

DOI:10.12356/j.2096-8884.2021-0026

· 研究简报 ·

福寿螺在北京地区的适生性分析

范靖宇^{1,2}, 巫鹏翔¹, 张润志^{1,2*}

1. 中国科学院动物研究所, 动物进化与系统学院重点实验室, 北京 100101; 2. 中国科学院大学, 北京 100049

摘要: 【目的】为预测福寿螺 (*Pomacea canaliculata* Lamarck) 在北京的危害, 分析了福寿螺在北京地区的潜在适生性和季节性入侵风险。【方法】以气象数据和福寿螺的生物学参数为基础, 基于 CLIMEX 模型对福寿螺在北京地区的适生性进行分析。【结果】福寿螺在北京地区难以越冬, 但在 5—7 月份引入可形成季节性入侵生存。5 月上旬至 7 月下旬引入成螺, 可以正常产卵、孵化, 幼螺及新一代成螺可以造成一定危害; 7 月下旬以后引入成螺, 虽可以短暂存活并可能产卵, 但下一代幼螺已经不能正常发育。6 月上旬至 7 月中旬引入的卵, 可以正常孵化并且下一代幼螺可以取食植物造成一定危害; 7 月下旬以后引入的卵, 可能部分孵化, 但新孵化的幼螺已经不能正常发育。【结论】福寿螺在北京地区不能周年生存, 但在春夏季节引入可以造成季节性繁殖和一定的危害, 因此在北京地区不能引入和放生福寿螺。

关键词: 福寿螺; 北京; 季节性适生; 放生; 入侵物种

中图分类号: Q96 文献标识码: A 文章编号: 2096-8884 (2021) 02-0087-05

Suitability Analysis of *Pomacea canaliculata* Lamarck in Beijing

FAN Jingyu^{1,2}, WU Pengxiang¹, ZHANG Runzhi^{1,2*}

1. Key Laboratory of Zoological Systematics and Evolution, Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

Abstract: 【Objective】For predicting harmfulness of *Pomacea canaliculata* Lamarck in Beijing, we analyzed its potential colonization and seasonal invasive risks. 【Method】In this study, we combined meteorological data with biological parameters of *P. canaliculata* based on CLIMEX model to predict its suitability and damage in Beijing. 【Result】Although the *P. canaliculata* could not overwinter in Beijing, it could cause seasonal harm when introduced from May to July. The adult snails introduced from early May to mid-July can lay eggs and hatch normally. The young snails and the new generation of adult snails can bring a series of harm. Adult snails introduced after late July can survive for a short time or may lay eggs, but the next generation of young snails cannot develop normally. The eggs introduced from early June to mid-July could hatch normally, and the young snails could feed and harm plants. Eggs introduced after late July may partially hatch, but the newly hatched young snails cannot develop normally. 【Conclusion】The snails could not survive all year round in Beijing, but could cause seasonal reproduction and certain harm when introduced in spring and summer. Therefore, *P. canaliculata* cannot be introduced and released in Beijing.

Key words: *Pomacea canaliculata*; Beijing; seasonal suitability; liberation for survival; invasive species

福寿螺 (*Pomacea canaliculata* Lamarck) 隶属软体动物门 (Mollusca) 腹足纲 (Gastropoda) 腹足目 (Mesogastropoda) 瓶螺科 (Ampullariidae), 是原产于南美亚马逊河流域的大型两栖淡水螺类, 是一种危害严重的入侵物种 (Lowe *et al.*, 2000)。因其含有丰富的蛋白质及很高的营养成分, 1980 年作为一种水生经济生物引入我国 (俞晓平等, 2001; Halwart, 1994), 后遭到弃养和倾倒而迅速在湿地、农田和淡水等生境中繁殖扩散 (Teo, 2001)。福寿螺适应力强, 且有很高的繁殖能力, 每年可多次交配、多次产卵, 1 只雌螺每年产卵超过 4000 个 (董胜张等, 2010; Barnes *et al.*, 2008)。福寿螺不仅能危害水稻等水生作物造成不良影响和经济损失, 并且不当食用还会引发管圆线虫病等而影响人类健康。由于适应性强、食性广泛, 福寿螺已在我国多地形成爆发式入侵, 对输入地的生态系统平衡、农业生产和人类健康都产生重大威胁 (杨叶欣等, 2010)。世界自然保护联盟于 2000 年将福寿螺列入 100 种恶性外来入侵物种名单 (陆庆光和于海珠, 2001), 国家环保总局于 2003 年将其列入《中国第一批外来入侵物种名单》(国家

