

洞里萨湖渔业资源的主要影响因素探析

蓝雪春 (浙江省水利水电勘测设计院, 浙江杭州 310002)

摘要 为了探讨水位差(WL)、水量(WQ)、水温(WT)和水深(WD)等因子对洞里萨湖渔业资源的影响,采用 Spearman 秩相关分析法研究了上述因子与洞里萨湖 1995~2014 年渔业捕捞量(FC)的相关性。结果表明,各因子与捕捞量的相关系数分别为 0.610、0.520、-0.151 和 -0.281。水位差、水量与捕捞量呈显著正相关,水温和水深与捕捞量呈弱负相关。前二者通过影响水域面积和鱼类洄游规模进而影响捕捞量,后二者通过影响湖区水质和水温热分层,进而影响捕捞量。前二者影响的主要目标鱼类是“白”鱼,后二者因影响的主要目标鱼类是“黑”鱼。研究表明,下游湄公河倒灌进入洞里萨湖的水量以及湖区最高和最低水位差是影响渔业资源的最主要因素,可通过疏浚、湖口建闸等人工措施对洞里萨湖的水量、水位、水深进行调控,保证渔业资源的稳产、高产。

关键词 渔业资源; Spearman 秩相关分析; 洞里萨湖; 季节性湖泊; 热分层

中图分类号 S932.4 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2020)20-0099-04

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2020.20.027



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Analysis on the Main Influencing Factors of Fisheries Resources in Tonle Sap Lake

LAN Xue-chun (Zhejiang Design Institute of Water Conservancy & Hydro-electric Power, Hangzhou, Zhejiang 310002)

Abstract In order to investigate the effects of water level difference (WL), water quantity (WQ), water temperature (WT) and water depth (WD) on the fishery resources of Tonle Sap Lake, the correlation between the above factors and fishery catch (FC) of Tonle Sap Lake from 1995 to 2014 were studied by Spearman rank correlation analysis. The results showed that the correlation coefficients of each factor and fishery catch were 0.610, 0.520, -0.151 and -0.281, respectively. There was a significant positive correlation between water level difference, water quantity and fishery catch, there was a weakly negatively correlation between water temperature, water depth and fishery catch. The former two affected fishery catch by affecting water area and fish migration scale. The latter two affected fishery catch by affecting water quality and thermal stratification. The main target fish affected by the former two were “white” fish, and the main target fish affected by the latter two were “black” fish. The research showed that the water quantity from downstream Mekong River and the highest-lowest water level difference in Tonle Sap Lake were the most important factors affecting the fishery resources. Water quantity, water level and water depth of Tonle Sap Lake could be regulated by artificial measures such as dredging and construction gate in the lake entrance to ensure stable production and high yield of fishery resources.

Key words Fishery resources; Spearman rank correlation analysis; Tonle Sap Lake; Seasonal lake; Thermal stratification

洞里萨湖位于柬埔寨中部,流域面积为 85 772 km²,是东南亚最大的淡水湖^[1],生物资源丰富,有超过 200 种鱼类、225 种鸟类、42 种爬行动物、15 种哺乳动物、200 种湿地植物生活,是柬埔寨乃至全世界内陆淡水渔业高产产区^[2-4],提供的鱼类蛋白曾占柬埔寨全国人口蛋白质摄入量的 40%~70%,被喻为柬埔寨的“心脏”^[5]。但是,洞里萨湖渔业资源年际之间差异明显,分析洞里萨湖渔业资源的主要影响因素,对于我国类似湖泊的生态环境保护、管理、规划和开发建设活动具有重要的指导意义。

1 材料与方 法

1.1 研究区概况 洞里萨湖是湄公河的一级支流,下游经洞里萨河与湄公河在柬埔寨首都金边市汇合(图 1)。受下游湄公河水量变化的影响,旱季湖面长约 160 km、宽约 35 km,平均水面面积 2 500~3 000 km²(1—5 月);雨季(6—10 月)湄公河上游来水量持续增加,河水经洞里萨河倒灌,湖面暴增至长约 250 km、宽约 100 km,水面面积 14 500~15 000 km²,平均水深从旱季最小的 0.5 m(4 月)增加到 6.0~9.0 m(9 月底至 10 月初),水量从(1~2)×10⁹ m³ 增加到(50~80)×10⁹ m³,是典型的吞吐型、季节性湖泊。洞里萨湖的洪枯面积和容积与下游湄公河的洪水关系密切^[6]。

