

# 气象因素对钉螺密度变化的影响分析

刘可群 徐兴建 陈玉霞 李仁东 汤阳 魏凤华

**【摘要】目的** 研究自然条件下气象因素对钉螺密度变化的影响,为控制血吸虫病及其钉螺扩散提供科学依据。**方法** 收集 1990—2014 年湖北省潜江市春季查螺资料及地面气象观测数据,采用一阶自回归分析方法对实际钉螺密度进行趋势拟合与分解,利用相关分析法对钉螺密度变化率与不同时段、不同气象要素进行相关性分析。**结果** 对钉螺密度影响最大的气象因子是温度,其次为降水;其中 1 月平均最低气温和冬季平均最低气温分别是钉螺密度变化率、活螺框变化率影响最大的温度因子;1 月平均最低温度升高(或降低)1℃,将会导致钉螺密度上升(或下降)5.080%~6.710%;冬季平均最低温度升高(或降低)1℃,活螺框变化率上升(或下降)15.521%~15.928%。降水对钉螺密度影响最大的时段是上年 11 月至当年 4 月,该时段内降水偏少 20%以上,有利于降低钉螺密度。9—11 月日照与钉螺密度变化率、活螺框变化率存在一定相关性。在相关分析基础上分别建立了钉螺密度变化率、活螺框变化率与气象因子的统计回归模型。**结论** 在 12 月到来之前清除有螺区杂草有利于降低地表温度和土壤水分含量,能取得一定的灭螺效果。伴随全球气候变化湖北省冬季温度升高趋势明显,可能引发钉螺密度升高。

**【关键词】** 钉螺密度;活螺框出现率;冬季低温

**Analysis on influence of meteorological factors on Oncomelania density** Liu Kequn<sup>1</sup>, Xu Xingjian<sup>2</sup>, Chen Yuxia<sup>3</sup>, Li Rendong<sup>4</sup>, Tang Yang<sup>1</sup>, Wei Fenghua<sup>2</sup>. 1 Wuhan Regional Climate Center, Wuhan 430074, China; 2 Hubei Provincial Center for Disease Control and Prevention; 3 Medical College, Wuhan University of Science and Technology; 4 Institute of Geodesy and Geophysics, Chinese Academy of Sciences  
Corresponding author: Li Rendong, Email: lrd@asch.whigg.ac.cn  
This work was supported by grants from the Special Fund for Climate Change of China Meteorological Administration (No. CCSF201409) and National Science and Technology Major Projects of China (No. 2012ZX10004909).

**【Abstract】 Objective** To understand the influence of meteorological factors on Oncomelania density in natural condition and provide scientific evidence for the control of the spread of schistosomiasis and Oncomelania. **Methods** Based on the Oncomelania survey data in spring and ground meteorological observation data of Qianjiang from 1990 to 2014, the first-order autoregressive analysis method was used for trend fitting and disassemble, and the correlation between the change rate of Oncomelania density and various meteorological factors in different periods were analyzed. **Results** The greatest influence of meteorological factors on Oncomelania density was temperature, followed by precipitation. The average minimum temperature in January and from December to February had predominant influence on Oncomelania density and frame occurrence rate of living Oncomelania (FORLO) respectively. The rise (fall) of average minimum temperature in January by 1℃ would lead to the increase (decrease) of Oncomelania density by 5.080%–6.710%; The rise (fall) of average minimum temperature from December to February by 1℃ would lead to the increase (decrease) of FORLO by 15.521%–15.928%. The period with the biggest influence of precipitation on Oncomelania density was from November to April, as the rainfall declined >20%, drought might occur, which would cause the reduction of Oncomelania density. Sunshine from September to November had some correlations with the change of Oncomelania density and FORLO. Statistical regression models for the change of Oncomelania density, FORLO and meteorological factors based on correlation analysis were established respectively. **Conclusion** Weed removal in Oncomelania