收稿日期: 2021-11-25; 接受日期: 2021-12-23

基金项目: 农业农村部科教司项目 (13210354); 中国科学院战略性先导科技专项 (XDA19050204)

第一作者 The first author. E-mail: jingyufan@hotmail.com; *通讯作者 Author for correspondence. E-mail: zhangrz@ioz.ac.cn

环保总局, 2003)。该螺在 1980 年前后引入中国台湾、菲律宾和日本, 并迅速扩散到东亚和东南亚其余国家 (Halwart, 1994)。1981 年同样作为食物首先被引入我国广东省, 随后迅速扩散到广西、海南、福建、浙江、上海、江苏等地 (俞晓平等, 2001)。张海涛等 (2016) 运用 MaxEnt 模型得出其潜在适生区的分布北界为 30°N。王奕晨等 (2018) 运用 GARP 模型显示其适生区在我国广泛存在, 主要分布于海南和广东等省份。史云国 (2009) 应用 CLIMEX 模型预测到广东和福建等 9 个省是福寿螺的适生区, 湖北和贵州等 10 个省是福寿螺的潜在适生区。而杨海芳等 (2018) 通过地理分布预测模型的构建推测其在中国的适生区北界能达陕西南部 and 河南省, 甚至山东沿海地区。而刘义满等 (2020) 发现福寿螺种群在我国适生区有明显的北移趋势。甚至周宇等 (2018) 认为福寿螺的北界可至北京及河北部分地区, 只是该区域为低分布区不具备越冬条件。

福寿螺卵块于 2014 年 6 月 12 日即被报道出现在北京紫竹院公园湖面北岸 (张君明等, 2015)。时隔数年北京均无福寿螺的入侵报道。直至 2020 年 10 月 7 日, 在北京温榆河公园莲叶茎上再次发现了疑似福寿螺卵块 (李飞飞等, 2021)。因此, 亟需探究福寿螺在北京市定殖的可能性, 在此基础上提出监测措施, 以期提高北京地区对福寿螺入侵的风险防控能力。本研究根据福寿螺生活史阶段中卵和成螺的发育参数, 结合北京地区气候特征和作物栽种时节, 细致化分析其在周年内的适生及发育危害情况, 全面了解福寿螺在北京地区的适生分布, 对提供科学的防控策略有重要意义。

1 材料与方 法

1.1 分析模型与参数

采用 CLIMEX4.1 对北京地区的福寿螺进行适生性分析。CLIMEX 模型是基于地理气候环境对物种生存的适宜程度的判定, 通过使用物种生长发育的生物学数据运算得到的生态气候指数 (Ecoclimatic Index, EI) 来表示某种特定昆虫在特定地理区域内的潜在适宜性 (王聪等, 2018)。EI 的取值范围为 0~100, 其中 EI 值越大, 表明物种在该地区的适生性越强 (Sutherst *et al.*, 2007)。具体生物学参数值详见表 1。