根据对水质的要求及其栖息的环境,洞里萨湖鱼类划分

为“白”鱼、“黑”鱼和“灰”鱼^[7]。洞里萨湖鱼类的洄游路线见图 2。“白”鱼主要栖息于干、支流,在河流与湖区洪泛平原之间实行横向(洞里萨湖主要支流与洪泛平原之间)和纵向(洞里萨湖与湄公河)洄游,如鲤科的 *Cirrhinus microlepis*、*Hampala macrolepidota*,鲇科的 *Wallago attu*、*Micronema apogon*。“黑”鱼包括那些能够在水体环境不佳状况下生存的鱼类,有些种类的“黑”鱼甚至能忍受较低的溶解氧环境,比如须子鲇科的 *Clarias batrachus* 和鲤科的 *Channa micropeltes*。“黑”鱼大多为定居性鱼类,多在洪泛平原与湖区之间横向洄游。“灰”鱼是体型小、生长快和高产的种类,能利用洪水期快速繁殖和生长,比如鲤科的 *Henicorhynchus siamensis*。

1.2 试验方法 单位捕捞努力量渔获量(CPUE)是渔业捕捞产量与捕捞努力量的比值,是衡量渔业资源密度的主要指标之一,代表渔业资源水平^[8]。洞里萨湖的渔业生产根据是否需要政府许可可分为规模捕捞和家庭捕捞,其中规模捕捞限制了固定的区域、季节和期限。受当地管理能力和技术水平的限制,缺少捕捞努力量的统计,因此可将规模捕捞量作为洞里萨湖渔业资源的间接指标。

采用 Spearman 秩相关系数法分析 1995—2014 年洞里萨湖规模捕捞量、入湖水量、水位差和表层水温间的相关性,其中捕捞量来源于柬埔寨农林渔业部统计的网袋捕捞(Dai fisheries,一种规模捕捞方式)数据,流量数据来源于柬埔寨水利气象部位于洞里萨河的 Prek Kdam 水文站,水位和水温来源于湖区的 Kampong Luong 水文站。

