

温度对福寿螺生长发育及摄食的影响

刘艳斌, 韩 微, 贤振华*

(广西大学农学院, 南宁 530005)

摘要:【目的】探讨温度对福寿螺生长、发育、繁殖和取食的影响,找出其种群繁衍的最适宜温度,为研究福寿螺成灾机理及灾害预警积累基础材料。【方法】在不同温度条件下饲养不同发育阶段的福寿螺,考查其存活率、生长发育速度、产卵量及摄食量。【结果】幼螺及成螺在15~20℃中存活率最高,达90%以上;幼螺体重增加率、成螺产卵量、卵孵化率均以30℃饲养的最高;幼螺的平均最大摄食率在30℃时最高,成螺则在35℃时最高;福寿螺卵的发育起点温度为14.19℃,有效积温为137.41℃·d。【结论】30℃为福寿螺生长、发育及繁殖的最适宜温度。

关键词: 福寿螺; 温度; 生长发育; 摄食率

中图分类号:S435.115

文献标识码:A

文章编号:2095-1191(2011)08-0901-05

Effect of different temperatures on growth, development and feeding of *Pomacea canaliculata*

LIU Yan-bin, HAN Wei, XIAN Zhen-hua*

(Agricultural College, Guangxi University, Nanning 530005, China)

Abstract:【Objective】The present experiment was conducted to study the effect of temperature on growth, development, reproduction and feeding behaviour of *Pomacea canaliculata* in order to find out a suitable temperature for its population reproduction, and specially to investigate its growth and development mechanism to deal with disastrous conditions caused by it.【Method】The survival and growth rate, egg production and food intake of *P. canaliculata* were investigated by raising them under various temperature conditions at different developmental stages.【Result】The young and adult *P. canaliculata* attained highest survival rate (over 90%) at 15–20℃, the body weight increment rate of young *P. canaliculata*, egg production quantity and rate of egg hatching reached the highest at 30℃. The average maximum food intake level of young and adult *P. canaliculata* was found highest at 30 and 35℃, respectively. The threshold temperature for development of eggs was 14.19℃, and the effective accumulated temperature was 137.41℃·d.【Conclusion】The results revealed that 30℃ was the best temperature for the growth, development and reproduction of *P. canaliculata*.

Key words: *Pomacea canaliculata*; temperature; growth and development; average maximum ration level

0 引言

【研究意义】福寿螺(*Pomacea canaliculata*)是一种热带淡水螺类软体动物,分布在南美洲、非洲和亚洲的热带地区,别名雪螺、大瓶螺、苹果螺、金宝螺,属于中腹足目(Mesogastropoda)瓶螺科(Ampullariidae)瓶螺属(*Pomacea*)。自从1981年福寿螺被引入我国大陆以来,南方各省稻田深受其害,尤其是对水稻秧苗期的危害甚大,暴发时可造成90%以上的产量损失甚至绝收,已被列为我国南方主要水生农作物的重要有害生物。2003年3月,福寿螺被国家环保总局列为首批入侵我国的16种“危害最大的外来入侵物种之

一”(李振宇和解焱,2002;徐汝梅和叶万挥,2003)。近10多年来,有关学者在不断地研究、探索稻田福寿螺的防控技术措施,但其危害仍在蔓延,严重威胁水稻生产。因此,深入研究福寿螺的灾变机理,对控制福寿螺的蔓延危害具有重要意义。【前人研究进展】前人对福寿螺的研究主要集中于生物学、生态学特性、人工养殖技术、对水稻的为害及其防控技术等方面(杨代勤等,1994;冯伟明,1994;陈玉托等,1996;尹绍武等,2000;俞晓平等,2001;Cowie,2002;贤振华等,2009)。在温度对福寿螺的影响方面,主要研究了温度对福寿螺发育历期的影响及福寿螺对温度的耐

收稿日期:2011-03-27

基金项目:科技部科技服务企业专项项目(2009GJE10049);广西科技攻关项目(桂科攻0779010)

