



郭靖, 罗颖, 章家恩, 等. 水旱轮作防控福寿螺的效果及对水稻产量的影响[J]. 华南农业大学学报, 2015, 36(1): 48-53.

# 水旱轮作防控福寿螺的效果及对水稻产量的影响

郭靖<sup>1</sup>, 罗颖<sup>1</sup>, 章家恩<sup>1,2</sup>, 罗明珠<sup>1,2</sup>, 赵本良<sup>1,2</sup>

(1 华南农业大学农学院, 广东 广州 510642; 2 农业部华南热带农业环境重点开放实验室/广东省高等学校农业生态与农村环境重点实验室, 广东 广州 510642)

**摘要:**【目的】探索2种冬种作物水旱轮作对来年早稻田福寿螺的控制效果及对水稻产量的影响.【方法】对冬种马铃薯和冬种黑麦草这2种控螺方式下前后茬稻田中福寿螺种群和后茬水稻产量进行调查,并与冬闲干田和冬闲淹水处理的前后茬稻田进行对比.【结果和结论】冬种马铃薯能够有效减少来年早稻田福寿螺的发生量,且能提高来年早稻产量,但早稻生长后期福寿螺种群恢复速度加快.冬种黑麦草处理的控螺效果不理想,但有利于来年早稻增产.冬种水旱轮作模式下对福寿螺卵块的控制效果不明显,但在来年早稻种植的初期,绝大部分卵块产在田埂杂草上且数量较少,此时人工摘卵较为方便省时.

**关键词:**福寿螺; 水旱轮作; 农业防治; 水稻产量

中图分类号:S474

文献标志码:A

文章编号:1001-411X(2015)01-0048-06

## Effects of paddy-upland rotation on control of *Pomacea canaliculata* and rice yield

GUO Jing<sup>1</sup>, LUO Hao<sup>1</sup>, ZHANG Jiaen<sup>1,2</sup>, LUO Mingzhu<sup>1,2</sup>, ZHAO Benliang<sup>1,2</sup>

(1 College of Agriculture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;

2 Key Laboratory of Agro-environment in the Tropics, Ministry of Agriculture/Key Laboratory of Agroecology and Rural Environment of Guangdong Regular Higher Education Institutions, Guangzhou 510642, China)

**Abstract:**【Objective】To investigate the influence of paddy-upland rotation on controlling *Pomacea canaliculata* and rice yield.【Method】Four farming measures including winter potato rotation system, winter ryegrass rotation system, and two winter fallow rice fields treatments with water cover or without any water cover (two controls) were employed. The field population structure of snails in the previous and subsequent rice field, and early rice yield in the subsequent season were investigated.【Result and conclusion】The results showed that winter potato rotation treatment was helpful for snails control and rice yield increase in the subsequent farming season, but the snail population recovery accelerated in the early rice growing period because of this rotation treatment. Winter ryegrass rotation treatment was unsatisfactory for snails control while it was beneficial for the early rice output of the next season. Winter-planting rotation was negative for controlling snail eggs, while the eggs were relatively few and most of them were distributed on weeds along field ridges. The eggs could be collected conveniently and efficiently at the beginning of the early rice growing season.

**Key words:** *Pomacea canaliculata*; paddy-upland rotation; agricultural control; rice yield

收稿日期:2014-03-24 优先出版时间:2014-12-02

优先出版网址: <http://www.cnki.net/kcms/doi/10.7671/j.issn.1001-411X.2015.01.009.html>

作者简介:郭靖(1989—),男,博士研究生, E-mail: jingaj@163.com;通信作者:章家恩(1968—),男,教授,博士, E-mail: jeanzh@scau.edu.cn

基金项目:国家自然科学基金(U1131006、30770403、30900187);广东省科技计划项目(2007B020709007、2011B020309009、2012B020310005);广东省高等学校高层次人才项目(粤教师函2010[79号]);广东省引进国(境)外高层次人才智力项目(粤外专[2010]51号)