作者简介 蓝雪春(1975—),男,福建上杭人,教授级高级工程师,硕士,从事水利水电工程的环境影响研究。

收稿日期 2020-03-22

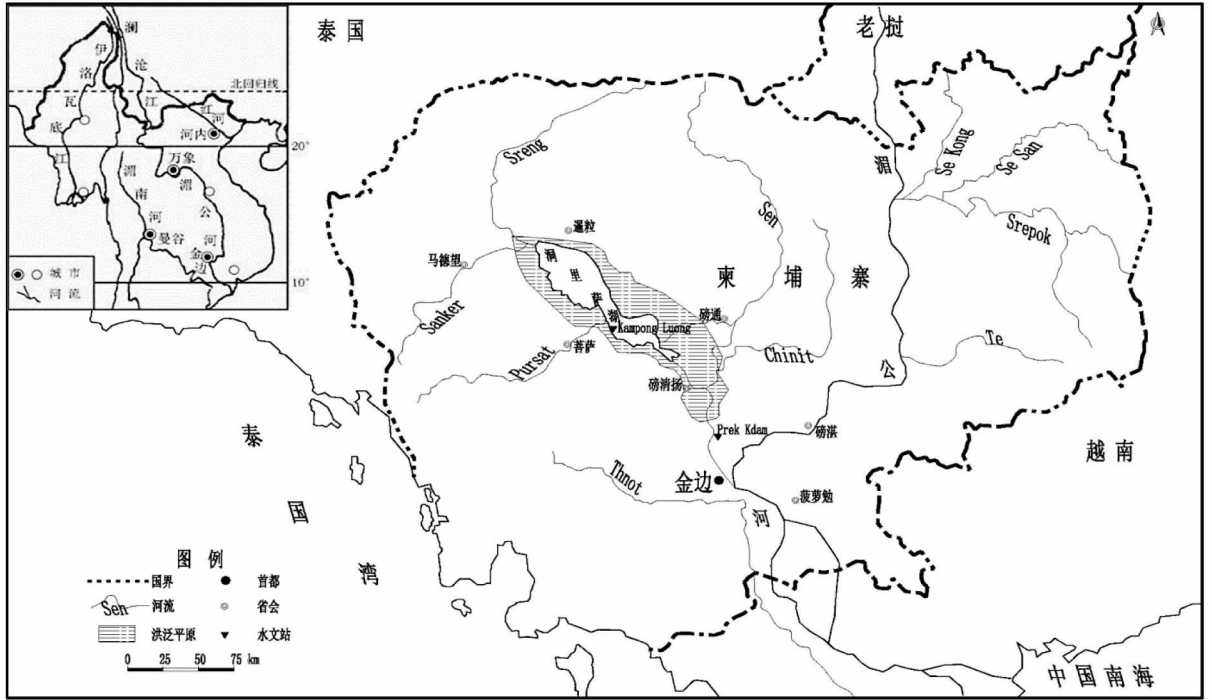


图1 洞里萨湖的地理位置
Fig.1 Location of Tonle Sap Lake

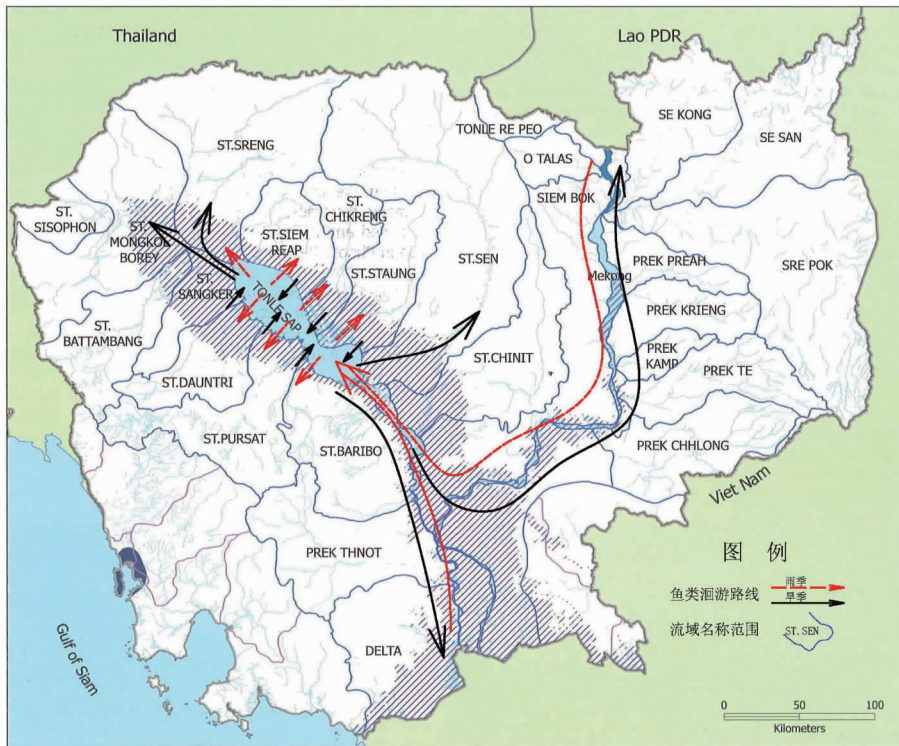


图2 洞里萨湖鱼类洄游路线
Fig.2 Migration route of fishes in Tonle Sap Lake

2 结果与分析

2.1 水量和水位 图3为1995—2014年洞里萨湖 Kampong Luong 水文站逐日实测水位,多年平均最低水位1.49 m,出现在5月上旬,最高水位(8.84 m)出现在10月中旬。图4为1995—2014年洞里萨河 Prek Kdam 水文站逐日实测流量,其

多年平均流出水量为666.2亿 m³,流入水量为332.6亿 m³,下游湄公河倒灌进入洞里萨湖的水量约占50%。与湄公河委员会(Mekong River Commission, MRC)的研究成果相比,20世纪70年代以前25%~30%的洞里萨湖水量来自湖周的13条支流,70%~75%的水量来自下游的湄公河^[1]。湄公河进