表 1 福寿螺在 CLIMEX 的相关参数

Table 1 Biological parameters of *Pomacea canaliculate* in CLIMEX

CLIMEX参数 CLIMEX parameters	卵 Egg	幼螺/成螺 Shell
发育起点温度 Limiting low temperature (DV0)	14.0321 周卫川等, 2003	11.4199 周卫川等, 2003
最适发育温度下限 Lower optimum temperature (DV1)	25 刘中丽等, 1991	25 何福林等, 2005
最适发育温度上限 Upper optimum temperature (DV2)	30 刘中丽等, 1991	32 何福林等, 2005
发育上限温度 Limiting high temperature (DV3)	34 刘中丽等, 1991	43 刘艳斌等, 2011
有效积温 Effective accumulated temperature (PDD)	94.8752 周卫川等, 2003	94.8752 周卫川等, 2003
冷胁迫临界 Cold stress temperature threshold (TTCS)	14.03 周卫川等, 2003	11.4199 周卫川等, 2003
热胁迫临界 Heat stress temperature threshold (TTHS)	34 刘中丽等, 1991	43 刘中丽等, 1991
土壤湿度临界下限 Limiting low soil moisture (SM0)	—	0.1 *
最适湿度土壤下限 Lower optimal moisture (SM1)	—	0.2*
最适湿度土壤上限 Upper optimal moisture (SM2)	—	0.7 *
土壤湿度临界上限 Limiting high moisture (SM3)	—	1.0 *

注: *参照 CLIMEX 软件自带的生物模板参数, 括号内为对应参数的来源文献。Biological template parameters of CLIMEX software and their source literature of the corresponding parameters is in parentheses.

1.2 分析方法

对北京地区 17 个气象站点 (海淀, 东西城, 朝阳, 昌平, 大兴, 房山, 丰台, 怀柔, 密云, 上甸子, 平谷, 石景山, 顺义, 通州, 霞云岭, 斋堂和延庆) 全年 365 d 的日最高温、日最低温以及月平均降水量 (国家气象信息中心, <http://www.nmic.cn>) 等气候指标 10 年均值 (目前能得到的最新数据, 2001—2010 年), 将结果组合成一个完整的北京气象站点信息。根据 CLIMEX 软件中气象站点的数据格

式, 在 MetManager 中导入有效数据, 建立较为完善的 365 组北京气候数据库分别进行预测。将输出结果按照全年 12 个月的上、中和下旬进行汇总整理和计算均值, 最后得到卵和成螺在北京全年的适生情况。

2 结果

2.1 卵的适生指数

卵在北京地区的适生时间是 6 月上旬至 8 月下旬 (图 1; 表 2), 此期间均可正常生存和发育。季节性适生力最强的时间是 7 月中旬至 8 月上旬, EI 值在 30~50 之间。其中, 6 月上旬至 7 月中旬引入的卵可以正常孵化, 产生的幼螺可取食植物造成一定危害; 然而 7 月下旬以后引入的卵部分可孵化, 但新孵化的幼螺已无法完成正常发育, 因此在当地不构成危害。