<http://xuebao.scau.edu.cn>

福寿螺 *Pomacea canaliculata*, 又名大瓶螺、苹果螺, 原产于南美洲亚马逊河流域, 于 1980 年前后作为高蛋白食物资源被引入到中国台湾、菲律宾和日本等地, 并迅速扩散到东亚和东南亚其余国家<sup>[1]</sup>. 由于市场化失败, 大量福寿螺遭弃养, 因其繁殖力极强, 且缺乏自然天敌的控制, 迅速扩散, 结果暴发成灾, 严重危害作物生产<sup>[2-3]</sup>. 2000 年, 世界自然保护联盟外来入侵物种专家委员会将福寿螺列为世界 100 种恶性外来入侵物种之一<sup>[4]</sup>, 也是其中唯一的 1 种淡水螺. 在我国大陆, 福寿螺于 1981 年引入到广东省中山市养殖, 随后推广到全国多个省市, 同样遭到弃养的福寿螺已经成为南方大部分省区的严重农业有害生物<sup>[5]</sup>. 2003 年, 国家环保总局和中国科学院也将福寿螺列入了首批入侵中国的 16 种外来物种的“黑名单”<sup>[6]</sup>.

福寿螺喜欢生活在水质清新、食物充足的淡水中. 由于福寿螺外套腔内有栉鳃, 同时一部分外套腔特化成肺囊, 鳃与肺的结合使福寿螺具有两栖性<sup>[7]</sup>, 但一般情况下它只有在产卵时才会爬出水面. 福寿螺具有遇旱休眠、遇水复苏的特性, 当所处生境缺水时, 福寿螺会钻入土中并紧闭厝甲<sup>[8]</sup>. 在福寿螺危害较严重的地区, 水稻田改种旱地作物, 能够有效减少福寿螺扩散繁殖和危害作物的机会, 日本已有试验证实水稻田隔年改种大豆的轮作方式能够在一定程度上减少来年稻田福寿螺的发生<sup>[9]</sup>. 我国南方多数地区耕作制度为两熟制, 有着 0.13 亿多  $\text{hm}^2$  的冬闲田, 不仅造成经济上的损失, 也造成了大量土地资源和能量的浪费<sup>[10]</sup>. 本研究通过田间定位试验, 定期观测水旱轮作下第 2 年福寿螺的田间密度和种群数量的动态变化规律及遏制其暴发危害的效果, 以便为制定科学、有效的控螺策略提供参考.

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

供试水稻品种为黄华占 *Oryza sativa* cv. Huang-huazhan, 供试马铃薯品种为费乌瑞它原种 *Solanum tuberosum* cv. Favorita, 供试黑麦草品种为安哥斯 3 号 *Lolium multiflorum* cv. Angus 3.

试验于 2012 年 7 月至 2013 年 7 月在华南农业大学增城教学科研基地 ( $E 113^{\circ}29' \sim 114^{\circ}0'$ ,  $N 23^{\circ}50' \sim 23^{\circ}37'$ ) 进行. 该基地属亚热带季风气候, 年均温度  $22^{\circ}\text{C}$ , 日照时间 1 953.5 h, 年均降雨量为 1 725 mm, 全年无霜期长达 346 d, 年均相对湿度为 78%. 试验田为赤红壤发育而成的水稻土, 土壤 pH 为 5.4, 有机质  $24.87 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , 碱解氮  $52.65 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , 有效磷  $23.16 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , 速效钾  $65.68 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , 全氮  $1.13 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , 全磷  $0.76 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , 全钾  $19.80 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

### 1.2 试验设计

1.2.1 野外田间试验设计 试验田采用“晚稻-冬种-早稻”的种植方式, 每季水稻收获后耙茬备耕, 并使稻草秸秆还田. 试验设置 4 个处理, 即晚稻-冬种马铃薯-早稻、晚稻-冬种黑麦草-早稻、晚稻-冬闲干田-早稻(对照组)、晚稻-冬闲淹水-早稻(对照组), 每个处理各 4 个重复, 共 16 个小区, 随机区组排列. 每个小区面积为  $55 \text{ m}^2$  ( $10.0 \text{ m} \times 5.5 \text{ m}$ ).

1.2.2 田间管理 晚稻于 2012 年 7 月 18 日浸种, 7 月 30 日各小区施用鸡粪 15 kg 作为底肥, 7 月 31 日犁田整地, 并在各小区出入水口放置拦截网, 防止福寿螺串田和逃逸; 8 月 1 日各小区施用杀螺剂“6% (w) 密达(有效成分为四聚乙醛)”40 g, 7 d 后检查各小区确保无残留螺; 8 月 9 日水稻移栽, 栽插株行距  $0.25 \text{ m} \times 0.20 \text{ m}$ , 每穴插 5 棵秧苗; 8 月 15 日各小区投放成螺(壳高  $\geq 20 \text{ mm}$ ) 和幼螺(壳高  $< 20 \text{ mm}$ ) 各 30 只; 11 月 15 日收割晚稻. 晚稻期间不施用化肥农药, 水稻返青前保持浅水层, 返青后保持 5~8 cm 深的水层, 灌浆期排水.