作者简介:刘艳斌(1987-),女,河南扶沟人,硕士研究生,研究方向为农业昆虫与害虫防治。*为通信作者,E-mail:xianzhz@gxu.edu.cn

受能力(Estebenet and Cazzaniga, 1992; 李承龄, 1995; 傅先源和王洪全, 1999; 潘颖瑛等, 2008), 并根据福寿螺对温度的适应能力, 分析其分布及适生范围等(周卫川等, 2003)。【本研究切入点】目前, 从成灾条件和灾害程度的角度研究温度对福寿螺的影响报道较少。温度是影响福寿螺生存及种群繁衍的重要因素之一, 研究温度对其取食及生长、发育、繁殖的影响, 可以掌握稻田福寿螺种群发生数量与温度的关系, 为稻田福寿螺灾害预警提供依据。【拟解决的关键问题】通过考查不同温度对福寿螺生存、发育、繁殖和摄食的影响, 明确适合福寿螺生存、发育、繁殖及摄食的最佳温度, 为福寿螺成灾机理研究及灾害预警提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试螺源从广西大学农场水稻田采集, 在实验室25~30℃条件下用红薯叶进行继代饲养, 获得试验所需的福寿螺卵及不同发育阶段的福寿螺。

1.2 饲养环境

在室内利用光照培养箱进行饲养。培养箱统一光周期为L:D=10:14, 光照强度约3000 lx。

1.3 温度对福寿螺卵孵化的影响试验

选取新鲜福寿螺卵于大口玻璃瓶内, 并置于水面以上5 cm的铁丝网上, 每瓶放置1块卵, 然后将玻璃瓶置于不同温度的培养箱中, 分别设15、20、25、30、35℃ 5个温度处理, 每处理5次重复。每天观察记录孵化出的螺苗数, 直到30 d后未能孵出螺苗的卵粒视为死亡。根据孵出的螺苗数和供试卵块总卵粒数, 计算孵化率。

1.4 温度对福寿螺幼螺生长发育的影响考查

选择平均体重为 2.5 ± 0.2 g的幼螺为供试螺。把供试螺置于塑料小桶内(10只/桶)加入适量清水, 以红薯叶为饲料, 桶口加盖纱网防福寿螺逃逸, 然后置于不同温度的培养箱中饲养。分别设15、20、25、30、35、40℃ 6个温度处理, 每处理3次重复。两天换一次水, 根据取食情况添加饲料, 每5 d观察记录死亡的福寿螺数, 同时对各处理福寿螺称重, 直至供试螺全部死亡或30 d后为止。根据存活螺数计算供试福寿螺在不同温度中的死亡速率和存活率, 根据以下公式计算螺重增长率。

$$\text{螺重增长率}(\%) = (W_2 - W_1) / W_1 \times 100$$

式中, W_1 、 W_2 分别表示福寿螺试验前后的体重, 即初始体重和终体重。

1.5 温度对福寿螺成螺体重及产卵量的影响考查

选择性腺发育成熟、开始交配、平均体重为 7.8 ± 0.3 g的福寿螺, 按雌:雄=1:1的比例置于塑料小桶内, 10只/桶, 3次重复。饲养方法、温度设置、存活率、体重增长率考查同1.4。每天观察记录各桶福寿螺的产卵量, 直至供试螺全部死亡或30 d后为止。

1.6 温度对福寿螺取食行为影响考查及摄食率测定

分别测定幼螺及成螺在5、10、12、15、20、25、30、35、40、43、45℃共11个温度中的摄食量。试验中以桶为单位, 10只/桶, 以红薯叶为饲料, 视摄食情况添加饲料, 每次投入的饲料均经过称重, 以5 d为一个时段, 把剩余的饲料取出称重后弃除另加新鲜饲料, 连续考查至供试螺全部死亡或30 d后为止。参照郭学武和唐启升(2004)的方法计算福寿螺最大摄食率。