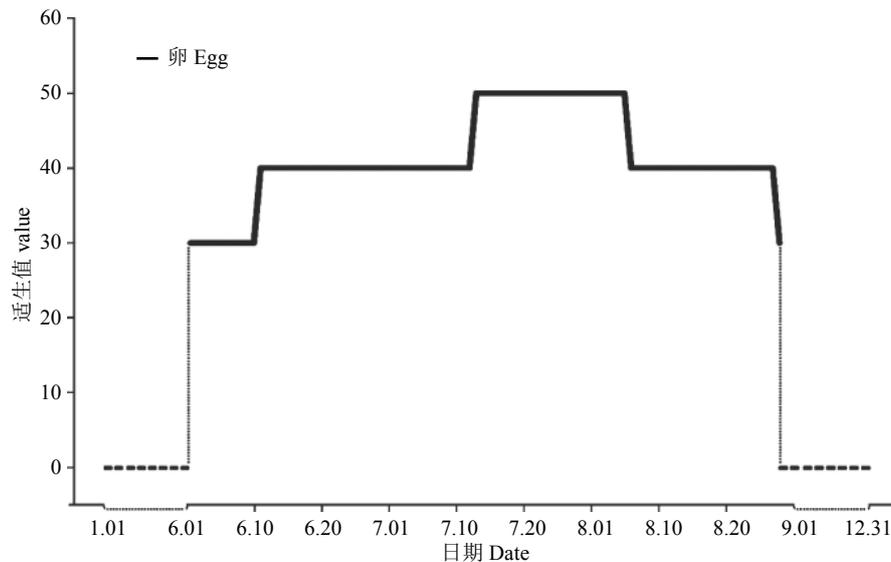


图 1 卵在北京全年的适生值趋势

Fig. 1 The trend of EI value of eggs of the *Pomacea canaliculate* in Beijing

表 2 福寿螺卵和成螺在北京的适生指数

Table 2 Ecoclimatic index of eggs and shell of *Pomacea canaliculate* in Beijing

日期 Date	卵 Egg	成螺 Shell
5月 May	上旬 early	6
	中旬 middle	20
	下旬 late	20
6月 June	上旬 early	40
	中旬 middle	45
	下旬 late	50
7月 July	上旬 early	50
	中旬 middle	48
	下旬 late	46
8月 August	上旬 early	40
	中旬 middle	40
	下旬 late	39
9月 September	上旬 early	30
	中旬 middle	30
	下旬 late	9

2.2 成螺的适生指数

成螺在北京地区的适生时间是5月上旬至9月下旬(图2;表2),此期间都可以正常生存。季节性适生力最强的时间是6月下旬至7月下旬, EI 值在20~50之间。其中,5月上旬至中旬引入的成螺虽能存活但无法正常产卵,而5月下旬至7月下旬引入的成螺可正常产卵、孵化,幼螺及新一代成螺可造成一定危害;7月下旬以后引入的成螺虽可短暂存活并可产卵,但下一代幼螺已无法正常发育。

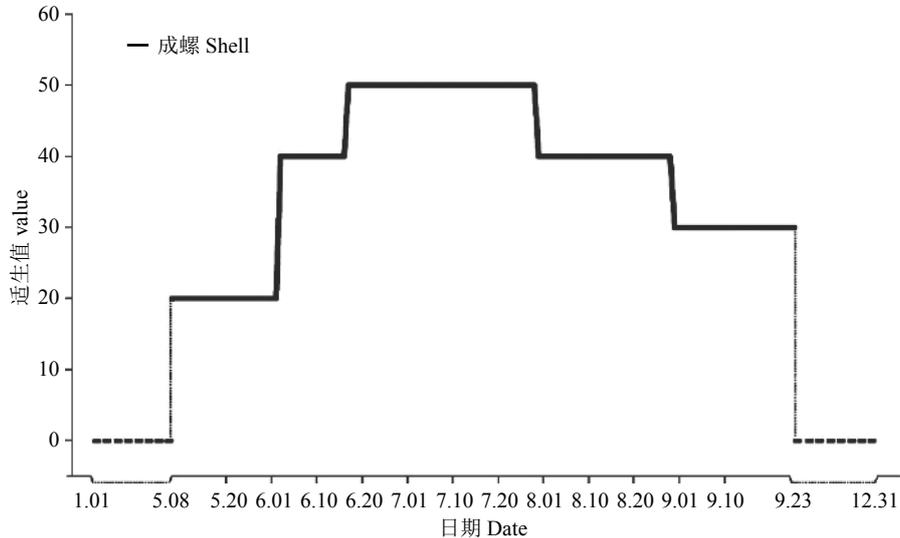


图2 成螺在北京全年的适生值趋势

Fig. 2 The trend of EI value of shells of the *Pomacea canaliculate* in Beijing

2.3 福寿螺的适生性

福寿螺在北京地区不能越冬,但在5—7月份引入可形成季节性入侵生存(表2)。适生能力最强的时间是7月中下旬(图1—2)。福寿螺整个螺期生长发育的积温要高于卵期,满足卵期存活的积温便可进入螺期阶段。本研究显示卵在北京的适生时间要晚于成螺,而成螺的适生时间区间要长于卵,对低温的耐受性也明显强于卵(表2)。若卵在最早的适生时间(6月初)抵达,按北京当地气温需经1—2周孵化,螺期最早会在6月中下旬出现,并开始造成危害。若成螺在能交配产卵并正常孵化的时间(5月末)抵达,依据北京当地气温雌螺受精后经1—5 d产卵,卵期最早出现的时间是6月初,因此螺期危害也可始于6月中下旬。7月中下旬是幼螺向成熟期过渡的时期,因此是北京季节性分布中危害最重的时段。

