

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1787.2021.03.004

我国福寿螺入侵现状和防控研究进展

王蝉娟¹, 宋增福², 鲁 仙¹, 王 玲², 骆 楠², 姚立农³, 张饮江^{1*}

¹上海海洋大学生态与环境学院, 上海 201306; ²上海海洋大学水产与生命学院, 上海 201306;

³浙江省疾病预防控制中心, 浙江 杭州 310051

摘要: 福寿螺原分布于南美洲, 20 世纪 80 年代作为一种水生经济生物引入我国, 后因食味不佳被弃于水生环境, 因其具有繁殖力高、适应性强、食性杂等特点, 在我国多个区域迅速扩散入侵, 已给农业生产、生态系统、人类健康等造成了严重的危害。文章对福寿螺入侵现状进行了深入分析与系统总结, 介绍了现有福寿螺防控技术手段, 重点阐述环境友好型福寿螺防控技术并对其进行研究展望。目前, 针对福寿螺防控实施的多种物理、化学和生物措施, 治理效果不一, 植物源生物控制技术因具有更高效、更经济、对非靶细胞更安全等优点, 成为防治福寿螺的研究热点。然而此类研究多数集中于简单的毒杀效果试验, 较少涉及毒杀机理、生殖系统等。本文旨在为全面了解我国福寿螺入侵现状、防控研究进展提供理论指导, 为进一步探究福寿螺防控技术提供对策与新的思路。

关键词: 福寿螺; 生物入侵; 防控对策; 生态安全



开放科学标识码
(OSID 码)

The invasion and control of *Pomacea canaliculata* in China

WANG Chanjuan¹, SONG Zengfu¹, LU Xian¹, WANG Ling², LUO Nan², YAO Linong³, ZHANG Yinjiang^{1*}

¹College of Marine Ecology and Environment, Shanghai Ocean University, Shanghai, 201306, China;

²College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai, 201306, China;

³Zhejiang Provincial Center for Disease Control and Prevention, Hangzhou, Zhejiang 310051, China

Abstract: *Pomacea canaliculata* is native to South America. In the 1980s, it was introduced into China as potential candidate for aquaculture. Because of its poor taste, it was later released into aquatic environments. As a result of its high fecundity, strong adaptability, and broad diet, *P. canaliculata* has rapidly spread and invaded many regions of China, causing serious harm to agricultural production, ecosystems, and human health. In this study, the current status of *P. canaliculata* in China was analyzed and systematically summarized. The existing prevention and control strategies for *P. canaliculata* are also discussed, environmentally friendly methods for its prevention and control are emphasized, and suggested future research prospects are presented. At present, a variety of physical, chemical, and biological measures, with different control effects on *P. canaliculata*, are used. Plant-derived control has become a hot research topic because of its advantages over other methods, including higher efficiency, more cost-effectiveness, and greater ecological safety against non-targets. However, studies of biological control measures tend to focus on simple toxicity tests, with fewer tests related to the mechanisms of toxicity and effects on reproduction. The purpose of this study was to provide a comprehensive review of the current situation regarding *P. canaliculata* invasion in China, the research progress on its prevention and control, and theoretical guidance for improved control, with an aim to provide potential countermeasures and novel ideas for furthering the prevention and control of *P. canaliculata*.

Key words: *Pomacea canaliculata*; biological invasion; prevention and control measures; ecological safety

1 福寿螺入侵现状

福寿螺 *Pomacea canaliculata* (Lamarck) 是产自

南美洲亚马逊河流域的一种大型淡水螺, 属中腹足目瓶螺科。因其含有丰富的蛋白质及很高的营养

收稿日期(Received): 2020-11-29 接受日期(Accepted): 2021-01-05
基金项目: 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2013ZX07101014-004); 重庆市教育委员会科学技术研究项目(KJQN201803811)
作者简介: 王蝉娟, 女, 硕士研究生。研究方向: 外来种入侵机制。E-mail: 2665435297@qq.com
* 通信作者(Corresponding author), E-mail: yjzhang@shou.edu.cn