入洞里萨湖水量的减少与 20 世纪 90 年代以来湄公河流域水电项目开发力度的加大有关^[9]。大规模的水电开发导致流域的水文状况发生了明显变化。

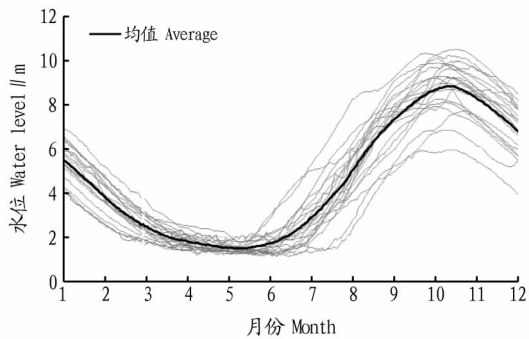
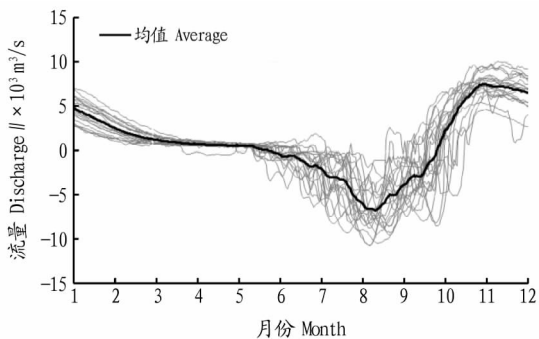


图 3 Kampong Luong 水文站逐日实测水位

Fig.3 Daily water level measured at Kampong Luong hydrological station



注:流量正值表示流出,负值表示流入

Note: The positive values represented outflow, the negative values represented inflow

图 4 Prek Kdam 水文站逐日实测流量

Fig.4 Daily discharge measured at Prek Kdam hydrological station

2.2 水位差与捕捞量的关系 采用 Spearman 秩相关系数对 1995—2014 年渔业捕捞量与水位差(当年湖区最高水位与最低水位差值)进行相关性分析,捕捞量与水位差的相关系数 $r_{WL-FC} = 0.61 > r_{s,0.01} = 0.58$,捕捞量与水位差间呈极显著正相关(图 5)。水位差越大,相应地该年度的捕捞量就高,反之则反。

洞里萨湖湖盆呈浅碟形,周边为大面积的洪泛平原,不同水位湖区面积相差很大,其旱季 5 月份多年平均水位约 1.55 m,湖区面积约 2 550 km²,到了雨季 10 月份多年平均水位约 8.73 m,湖区面积约为 10 240 km²,湖区面积相差近 4 倍。水位越高,可供鱼类活动和生长繁殖的水域面积就越大,渔业产量自然就高。

2.3 入湖水量与捕捞量的关系 采用 Spearman 秩相关系数对 1995—2014 年渔业捕捞量与入湖水量(湄公河倒灌进入洞里萨湖的水量)进行相关性分析,捕捞量与入湖水量的相关系数 $r_{WF-FC} = 0.52 > r_{s,0.05} = 0.46$,捕捞量与入湖水量间呈显著正相关(图 6)。

每年雨季初期(5—7 月),湄公河大量的鱼卵、仔鱼、稚鱼和亲鱼随着洪水倒灌进入洞里萨湖及其周边洪泛平原产

卵、索饵和育肥^[9]。雨季末期(10 月)再随着洪水位的下降洄游到湄公河或湖区,降河洄游的高峰期出现在 1 月^[7]。据报道,高峰期降河洄游规模高达 200 万条/h^[10-11]。由此推断,入湖水量影响了鱼类从湄公河进入洞里萨湖的洄游规模,进而影响当年的渔业产量。同时,入湖水量还会影响从湄公河带入洞里萨湖的饵料数量。

