bt cotton. *Crop Prot.*, 28(1):77—81.

Lu YH, Wu KM, Wyckhuys KAG, Guo YY, 2009c. Comparative flight performance of three important pest *Adelphocoris* species of Bt cotton in China. *Bull. Entomol. Res.*, 90(5):543—550.

Lu YH, Wu KM, Wyckhuys KAG, Guo YY, 2010b. Temperature-dependent life history of the green plant bug, *Apolygus lucorum* (Meyer-Dür) (Hemiptera: Miridae). *Appl. Entomol. Zool.*, 45(3):387—393.

Lu YH, Wu KM, Wyckhuys KAG, Guo YY, 2010c. Overwintering hosts of *Apolygus lucorum* (Hemiptera: Miridae) in northern China. *Crop Prot.*, 29(9):1026—1033.

- Wheeler AG, 2001. Biology of the Plant Bugs (Hemiptera: Miridae): Pests, Predators, Opportunists. Ithaca, NY: Cornell University Press. 1—507.
- 蔡晓明, 吴孔明, 原国辉, 2008. 中黑盲蝽在几种寄主植物上取食行为的比较研究. 中国农业科学, 41(2): 431—436.
- 曹赤阳, 万长寿, 1983. 棉盲蝽的防治. 上海: 上海科学技术出版社. 1—60.
- 陈培育, 2010. 绿盲蝽和中黑盲蝽滞育的初步研究. 硕士学位论文. 郑州: 河南农业大学.
- 陈培育, 封洪强, 李国平, 郭线茹, 2010. 中黑盲蝽滞育与非滞育卵的形态学观察. 植物保护, 36(2): 80—88.
- 陈展册, 2010. 绿盲蝽繁殖行为和性信息素的研究. 硕士学位论文. 南宁: 广西大学.
- 陈展册, 苏丽, 戈峰, 苏建伟, 2010. 绿盲蝽对性信息素类似物和植物挥发物的触角电位反应. 昆虫学报, 53(1): 47—54.
- 丁岩钦, 1963a. 棉盲蝽生态学特性的研究 I. 温度与湿度对棉盲蝽生长发育及地理分布的作用. 植物保护学报, 2(3): 285—296.
- 丁岩钦, 1963b. 棉盲蝽生态学特性的研究 II. 棉株营养成分含量与盲蝽为害的关系. 植物保护学报, 2(4): 365—370.
- 丁岩钦, 1964. 陕西关中棉区棉盲蝽种群数量变动的研究. 昆虫学报, 13(3): 297—308.
- 丁岩钦, 1965. 棉盲蝽生态学特性的研究 III. 棉盲蝽在棉田内的分布型及其影响因素的分析. 昆虫学报, 14(3): 264—273.
- 丁岩钦, 邹纯仁, 赵廷选, 1957. 陕西棉盲椿的研究及防治. 西部农学院学报, (4): 38—57.
- 封洪强, 李国平, 金银利, 宋国晶, 邱峰, 焦德丽, 封洪云, 2010. 一种绿盲蝽的人工饲料及饲养方法. 中国, 发明专利, 201010556195. 2011-05-11.
- 付晓伟, 封洪强, 邱峰, 郭线茹, 陈培育, 2008a. 中黑盲蝽在转 Bt 基因棉和常规棉上的实验种群生命表. 植物保护学报, 35(4): 339—344.
- 付晓伟, 封洪强, 邱峰, 郭线茹, 陈培育, 2008b. 不同产卵基质上中黑盲蝽落卵量的比较研究. 河南农业科学, (12): 70—72.
- 高宗仁, 李巧丝, 1998. 苜蓿盲蝽在豫东棉区的寄主选择及其转移规律. 植物保护学报, 25(4): 330—336.
- 高宗仁, 李巧丝, 邱峰, 武豫清, 姜典志, 1992. 铈(Rb)标记棉盲蝽及其向棉田扩散为害的研究. 中国农业科学, 25(6): 15—21.
- 谷少华, 2010. 苜蓿盲蝽嗅觉相关基因的发掘及功能分析. 硕士学位论文. 北京: 中国农业科学院.
- 谷少华, 孙洋, 任丽燕, 张雪莹, 张永军, 吴孔明, 郭予元, 2010a. 苜蓿盲蝽气味结合蛋白 AlinOBP3 的克隆、表达及结合特性分析. 科学通报, 55(27/28): 2690—2701.
- 谷少华, 张雪莹, 张永军, 吴孔明, 郭予元, 2010b. 苜蓿盲蝽气味结合蛋白基因 Alin-OBP1 的克隆和表达谱分析. 昆虫学报, 53(5): 487—496.
- 郭小奇, 付晓伟, 封洪强, 邱峰, 郭线茹, 2008. 不同寄主对中黑盲蝽(*Adelphocoris suturalis*)生长发育和繁殖的影响. 生态学报, 28(4): 1514—1520.
- 李巧丝, 刘芹轩, 邓望喜, 1994. 温湿度对苜蓿盲蝽实验种群的影响. 生态学报, 14(3): 312—317.
- 李文静, 陆宴辉, 高希武, 吴孔明, 2012. 中黑盲蝽对小地老虎和甜菜夜蛾的捕食作用. 应用昆虫学报, 49(1): 205—212.
- 鲁冲, 2010. 中黑盲蝽性信息素释放节律及其活性组分的初步鉴定. 硕士学位论文. 武汉: 华中农业大学.
- 陆宴辉, 2008. 盲蝽的生态适应性. 博士学位论文. 北京: 中国农业科学院.
- 陆宴辉, 矫振彪, 张永军, 吴孔明, 2011. 一种利用离体植物材料继代饲养盲蝽的方法. 中国: 发明专利, 201110187284. 6.
- 陆宴辉, 梁革梅, 吴孔明, 2007. 棉盲蝽综合治理的研究进展. 植物保护, 33(6): 10—15.
- 陆宴辉, 吴孔明, 2008. 棉花盲椿象及其防治. 北京: 金盾出版社. 1—151.
- 陆宴辉, 吴孔明, 蔡晓明, 刘仰青, 2008a. 利用四季豆饲养盲蝽的方法. 植物保护学报, 35(3): 215—219.
- 陆宴辉, 吴孔明, 姜玉英, 夏冰, 2010. 棉花盲蝽的发生趋势与防控对策. 植物保护, 36(2): 150—153.
- 陆宴辉, 张永军, 吴孔明, 2008b. 植食性昆虫的寄主选择机理及行为调控策略. 生态学报, 28(10): 5113—5122.
- 宋国晶, 李国平, 封洪强, 李海平, 邱峰, 2010. 用正交试验法优选绿盲蝽若虫人工饲料配方. 植物保护, 36(6): 96—99.
- 苏建伟, 陈展册, 张广珠, 戈峰, 2010. 绿盲蝽雌虫的浸提物分析. 昆虫知识, 47(6): 1113—1117.
- 王丽丽, 2010. 绿盲蝽对棉田害虫的捕食作用及分子检测. 硕士学位论文. 北京: 中国农业科学院.
- 吴敌, 2010. 绿盲蝽和中黑盲蝽对寄主植物选择及定位初步研究. 硕士学位论文. 泰安: 山东农业大学.
- 吴敌, 林凤敏, 陆宴辉, 刘勇, 张永军, 吴孔明, 郭予元, 2010. 绿盲蝽和中黑盲蝽对不同抗性和虫害处理棉花的选择趋性. 昆虫学报, 53(6): 696—701.
- 张立娟, 崔建州, 李继泉, 刘春琴, 潘文亮, 高占林, 2010. 绿盲蝽对不同处理具花枣枝挥发物的趋性反应. 河北农业大学学报, 33(4): 81—84.
- 张涛, 2011. 绿盲蝽(*Apolygus lucorum*)性信息素的提取鉴