冬种马铃薯的小区于 11 月 17 日做畦, 其中畦面宽 85~90 cm, 畦面高 20~25 cm, 垄间沟 20~25 cm; 11 月 21 日在各小区畦中央沟施芭田牧夫复合肥(氮磷钾质量比为 15:5:15)8.5 kg; 12 月 7 日进行种薯切块及消毒; 12 月 10 日种植马铃薯, 将薯块采用“品”字型错株播种, 播种密度一般以 4 000~5 500 株每  $666.7 \text{ m}^2$  为宜, 下种时薯块不能直接接触基肥, 播种深度以薯块上面覆土 5~8 cm 为宜, 每亩用干稻草 300~400 kg 覆盖垄面, 稻草与垄向平行; 马铃薯种植期间追肥 3 次, 每次各小区复合肥施用量为 2.5 kg; 3 月 11 日收获马铃薯, 茎叶全部还田. 冬种黑麦草的小区于 12 月初施足水后, 对地进行耙茬翻整, 并在各小区施用芭田牧夫复合肥 2.5 kg; 12 月 10 日进行黑麦草撒播, 播种前需保持土壤湿润, 播种量为每亩 1.5~2 kg; 种植期间追肥 3 次, 每次各小区施用 1.5 kg, 黑麦草不进行收割, 作为绿肥还田. 冬闲淹水处理保持水层 5~10 cm.

早稻于 2013 年 3 月 30 日犁田整地; 4 月 9 日水稻移栽; 7 月 16 日收割早稻. 栽插株行距及水肥管理等与 2012 年晚稻相同.

1.2.3 福寿螺及卵块数量调查 试验小区内采用对角线法设置 5 个固定点、田边随机设置 5 个点, 共 10 个福寿螺调查采样点, 面积都为  $1 \text{ m}^2$ . 水稻移栽后调查样点内福寿螺的成螺(壳高  $\geq 20 \text{ mm}$ ) 和幼螺(壳高  $< 20 \text{ mm}$ ) 个数, 2012 年晚稻和 2013 年早稻各调查 5~6 次, 同时调查并记录整个小区田埂上和田间所有福寿螺和卵块.

1.2.4 水稻测产 早稻成熟期, 在各小区普查 50 丛水稻计算有效穗, 然后用平均数法在各小区随机挑选

有代表性的水稻植株5丛,作为考种材料,统计每穗粒数、结实率和千粒质量等,最终计算理论产量。

**1.2.5 福寿螺越冬存活率调查** 试验开始于2012年12月初,设置2个处理,即有水和无水处理组,每个处理设置3个重复.所用玻璃缸规格为47 cm × 27 cm × 39 cm,底部放入15 cm厚已清除掉福寿螺的水稻土,并将水层放至10 cm深.试验用螺来自于华南农业大学增城教学科研基地,将大螺( $m > 6.5$  g)、中螺( $1.5 < m \leq 6.5$  g)、仔螺( $0.3 < m \leq 1.5$  g)各10只放入玻璃缸中,有水处理组保持10 cm水深,而无水处理组中水则抽空,便于福寿螺自埋,越冬期间不加水,使其自然干旱.玻璃缸上盖有纱网,防止福寿螺逃逸.至2013年3月底将螺取出,放到清水中培养12 h后检查螺存活情况。

### 1.3 数据分析

采用SPSS 17.0、Excel 2003对试验数据进行统计分析,采用邓肯氏新复极差法分析不同种植模式下福寿螺成、幼螺及其卵块数量和早稻产量的差异,并分析不同环境下不同大小福寿螺越冬存活率差异。