成分,1980年作为一种水生经济生物引入我国广东、福建、上海等地(陈岚等,2004;杨叶欣等,2010),后因其口味不佳被弃养而迅速扩散到稻田、茭白田等水体环境(Teo,2001)。福寿螺有很高的繁殖能力,每年可多次交配、多次产卵,一只成年雌螺每年产卵超过325000个(梁碧霞,2019;Xiao,2018)。由于适应性极强、食性广泛,福寿螺已在我国多个省份形成暴发式入侵,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危害。2000年,福寿螺被外来入侵物种专家委员会列为世界100种恶性外来入侵物种之一(陆庆光和于海珠,2001)。2003年3月,原国家环境保护总局也将福寿螺列入首批入侵中国的16种外来物种名单(缪绅裕和李冬梅,2003)。

福寿螺原产地以种植小麦 *Triticum aestivum* L.、大豆 *Glycine max* (Linn.) Merr.等旱生作物为主,水稻 *Oryza sativa* L.不是主要作物,在环境和天敌的联合作用下,福寿螺不危害原产地作物。被引入我国后,由于缺乏天敌,且福寿螺又喜食水稻、茭白 *Zizania latifolia* (Griseb.) Stapf、菱角 *Trapa bispinosa* Roxb.等水生植物,加上生长环境适宜,在我国迅速扩散(李小慧等,2009)。广东省受福寿螺危害最严重,该虫几乎遍布全省(何铭谦等,2011;吴睿珊等,2017);浙江、福建、云南的多个县市受害也较重(刀学琼等,2014;刘令初等,2008;张泽宏等,2014)。在稻田发生区,其种群密度可达17只·m⁻²,水稻受害株率严重时可超过60%(梁碧霞,2019)。同时,福寿螺是引起人类嗜酸性粒细胞性脑膜炎的广州管圆线虫 *Angiostrongylus cantonensis* (Chen)的主要中间宿主,一只福寿螺体内寄生的广州管圆线幼虫达6000多条,人类由于食用未充分煮熟的福寿螺而感染广州管圆线幼虫(Xiao,2018)。1919—2011年,我国共报道73例感染病例,其中上海、广东、福建的发病率较高(Gao,2014)。此外,由于福寿螺在水体繁殖速度快,其排泄物污染水体,降低了水中溶氧含量,影响水生生物多样性和水体环境(陶红群等,2005;章家恩和方丽,2008)。因此,全面了解我国福寿螺入侵现状、防控策略及研究状况,能及时清除福寿螺、尽快遏制其快速蔓延趋势,对于保障我国生态安全、农业生产、食品安全、环境质量、公共卫生安全及人类健康等具有深远意义与学术价值。

2 福寿螺研究现状

2.1 环境因子

福寿螺受水体理化性质、栖息地结构、生长因子等多个因素的影响。研究表明,温度对福寿螺的繁殖、生长、摄食等生命活动有较大影响:温度过低,福寿螺生长缓慢,摄食活动也逐渐停止,并渐渐进入休眠状态;温度过高,其生长率及摄食量均与温度呈反比关系(刘艳斌等,2011)。水深作为福寿螺生长的重要影响因子,会影响福寿螺的存活率,水位过深或过浅均不利于福寿螺的生存。福寿螺主要生活在水深50 cm以下的浅水区域(Burlakova et al.,2010)。在日本,当水位高于50 cm时,福寿螺种群数会迅速减少(Ichinose et al.,2002);而夏威夷的福寿螺更适应水深30 cm以下的水环境,当水深超过0 cm时,福寿螺分布较少(Levin et al.,2006)。光周期对福寿螺也有较大影响,黑暗度很高时,福寿螺的生长发育会受到严重抑制,且繁殖能力也降低。虽然福寿螺对外界环境具有很强的自我调节能力,但环境酸碱性强,会严重影响其生长、繁殖等,当食物缺乏时,抑制效果更强(朱丽霞等,2015)。在盐胁迫环境下,福寿螺的耗氧率、排氮率均存在显著差异,高盐度胁迫下其氧氮比明显下降(刘鹏远等,2020)。福寿螺作为一种外来入侵生物,对环境的强适应性在其迅速入侵扩散进程中起着非常重要的作用,所以应深入分析福寿螺的分布扩散、繁殖生长的主要因素。