- 定及应用研究. 博士学位论文. 北京:中国农业科学院.
- 张涛, 梅向东, 陆宴辉, 吴孔明, 宁君, 2010. 绿盲蝽性引诱剂的制备方法及应用. 中国:发明专利, 201010271062. 8.
- 张涛, 梅向东, 陆宴辉, 吴孔明, 宁君, 2011. 中黑盲蝽性引诱剂的制备方法及应用. 中国:发明专利, 201110137521. 9.
- 张永孝, 曹雁萍, 柏立新, 曹赤阳, 1986. 棉花不同生育期棉盲蝽的危害损失及防治指标的研究. 植物保护学报, 13(2):73—78.
- 赵秋剑, 吴敌, 林凤敏, 李长友, 张永军, 吴孔明, 郭予元, 2011. 绿盲蝽在不同棉花品种(系)上取食行为的EPG解析及田间验证. 中国农业科学, 44(11):2260—2268.
- 朱弘复, 孟祥玲, 1958. 三种棉盲蝽的研究. 昆虫学报, 8(2):97—117.
- 卓德干, 李照会, 门兴元, 于毅, 张安盛, 李丽莉, 张思聪, 2011. 低温和光周期对绿盲蝽越冬卵滞育解除和发育历期的影响. 昆虫学报, 54(2):136—142.