$$\text{最大摄食率}(\%) = \frac{F}{(W_1 + W_2) \times t / 2} \times 100$$

式中, W_1 、 W_2 分别为福寿螺试验前后的体重, 即初始体重和终体重; t 为试验天数; F 为试验期间的总摄食量。

1.7 福寿螺卵的发育起点温度及有效积温测定

在考查不同温度对福寿螺卵孵化率影响的同时, 记录不同温度处理下卵的发育历期。根据以下公式计算福寿螺卵的发育起点温度和有效积温。

$$C = \frac{\sum V^2 \cdot \sum T - \sum V \cdot \sum VT}{n \cdot \sum V^2 - (\sum V)^2}$$

$$K = \frac{n \cdot \sum VT - \sum V \cdot \sum T}{n \cdot \sum V^2 - (\sum V)^2}$$

式中, C 为发育起点温度, K 为有效积温, V 为发育速率(发育历期的倒数), T 为发育期间的温度, n 为试验组数。

2 结果与分析

2.1 温度对福寿螺卵孵化率的影响

室内测定结果表明(图1), 在温度低于15℃及大于35℃时, 福寿螺卵均不能正常孵化出幼螺。在低于15℃时, 福寿螺卵壳长时间不变色, 捏碎有红色的液体流出, 无法发育形成幼螺; 而在大于35℃时, 福寿螺卵变白, 卵块内部可见成形的幼螺, 但未能破壳孵出, 即使人为助其破壳也无法存活。在15~35℃时, 福寿螺卵均能孵化, 以30℃时孵化率最高, 达80.5%, 说明30℃左右最适宜福寿螺卵的发育及孵化。

2.2 温度对福寿螺生长发育的影响

2.2.1 不同温度处理对福寿螺存活率的影响 不同温度下饲养的福寿螺存活率高低次序, 幼螺为: 20℃ > 15℃ > 35℃ > 30℃ > 25℃ > 40℃(图2); 成螺为: 20℃ = 15℃ > 25℃ > 35℃ > 30℃ > 40℃(图3)。

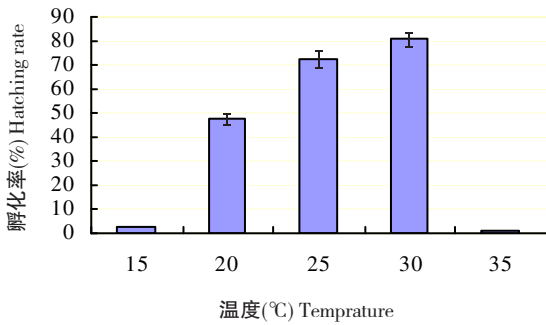


图1 不同温度处理对福寿螺卵孵化率的影响
Fig.1 Effect of different temperatures on rate of egg hatching in *Pomacea canaliculata*

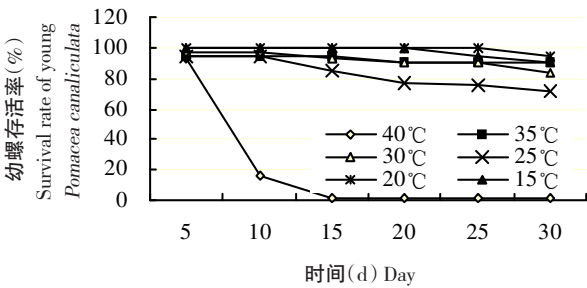


图2 不同温度下饲养的福寿螺幼螺存活率
Fig.2 Effect of different temperatures on survival rate of young *Pomacea canaliculata*

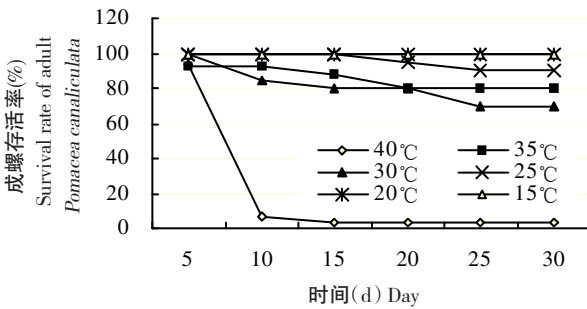


图3 不同温度下饲养的福寿螺成螺存活率
Fig.3 Effect of different temperatures on survival rate of adult *Pomacea canaliculata*