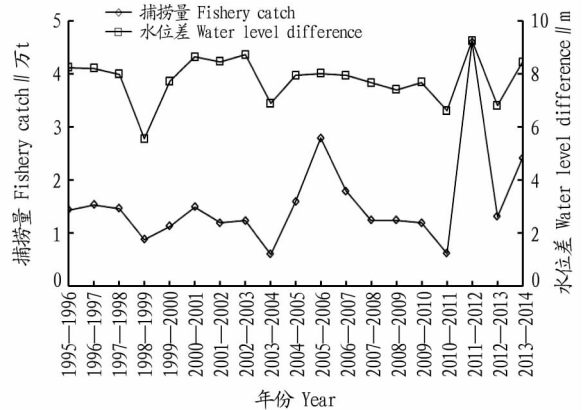


图 5 1995—2014 年捕捞量与湖区水位差的关系

Fig.5 The relationship between fishery catch and water level difference in the lake during 1995-2014

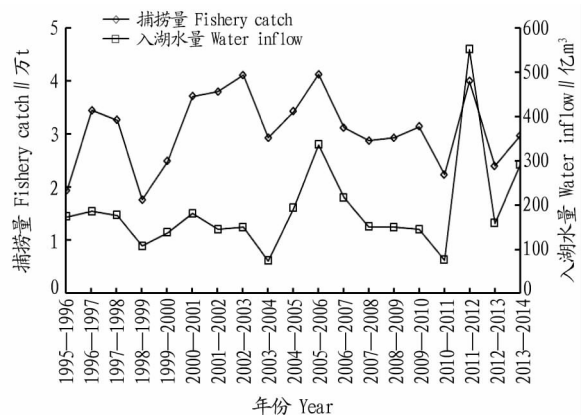


图 6 1995—2014 年捕捞量与入湖水量的关系

Fig.6 The relationship between fishery catch and water inflow in the lake during 1995-2014

2.4 水温及水深 Lamberts^[7]在洞里萨湖观测到湖区水温出现垂直分层现象,当水深小于 1 m 时水温不分层,表层水温与底层水温一致;当水深大于 1 m 时,水温分层,底层水温比表层水温低 1~3 ℃。赵林林等^[12]在江苏省太湖的研究中发现大型浅水湖泊夏季和秋季当水深大于 1 m,春季和冬季当水深大于 0.5 m 存在垂直热分层。大型浅水湖泊垂直热分层现象的强弱与太阳辐射强度的高低有关,太阳辐射强度越高,热分层现象越明显^[12-14]。柬埔寨太阳辐射强度高于我国,洞里萨湖的热分层现象应比太湖明显。

鱼类属于变温动物,环境水温是鱼类生长发育最重要的气候因子,在一定范围内较高的水温使鱼生长较快,较低的水温生长较慢;一般鱼类适宜生活的水温范围是 12~32 ℃,超过这个温度范围,其生存就会受影响;鱼类耐受高温比耐受低温更为困难,因为鱼体中的生物活性物质(蛋白质、酶

等)在高温下会变性失活^[15]。水温除了影响鱼类的新陈代谢外,还会影响水质。水温越高,持续时间越长,水体中溶解氧的含量下降、氨氮对鱼类的毒性增强。

笔者考察了 Kampong Luong 水文站 1996—2014 年各月平均水深与表层水温的关系(图 7),其中 4—6 月是洞里萨湖水深最小的时期,与洞里萨湖大部分鱼类的产卵期在 4—6 月重合^[9]。表 1 列出了 Kampong Luong 水文站 1996—2014 年旱季最小水深(D)、4—6 月表层平均水温(T)与捕捞量(F)及相应的 Spearman 秩相关系数。由表 1 可知,水深、水温与捕鱼量呈负相关,并且捕捞量小于 1 万 t 的 3 个年份或者水温较高,或者水深较浅。水深、水温与捕捞量的相关性不强,这可能与水深、水温主要影响的目标鱼类有关。表 1 统计捕捞量(Dai fisheries)时目标鱼类主要是“白”鱼,该类鱼主要是从湄公河与洞里萨湖之间洄游,其洄游和产卵时间多在 6 月份,而洞里萨湖的定居性“黑”鱼则在洞里萨湖与周边洪泛平原之间洄游,其洄游和产卵时间多在 5 月份。因此,受水温和水深影响的鱼类应以“黑”为主。“黑”鱼除了规模捕捞外,湖区内还存在大量的家庭捕捞,这部分捕捞无禁渔区和禁渔期的限制,捕捞场所也不固定,因而无法准确统计。这就解释了表 1 中捕捞量与水温和水深间的相关性不高的原因。

