

基于 GIS 的广东地区福寿螺的潜在时空分布及对稻田的危害风险

何铭谦, 章家恩, 罗明珠, 宋春秀, 赵本良, 叶延琼, 严家跃
(华南农业大学 热带亚热带生态研究所, 农业部华南热带农业环境重点实验室,
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:利用 GIS 技术,结合福寿螺生长发育的特点和广东地区水稻的种植分布情况,预测福寿螺在广东地区的潜在时空分布及其危害风险.结果表明:广东地区存在 5 种福寿螺潜在生境,分别是:螺和卵都能存活且卵能孵化螺能发育;螺卵存活、螺能发育但卵不孵化;螺存活但不发育、卵不孵化;螺冬眠且不产卵;螺、卵均不能存活.5 种生境从南到北依次排列,并且分布范围随着季节的变化而变化.福寿螺适宜生境夏季分布广、冬季分布窄,夏季向北扩展,冬季向南收缩.冬季粤北山区小部分地区福寿螺不能存活,5—10 月全省均适宜螺及其卵的生长发育.就潜在分布区而言,全省 16.68% 地区处于高度发生区,中度发生区也占 54.25%.以稻田的危害风险为例,结合水稻分布区的状况评价了福寿螺可能带来的危害风险等级,其中重度风险区占全省面积的 21.75%,主要集中于湛江、茂名、阳江等地的稻区;中度风险区集中在广东中部的水稻区,占 63.16%;轻度风险区只占 14.47%.

关键词:福寿螺;潜在生境;时空分布;生态风险;GIS;广东
中图分类号:S433 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-411X(2012)03-0288-08

Potential Spatio-Temporal Distribution of Golden Apple Snail and the Harm Risk on Paddy Fields in Guangdong Based on GIS Technology

HE Ming-qian, ZHANG Jia-en, LUO Ming-zhu, SONG Chun-xiu,
ZHAO Ben-liang, YE Yan-qiong, YAN Jia-yue
(Key Laboratory of Agro-Environment in the Tropics, Ministry of Agriculture, P. R. China, Key Laboratory of
Agro-Ecology and Rural Environment of Guangdong Regular Higher Education Institutions,
Institute of Tropical and Subtropical Ecology, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract:The potential distribution and harm risk of golden apple snail, *Pomacea canaliculata*, on rice in Guangdong were identified and predicted based on GIS technology according to the temperature which was suitable for survival development of golden apple snails, and distribution in rice planting areas. The suitable habitat was widespread in summer and shrunk in winter, and it extended northward in summer and narrowed southward in winter. Golden apple snails could not survive in some north mountain areas of Guangdong during winter time, but both snails and their eggs could develop everywhere from May to October. As for the potential distribution, high and moderate occurrence region occupied 16.68% and 54.25% of the total area of Guangdong, respectively. Take the harm of the snails on rice as an example, potential risk level of golden apple snail was evaluated in paddy fields in Guangdong. The results showed

收稿日期:2011-05-26
作者简介:何铭谦(1985—),男,硕士研究生;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(30770403);NSFC-广东联合基金项目(U1131006);广东省科技计划项目(2007B020709007);
广东省现代农业产业技术体系项目(粤农[2009]380号);广东省高等学校高层次人才项目(粤教师函[2010]79号)

that regions with serious damage risk accounted for 21.75% of the total area and mainly covered Zhanjiang, Maoming, Yangjiang areas. Moderate risky region which was mainly in paddy fields in central part of Guangdong occupied 63.16%, slight risky region occupied 14.47% of the paddy fields.

Key words: golden apple snail; potential habitat; spatio-temporal distribution; ecological risk; GIS; Guangdong

福寿螺 *Pomacea canaliculata* Lamarck 起源于南美洲亚马逊流域,在广东地区因人为的引种养殖并随后扩散于田野,已有 30 多年的历史.由于其食量大、食性杂、繁殖能力高、适应能力强等原因,已对广东省的农业生产造成了严重的危害.福寿螺也是卷棘口吸虫和广州管圆线虫等传染病原物的中间宿主,食用未经煮熟的螺肉可能导致人类嗜酸粒细胞性脑膜炎,威胁人类健康^[1].随着福寿螺的入侵及其对环境条件的逐步适应,其在广东地区的分布范围越来越广^[2].因此,预测福寿螺在广东地区的全年各月潜在生境分布及其对全省水稻危害风险显得尤为重要.目前,对福寿螺的研究主要集中在分子、个体、种群等微观和中观水平上来研究其生物学特性、发生危害规律及其防治技术.如对福寿螺的形态特征、繁殖特点、耐受性等方面个体特征也进行了一定的研究^[3-5];宋红梅等^[6]通过分子生物学的手段,研究福寿螺的同源性以及在入侵过程中的变异情况,认为国内入侵的福寿螺存在 2 个亚种;叶建人等^[7]和符明龙等^[8]探讨了大田中福寿螺的种群规律.随着福寿螺危害的加剧,如何控制福寿螺入侵危害已成为当前研究的热点,除了使用杀螺剂这种传统的方法外,一些学者更倾向于通过生物防治(如稻田养鸭、养鳖等)控制福寿螺^[9-10],或以植物提取液(如五爪金龙、马缨丹、胜红蓟)等方式减轻福寿螺的危害^[11-13].但在景观层次上有关福寿螺的适生性和风险研究相对较少^[14-15].当前,随着地理信息系统(GIS)技术的快速发展,其采集、存储、管理、分析、显示与应用等多个功能不断拓展,成为多个领域有效的研究手段.以 GIS 技术为支撑,研究物种的适宜生境以及有害生物的风险评估是生态学一个热点.不少国内学者利用 GIS 技术研究了我国穿孔线虫、红火蚁、加拿大一枝黄花、谷斑皮蠹等多种入侵生物的适生区和分布特点^[16-21],为这些物种的防治提供了一定的参考.鉴于当前有关福寿螺空间分布研究相对缺乏的现状,本研究通过 GIS 技术,结合福寿螺生长发育的特点和广东地区水稻的种植分布情况,从