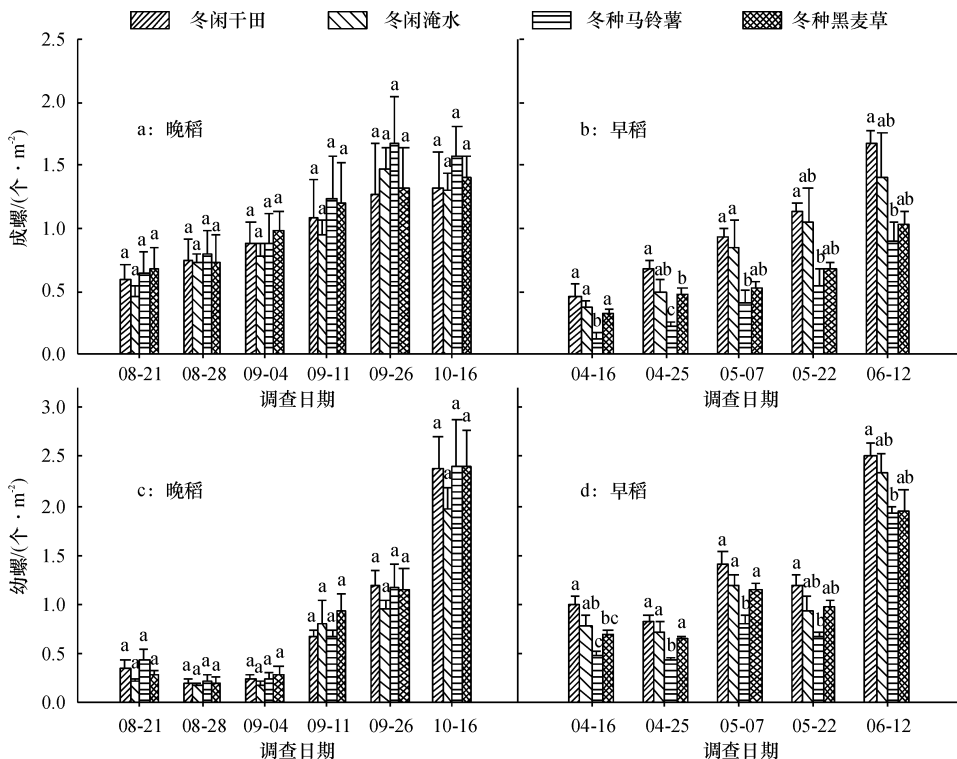
## 2 结果与分析

### 2.1 不同处理下福寿螺种群变化动态

由于晚稻种植期间未进行任何处理,各试验处理的成螺和幼螺数量均没有明显差别( $P > 0.05$ ),从8月21日开始,成螺数量呈逐步递增状态,持续到9

月26日,而到10月16日时,福寿螺成螺数量整体上略有降低,各试验处理的成螺数量从8月21日到10月16日的增长率为207.41%~288.89%.而各试验处理的幼螺数量从8月21日到8月28日出现不同程度的下降,这主要是由于部分幼螺生长发育成成螺所致,之后幼螺数量开始回升,且呈快速增长趋势,到10月16日时,幼螺数量为1.98~2.40个·m<sup>-2</sup>(图1)。

早稻种植后,各处理组福寿螺成螺和幼螺数量出现差异,整个早稻种植期间冬闲干田处理的成、幼螺数量在4个试验处理中最多;冬种马铃薯处理福寿螺成、幼螺数量均低于同期其他试验处理;冬闲淹水处理成、幼螺数量与冬闲干田处理无明显差异( $P > 0.05$ );除4月16日幼螺和4月25日成螺外,冬种黑麦草处理的成、幼螺数量均与冬闲干田处理没有明显差异( $P > 0.05$ ).由此可见,冬种马铃薯处理对福寿螺控制效果较为显著.冬种马铃薯处理的成螺数量在4月16日和4月25日显著低于其他各试验处理( $P < 0.05$ ),随着早稻种植的进行,渐渐与冬种黑麦草处理和冬闲淹水处理的成螺数无明显差别( $P > 0.05$ ),但始终与冬闲干田处理表现出显著差异( $P < 0.05$ );冬种马铃薯处理的幼螺数量在整个早稻种植期间与冬闲干田处理的差异同样达到了显著水平( $P < 0.05$ ),与冬闲淹水处理和冬种黑麦草处理在早稻种植前期差异较大,但在后期调查中三者差异不明显( $P > 0.05$ )(图1)。



各图中相同调查时间不同圆柱上凡具有一个相同字母者表示处理间差异不显著( $P > 0.05$ , Duncan's法)