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2015.11.018

基金项目:中国气象局气候变化专项(CCSF201409);国家科技重大专项(2012ZX10004909)

作者单位:430074 武汉区域气候中心(刘可群、汤阳);湖北省疾病预防控制中心(徐兴建、魏凤华);武汉科技大学附属医院(陈玉霞);中国科学院测量与地球物理研究所(李仁东)

通信作者:李仁东, Email: lrd@asch.whigg.ac.cn

areas before December is beneficial to reduce the surface temperature and soil moisture content, which would result in Oncomelania density reduction in some extent. It's notable that the winter temperature is in rise in Hubei province along with global climate change, causing the Oncomelania density to increase, to which more attention should be paid.

**【Key words】** Oncomelania density; Frame occurrence rate of living Oncomelania; Low temperature in winter

钉螺是血吸虫唯一的中间宿主,钉螺密度、面积、活螺框出现率等一直是血吸虫病预防的重要指标。钉螺生长繁殖离不开温度、水等气象环境条件<sup>[1-2]</sup>。研究显示,冬季温度升高会使钉螺体内一氧化氮合酶(NOS)发生变化,有利于其生存<sup>[3]</sup>,钉螺分布范围与温度有很大关系<sup>[4]</sup>;而夏季温度高于 32℃ 后,钉螺活动逐渐受到抑制<sup>[5]</sup>。土壤含水量高低对钉螺产卵数量会产生影响<sup>[6]</sup>;水对螺卵有抑制作用<sup>[7-9]</sup>。自然条件下钉螺密度消长受自然和非自然因素影响。全球气候变暖引发的温度和降水变化对血吸虫病及钉螺扩散与消长的影响是热点问题<sup>[1-5]</sup>。本研究利用地处江汉平原的潜江市钉螺查螺资料及气象数据,借鉴农作物产量预测或气象灾害评估分析中作物产量趋势分离思路<sup>[10-12]</sup>,探讨气象因子与钉螺密度的关系。

## 资料与方法

1. 资料来源:钉螺资料来源于湖北省潜江市血吸虫病预防控制所,采用 1990—2014 年春季查螺资料。潜江市当年的钉螺密度(只/0.1 m<sup>2</sup>)=当年全市捕获活螺总数/当年全市调查总框数(只/框,框大小为 0.33 m×0.33 m);潜江市当年活螺框出现率=当年全市有活螺的总框数/当年全市调查总框数;钉螺资料包括所有 27 个乡镇、管理区、农场的全部 300 多个自然村查螺资料,全市春季查螺面积年平均高于 1.4×10<sup>8</sup>/m<sup>2</sup>。

气象资料包括气温(℃)、降水量(mm)、日照时数(h)等均来自湖北省气象信息档案室。本研究所指冬季为上年 12 月至当年 2 月;月(季)平均温度为月(季)内各日日平均气温的平均值,月(季)平均最低温度为月(季)内各日日最低气温的平均值;月(季)降水量或日照时数分别为月(季)内各日降水量或日照时数之和。

2. 计算及评估方法:参照文献[10-12]计算钉螺密度:

$$O = Oh + Om + \delta \quad (1)$$

式中, $O$ 为实际钉螺密度或活螺框出现率; $Oh$ 为钉螺趋势密度或活螺框趋势出现率; $Om$ 为钉螺气象密度或活螺框气象出现率; $\delta$ 为不可预测的白噪声。钉

