

稻田水生昆虫的采样技术方法与应用*

刘雨芳^{1**} 桂芳艳¹ 莫书银¹ 孙丽川¹ 戈峰²

(1. 湖南科技大学生命科学学院 / 园艺作物病虫害治理湖南省重点实验室 湘潭 411201 ;

2. 中国科学院动物研究所 / 农业虫害综合治理研究国家重点实验室 北京 100101)

摘 要 稻田水生昆虫在稻田生态系统功能实现中发挥着重要的作用。本文基于作者对稻田生态系统中水生昆虫多样性研究,系统地介绍了稻田水生昆虫的生态位分布、定量研究与定性研究的采集技术方法与流程,为更好地开展稻田水生昆虫研究提供技术支撑。

关键词 水生昆虫, 采样技术方法, 稻田

Sampling technologies and collecting methods for aquatic insects in rice paddy fields and their application

LIU Yu-Fang^{1**} GUI Fang-Yan¹ MO Shu-Yin¹ SUN Li-Chuan¹ GE Feng²

(1. College of Life Science, Hunan University of Science and Technology/Hunan Province Key Laboratory for Integrated Management of the Pests and Diseases on Horticultural Crops, Xiangtan 411201, China; 2. Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences/State

Key Laboratory of Integrated Management of Pest Insects & Rodents, Beijing 100101, China)

Abstract Aquatic insects in paddy fields play an important role in the rice ecosystem. The niche distribution, sampling technologies and collecting methods used in quantitative and qualitative research on aquatic insects in rice fields are described in detail. It is hoped that this information will provide better technical support for further studies of aquatic insects in paddy fields.

Key words aquatic insect, sampling technologies and methods, paddy field

水生昆虫 (Aquatic insects) 是指生活在水中的昆虫, 约有 10% 的昆虫纲种类为水生 (颜忠诚和 Zhong, 2004)。根据其在水中生活的时期, 可将淡水生态系统中的水生昆虫分为两类, 即真正水生类与半水生或两生类 (Amphibiotica)。其中, 真正水生类昆虫的整个生活史各虫期均生活于水中, 如半翅目中的蝽蟓科昆虫等、鞘翅目中的龙虱科昆虫等; 半水生或两生类昆虫的幼虫期水生, 成虫期陆生, 如蜉蝣目、蜻蜓目昆虫, 广翅目鱼蛉科的鱼蛉、泥蛉科的泥蛉, 毛翅目石蛾科昆虫, 双翅目中的蚊、蚋、水虻、水蝇和摇蚊等, 以及半翅目和鞘翅目中一些种类、喜生活于潮湿环境中的弹尾目中的水跳虫等 (张学

祖, 1988)。

在淡水生态系统中, 无论是自然水生态系统中还是人工干扰水生态系统中, 无论是静水 (湖、池、潭、沼泽等)、流水 (江、河流、溪水等)、静流结合水体 (耕作水系统等)、临时积水洼或温泉中均有大量水生昆虫生存, 但因生活习性不同, 水生昆虫在水体中占据的生态位也不同; 因食性不同, 在水生态系统中发挥的生态功能也不尽相同。通常根据水生昆虫在水体中活动所占据的主要小栖境, 可以把水生昆虫分为水面类昆虫、浮游类昆虫与底栖类昆虫 3 种生态位类型。其中, 水面类昆虫生活在水体表面, 这类昆虫在与水面接触的部分具蜡质或拒水毛等结构, 能在

* 资助项目 Supported projects: 转基因生物新品种培育重大专项 (2012ZX08011002)