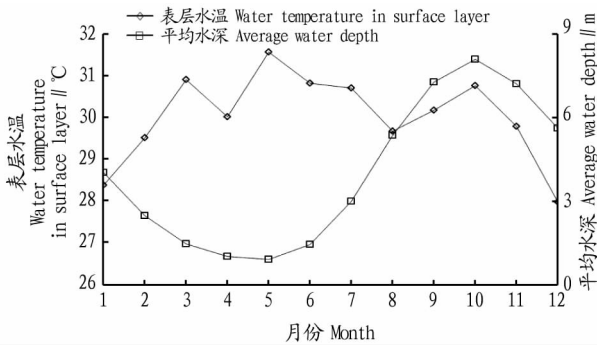


图 7 Kampong Luong 水文站 1996—2014 年逐月平均水深与表层水温的关系

Fig.7 The relationship between monthly average water depth and water temperature in surface layer at Kampong Luong hydrological station during 1996—2014

3 结论与建议

(1) 每年从下游湄公河倒灌进入湖区的水量以及洞里萨湖最高和最低水位差是影响洞里萨湖渔业资源的最主要因素。前者决定了从湄公河进入洞里萨湖的鱼类种群的洄游规模和数量,湄公河进入的水量越多,洞里萨湖渔业资源的产量越高;后者决定了洞里萨湖及周边洪泛平原可供鱼类活动和生长繁殖的水域面积,水位差大则水域面积大,洞里萨湖渔业资源的产量越高。

(2) 除了湄公河倒灌水量、洞里萨湖最高和最低水位差等影响因素外,每年 4—6 月鱼类产卵期的湖区水温及水深也会影响洞里萨湖的渔业资源,水温较高、水深较浅会造成水体溶解氧浓度下降、氨氮毒性增强,并影响鱼类的新陈代谢,导致渔业资源的产量下降。湖区水温及水深主要影响湖

区与周边洪泛平原之间洄游的定居性“黑”鱼的生长繁殖,进而影响整个洞里萨湖的渔业资源产量。

表 1 Kampong Luong 水文站水深、水温与捕捞量的关系

Table 1 Relationship between water depth, water temperature and fishery catch at Kampong Luong hydrological station

年份 Year	旱季最 小水深 Minimum water depth in dry season // m	4—6 月表 层平均水温 Average water temperature of surface layer from April to June // °C	捕捞量 Fishery catch 万 t
1996—1997	1.09	—	1.44
1997—1998	0.95	30.2	1.54
1998—1999	0.67	29.8	1.47
1999—2000	0.65	32.3	0.89
2000—2001	0.60	—	1.14
2001—2002	1.07	31.5	1.50
2002—2003	0.78	31.7	1.20
2003—2004	0.73	31.4	1.24
2004—2005	0.72	32.0	0.61
2005—2006	0.61	31.1	1.60
2006—2007	0.62	31.7	2.80
2007—2008	0.61	31.4	1.80
2008—2009	0.68	31.9	1.25
2009—2010	0.65	30.9	1.24
2010—2011	0.9	31.5	1.20
2011—2012	0.47	31.8	0.62
2012—2013	0.63	30.9	4.60
2013—2014	0.68	30.5	1.32

注: $r_{WD-FC} = -0.151$, $r_{WT-FC} = -0.281$

(3) 为提高洞里萨湖渔业资源的产量,除湄公河流域的来水量受周期性气候变化的影响以及流域内的水电开发强度不可控外,洞里萨湖的水量、水位、水深均可通过一定的人工措施进行干预。例如,对湖区及周边洪泛平原进行疏浚以增加水深,进而减轻旱季水温对鱼类生长的影响,对下游的洞里萨河进行疏浚增加湄公河的倒灌水量;在充分论证对生态环境影响的前提下,可考虑在洞里萨湖出口处修建大坝。根据鱼类的生态习性对大坝进行生态调度,每年 5—6 月开闸纳苗,并对洞里萨湖的水位进行控制,在此期间尽可能维持较高的运行水位。