从图2、图3可以看出,40℃下饲养福寿螺10 d,幼螺和成螺的存活率均低于15%,饲养15 d后,存活率均低于5%,而且成螺死亡的速度比幼螺更快一些;在30~35℃,成螺存活率也低于幼螺,因此,可以认为幼螺耐高温能力比成螺稍强。福寿螺在15~35℃饲养30 d后,无论幼螺还是成螺,存活率均达70%以上,其中15~20℃时饲养30 d后的福寿螺存活率达90%以上,但其活动力较弱,摄食量较少,生长发育很慢;而在25~35℃下饲养均能正常生长发育。

2.2.2 不同温度处理对福寿螺生长速度的影响 在不同温度下饲养的福寿螺幼螺,其体重增长率高低次序为:30℃>35℃>25℃>40℃>20℃>15℃(图4),其中以在30℃条件下饲养的福寿螺体重增加最大,30 d后螺重增长率达347.58%,极显著高于其他温度处

理,是35℃的3.26倍,是15℃的54.43倍;而在15~20℃中饲养30 d的福寿螺体重增加率仅为6.4%~10.4%。

福寿螺成螺体重受雌性成螺产卵的影响较明显,每次产卵后成螺体重明显下降,在30℃下饲养的福寿螺雌螺产卵比较多且频繁,因此其体重呈现负增长的现象;在15~20℃下,由于福寿螺摄食量较小,需要消耗体内营养物质以维持正常生理代谢,其体重也呈降低趋势;在25、35、40℃下饲养的福寿螺成螺体重有所增加(图4)。

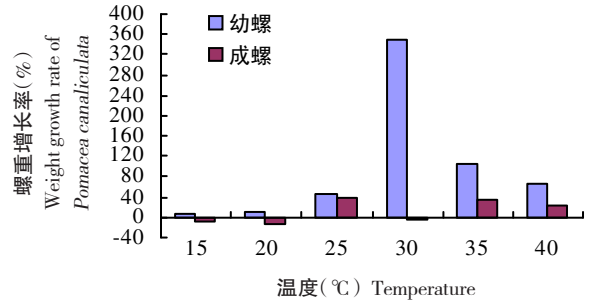


图4 不同温度条件下福寿螺饲养30 d后的螺重增长率
Fig.4 Effect of different temperatures on body weight increment rate of *Pomacea canaliculata* after thirty days of breeding

不同温度条件下福寿螺幼螺的生长速度(螺重增长率)变化明显,在25~40℃下,幼螺体重均出现持续增长的态势,以30℃时的螺重增长最快,且其螺重增长率显著大于其他温度处理;而在15~20℃下饲养,幼螺体重增长非常缓慢(图5)。

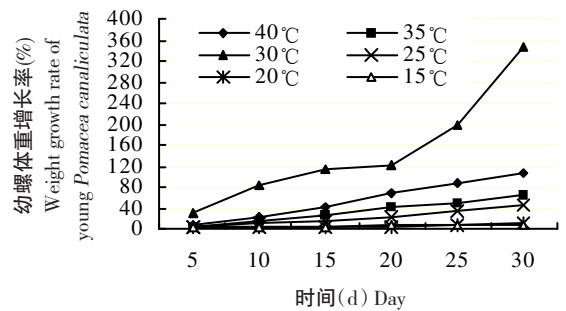


图5 不同温度下福寿螺幼螺体重增长率高
Fig.5 Effects of different temperatures on body weight increment rate of young *Pomacea canaliculata*

2.2.3 不同温度处理对福寿螺成螺产卵量的影响 在室内不同温度下饲养福寿螺成螺,产卵量高低次序为30℃(4200粒)>25℃(2350粒)>35℃(680粒)>20℃(540粒),15和40℃中饲养未产卵。表明最适宜福寿螺产卵的温度为30℃左右。