**通讯作者 Corresponding author, E-mail: yfliu2011@126.com

收稿日期 Received: 2015-05-10, 接受日期 Accepted: 2015-05-18

水面步行 滑行或跳跃而不打破水膜。如半翅目的水黾就依赖细长的中足和后足, 能在水面迅速地奔跑, 甚至能逆流而上。双翅目的水蝇能在水面上步行和滑行, 弹尾目的水跳虫能在水面上跳跃。浮游类水生昆虫能在水中自由悬浮、游泳与漂浮。它们或在水面附近活动如蚊幼虫; 或在水中自由游泳如一些甲虫成虫与半翅目水生昆虫; 或在流动水体中临时悬浮并随水流漂移至下游。底栖类水生昆虫包括生活在水底的昆虫与附着在水体中其他物体上的昆虫, 又可分为水底爬行类、水生附着类与穴居类等几种类型。水底爬行类包括在底泥上水平爬行的昆虫如石蝇幼虫, 与在水生植物茎根等垂直爬行类昆虫如蜻蜓幼虫。水生附着类昆虫一般具有发达的能抓取物体的专门结构如扁泥甲; 穴居类水生昆虫主要发生在静水或缓流水体中, 它们常在水底软泥沙层挖洞并生活在其中, 如蜉蝣目中某些种类。

水生生态系统与其他任何一种自然生态系统一样, 依赖营养联系来实现其生物物质循环和能量流动的生态功能, 水生昆虫在水生生态系统功能实现中发挥着重要的作用, 它们不仅直接影响水生动植物, 而且间接地与农业、渔业和人畜健康等有密切关系。其中, 植食性水生昆虫是水生生态系统中把植物物质转变为动物物质的转化者, 是水生生态系统中的一级消费者, 虽有极少数种类为害水稻, 如发生在湖南、福建等南方稻作区的稻根金花虫 *Donacia provosti*, 幼虫为害水稻须根, 被害稻株生长缓慢, 根部发黑, 严重者受害株全部枯死, 但更多的种类能取食水藻、水绵、水草, 既可清洁净化水体, 防止水体的过营养化现象, 还可除草(取食水中浮萍等), 值得认真研究。捕食性水生昆虫既捕食其它水生昆虫如蜻蜓捕食蚊蝇, 田鳖、龙虱的幼虫和成虫捕食多种水生动物, 成为二级消费者, 同时捕食性水生昆虫也成为杂食性鸟类和鱼类的食料, 是水生生态系统食物网中的一个重要链节。腐食性水生昆虫如水龟甲, 有“水中的清道夫”的美誉, 能净化水体。淡水中的水生昆虫常与其他底栖动物一起作为水质质量(王备新和杨莲芳, 2003; 李金国等,

2007) 与水体重金属污染(薛建等, 2008) 的指示生物被应用于水质评价中, 以及水生昆虫还用于做杀虫剂反应模型, 确定杀虫剂对水生昆虫的毒理效应(颜忠诚和 Zhong, 2004; 徐吉洋等, 2014) 与积累效应。稻田中的水生昆虫 *Lethocerus* sp. 既是餐桌上的美食, 还是药材(Matthias, 2006)。显然, 水生昆虫的种类、生态功能已经成为了现代昆虫学研究的热点。为此, 基于对稻田生态系统中水生昆虫多样性研究, 我们在实践中摸索出如下一套全面采集稻田生境中各生态位与各虫期的水生昆虫采样方法与技术。

1 稻田水生昆虫的生态位分布

稻田是一类人为干扰频繁、水稻密集生长的水生作物生境。同时, 稻田是稻田生态系统中的重要组成生境, 其中生存着大量的水生鞘翅目与半翅目昆虫(Watanabe *et al.*, 2013)。随着直播、机播、机插或抛秧技术的发展, 随着生长季节的变化, 水生昆虫的生活环境也不断发生着变化。稻田水生昆虫也与其他水生境中的水生昆虫一样, 存在着生态位分化。有些水生昆虫生活于稻田水面或接近水面的水稻茎秆基部, 如捕食稻飞虱的尖钩宽尾蝽 *Microvelia horvathi*, 有些水生昆虫活跃地生活于稻田水体中, 它们在水体中自由爬行、游泳或快速游动, 如蜻蜓幼虫、龙虱成虫、牙甲、萤科昆虫的某些幼虫等, 有些生活于稻根处或蛀入浸于水中的稻秆茎的基部生活。有些生活于腐软的底泥中。

稻田生境不象池塘、河流等淡水水域, 水面开阔, 水深较大, 障碍物较少, 稻田生境中受水稻生长的需要与约束, 水层较浅, 一般在 10 cm 左右或更浅, 水稻成为取样的障碍物, 所以, 一般适于在开阔淡水水域取样的常规方法不适合于稻田水生昆虫的采集。