2.2 分子技术

福寿螺属形态相似种较多,是瓶螺科中最难鉴定的一个属(冉甄,2019),可通过卵的颜色、螺壳外形及颜色等特征进行形态鉴别。然而,受其食物来源、卵发育期、环境因子等因素影响,即使同一个种卵的颜色、螺外形也会发生变异,造成鉴定困难(周晓农等,2009)。分子生物学技术具有快速、精准、易操作等优点,可利用线粒体基因12S rDNA、16S rDNA和COI对福寿螺进行种类鉴定(Rawlings et al.,2007)。徐建荣等(2009)通过对福寿螺地理群体进行遗传多样性分析表明,福寿螺具有较高的遗传多样性,因此,福寿螺具有很强的环境变化适应能力,也进一步揭示了福寿螺迅速入侵的本质。张苍林等(2019)、Matuskura et al.(2008)对福寿螺COI基因序列单核苷酸多态性进行分析,发现了小管福寿螺 *P. canaliculata* 和孤岛福寿螺 *P. insula-*

rum, 并建立可快速区分小管福寿螺和斑点福寿螺 *P. maculata* 的多重 PCR 技术。

3 福寿螺防治技术

3.1 物理、化学防治

对于福寿螺, 一般采用投放杀螺胺、氯硝柳胺、四聚乙醇等杀螺剂进行化学防治, 虽然此法效果较明显, 但若使用不当, 易造成严重的环境污染, 且会导致福寿螺产生抗药性(陈岚等, 2004); 同时会危害到其他生物, 影响生物多样性与生态环境。物理方法主要为前期创造福寿螺产卵场所, 然后进行人工捡螺, 摘除卵, 再集中进行销毁, 因福寿螺繁殖速度快, 此防控方法需持续进行, 因而人工成本高、时效性差, 且福寿螺及其卵块易随水流传播, 从而加大了防治难度(唐韵, 2005)。

3.2 生物防治

生物方法主要通过“食物链”规则, 利用福寿螺螺肉含有丰富的蛋白质和微量元素、营养成分高的特点, 在福寿螺发生区放养鸭、鱼、蟹等(李云明, 2007)。此法虽然能有效减少福寿螺造成的损失, 但需要严格控制家禽放养数量, 避免污染水环境, 且多数禽类不爱吃福寿螺。另外, 可利用夹竹桃 *Nerium oleander* L.、木荷 *Schima superba* Gardn. et Champ.、剑麻 *Agave sisalana* Perr. ex Engelm. 等植物的药用功能或毒性防治福寿螺(刘芳等, 2015; 宋春秀等, 2010; 王志高等, 2011)。

3.3 植物源灭螺剂

植物源灭螺剂具有对环境生态友好、非靶标安全、来源广泛、成本低等特点, 已成为防治福寿螺新的研究切入点。研发植物提取物作为新型灭螺剂应运而生, 配合必要的生物、农业措施, 将是我国未来防治福寿螺的重要途径。Archibald(1933)研究表明, 果实提取物具有显著杀螺效果。目前, 超过 1000 种植物已被试验其灭螺活性(Baptista *et al.*, 1994)。周兵等(2011)研究了血水草 *Eomecon chionantha* Hance 提取物对福寿螺的杀螺效果, 结果表明, 血水草提取物对福寿螺卵的孵化有抑制作用, 血水草不同溶剂提取液对福寿螺幼螺、成螺均有一定的毒杀作用。李林峰等(2012)发现, 麻提取物对福寿螺有一定的毒杀效果, 且影响福寿螺肝脏组织的酶活性。

由于同一植物的根、果实、种子等不同部位的提取物灭螺活性不同(Baptist *et al.*, 1994), 目前, 植

物灭螺剂的制备主要用不同溶剂提取植物各部位的灭螺活性成分, 较少研究植物中何种成分起主要作用, 更有研究提取物对福寿螺体内的酶、丙二醛、生殖系统及其靶标器官的影响, 以及探究植物灭螺剂毒杀作用机制等。因此, 深入探究植物杀螺剂的灭螺机理, 找到作用有效成分是未来研究的重点方向, 并且应深入研发高效制备工艺与安全利用技术, 研发复合型植物源绿色农药, 并对生态环境安全性进行评价。