3 讨论

福寿螺属于热带和亚热带适生的有害生物,入侵我国以来也大多分布在长江以南地区,由于多年的引种驯化和气候变暖使其对低温有了一定的耐受能力(刘中丽等,1991)。根据北京地区的自然条件,福寿螺的适生时间在5—9月份,引入的卵和成螺均可满足在当地危害1次(表2)。福寿螺喜食水稻(*Oryza sativa*)、茭白(*Zizania latifolia*)、莲(*Nelumbo nucifera*)等农作物,成螺通过咀嚼秧苗而使有效穗减少。由于水稻生产需要大量水资源,因此在水源丰富的种植地会造成水稻减产,也会沿河流下游向沿线的支流、农田等生态系统扩散。目前福寿螺出现于北京的朝阳温榆河公园、大兴南宫湿地公园、海淀圆明园、房山小清河和怀柔水库等地,适宜的环境会促进其生长和繁殖,破坏原有的生态系统,给莲藕等一些景观植物带来危害。同时这些景区也是人员分布密集之地,对缺乏危害意识的公众增加了病源传播风险。

根据北京地区的周年气候特点,冬季存在冰冻期(12月至翌年2月),自然条件下福寿螺很难随长江水系扩散至北方,且气候寒冷难以建立种群,因此在北京福寿螺不具备自然越冬的能力。虽不存在入侵失控问题,但季节性适生带来的危害却不可避免。季节性适生是指在特定地理环境中生物无法在一年任何时段均具备生存能力,但可在其中某一或某几时段内具有生存适应性。5月至9月的平均气温在

23℃, 可使福寿螺至少完成1个世代的生长发育(表2), 属于季节性适生。建议从福寿螺适生的源头进行有效控制来减少其危害。在危害盛期(7月中下旬)严格查杀, 针对不同发育期阶段和作物栽种地点差异采取不同的防治措施, 特别是秧苗成长的时候, 需得定时查看、拔除杂草和喷灌农药除掉害螺, 也要特别注意人为携带以及对外贸易过程中福寿螺卵和螺的传播与外运。

公众意识和认知也对福寿螺的分布和传播有重要作用。很多人因福寿螺所代表的“福寿”2字信仰在公园等地放生来祈祷安康, 这就无疑增加了其扩散和传播机会。前些年因食用福寿螺引起的广州管圆线虫病群发性事件, 以及因捕食野生动物而引起的新型肺炎大面积传播, 都无时无刻给人们敲响警钟。爱护环境, 合理放生, 尊重人类与自然和谐是每位公民的责任和义务, 大自然的美好需要我们齐心协力去维护。因此, 科学普及与宣传可以提高公众对福寿螺等有害生物的认知, 从而为其综合防治起到关键性的指导作用。

4 结论

福寿螺在北京地区不能周年生存, 但在春夏季节引入可以造成季节性繁殖和一定的危害, 因此在北京地区不能引入和放生福寿螺。福寿螺不同发育阶段的适生及危害能力有差异, 因此到达入侵地造成的危害也可能不同。建议福寿螺采用季节性适生进行评估和防控, 通过合理适时地播种插秧来控制该有害入侵物种。同时, 提倡政府决策和科学引领, 帮助公众树立人与自然和谐共生的生态理念, 实现生态文明与人类命运共同体的美好愿景。