对于不同淡水水域与不同生态位的水生昆虫所用采集方法有所不同, 而研究目的不同, 采集的水生昆虫对象不同, 所用方法也不尽相同。因此, 对某一水域中水生昆虫的研究常是多种采样方法并用。底栖昆虫的采集主要利用定量和定

性 2 种方法。定量采集主要采用改良的 $1/16\text{ m}^2$ 或 $1/20\text{ m}^2$ Peterson 采泥器采集采样;定性采集多采用 D 形抄网(王备新和杨莲芳, 2003) 或用铲网、拖网与水底采集网采集。对于生活在水层中的水生昆虫, 水网网捕法是最常用的一种采集方法。所用水网用铜纱、铝纱、马尾毛、尼龙丝或亚麻布制作, 有扫网、捞网、拖网、吊网与水底采集网等多种规格与形式可用。常根据水域深浅, 面积的宽狭, 水生植物的稀密及所采的昆虫种类来选择网的规格和种类。采集水面昆虫用扫网或捞网即可。

2 稻田水生昆虫定量研究的采集方法与流程

2.1 稻田水面与近水面昆虫的采集方法

样框吸虫器定量采样法: 稻田水面与接近水面(在水稻茎秆基部、水草基部)的昆虫行为活跃, 多为成虫, 采用样框法加吸虫器法(刘雨芳等, 1999) 进行定量采集。具体方法为: 制作长 $\times$ 宽 $\times$ 高 $=100\text{ cm}\times100\text{ cm}\times50\text{ cm}$ 采样框, 采样时, 快速将采样框套放在采样点, 并将采样框底部四边压入表泥内且压平, 防止样框内昆虫逃逸。然后采用吸虫器法逐株依次吸取水稻茎秆基部与水草基部, 同时采集样框面积内的水面昆虫。采样点离稻田边缘不少于 1 m。该法采样面积准确, 样框范围内的昆虫不会逃逸, 不破坏水体, 收集的水生昆虫全面且为活体采集, 能精准鉴定物种, 能准确定量。缺点是, 该方法需要 2~3 人操作, 可能会把在水稻上活动的陆生昆虫及其他节肢动物一起采集, 需要研究者甄别, 要求研究者对稻田生境中的昆虫习性有一定的了解。同时, 一些水面行为较活跃的昆虫可能在放置样框时逃逸。

陷阱法采样: 该方法适于采集在稻田水面快速移动的水生昆虫。用合适的容器如广口玻璃瓶、塑料瓶等埋入稻田水体中制成陷阱, 陷阱口齐水面, 在陷阱瓶内加入适量无色无味的防腐保存液体, 放置与陷阱口内径同样大小的漏斗防逃。在陷阱的上方设置防雨棚(图 1)。定期收

集陷阱中的标本即完成采样。该方法可以作为样框吸虫器定量采样法的补充。

2.2 对幼虫水生成虫陆生类稻田水生昆虫成虫的采集

笼罩收集定量采样法: 此种方法适合定量采集幼虫水生, 成虫陆生有飞行习性的摇蚊成虫等昆虫。将笼罩固定在田间, 待笼罩内昆虫羽化后, 利用其趋上趋光习性在笼罩的顶端安放大小适合的成虫收集瓶, 定期收集瓶中成虫即完成样品采集。笼罩的大小可根据实际需要制作, 或制成长 $\times$ 宽 $\times$ 高 $=100\text{ cm}\times100\text{ cm}\times150\text{ cm}$ 或长 $\times$ 宽 $\times$ 高 $=50\text{ cm}\times50\text{ cm}\times150\text{ cm}$ 可折叠的长方体等多种规格支架(图 2:A), 也可制成直径为 50 cm 的圆柱体形笼罩, 由两个半径为 25 cm 的半圆形笼罩套接而成。笼罩底部为空, 下方均带 15 cm 长的插泥脚杆, 用于插入稻田底泥中固定笼罩, 笼罩上方接一下口端相应大小与形状的梯形塔台(图 2:B), 用于收缩笼罩上部面积。在梯形塔台上放置一边长为 25~50 cm 的正方形收集盒(图 2:C), 在收集盒底部设计一圆形孔, 用于放置漏斗, 引导采样面积内羽化的成虫进入笼罩后, 上行经倒置漏斗进入集虫管。集虫管活动可拆, 便于更换与收集昆虫。如用木质或不锈钢管制作框架, 则笼罩的壁既可用合适的网纱做成固定的, 也可用临时套上大小合适的纱网或黑色的布帘完成。另外还可用竹片制成高度 150 cm、具有任意宽度的长方形采样壁, 使用时可根据需要围成任意采样面积的方形或圆形笼罩。对笼罩的 B 部分与 A 部分结构进行遮光处理, C 部分结构采用透光材料制作。三部分可分拆, 在田间进行组装, 方便携带。使用时, 应仔细清除笼罩面积内稻株上隐藏的如蜘蛛、隐翅虫一类的捕食者。该方法操作简单, 采集到的成虫标本完整无损, 特别适于种群数量较大的优势种的采集, 对于一些密度较低的种类, 必须增加笼罩数量或扩大笼罩面积。