螺趋势密度采用一阶自回归模型进行拟合与分解。即:

$$Oh_t = a \times Oh_{t-1} + b \quad (2)$$

式中, $Oh_t$ 为第  $t$  年的钉螺趋势密度或活螺框趋势出现率; $Oh_{t-1}$ 为第  $t-1$  年的实际钉螺密度或活螺框出现率; $a$ 、 $b$  为待定参数。第  $t$  年的气候钉螺密度  $Om$  受气候变化影响,由于上年密度不同基数,相同气象条件下钉螺密度或活螺框出现率的变化绝对量会产生很大差异,因此进一步进行相对变换:

$$Y = Om_t / O_t \times 100\% = (O_t - Oh_t) / O_t \times 100\% \quad (3)$$

式中  $Y$  为钉螺气象密度或活螺框变化百分率(变化率);其他同上。

## 结 果

1. 钉螺趋势密度:统计学计算得到钉螺趋势密度数学模拟模型:

$$OD_{ht} = 0.8774 \times OD_{ht-1} + 0.0013 \quad (4)$$

$$OL_{ht} = 0.8525 \times OL_{ht-1} + 0.9328 \quad (5)$$

式(4)、(5)中, $OD_{ht-1}$ 、 $OL_{ht-1}$  分别表示第  $t-1$  年的钉螺密度与活螺框出现率; $OD_{ht}$ 、 $OL_{ht}$  分别表示第  $t$  年钉螺趋势密度与活螺框趋势出现率。利用公式(4)和公式(5)计算得到的钉螺趋势密度与实际钉螺密度值、活螺框趋势出现率与实际活螺框出现率逐年变化情况,结果显示,钉螺密度与活螺框出现率的趋势计算值与实际值之间的相关系数为 0.985 0、0.972 8,其相关性均达到 99.9% 信度检验水平。钉螺密度与活螺框出现率分别以年 12.37%、14.75% 速率下降,下降趋势均十分明显,见图 1。

2. 温度对钉螺密度影响:1 月、冬季平均最低温度升高 1℃,钉螺密度变化率、活螺框变化率将分别提高 6.705%、17.281%,见图 2。

(1) 钉螺密度:对钉螺密度变化率影响最大是 1 月平均温度,相关系数为 0.682 5,相关性达到 99.9% 的信度检验水平。进一步分析密度变化率与其他温度的相关性,结果显示,上年 12 月 20 日至 2 月 10 日钉螺密度与平均温度的相关系数为 0.618 6,与 1 月平均最低温度相关性更好,相关系数为 0.685 2。温度偏低时,钉螺密度变化率 < 0,反之 > 0,即温度低有利于钉螺密度下降,反之有利于钉螺密度上升,见