(4) 洞里萨湖作为典型的吞吐型、季节性湖泊,与我国的鄱阳湖十分类似,其面临的生态环境问题及可能的解决方案对鄱阳湖的保护、管理和开发利用均具有一定的参考价值。

参考文献

- [1] MRC. Overview of the hydrology of the Mekong Basin [R]. Vientiane, Lao PDR; Mekong River Commission, 2005.
- [2] NEWMAN S M, DEMOULIN F, SREY C, et al. Participatory natural resources management in the Tonle Sap Region [R]. Phnom Penh: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1997.
- [3] LIENG S, VAN ZALINGE N P. Fish yield estimation in the floodplains of the Tonle Sap Great Lake and River, Cambodia [C]. Phnom Penh: Mekong River Commission, 2001.
- [4] LY S, YANG J. Fisheries resources and management of the Mekong river in Cambodia [J]. Fishery information & strategy, 2018, 33(2): 134—140.
- [5] CHAN B, NGOR P B, SO N, et al. Spatial and temporal changes in fish yields and fish communities in the largest tropical floodplain lake in Asia [J]. Ann Limnol Int J Lim, 2017, 53: 485—493.
- [6] 李昌文, 徐照明, 游中琼, 等. 湄公河干流洪水洪灾特点及防洪对策研究 [J]. 人民长江, 2019, 50(7): 35—45.

(下转第 136 页)

代潜叶蝇田间发生危害不严重,这与预测预报和黄板田间诱杀结果相一致。

3 结论与讨论

随着经济的快速发展,人民生活水平有了显著提高,人们的消费观念也随之发生改变,不仅仅追求温饱,而更看重产品是否健康绿色,因此水稻害虫的绿色无公害防治愈发显得重要。该试验在预测预报的基础上,利用黄色诱虫板对三江平原稻区水稻潜叶蝇防治进行了试验示范,取得了良好的效果。该方法不仅具有低毒环保、可持续控制等优点,而且其防治效果也和吡虫啉相当。

水稻潜叶蝇发生与气象条件密切相关,温度、降水等适宜的气象条件是影响潜叶蝇发生的重要因素^[2,10-12]。2019年前哨农场潜叶蝇发生非常轻,可能与温度和降水有关。当旬平均气温 11℃时,可诱到越冬代潜叶蝇成虫^[10],5月上旬平均温度和日均温度也影响第一代潜叶蝇虫口基数^[2]。2019年5月上旬平均温度为 10.9℃,接近 11℃临界值,同时5月上旬日平均气温仅有 4 d 超过 11℃,其余 6 d 日平均温度均低于 10℃,因此低温导致第一代潜叶蝇发生率低,从而使糖醋酒液诱杀潜叶蝇头数少。5月中旬是水稻插秧期,同时也是潜叶蝇迁飞到水稻的产卵高峰期,这一时期的旬平均温度和日平均温度均会影响潜叶蝇的产卵和孵化^[2]。2019年三江平原前哨农场5月中旬平均温度为 15.7℃,日平均气温都超过了 11℃,但田间黄板诱杀潜叶蝇数量还是很低,这一方面是由于第一代潜叶蝇成虫虫口基数低,另一方面5月中旬的降雨可能也影响了第一代幼虫的孵化率。2019年5月中旬降雨量为 63.9 mm,是 60年来同期降水第二多的月份,在旬平均气温 15℃以下,降水超过 40 mm 以上,或低于 20 mm 以下,不利于稻潜叶蝇成虫产卵和孵化,发生较轻^[10]。因此,2019年三江平原5月份低温多雨等极端天气减少了第一代潜叶蝇虫口基数,降低了产卵和孵化率,从而使得当年潜叶蝇几乎没有发生。