2.3 稻田水层中昆虫的采集方法

样框捞网定量采样法: 在前面 2.1 中样框吸

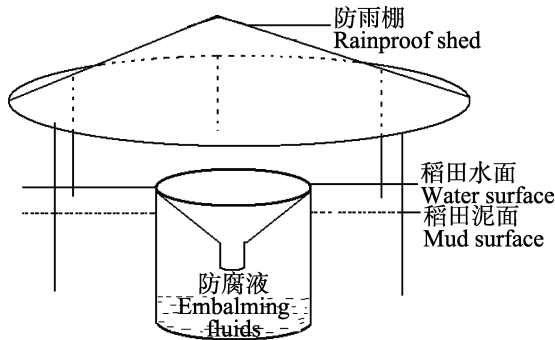


图 1 陷阱法示意图

Fig. 1 Illustration of pitfall trap

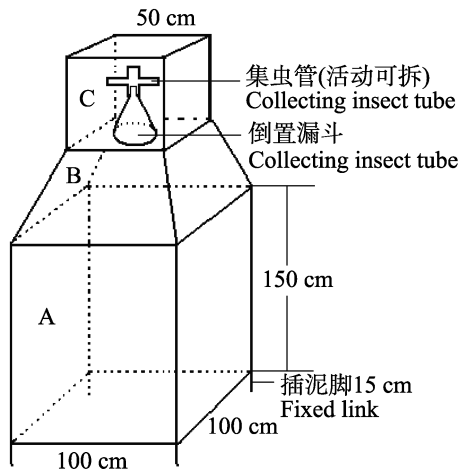


图 2 笼罩结构示意图

Fig. 2 Illustration of structure of cage

虫器定量采样法采集稻田水面与近水面昆虫的同一个样方中, 吸虫后, 用捞网在样框面积内来回仔细捕捞, 如蜻蜓的幼虫、龙虱、牙甲等大型水生昆虫即可被采集。同时用水瓢将样方中的水全部取出, 放入水桶中, 用 20~40 目水网过滤, 收集滤渣与捞网所得标本合并成一个样本, 放入样品袋。该法简单易行, 在样框范围内全部无放回取样, 对取样速度没有严格要求, 定量准确。

2.4 稻田底泥表层栖水生昆虫的采集方法

稻田底泥表层栖水生昆虫用样框底泥水洗法采集: 在 100 cm×100 cm 的样方中, 用吸虫器采完水面与近水面昆虫、用捞网采完水层中昆虫, 并把样框中水体取走作补充收集后, 接着用样框底泥水洗法采集稻田底泥表层栖水生昆虫。

底泥采样框为长×宽×高=25 cm×25 cm×10 cm 的白铁皮自制小采样框, 在第 1、3 边上方加装圆弧形提手, 便于操作, 上方边缘加厚并反卷, 便于用手压框入泥。在 5 cm 高度处制作一采样刻度线 (图 3:A)。采样时, 将小采样框置于已取完水体的大采样点, 将采样框嵌入表层泥 5 cm, 用小铁铲将小采样框内表层泥 5 cm 全部取出, 放入 40 目的不锈钢网筛中, 用清水冲洗去泥后留渣, 用白瓷盘清样, 将标本保存于 80% 的酒精中, 分类、计数和鉴定。在一个大样方中采 1~3 个小样框的泥样, 具体可根据预采样情况而定。如果只需要 1 个样, 则选大样框中心点 1, 如需要 3 个样方, 则围绕中心点 1 采用“米”字线法, 每次选“米”字对角线或直线确定样点位置, 如“样点 2+样点 1+样点 3”、“样点 4+样点 1+样点 6”、“样点 6+样点 1+样点 7”、“样点 8+样点 1+样点 9”等 (图 3:B)。