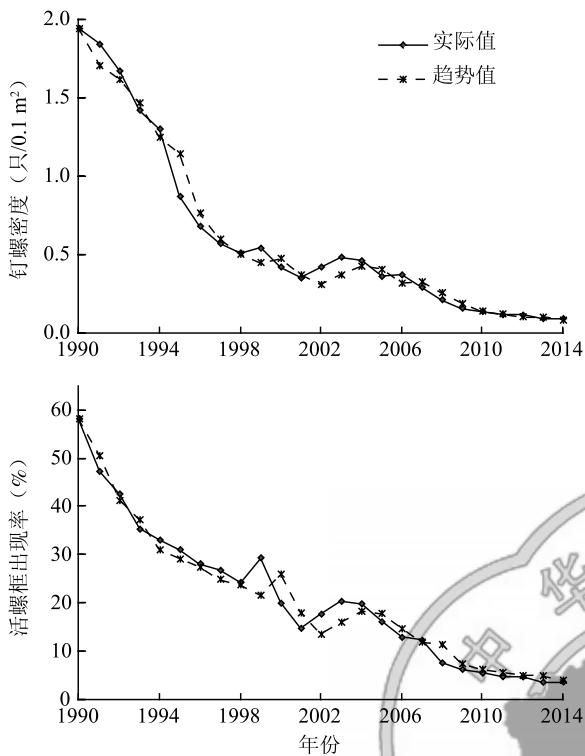


图1 钉螺趋势密度计算

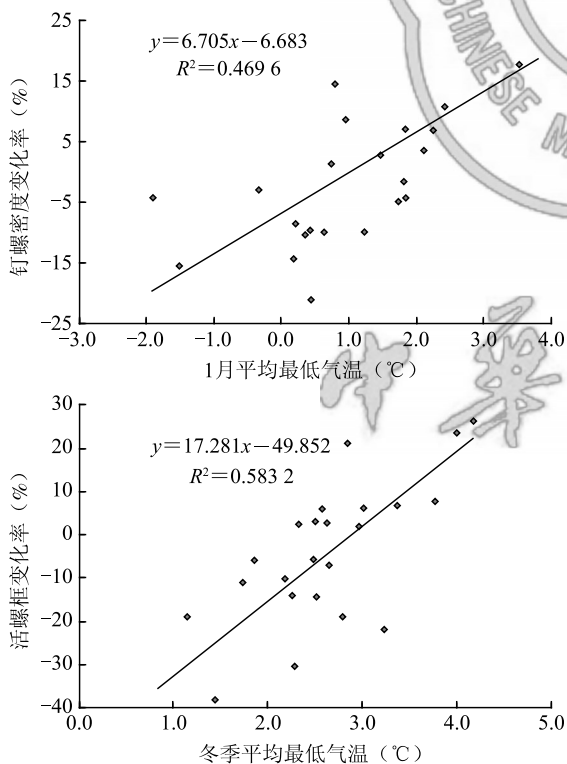


图2 钉螺密度变化率、活螺框变化率与1月及冬季平均最低气温相关分析

图1。

(2)活螺框:对活螺框影响最大的分别是1、2月温度,其相关性均达到99.9%的信度检验水平;其次是上年12月和3月温度,其相关性达到90%的信度

检验水平;与其他月份的相关性均较低。活螺框变化率与冬季平均最低温度的相关性更好,其相关系数为0.763 6。冬季温度偏低,活螺框变化率为负值,即冬季气温低有利于活螺框出现率减少,反之冬季温度高有利于活螺框出现率增加,见图2。

3.降水对钉螺密度影响:水是钉螺生长繁殖的必要条件之一。分析降水与钉螺密度变化率、活螺框变化率关系发现,各月降水量与其相关性均不明显;与3个月以上时间尺度的降水有一定关系。钉螺密度变化率与冬春季降水有较好的线性相关性,与上年11月至当年4月、上年12月至当年4月、1—4月降水距平百分率的相关系数分别为0.505 5、0.500 0、0.488 4,其中前两项均通过了信度为99%的检验;与其他季节降水相关性均较低。与密度变化率相似,活螺框变化率与冬春季降水相关性较好,与上年11月至当年4月、上年12月至当年4月、1—4月降水距平百分率的相关系数分别为0.404 0、0.394 6、0.362 1,前两项通过信度为95%的检验,最后一项通过信度为90%的检验。

1990—2014年潜江市降水偏少20%以上有5年,其中4年钉螺密度变化率为负值;降水偏多20%以上也有5年,期间钉螺密度变化率均为正值。进一步分析发现密度变化率、活螺框气象变化率与上年11月至当年4月降水距平百分率呈现更显著的指数关系,见图3。

4.日照对钉螺密度影响:钉螺密度变化率、活螺框变化率均与3—5月、上年9—11月日照时数有一定的相关性。密度变化率、活螺框变化率与3—5月日照时数呈负相关,相关系数分别为-0.412 9、-0.422 7;与上年9—11月日照时数为正相关,相关系数分别为0.366 7、0.438 2;相关性均通过90%的信度检验。与其他时间段日照时数相关性不明显。

5.钉螺密度与气象统计模型的建立:在单因子相关分析的基础上,选择有显著影响的气象因子,运用逐步回归方法分别得到钉螺密度变化率、活螺框变化率的统计回归模型:

$$YD = -28.0827 + 5.0779T_1 + 10.9051 \exp(R_{11-4}) + 0.0287S_{9-11} \quad (6)$$

$$YL = -8.6684 + 15.9282T_{12-2} - 0.0912S_{3-5} \quad (7)$$

式(6)、(7)中YD、YL分别为密度变化率、活螺框变化率;T<sub>1</sub>、T<sub>12-2</sub>分别为1月、冬季平均最低气温、R<sub>11-4</sub>为上年11月至当年4月降水距平百分率;S<sub>9-11</sub>、S<sub>3-5</sub>分别为上年9—11月、3—5月日照时数。对模型参数估计和检验结果显示各参数均有统计学意义(P<0.05),