2.3 温度对福寿螺取食行为及摄食量的影响

2.3.1 不同温度处理对福寿螺取食行为的影响 室内试验结果表明(图6),在20~40℃下饲养,各发育阶段的福寿螺均能正常摄食和存活,而45℃下不同发育阶段的福寿螺无摄食现象,均在1 d内全部死亡;

43℃处理各发育阶段的福寿螺有摄食现象,但只能存活2 d左右,说明福寿螺摄食的高温临界点为43℃左右;在15℃时饲养的各发育阶段的福寿螺均能摄食,但摄食量明显减少,而在12℃以下不同发育阶段的福寿螺均不摄食。据此估计福寿螺摄食的低温临界点为12℃左右。

福寿螺在12、10℃时虽不取食,但还能在水中自由活动,处理2 d后转移至20~25℃条件下,不同发育阶段的福寿螺均能恢复摄食;但是在5℃下的福寿螺均闭壳不活动、不摄食,处理2 d后即使转移到20~25℃环境中,也不能恢复摄食,而且会导致绝大部分个体死亡。

2.3.2 不同温度处理对福寿螺摄食量的影响 福寿螺的摄食量用平均最大摄食率表示,结果见图6和图7。从图6可以看出,幼螺的平均最大摄食率在25℃时比15~20℃时显著增加,以30℃时最高,达58%,是20、15℃时的27倍,在35、40℃时的摄食率也较大,分别为50%和48%。从图7可以看出,福寿螺成螺的平均最大摄食率在35℃时最高,为8.32%,15~30℃时为3.0%~4.6%,40℃时最低,为2.7%。由于平均最大摄食率是一个相对于福寿螺单位体重的摄食量指标,幼螺的体重较小,因此其平均最大摄食率较高,而成螺的体重较大,其平均最大摄食率相对较低,如摄食率均处在最高值时,幼螺的平均最大摄食率是成螺的6.97倍。

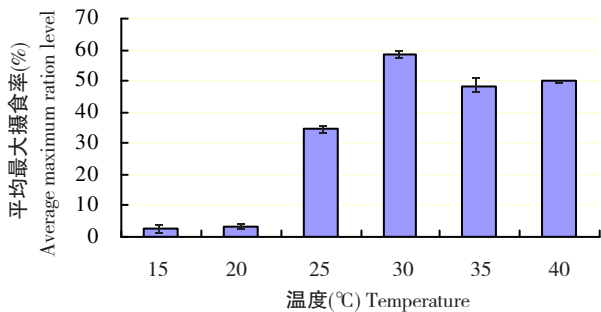


图6 福寿螺幼螺在不同温度下的平均最大摄食率
Fig.6 Effects of different temperatures on average maximum food intake level of young *Pomacea canaliculata*

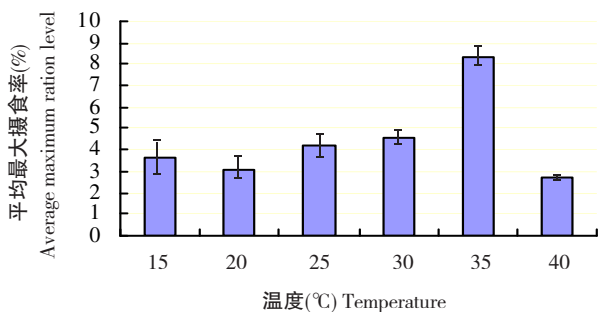


图7 福寿螺成螺在不同温度下的平均最大摄食率
Fig.7 Effects of different temperatures on average maximum food intake level of adult *Pomacea canaliculata*