综合上面各个生态位与各类生活习性的稻田水生昆虫采样方法, 集成稻田水生昆虫多样性定量研究的采样技术方法与研究流程图 (图 4)。

3 稻田水生昆虫定性研究的采集方法

灯诱定性采样法: 这是一种传统简单的采集方法, 在开阔的田间生境中, 垂直挂放一白色幕布, 幕布大小为高×宽=150 cm×300 cm 的长方形, 下端高出水稻顶部约 20 cm, 于幕布上方离开幕布约 10 cm 处悬挂诱集灯, 诱集灯可用普通的节能灯管或黑光灯, 等天完全黑下来即可开始诱集。甲虫、蜉蝣等水生昆虫的成虫即被其趋光性诱集并落到幕布上, 用集虫瓶直接收集即可。该法成本低, 安全无毒无害, 在无雨天的晚上容易实施。有条件的可用太阳能灯等市售诱虫灯代替。如采用固定样点进行灯诱 (配合幕布) 和网捕法相结合研究白洋淀湿地生态系统中的水生甲虫资源 (彭吉栋等, 2014)。但该采集研究方法所得结果无法区分研究地不同生境、水体生态系统健康程度和人类生产活动对该水域水生昆虫群落的影响, 同时对于幼体不能进行采集, 也

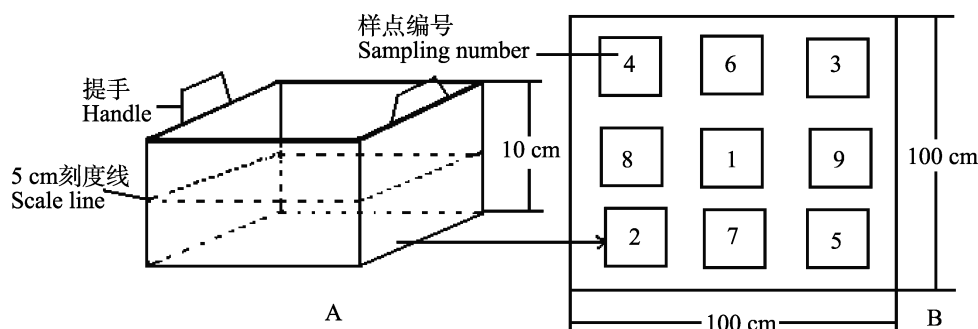


图 3 底栖昆虫采样方法示意图
Fig. 3 Illustration of sampling method for benthic insects

小泥样框；B. 样框内小泥样布局。

A. Small sampling frame; B. Position of small sampling points in one big sampling frame.

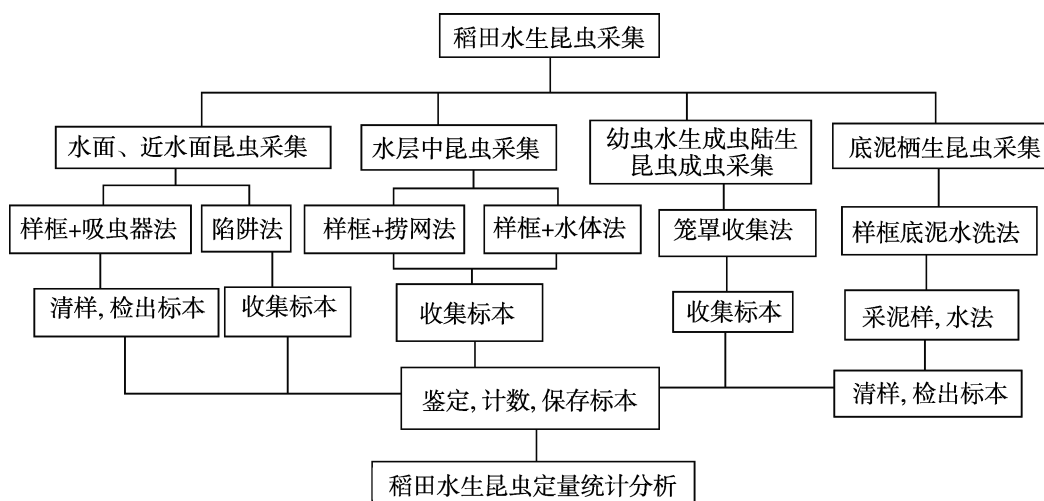


图 4 稻田水生昆虫定量研究采样方法与流程
Fig. 4 Sampling methods and flow of quantitative study on aquatic insects in rice fields