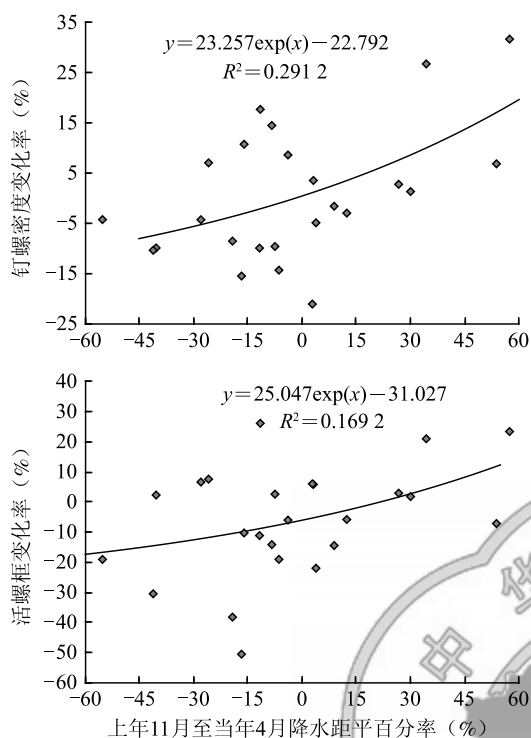


图3 钉螺密度变化率、活螺框变化率与上年11月至当年4月降水距平百分率相关分析

其中1月最低温度和冬季平均最低温度统计学意义最好,影响最大。

将模型式(4)、(6)或(5)、(7)分别代入模型(1)中,即分别得到了自然环境条件下钉螺密度、活螺框百分率的预测模型。利用模型进行检验,结果显示,钉螺密度的模拟计算值与实测值相关系数为0.996 0;活螺框出现率的相关系数为0.985 6。经 $F$ 值检验,回归方程(6)、(7)均达99.9%的检验水平。钉螺密度、活螺框变化量模拟绝对值的相对误差分别为7.3%、8.8%,具有较好的精度。

## 讨 论

和其他生物一样,在自然环境中钉螺生存、生长发育与繁殖受自然和非自然两种因素的影响。本研究采用一阶自回归的时间趋势方法分析社会因素(灭螺、科技进步、水利工程等)和气象因素对钉螺密度消长的影响;该方法简化了复杂的社会因素的影响,客观实用。本研究引入该方法排除社会因素对钉螺密度的影响,有利于更客观地研究分析自然条件下不同气象因子对钉螺密度消长的影响。

本研究显示,自然条件下温度是影响江汉平原潜江市钉螺消长的最大气象环境因子,其中冬季温度影响最大。1月平均最低温度升高(或降低) $1^{\circ}\text{C}$ ,将会导致钉螺密度上升(或下降) $5.078\% \sim 6.705\%$ ;

冬季平均最低温度升高(或降低) $1^{\circ}\text{C}$ ,活螺框出现率上升(或下降) $15.521\% \sim 15.928\%$ 。可见降低越冬期环境温度可抑制钉螺生殖腺或睾丸发育及繁殖能力<sup>[5,13]</sup>,能获得一定的灭螺效果。

本研究结果还显示,降水对钉螺密度的影响次于温度,影响最大的时段是上年11月至当年4月,钉螺密度变化率、活螺框变化率与这一时段降水距平百分率呈现较显著的指数相关关系。上年11月至当年4月降水偏少,特别是冬春连旱有利于抑制钉螺密度的升高,如1999年11月至2000年4月潜江市降水距平百分率为 $-41.4\%$ ,冬季1月平均最低温度略偏低,该年属于历史上典型的冬春连旱年<sup>[14]</sup>,该年钉螺密度变化率、活螺框变化率分别 $-10.2\%$ 、 $-30.2\%$ 。分析还发现上年9-11月日照时数与钉螺密度有显著的正相关性,与已有研究结果相似<sup>[15-17]</sup>,其影响机制还有待进一步研究。