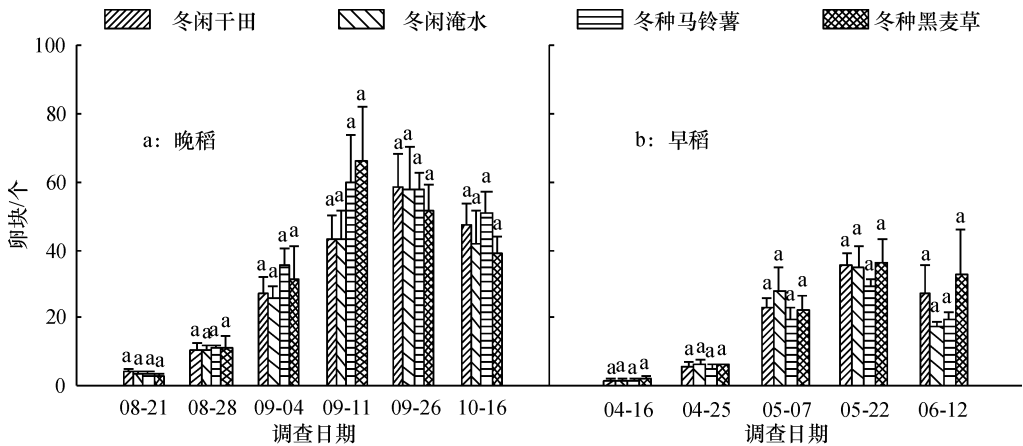
图1 不同处理下福寿螺成、幼螺种群变化动态

Fig. 1 Dynamics of population density of *Pomacea canaliculata* under the different treatments

### 2.2 不同处理下福寿螺产卵量及分布部位

在对整个轮作体系的调查过程中,各试验处理福寿螺卵块数未表现出明显差别( $P > 0.05$ ),从8月下旬到9月下旬,福寿螺卵块数呈现爆发性增长趋势,平均每块样地( $55 \text{ m}^2$ )福寿螺卵块数量从8月21日的3.25个到9月26日的56.38个,到10月16日卵块数量略有减少.经过冬种处理后,在来年早稻期

间,冬种马铃薯处理福寿螺卵块数量在4月16日至5月22日均低于其他各试验处理,但差异不显著( $P > 0.05$ ).这主要是由于该处理成螺数量较少.而冬闲淹水试验处理和冬种黑麦草试验处理的卵块数量较多,甚至在大部分情况下卵块数超过冬闲干田处理(图2).



各图中相同调查时间不同柱中凡具有一个相同字母者表示处理间差异不显著( $P > 0.05$ , Duncan's 法)

图2 不同处理下福寿螺卵块变化动态

Fig.2 Dynamics of the egg cluster number of *Pomacea canaliculata* under the different treatments

在水稻生长前期,福寿螺往往将卵块产于田埂上,晚稻和早稻第1次调查中田埂上的卵块在整个试验区中所占比例分别达到78.85%和85.71%,这是由于此时秧苗幼嫩,无法承受住产卵雌螺的体质量,加之水稻处于水环境中,雌螺易跌入水中,不符合福寿螺将卵产在无水环境的条件.田埂上杂草同样可能处于幼嫩状态,但其受到产卵雌螺覆压后所

处环境仍是无水环境,能够满足福寿螺产卵需求,故福寿螺卵块在水稻种植早期多见于田埂.随着水稻生长发育,水稻植株逐渐“硬朗”,福寿螺可直接将卵产在植株上.调查结果表明,田间分布的卵块所占比例逐渐提高,10月16日的晚稻试验调查,田间卵块比例已高达78.97%,6月12日的早稻试验调查,田间卵块比例达到56.85%(图3).