不能定量分析虫口密度, 只适用于稻田生态系统中区域性的水生昆虫多样性的定性调查分析, 对其虫口数量或密度只能作大致判断, 不能准确判断水生昆虫是来源于稻田生境还是稻田周围的水生生境。

4 讨论

近年来, 稻田作为生物多样性保护区的生态功能、自然湿地物种与其他很多水生动物的重要替代生境而被关注 (Ohba *et al.*, 2013; Watanabe *et al.*, 2013)。同时稻田水生昆虫与稻田蜘蛛, 均是蚊子的重要捕食者, 有望作为控制蚊的综合

防治因子 (Ohba *et al.*, 2015)。而化学杀虫剂与稻田杀蚊剂 (Lawler *et al.*, 2007) 的施用对水生昆虫的生存产生威胁, 转 Bt 基因抗虫水稻的应用 (Wang *et al.*, 2013) 也有可能对水生有机体, 包含水生昆虫产生风险, 需要长期的风险评估。

对于稻田水生昆虫的研究, 过去主要集中在一些优势种或有特殊生态功能的少数几个类群的功能研究, 如对稻田摇蚊的研究 (李志宇等, 2010)、稻田水生甲虫的研究 (Jia and Xu, 2002), 以及应用于转基因水稻环境安全评价研究 (白耀宇等, 2006) 等。但文中对于采用方法描述较含

糊, 抽样技术研究相对较少。

稻田水生昆虫复杂多样, 生态位分化明显, 在稻田中分布不均匀, 且随着水稻生长发育, 生境郁闭度在不断发生着变化, 稻田水生昆虫优势种也跟着发生明显变化。而水稻又成为采样时的重要障碍物, 使采样环境狭窄, 操作不便。因此, 应根据水稻生长情况与季节、稻田水体情况、采样稻田面积与采样目标, 随机而合理布设采样点、采样面积(体积)与采样数量。针对不同研究目的与不同研究对象, 应在了解它们的生活习性、生态位分布的基础上, 确定采样时间, 选择最合适的采样技术方法完成采样, 有时需要将多种方法结合运用, 以获得稻田水生昆虫的较全面信息, 为进一步深入分析获得准确的基础数据。

参考文献 (References)