在单因子相关分析的基础上,本研究分别建立了钉螺密度气象变化率、活螺框气象变化率与温度、降水、日照等气象因子的回归统计模型。该模型的钉螺密度、活螺框出现率模拟值相对绝对平均误差分别为7.3%、8.8%;具有较好的精度,可应用于钉螺密度的预估。

## 参 考 文 献

- [1] Yu SX, Teng WP, Shen JH, et al. Assessment on the impact of warming climate in winter on schistosomiasis epidemics [J]. Chin J Epidemiol, 2004, 25(7): 575-577. (in Chinese)  
俞善贤, 滕卫平, 沈锦花, 等. 冬季气候变暖对血吸虫病影响的气候评估[J]. 中华流行病学杂志, 2004, 25(7): 575-577.
- [2] Wang JS, Lu JY, Wei GY, et al. Impact of environment changes on oncomelania spread [J]. J Yangtze River Sci Res Inst, 2007, 24(3): 16-19. (in Chinese)  
王家生, 卢金友, 魏国远, 等. 环境变化对钉螺扩散影响规律研究[J]. 长江科学院院报, 2007, 24(3): 16-19.
- [3] Yang K, Zhou XN, Liang YS, et al. Impact of temperature on nitric oxide synthase of *Oncomelania hupensis* during winter [J]. Chin J Schisto Contr, 2003, 15(2): 93-97. (in Chinese)  
杨坤, 周晓农, 梁幼生, 等. 冬季温度变化对钉螺一氧化氮合酶的影响[J]. 中国血吸虫病防治杂志, 2003, 15(2): 93-97.
- [4] Zhou XN, Hu XS, Sun NS, et al. Application of geographic information systems on schistosomiasis surveillance- II. predicting transmission intensity [J]. Chin J Schisto Contr, 1999, 11(2): 66-70. (in Chinese)  
周晓农, 胡晓抒, 孙宁生, 等. 地理信息系统应用于血吸虫病的监测- II. 流行程度的预测[J]. 中国血吸虫病防治杂志, 1999, 11(2): 66-70.
- [5] Hong QB, Zhou XN, Sun LP, et al. Impact of global warming on the transmission of schistosomiasis in China II. the aestivation