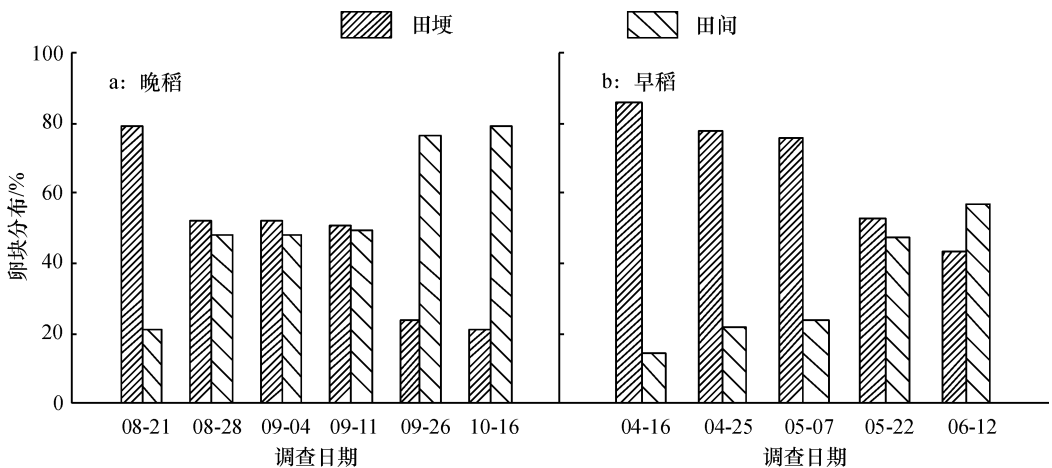


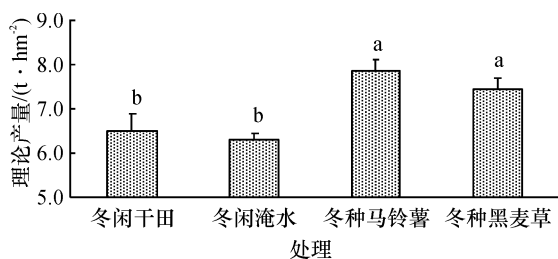
图3 福寿螺所产卵块分布情况

Fig.3 Distribution patterns of the egg clusters of *Pomacea canaliculata*

### 2.3 水旱轮作对水稻产量的影响

水旱轮作对产量的影响在不同种植处理间存在明显的差异(图4).冬种马铃薯和冬种黑麦草模式下

的早稻理论产量明显高于冬闲干田处理( $P < 0.05$ ),分别是它的1.21和1.14倍,而冬闲淹水处理的产量低于冬闲干田处理,但差异不显著( $P > 0.05$ ).



图柱上凡具有一个相同字母者表示差异不显著( $P > 0.05$ , Duncan's 法)

图4 水旱轮作对水稻产量的影响

Fig. 4 Effects of paddy-upland rotation on the grain yield

## 2.4 福寿螺越冬存活率调查

福寿螺经过将近4个月越冬处理后,发现有水试验处理中绝大部分福寿螺均未钻入土中,而无水试验处理中福寿螺全部集中在0~5 cm深土层内.无论是无水还是有水环境,个体越小的螺,其越冬存活率相对较高,且无水环境下福寿螺死亡率总体低于有水环境下的死亡率(图5).通过双因素方差分析,福寿螺越冬存活率存在显著的环境差异(淹水和干田)( $F_{1,12} = 6.92$ ,  $P < 0.05$ ),不存在明显的个体差异( $F_{2,12} = 0.73$ ,  $P > 0.05$ ),且环境和个体的交互作用不明显( $F_{2,12} = 0.03$ ,  $P > 0.05$ ).

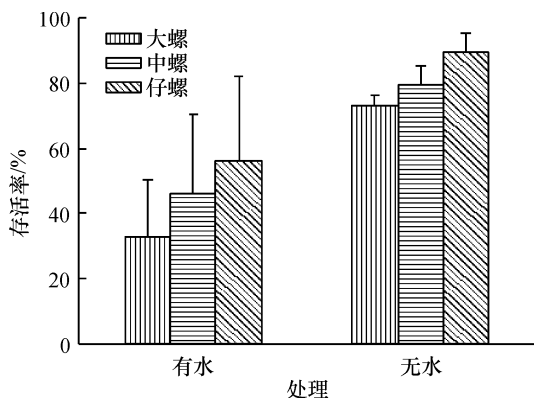


图5 福寿螺越冬存活率调查

Fig. 5 Investigation of the overwintering survival rate of *Pomacea canaliculata*

## 3 讨论与结论

### 3.1 福寿螺越冬存活率

已有研究表明,福寿螺对低温和高温均存在一定的适应能力<sup>[11-12]</sup>,但相对于高温而言,冬季的低温往往成为福寿螺能否在当地形成自然种群的限制条件<sup>[13]</sup>.在同等低温条件下,福寿螺所处环境条件对其是否成功越冬有很大的影响,Matsukura 和 Wada<sup>[14]</sup>将不同水环境(水生、潮湿和干旱条件)中的福寿螺置于0℃下5 d,发现其在干旱(45.6%存活)和潮湿(33.3%存活)条件下的存活率显著高于水生环境(1.1%存活)的同种个体,与本研究发现在无水环境

下福寿螺越冬存活率高于有水环境下的存活率的结果相符.试验条件设置是造成福寿螺越冬存活率环境差异的原因,有水环境下福寿螺过于密集,远远高于野外福寿螺自然种群密度,导致水质较差,生存环境较恶劣,且大个的螺死亡腐败后易造成整缸水质败坏,进而引起其余螺死亡,形成恶性循环.