- Bai YY, Jiang MX, Cheng JA, 2006. Residues of Cry1Ab insecticidal protein in water released from Bt rice tissue litter and surveying of three aquatic insect groups in Bt rice fields. *Journal of Sichuan Agricultural University*, 24(1): 25–28. [白耀宇, 蒋明星, 程家安, 2006. Bt 稻 Cry1Ab 杀虫蛋白在水体中的残留和 Bt 稻田三类水生昆虫数量调查. 四川农业大学学报, 24(1): 25–28.]
- Jia FL, Xu RL, 2002. Applying four numerical methods to analyse aquatic insects diversity in rice fields. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatsen*, 41(5): 73–76.
- Lawler SP, Dritz DA, Christiansen JA, Corne AJ, 2007. Effects of lambda-cyhalothrin on mosquito larvae and predatory aquatic insects. *Pest Management Science*, 63(3): 234–240.
- Li JG, Wang QC, Yan SC, Yao Q, Qiao SL, Lv YD, Han ZX, 2007. Community characteristics of aquatic insect sand bioassessment for water quality in lower order streams in Liang shui and Mao er shan watersheds, Heilongjiang, China. *Acta Ecological Sinica*, 27(12): 5008–5018. [李金国, 王庆成, 严善春, 姚琴, 乔树亮, 吕跃东, 韩壮行, 2007. 凉水、帽儿山低级溪流中水生昆虫的群落特征及水质生物评价. 生态学报, 27(12): 5008–5018.]
- Li ZY, Yang H, Lai FX, Fu Q, Hu Y, 2010. Occurrence and population dynamics of Chironomid midges in early rice field. *Chin. J. Rice Sci.*, 24(6): 630–634. [李志宇, 杨洪, 赖凤香, 傅强, 胡阳, 2010. 早稻田发生的摇蚊种类及动态. 中国水稻科学, 24(6): 630–634.]
- Liu YF, Zhang GR, Gu DX, 1999. Investigating the arthropods community in paddy fields using an important suction sampling machine. *Plant Protection*, 25(6): 39–40. [刘雨芳, 张古忍, 古德祥, 1999. 利用改装的吸虫器研究稻田节肢动物群落. 植物保护, 25(6): 39–40.]
- Matthias H, 2006. Biodiversity and nutrition in rice-based aquatic ecosystems. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19: 747–751.
- Ohba SY, Matsuo T, Takagi M, 2013. Mosquitoes and other aquatic insects in fallow field biotopes and rice paddy fields. *Medical and Veterinary Entomology*, 27(1): 96–103.
- Ohba SY, Nguyen VS, Dinh TVA, Yen TN, Masahiro T, 2015. Study of mosquito fauna in rice ecosystems around Hanoi, Norther Vietnam. *Acta Tropica*, 142: 89–95.
- Peng JD, Ren GD, Wu DY, 20014. Resources and occurrence of aquatic beetles in Baiyangdian Wetlands. *Journal of Environmental Entomology*, 36 (3) : 305–314. [彭吉栋, 任国栋, 武大勇, 2014. 白洋淀湿地水生甲虫资源与发生概况. 环境昆虫学报, 36 (3) : 305–314.]
- Wang BX, Yang LF, 2003. Bioassessment of Qinhuai River using a river biological index. *Acta Ecological Sinica*, 23(10): 2082–2091. [王备新, 杨莲芳, 2003. 用河流生物指数评价秦淮河上游水质的研究. 生态学报, 23(10): 2082–2091.]
- Wang YM, Huang JC, Hu HW, Li JH, Liu B, Zhang GA, 2013. Field and laboratory studies on the impact of two Bt rice lines expressing a fusion protein Cry1Ab/1Ac on aquatic organisms. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 92: 87–93.
- Watanabe K, Koji S, Hidaka K, Koji N, 2013. Abundance, diversity, and seasonal population dynamics of aquatic Coleoptera and Heteroptera in rice fields: Effects of direct seeding management. *Environ. Entomol.*, 42(5): 841–850.
- Xu JY, Zhang WP, Li SN, Hou SJ, 2014. Toxicity and risk of chlorpyrifos to six species of freshwater arthropods. *Asian Journal of Ecotoxicology*, 9(3): 563–568. [徐吉洋, 张文萍, 李少南, 侯式娟, 2014. 毒死蜱对六种淡水节肢动物的毒性与风险评价. 生态毒理学报, 9(3): 563–568.]
- Xue J, An ZS, Niu CY, Lei CL, 2008. The use of aquatic dipteran insect larvae to monitor heavy metal pollution. *Chinese Bulletin of Entomology*, 45(3): 378–383. [薛建, 安正帅, 牛长纓, 雷朝亮, 2008. 水生双翅目昆虫监测水体重金属污染的研究. 昆虫知识, 45(3): 378–383.]
- Yan ZC, Zhong H, 2004. Aquatic insect. *Bulletin of Biology*, 39(1): 15–18. [颜忠诚, Zhong H, 2004. 水生昆虫. 生物学通报, 39(1): 15–18.]
- Zhang XZ, 1988. Aquatica insects in water ecosystem. *Chinese Bulletin of Entomology*, 25(4): 241–246. [张学祖, 1988. 水域生态系统中的水生昆虫. 昆虫知识, 25(4): 241–246.]