- and lethal hyperthermy temperature of *Oncomelania hupensis* in laboratory [J]. Chin J Schisto Contr, 2003, 15 (1) : 24-26. (in Chinese)
- 洪青标,周晓农,孙乐平,等. 全球气候变暖对中国血吸虫病传播影响的研究 II. 钉螺越冬致死高温与夏蛰的研究[J]. 中国血吸虫病防治杂志, 2003, 15(1):24-26.
- [6] Chen LY, Xu XJ, Yang XX, et al. Impact on snail Ecology by soil humidity and temperature in Jiangnan plain after the three georges dam project [J]. Chin J Schisto Contr, 2002, 14 (4) : 258-260. (in Chinese)
- 陈柳燕,徐兴建,杨先祥,等. 三峡建坝后江汉平原土壤含水量及气温对钉螺生态的影响[J]. 中国血吸虫病防治杂志, 2002, 14(4):258-260.
- [7] Huang YX, Sun LP, Hong QB, et al. Longitudinal observation on fluctuation trend of distribution and spread of *Oncomelania* snails after floodwater in marshland of lower reaches of Yangtze river [J]. Chin J Schisto Control, 2004, 16 (4) : 253-256. (in Chinese)
- 黄铁昕,孙乐平,洪青标,等. 洪涝灾害后长江下游洲滩钉螺消长和扩散趋势纵向观察[J]. 中国血吸虫病防治杂志, 2004, 16 (4):253-256.
- [8] Li DM, Wang XS. *Oncomelania*'s hydraulic transport [J]. Res Environ Yangtze Basin, 1999, 8(1): 100-105.
- [9] Wei FH, Wang RB, Xu XJ, et al. Risk factor of schistosomiasis transmission after Three Gorges Construction I Possibility of snail breeding with ecological changes in Three Gorges Reservoir areas [J]. Chin J Schisto Contr, 2007, 19 (2) : 81-85. (in Chinese)
- 魏凤华,王汝波,徐兴建,等. 三峡建坝后血吸虫病传播危险因素研究 I 库区生态环境变化对钉螺孳生可能性研究[J]. 中国血吸虫病防治杂志, 2007, 19(2):81-85.
- [10] Guo L, Wilkes A, Yu HY, et al. Analysis of factors influencing yield variability of major crops in China [J]. Plant Div Res, 2013, 35(4): 513-521. (in Chinese)
- 郭梁, Wilkes A, 于海英, 等. 中国主要农作物产量波动影响因素分析[J]. 植物分类与资源学报, 2013, 35(4):513-521.
- [11] Ma XQ, Chen XY, Sheng SX. Models of evaluating waterlogging loss of winter wheat in Anhui province [J]. J Nat Disasters, 2003, 12(1):158-162. (in Chinese)
- 马晓群,陈晓艺,盛绍学. 安徽省冬小麦渍涝灾害损失评估模型研究[J]. 自然灾害学报, 2003, 12(1):158-162.
- [12] Wu DL, Wang CY, Xue HX, et al. Multi-scale analysis of drought of winter wheat in North China [J]. J Catastrophol, 2011, 26(1):87-93, 98. (in Chinese)
- 吴东丽,王春乙,薛红喜,等. 华北地区冬小麦干旱受灾率多尺度分析[J]. 灾害学, 2011, 26(1):87-93, 98.
- [13] Mao SB. Schistosome biology and schistosomiasis control [M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 1990: 12. (in Chinese)
- 毛守白. 血吸虫生物学与血吸虫病的防治[M]. 北京:人民卫生出版社, 1990:12.
- [14] Liu KQ, Liang YT, Zhou JL, et al. Impact analysis of human activities and climate change on Honghu Lake's spring drought [J]. Acta Ecol Sin, 2014, 34(5): 1302-1310. (in Chinese)
- 刘可群,梁益同,周金莲,等. 人类活动与气候变化对洪湖春旱的影响[J]. 生态学报, 2014, 34(5):1302-1310.
- [15] Zhang XD, Yang XC, Peng ZH. Relationships between the surviving *oncomelania* and beaches environmental factors [J]. Acta Ecol Sin, 1999, 19(2):265-269. (in Chinese)
- 张旭东,杨晓春,彭镇华. 钉螺分布与滩地环境因子的关系[J]. 生态学报, 1999, 19(2):265-269.
- [16] Wang HY, He Z, Zhou YB, et al. Observation on the living status of *Oncomelania hupensis* in Dongting Lake Area [J]. Fudan Univ J Med Sci, 2010, 37(4):430-433. (in Chinese)
- 王海银,何宗,周艺彪,等. 洞庭湖区钉螺生存状态观察[J]. 复旦学报:医学版, 2010, 37(4):430-433.
- [17] Li YP, Wang HY, Zhou YB, et al. Influence regarding micro-ecological environment of Snail habitats in Lake area on the distribution of Snails [J]. Chin J Epidemiol, 2010, 31 (2) : 163-168. (in Chinese)
- 李源培,王海银,周艺彪,等. 湖区钉螺孳生地的微生态环境对钉螺分布的影响[J]. 中华流行病学杂志, 2010, 31 (2) : 163-168.

(收稿日期:2015-02-10)

(本文编辑:万玉立)