另外,相对于冬季地表温度而言,土层有助于提高温度<sup>[13]</sup>,且土层越深,提高的温度越大.本试验福寿螺越冬存活率研究是在玻璃缸中进行,这方面的作用未得到明显体现,而在野外环境下,福寿螺越冬存活率亦会受其所处土层深度的影响.本研究发现福寿螺在无水环境下越冬时全部集中在0~5 cm深土层内,Ito<sup>[13]</sup>调查发现土层5 cm深处与地表土温相比能提高1.3℃左右,福寿螺钻土休眠为其成功越冬增加了可能性.

### 3.2 水旱轮作控制福寿螺的效果

本研究结果表明,冬种马铃薯能够在一定程度上减少福寿螺的发生,在整个早稻种植期间,其成、幼螺的数量明显少于冬闲干田处理( $P < 0.05$ ),这可能得益于以下几个方面,首先,由于福寿螺主要集中在0~5 cm深土层内,故在马铃薯种植前的起垄做畦和收获后的平地过程中,锄头的翻耕和人力碾压能够在一定程度上破碎和灭杀福寿螺,大面积轮作模式下使用机械化耕作可能有更为理想的效果.Takahashi 等<sup>[15]</sup>证实旋耕机能够降低福寿螺的密度,并且发现福寿螺主要在6 cm深土层内越冬(与本研究调查结果接近),这样福寿螺被灭杀的概率大大增加,其结论可作为解释本研究结果的部分原因.其次,福寿螺缺乏一个稳定的环境条件过冬,锄头的翻耕、化肥基施、追肥灌水等农事活动容易影响福寿螺的正常休眠,也使得福寿螺更容易受到冬季低温的侵袭.再者,福寿螺具有遇旱休眠、遇水复苏的特性<sup>[8]</sup>,追肥过程中畦间灌“跑马水”可能会使部分福寿螺打开厣甲,而化肥水能够影响福寿螺存活率<sup>[16]</sup>,但是否存在此方面的效应尚有待进一步研究.

冬种黑麦草的轮作模式在控螺方面的效果并不明显,这可能与未进行起垄作畦和施用化肥量较小有关.本研究主要是从农业防治的角度来考虑冬种模式对福寿螺的影响,而马铃薯和黑麦草的根系分泌物是否会对福寿螺造成影响尚不清楚.早稻种植期间冬闲淹水处理下福寿螺成、幼螺数量与冬闲干田处理组差别不大,与室内福寿螺越冬存活率试验结果不一致,主要是由于大田中福寿螺较稀疏,螺的死亡对水质和其余螺的存活影响不大.

本研究发现在福寿螺越冬过程中,个体越小的

福寿螺存活率越高,这与已有研究结果相一致<sup>[17]</sup>。赵本良等<sup>[18]</sup>研究发现个体越小的福寿螺其过冷却点越低,说明了个体较小的福寿螺耐寒能力更强,但螺过小时(壳高 $\leq 7.5$  mm),其耐寒能力骤减<sup>[12,19]</sup>。从2012年10月16日到2013年4月16日的半年期间,4个试验处理组福寿螺成、幼螺平均减退率分别为76.79%和70.83%,幼螺减退率相对较小,其原因可能是幼螺越冬存活率高于成螺。

冬种马铃薯水旱轮作模式能够有效控制福寿螺,但其控制时长有待进一步研究,与冬闲干田处理比较,从早稻种植初期(4月16日)到后期(6月12日),冬闲干田处理的成、幼螺的增长率分别为272%和150%,而冬种马铃薯处理的成、幼螺的增长率分别为620%和305%,其增长速度明显快于冬闲干田处理。因福寿螺呈现密度制约型增长<sup>[20]</sup>,密度越低,其种群往往发展得更快。Wada等<sup>[9]</sup>同样证实了大豆和水稻轮作能够降低来年稻田福寿螺的密度,但次年水稻种植75 d后,福寿螺种群密度已恢复到对照组水平。在早稻种植期间,虽然不同处理间福寿螺种群数量存在差异,但各试验处理小区中的福寿螺卵块数并未见有明显差别。这在一定程度上说明了福寿螺在处于低密度时可能通过增加其产卵量来逐步恢复种群的增长。