4 福寿螺防控存在的问题及对策

4.1 存在问题

4.1.1 缺乏针对福寿螺防控的预测机制 我国拥有众多的海岸线及江河入海口, 特殊的河口地理位置形成了从淡水到海水的环境过渡区域, 为福寿螺的跨盐度传播提供了天然环境。盐度胁迫实验表明, 福寿螺有逐步适应盐度的生理基础和特性, 为福寿螺的扩散提供了生理条件。目前, 淡水区域已经被福寿螺入侵, 并形成了扩散的态势, 给农业生产、生态景观以及公共卫生安全造成了严重危害。但是, 目前有关福寿螺在咸淡水环境中的分布缺乏科学资料, 对其从淡水环境-半咸水环境-海水环境的扩散的潜在风险认识不充分, 也未见研究其潜在风险的评估资料。

4.1.2 缺乏有效的生态防控技术 虽然有少量关于福寿螺的生物防控技术应用报道, 但是由于对福寿螺自身的生物学规律与生态学特征的认识不足, 以及缺乏生物防控系统性的研究, 福寿螺的生态防控技术缺乏系统的集成与创新, 防控效果不理想, 造成年年防控、年年扩散的被动局面。

4.1.3 缺乏有效的绿色防控机制 绿色防控机制是福寿螺防控的重要手段, 但目前研究不够成熟, 推广应用范围小, 缺乏对环境的安全风险评价。因此, 需要加大对福寿螺扩散环境条件、扩散途径及其风险性进行科学评估的力度, 并加强绿色生态防控技术的研究。

4.2 防控策略与防控思路

(1) 福寿螺具有随水漂流迁移的特性。如在整个大江大河流域、山区小流域、平原河网地区发生福寿螺的扩散与蔓延, 难以有效防控。必须以大江大河上游-中游-下游地区为纽带, 以小流域为单元, 对福寿螺进行协同防控, 避免福寿螺通过河网、沟渠、洪涝等随水流进行大范围、远距离迁移。加

强未发生区域的检疫监控和河道拦截,严格把好农田灌溉和河道开闸上进水关,采取设置拦截网等措施,避免因灌溉或进水时外河中的福寿螺进入。

(2)福寿螺属于淡水软体动物,可耐受一定盐度,耗氧率、排氮率及氧氮比的变化是反映螺类呼吸代谢水平的重要指标,反映了盐水环境对螺类正常生命活动的影响程度,开展福寿螺对盐度胁迫的生理生态响应研究,将有助于掌握福寿螺向盐水环境的扩散能力,可为防控福寿螺向半咸水生境入侵扩散提供早期预警及防控依据。不同个体大小福寿螺对盐胁迫的响应差异,可为进一步研究其向半盐水区扩散机制、种群扩增策略、风险评估和早期防控提供参考。

(3)推进筛选适宜于不同土地生境下高效防控福寿螺的专一性或非专一性天敌物种;研发生产天敌释放的信息素、分泌物、干扰素等化学物质;开展多种天敌在福寿螺防控中的组合应用,以及天敌防控与其他环境友好型技术的组合性应用研究。

(4)将生态治理放在首位,避免二次污染。遵循“防除并举,综合防治”的策略,加强水环境中的福寿螺防控,在保障农产品安全生产和水生态环境安全的前提下,将农业栽培与耕作防治技术、生态防控技术与物化防治技术有机结合,开展“多管齐下”的研究与实践,以提高持续、高效的防控效果。

(5)针对不同发生区域,因地制宜、分类施策开展防治,加强河道、沟渠、农田等地的防控。在危害严重地区,做好定期监测和预测工作;在数量较少的季节和地区,也应加强监测和防治,从薄弱处着手,严防危害;在农田以外的淡水生境要进行全面防范,在引水入田前进行灭螺处理;对池塘、水沟等与农田紧密相连且适宜福寿螺繁殖的生境,应加强防控力度。

(6)加强公众参与意识。对福寿螺的形态特征、危害性进行科普宣传;福寿螺发生地区,做到不吃生或半生的福寿螺;制定防控方案,发动宣传,开展群防群治、联防联控,发放补助奖励给主动采集福寿螺卵的市民;当地政府、科学工作者、民众等多方面积极参与,严格管理,划分管理区域,各司其职,协同合作。

参考文献

陈岚,朱传方,丁昌春,2004.杀螺剂的研究状况及发展趋

向.农药,43(10):12-14,20.