2018年和2019年连续2年的试验结果表明,利用黄色

诱虫板诱杀水稻潜叶蝇不仅能够达到预期的防治效果,同时还能大大降低农药的使用量,减少环境污染。尽管黄板诱杀潜叶蝇防治效果不如化学防治手段效果迅速,但该方法可以对潜叶蝇进行可持续控制,结合预测预报、清除田间及沟渠内杂草等技术手段可将害虫种群数量控制在经济受害允许水平以下。黄板诱杀潜叶蝇一定要和预测预报结合起来,可根据预测预报结果确定田间挂板量,如果某一年预测潜叶蝇大发生,可以适当增加田间挂板量,如果轻度发生,可以适当减少田间挂板量或不进行防治处理。如 2019年连续 3 d 诱集潜叶蝇最高头数为 2 头,潜叶蝇危害程度在经济受害允许水平以下,可不进行防治处理,以降低成本。2020年将继对潜叶蝇预测预报与后期危害之间的关系做进一步的试验验证。

参考文献

- [1] 卢颖,姜龙,毛军旗,等.48% 毒死蜱 EC 防治水稻潜叶蝇的药效试验[J].农药,2008,47(4):300-301.
- [2] 顾鑫,栢晓东,丁俊杰,等.三江平原水稻潜叶蝇发生规律及预测预报研究[J].中国农学通报,2017,33(24):144-147.
- [3] 苍安平.寒地水稻潜叶蝇的发生与防治[J].北方水稻,2014,44(1):54,69.
- [4] 姚守礼,王芳,潘春彦,等.水稻潜叶蝇的发生及防治研究[J].现代化农业,2003(10):9-10.
- [5] 郭玉人,陈继光,王建华,等.黑龙江水稻潜叶蝇发生规律及为害损失研究[J].植保技术与推广,2002,22(6):7-9.
- [6] 何海军,纪伟波,赵松涛,等.水稻潜叶蝇对不同颜色的趋性.水稻潜叶蝇对不同颜色的趋性[J].江苏农业科学,2012,40(7):128,151.
- [7] 李晓光,王晓蕾,董本春,等.利用黄色诱虫板诱杀水稻潜叶蝇调查[J].北方水稻,2013,43(5):37-38.
- [8] 李晓光,董本春,王晓蕾,等.利用黄色诱虫板防治水稻潜叶蝇试验研究[J].北方水稻,2015,45(5):43-44.
- [9] 宋涛,王洪野,高艳,等.黄色诱虫板防治水稻潜叶蝇效果试验[J].现代农业科技,2016(15):110,112.
- [10] 岳宗岱.稻潜叶蝇发生预测指标[J].吉林农业科学,1986,11(3):55-57.
- [11] 丁铁.模糊识别方法在水稻潜叶蝇预报中的应用[J].黑龙江气象,2002(1):17-18.
- [12] 周柏明,孟祥伟,柳金来,等.水稻潜叶蝇的发生与气象因素的关系[J].吉林农业科学,2005,30(1):35-37.
- [13] Asia[J].Aquat Living Resour,1999,12(6):379-386.
- [14] LENG V.Assessment of human activities and dam impact on fish species diversity of Tonle Sap Lake of Cambodia[D].Wuhan:China University of Geosciences,2010:1-107.
- [15] 赵林林,朱广伟,陈元芳,等.太湖水体水温垂向分层特征及其影响因素[J].水科学进展,2011,22(6):844-850.
- [16] 赵林林,朱梦圆,冯龙庆,等.太湖水体理化指标在夏季短时间尺度上的分层及其控制因素[J].湖泊科学,2011,23(4):649-656.
- [17] 张玉超,钱新,钱瑜,等.太湖水温分层现象的监测与分析[J].环境科学与管理,2008,33(6):117-121.
- [18] 龙华.温度对鱼类生存的影响[J].渔业现代化,2005(2):20-22.

(上接第 102 页)

- [7] LAMBERTS D.Tonle Sap fisheries—A case study on floodplain gillnet fisheries[M].Bangkok,Thailand: Food and Agriculture Organization of the United Nations,2001:1-101.
- [8] 杨再福,陈立侨,陈勇,等.太湖渔业资源量变化与对策[J].淡水渔业,2004,34(6):3-5.
- [9] MAURICIO E A.Impacts of hydrological alterations in the Mekong Basin to the Tonle Sap ecosystem[D].Christchurch, New Zealand: University of Canterbury,2013:1-233.
- [10] LIM P,LEK S,TOUCH S T,et al.Diversity and spatial distribution of freshwater fish in Great Lake and Tonle Sap river (Cambodia,Southeast