参考文献

- 董胜张, 白旭, 潘颖瑛, 等. 2010. 温度胁迫对我国不同地理种群福寿螺生长及存活的影响 [J]. 湖北农业科学, 49(11): 2878-2882.
- 国家环保总局. (2003-01-10) [2021-11-25]. 关于发布中国第一批外来入侵物种名单的通知 [EB/OL]. http://www.gov.cn/gongbao/content/2003/content_62285.htm.
- 何福林, 陈才. 2005. 福寿螺生物学特性及人工繁殖 [J]. 中国农村科技, (9): 32-32.
- 李飞飞, 柳晓, 朱金方, 等. 2021. 北京市福寿螺调查溯源与监测策略 [J]. 植物检疫, 35(5): 26-28.
- 刘艳斌, 韩微, 贤振华. 2011. 温度对福寿螺生长发育及摄食的影响 [J]. 南方农业学报, 42(8): 901-905.
- 刘义满, 李长林, 金莉, 等. 2020. 长江上游地区福寿螺北缘分布地区调查 [J]. 长江蔬菜, 1(12): 53-57.
- 刘中丽, 邓根云, 蔡涤华, 等. 1991. 温度对大瓶螺心率与卵孵化速率的影响 [J]. 华北农学报, (1): 112-116.
- 陆庆光, 干海珠. 2001. 世界100种恶性外来入侵生物 [J]. 世界环境, 49(4): 42-43.
- 史云国. 2009. 三种外来有害生物的风险分析及应急控制预案 [D]. 扬州: 扬州大学.
- 王聪, 蔡普默, 仪传冬, 等. 2018. 2007-2017年外来入侵害虫风险评估的文献分析及常用风险评估模型介绍 [J]. 中国农业大学学报, 23(8): 14.
- 王奕晨, 郑鹏, 潘文斌, 等. 2018. 运用GARP生态位模型预测福寿螺在中国的潜在适生区 [J]. 福建农林大学学报, 自然科学版, 47(1): 21-25.
- 杨海芳, 杨姗姗, 王沛, 等. 2018. 福寿螺在中国的潜在地理分布区预测 [J]. 江西农业学报, 30(3): 70-73.
- 杨叶欣, 胡隐昌, 李小慧, 等. 2010. 福寿螺在中国的入侵历史, 扩散规律和危害的调查分析 [J]. 中国农学通报, 26(5): 245-250.
- 俞晓平, 和田节, 李中方, 等. 2001. 稻田福寿螺的发生和治理 [J]. 浙江农业学报, 13(5): 247-252.
- 张海涛, 罗渡, 牟希东, 等. 2016. 应用多个生态位模型预测福寿螺在中国的潜在适生区 [J]. 应用生态学报, 27(4): 1277-1284.
- 张君明, 王兵, 张帆, 等. 2015. 北京野外发现福寿螺 [J]. 蔬菜, 11: 78-80.
- 周卫川, 吴宇芬, 杨佳琪. 2003. 福寿螺在中国的适生性研究 [J]. 福建农业学报, 18(1): 25-28.
- 周宇, 袁雪颖, 杨子轩, 等. 2018. 福寿螺入侵中国的扩散动态及潜在分布 [J]. 湖泊科学, 30(5): 1379-1387.
- Barnes M A, Fordham R K, Burks R L, et al. 2008. Fecundity of the exotic applesnail, *Pomacea insularum* [J]. Journal of the North American Benthological Society, 27(3): 738-745.
- Halwart M. 1994. The golden apple snail *Pomacea canaliculata* in Asian rice farming systems: present impact and future threat [J]. International Journal of Pest Management, 40(2): 199-206.
- Lowe S, Browne M, Boudjelas S, et al. 2000. 100 of the world's worst invasive alien species: a selection from the global invasive species database [J]. Invasive Species Specialists Group, 12: 1-12.
- Sutherst R W, Maywald G A. 2005. Climate model of the red imported fire ant, *Solenopsis invicta* Buren (Hymenoptera: Formicidae): implications for invasion of new regions, particularly Oceania [J]. Environmental Entomology, 34(2): 317-335.
- Teo S S. 2001. Evaluation of different duck varieties for the control of the golden apple snail (*Pomacea canaliculata*) in transplanted and direct seeded rice [J]. Crop Protection, 20(7): 599-604.