刀学琼,孙涛,邓才明,罗晓荣,周外,杨太源,2014.云南省福寿螺发生规律及其防治措施.中国植保导刊,34(6):32-35.

何铭谦,罗明珠,章家恩,宋春秀,2011.广东福寿螺暴发危害状况调查及防治对策.贵州农业科学,39(1):100-104.

李林峰,徐武兵,钟秋华,章家恩,罗明珠,赵本良,秦钟,2012.剑麻提取物对福寿螺的毒理效应.中国生态农业学报,20(1):69-74.

李慧,胡隐昌,宋红梅,王培欣,汪学杰,牟希东,刘超,罗建仁,2009.中国福寿螺的入侵现状及防治方法研究进展.中国农学通报,25(14):229-232.

李云明,2007.早稻本田期福寿螺的发生规律及防治对策.现代农业科技(16):84.

梁碧霞,2019.广西三个地区不同生境福寿螺繁殖力研究.硕士学位论文.桂林:广西师范大学.

刘芳,吴三林,缪静,张吉林,刘超,2015.四种植物水浸提液对福寿螺的毒杀效果.湖北农业科学,54(19):4734-4736,4739.

刘令初,陈财荣,赖江,张作忠,王良友,2008.浙江省台州市福寿螺分布和广州管圆线虫感染调查.疾病监测,23(12):770-771.

刘鹏远,张春霞,赵本良,章家恩,2020.盐胁迫对福寿螺耗氧率和排氮率的影响.中国生态农业学报,28(7):1072-1078.

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.南方农业学报,42(8):901-905.

陆庆光,干海珠,2001.世界100种恶性外来入侵生物.世界环境(4):42-43,49.

缪绅裕,李冬梅,2003.广东外来入侵物种的生态危害与防治对策.广州大学学报(自然科学版),2(5):414-418.

冉甄,2019.基于线粒体COI基因对云南省不同水系外来入侵生物福寿螺的系统发育学研究.硕士学位论文.昆明:昆明医科大学.

宋春秀,章家恩,罗明珠,赵本良,何铭谦,2010.薇甘菊浸提液对福寿螺主要器官组织损伤的扫描电镜观察.生态环境学报,19(8):1876-1880.

孙玉芳,李垚奎,杜靖文,2016.广西桂林:防控危害外来物种福寿螺有“诀窍”.中国农村科技(7):76-79.

唐韵,2005.杀软体动物新特农药发展概况.农药市场信息(19):21-22.

陶红群,贾滨洋,张峰瑜,王晓春,2005.成都市境内外来物种福寿螺的危害现状调查及防治措施分析.四川环境(3):108-110.

王维专,陈伟平,1993.贝螺杀防治福寿螺的研究.植物保护,19(5):22-23.