### 3.3 水旱轮作对水稻产量的影响

水旱轮作模式在控螺的同时,也为来年水稻产量带来了一定的增长。一方面,轮作处理(特别是冬种马铃薯处理)降低了稻田福寿螺的种群密度,因而水稻主蘖及有效分蘖遭受福寿螺的危害程度减小,更多有效穗得以保全,使得水稻产量相对提高。另一方面,黑麦草和马铃薯作物残茬进行了回田利用,且水旱轮作系统本身具有改善土壤理化性状,调节土壤肥力,减少病虫害,提高系统生产力等优点<sup>[21-23]</sup>。冬闲淹水条件下,其产量略有降低,这可能是由于该模式下土壤浸水时间长而又未翻耕晒垡,造成土壤耕层板结,理化性质变劣,甚至出现次生潜育化<sup>[22]</sup>,从而影响到来年水稻产量。

总之,由于福寿螺生长速度快、繁殖能力强,在对其防治解除后,福寿螺往往能够通过残存螺快速恢复种群。任何单项防治措施都有其局限性。因此,水旱轮作应结合多种防治方法来综合控制福寿螺,从福寿螺所产卵块分布趋势来看,水稻种植初期绝大部分卵块产在田埂上,且卵块数量较少,此时摘卵最为方便省时,能够减缓福寿螺种群的发展势头。此外,本研究发现,绝大部分福寿螺在有水环境下越冬时未钻入土中,这与Seuffert等<sup>[24]</sup>研究结果一致,可

在冬闲淹水期间进行稻田养鸭,既能清除遗落稻谷和杂草,又能减少福寿螺数量<sup>[25-26]</sup>,可谓“一举多得”。但不建议整个冬闲期间进行稻田淹水。建议采用多种措施不间断地防控福寿螺种群暴发,才能将螺害降到最低。

### 参考文献:

- [1] HALWART M. The golden apple snail *Pomacea canaliculata* in Asian rice farming systems: Present impact and future threat[J]. *Int J Pest Manage*, 1994, 40(2): 199-206.
- [2] NAYLOR R. Invasions in agriculture: Assessing the cost of the golden apple snail in Asia[J]. *Ambio*, 1996, 25(7): 443-448.
- [3] 宋红梅,胡隐昌,牟希东,等. 外来入侵生物福寿螺的生物学特性、危害与防治现状[J]. *广东农业科学*, 2009, 36(5): 106-108.
- [4] LOWE S, BROWNE M, BOUDJELAS S, et al. 100 of the world's worst invasive alien species: A selection from the global invasive species database[M]. Auckland: Invasive Species Specialist Group, 2000.
- [5] 俞晓平,和田节,李中方,等. 稻田福寿螺的发生和治理[J]. *浙江农业科学*, 2001, 13(5): 247-252.
- [6] 国家环保总局,中国科学院. 中国第一批外来入侵物种名单[J]. *中华人民共和国国务院公报*, 2003(23): 40-46.
- [7] ANDREWS E B. The functional anatomy of the mantle cavity, kidney and blood system of some pilid gastropods (Prosobranchia)[J]. *J Zool*, 1965, 146(1): 70-94.
- [8] 郭靖,章家恩,罗颢,等. 干湿交替对福寿螺摄食和生长的影响[J]. *生态环境学报*, 2013, 22(5): 774-779.
- [9] WADA T, ICHINOSE K, YUSA Y, et al. Decrease in density of the apple snail *Pomacea canaliculata* (Lamarck) (Gastropoda: Ampullariidae) in paddy fields after crop rotation with soybean, and its population growth during the crop season[J]. *Appl Entomol Zool*, 2004, 39(3): 367-372.
- [10] 张建国,刘向东,曹致中,等. 饲料稻研究现状及发展前景[J]. *草业学报*, 2008, 17(5): 151-155.
- [11] LACH L, BRITTON D K, RUNDELL R J, et al. Food preference and reproductive plasticity in an invasive freshwater snail[J]. *Biol Invasions*, 2000, 2(4): 279-288.
- [12] WADA T, MATSUKURA K. Seasonal changes in cold hardiness of the invasive freshwater apple snail, *Pomacea canaliculata* (Lamarck) (Gastropoda: Ampullariidae)[J]. *Malacologia*, 2007, 49(2): 383-392.

(下转第59页)