2.4 福寿螺卵的发育起点温度及有效积温

福寿螺卵在温度低于15℃或高于35℃时不能正常孵化,而在20~30℃时均能正常孵化,在此温度区间,福寿螺卵发育速率(y)与(x)温度成线性关系(图8),其回归方程为: $y=0.0074x-0.1072$ ($R^2=0.9895$)。根据有效积温公式推算出福寿螺卵的发育起点温度为14.19℃,有效积温为137.41℃·d。

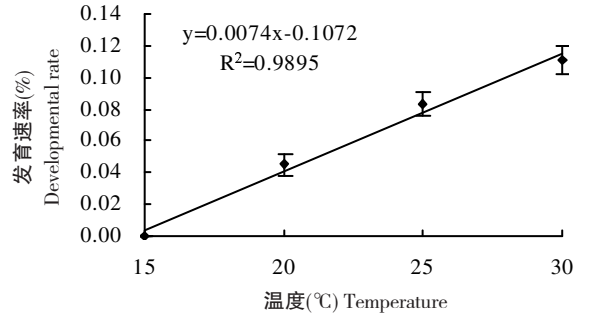


图8 不同温度下福寿螺卵的发育速率
Fig.8 Effects of different temperatures on developmental rate of *Pomacea canaliculata* egg

3 讨论

一般认为福寿螺对温度的适应范围为8~38℃(周卫川等,2003),但本研究结果表明,福寿螺只有在20~35℃的温度条件下才能正常生长、发育和繁殖,如果温度长期低于15℃对福寿螺的生长、发育、繁殖很不利,会导致其卵不能正常孵化,幼螺生长极其缓慢,成螺不能产卵等,当温度持续10 d高于40℃也会导致卵不能孵化和幼螺、成螺出现高死亡率。

温度不仅影响福寿螺的生长、发育和繁殖,也影响其摄食。在本研究中,幼螺在30℃时的平均最大摄食率最高,成螺的平均最大摄食率则出现在35℃,在这两个温度中福寿螺的体重增长率最大,说明福寿螺的生长发育与营养摄入密切相关。本研究中幼螺的平均最大摄食率显著大于成螺,其原因是最大摄食率体现的是单位体重对食物的消耗率,实际上成螺的绝对摄食量大于幼螺。

4 结论

本研究结果表明,福寿螺卵的发育起点温度为14.19℃,有效积温为137.41℃·d;卵孵化的最适宜温度为30℃左右,低于15℃或高于35℃均不能正常孵化,在此温度区间,发育速率随温度提高而加快;福寿螺幼螺生长发育的最适宜温度为30℃左右,其体重增加速度最快,如低于20℃,体重增加十分缓慢,而高于35℃后,其体重增长率也显著下降,在此温度区间。发育成熟的成螺的产卵量也以30℃下饲养的最多,远高于其他温度下饲养的产卵量,而在15和

40℃下饲养均不能产卵。根据上述结果,可以认为福寿螺生长、发育和繁殖的最适宜温度为30℃左右。

温度是影响生物分布和种群繁衍的最重要因素之一,也是影响有害生物灾害程度的重要条件。本研究结果为福寿螺种群繁衍所需要的温度条件及进一步研究其成灾所需要的温度条件提供了依据,亦为今后对不同区域的福寿螺灾害风险评价提供了参考。

参考文献:

- 陈玉托,杨永雄,蔡汉雄. 1996. 福寿螺对水稻为害损失的调查与研究[J]. 植保技术与推广, (4):16-17.
- Chen Y T, Yang Y X, Cai H X. 1996. Research on the damage loss of the rice for the apple snail on rice[J]. Plant Protection Technology and Extension, (4):16-17.
- 冯伟明. 1994. 福寿螺的生物学特性及防治措施[J]. 广东农业科学, (6):41-42.
- Feng M W. 1994. Study on the biology of *Ampullaria gigas* and its prevention measures[J]. Gongdong Agricultural Sciences, (6):41-42.
- 傅先源, 王洪全. 1999. 温度对福寿螺生长发育的影响[J]. 水产学报, 23(1):21-26.
- Fu X Y, Wang H Q. 1999. Effects of temperature on growth and development of *Ampullaria gigas*[J]. Journal of Fisheries of China, 23(1):21-26.
- 郭学武,唐启升. 2004. 鱼类摄食量的研究方法[J]. 海洋水产研究, 25(1):68-78.
- Guo X W, Tang Q S. 2004. A review of the methods for quantification of food consumption in fish[J]. Marine Fisheries Research, 25(1):68-78.
- 李承龄. 1995. 福寿螺的生长速度与繁殖力试验[J]. 植物保护, 21(4):12-14.
- Li C L. 1995. Trails on the growth speed and breeding potential of *Ampullaria giga* Spix[J]. Plant Protection, 21(4):12-14.
- 李振宇,解焱. 2002. 中国外来入侵种[M]. 北京:中国林业出版社:22.
- Li Z Y, Xie Y. 2002. Invasive Alien Species in China[M]. Beijing: China Forestry Publishing House:22.
- 潘颖瑛,董胜张,俞晓平. 2008. 温度胁迫对福寿螺生长、摄食及存活的影响[J]. 植物保护学报, 35(3):239-244.
- Pan Y Y, Dong S Z, Yu X P. 2008. Effects of temperature stress on development, feeding and survival of the apple snail, *Pomacea canaliculata* (Lamarck)[J]. Acta Phytologica Sinica, 35(3):239-244.
- 贤振华,覃荣乐,冷付春,吕昆明,周伟东. 2009. 稻田福寿螺为害程度上升原因及防控策略[J]. 广西农业科学, 40(8):1007-1009.
- Xian Z H, Qin R L, Leng F C, Lü K M, Zhou W D. 2009. Reasons for damages imposed by *Pomacea canaliculata* (Lamarck) in paddy field and its control strategy in China [J]. Guangxi Agricultural Sciences, 40(8):1007-1009.
- 徐汝梅,叶万辉. 2003. 生物入侵——理论与实践[M]. 北京:科学出版社:56.
- Xu R M, Ye W H. 2003. Biological Invasion: Theory and Application[M]. Beijing: Science Press:56.
- 杨代勤,陈芳,刘百韬,李道霞. 1994. 福寿螺繁殖和生长的初步研究[J]. 湖北农学院学报, 14(1):40-44.
- Yang D Q, Chen F, Liu B T, Li D X. 1994. Breeding and growth of *Ampullaria giga* Spix[J]. Journal of Hubei Agricultural College, 14(1):40-44.
- 尹绍武,颜亨梅,王洪全,许芳. 2000. 福寿螺的生物学研究[J]. 湖南师范大学自然科学学报, 23(2):76-82.
- Yin S W, Yan H M, Wang H Q, Xu F. 2000. Study on the biology of *Ampullaria gigas*[J]. Journal of Natural Science of Hunan Normal University, 23(2):76-82.
- 俞晓平,和田节,李中方,吕仲贤,孙乐平,朱亚红,陈建明,郑许松,徐红星. 2001. 稻田福寿螺的发生和治理[J]. 浙江农业学报, (5):247-252.
- Yu X P, He T J, Li Z F, Lü Z X, Sun L P, Zhu Y H, Chen J M, Zheng X S, Xu H X. 2001. Occurrence of golden apple snail, *Pomacea canaliculata* (Lamarck), in paddy fields and its management[J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis, (5):247-252.
- 周卫川,吴守芬,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.
- Zhou W C, Wu S F, Yang J Q. 2003. Viability of ampullaria snail in China[J]. Fujian Journal of Agricultural Sciences, 18(1):25-28.
- Cowie R H. 2002. Apple snails (*Ampullariidae*) as agricultural pests: their biology, impacts and management[M]//Barker G M. Molluscs as crop pests. Wallingford: CABI Publishing: 145-192.
- Estebenet A L, Cazzaniga N J. 1992. Growth and demography of *pomacea canaliculata* (*Gastropoda: Ampullariidae*) under laboratory condition[J]. Malacological Review, 25:1-12.

(责任编辑 麻小燕)