- 王志高, 谭济才, 刘军, 2011. 空心莲子草皂素毒杀福寿螺的试验研究. *上海农业学报*, 27(1): 80–83.
- 吴睿珊, 章家恩, 罗颢, 邓智心, 赵本良, 罗明珠, 2017. 广东省 1997—2013 年农田螺害发生与防治状况分析. *生态科学*, 36(3): 52–60.
- 徐建荣, 韩晓磊, 李宁, 郁建锋, 钱春花, 包振民, 2009. 福寿螺 3 个地理群体遗传多样性的 AFLP 分析. *生态学报*, 29(8): 4119–4126.
- 杨叶欣, 胡隐昌, 李小慧, 汪学杰, 牟希东, 宋红梅, 王培欣, 刘超, 罗建仁, 2010. 福寿螺在中国的入侵历史、扩散规律和危害的调查分析. *中国农学通报*, 26(5): 245–250.
- 张苍林, 保雪莹, 彭佳, 字金荣, 冉甄, 卢娜, 杨亚明, 2019. 云南省西南地区福寿螺 COI 基因序列单核苷酸多态性分析. *中国寄生虫学与寄生虫病杂志*, 37(1): 75–80, 86.
- 张泽宏, 朱丽霞, 胡俊西, 章家恩, 2014. 福寿螺在福建省不同地区的分布、危害及防治. *江苏农业科学*, 42(7): 136–140.
- 章家恩, 方丽, 2008. 关于我国农田福寿螺生物入侵需要加以研究的生态学问题. *中国生态农业学报*, 16(6): 1585–1589.
- 周兵, 邹有, 闫小红, 刘名信, 钟娟, 蒋平, 2011. 血水草提取物对福寿螺的杀螺效果. *湖北农业科学*, 50(7): 1390–1393.
- 周晓农, 张仪, 吕山, 2009. “福寿螺”学名中译名的探讨. *中国寄生虫学与寄生虫病杂志*, 27(1): 62–64.
- 朱丽霞, 黄瑶瑶, 张泽宏, 胡俊西, 陈惠萍, 章家恩, 2015. pH、食物和光周期对福寿螺生长发育和繁殖的影响. *生态学报*, 35(8): 2643–2651.
- 杨叶欣, 胡隐昌, 李小慧, 汪学杰, 牟希东, 宋红梅, 王培欣, 刘超, 罗建仁, 2010. 福寿螺在中国的入侵历史、扩散规律和危害的调查分析. *中国农学通报*, 26(5): 245–250.
- ARCHIBALD R G, 1933. The use of the fruit of the tree *Balanites gyptiaca* in the control of schistosomiasis in the Sudan. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 27(2): 207–210.
- BAPTISTA D F, VASCONCELLOS M C, LOPES F E, SILVA I P, SCHALL V T, 1994. Perspectives of using *Euphorbia splendens* as a molluscicide in schistosomiasis control programs. *Southeast Asian Journal of Tropical Medicine & Public Health*, 25(3): 419.
- BURLAKOVA L E, PADILLA D K, KARATAYEV A Y, HOLLAS D N, NICHOL K D, 2010. Differences in population dynamics and potential impacts of a freshwater invader driven by temporal habitat stability. *Biological Invasions*, 12(4): 927–941.
- DOS SANTOS A F, SANT A A E G, 2001. Molluscicidal properties of some species of *annona*. *Phyomedicine*, 8(2): 115–120.
- GAO S T, 2014. Epidemiology, clinical picture, diagnosis and treatment of gnathostomiasis. *Chinese Medical Sciences Journal*, 14: 1136–1139.
- ICHINOSE K, TOCHIHARA M, WADA T, SUGUIURA N, YUSA Y, 2002. Influence of common carp on apple snail in a rice field evaluated by a predator-prey logistic model. *Pans Pest Articles & News Summaries*, 48(2): 133–138.
- LEVIN P, COWIE R H, TAYLOR J M, HAYES K A, BURNETT K M, FERGUSON C A, JOSHI R C, 2006. Apple snail invasions and the slow road to control: ecological, economic, agricultural, and cultural perspectives in Hawaii // JOSHI R C, SEBASTIAN L S, JOSHI R C, SEBASTIAN L S. *Global advances in ecology and management of golden apple snails*. Nueva Ecija: Philippine Rice Research Institute: 325–335.
- MATUSKURA K, OKUDA M, KUBOTA K, WADA T, 2008. Genetic divergence of the genus *Pomacea* (Gastropoda: Ampullariidae) distributed in Japan, and a simple molecular method to distinguish *P. canaliculata* and *P. insularum*. *Applied Entomology & Zoology*, 43(4): 535–540.
- RAWLINGS T A, HAYES K A, COWIE R H, COLLINS T M, 2007. The identity, distribution, and impacts of nonnative apple snails in the continental United States. *BMC Evolutionary Biology*, 7(1): 97.
- 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. *Crop Protection*, 20(7): 599–604.
- XIAO S, ZHENXING W, LILING L, ZHHENGRONG Z, 2018. Molluscicidal activity of *Solidago canadensis* L. extracts on the snail *Pomacea canaliculata* Lam. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 149: 104–112.

(责任编辑:郭莹)