景观尺度上探讨了福寿螺在广东地区潜在的时空分布以及稻田区面临的生态风险.

1 研究区概况

广东省地处中国大陆最南部,位于北纬 20°13′~25°31′和东经 109°39′~117°19′之间.全省年平均气温介于 19~24℃之间,1 月份平均气温为 16~19℃,7 月份平均气温为 28~29℃.地势总体北高南低,北部多为山地和高丘陵,南部则为平原和台地.平均日照时数为 1 745.8 h,年平均降水量在 1 300~2 500 mm 之间^[22].

2 材料与方法

2.1 数据来源及试验设备

本研究采用的基础数据有《广东省气候图集》^[23]、广东省 1:500 000 地形图(24 帧)、广东省土地利用现状图^[24]、EPSON 扫描仪、地理信息系统软件 ArcGIS 9.3 版.

2.2 数据扫描及处理

分别扫描广东省 1:500 000 地形图和《广东省气候图集》中多年 1—12 月广东省平均气温图以及广东省土地利用现状图.将扫描好的广东省 1:500 000 地形图导入 ArcGIS 9.3 进行配准.每张图选择 6 个或以上的控制点,采用北京 54 坐标系统对其进行配准.在此基础上对广东省 1—12 月平均气温图、广东省土地利用现状图进行几何纠正,使得各研究数据统一于北京 54 坐标系之下.

对广东省 1—12 月平均气温图进行数字化,并从广东省地形图中提取出等高线信息(等高距为 100 m)以及广东省土地利用现状图中的水稻田分布信息.

根据“海拔每升高 1 000 m,温度下降 6℃”的原则,在广东省 1—12 月平均气温图的基础上叠加海拔对温度的影响,纠正得出各地的实际温度.

2.3 温度对福寿螺潜在生境的影响

福寿螺对温度适应能力较强,具有较强的耐高

温性,但对低温的耐受能力不强.研究表明,福寿螺适温范围为 8~38℃,低于 0℃或者高于 40℃就会被冻死或灼死、在 0~8℃或 38~40℃范围内活动减少、12 和 14℃是螺和卵的发育零点^[14,25-26].8 和 40℃分别是福寿螺的越冬低温下限和越夏高温上限.结合广东地区温度分布的实际情况,确定广东地区福寿螺的适温区间为 0~38℃.

根据福寿螺的适温区间,筛选出广东地区福寿螺在各月份的潜在生境,包括Ⅰ:螺、卵均不能存活区(低于 0℃或高于 38℃);Ⅱ:螺冬眠且不产卵区(0~8℃);Ⅲ:螺存活但不发育,卵不孵化区(8~12℃);Ⅳ:螺卵存活,螺能发育但卵不孵化区(12~14℃);Ⅴ:螺、卵都能存活且发育区(14~38℃).同时统计出各月份各种潜在生境的面积,最后进行全年空间叠加,得到广东地区福寿螺的时空适宜分布区.

2.4 福寿螺对稻田的危害风险

水稻是福寿螺主要侵害的农作物,稻田中每 1 m² 有 3 只福寿螺就能引起显著的产量损失^[27].广东省绝大部分地区均适宜福寿螺的生长发育,使其大面积的水稻种植区将面临福寿螺的严峻威胁.因此,在广东地区福寿螺潜在的时空适宜分布区的基础上,叠加通过广东省土地利用现状图提取出广东地区水稻田的空间分布信息,得出广东地区福寿螺对水稻田的风险级别分布.

根据不同适宜空间区的类型(Ⅰ~Ⅴ)分别赋予不同的空间分布值:Ⅰ.赋值 0;Ⅱ.赋值 1;Ⅲ.赋值 2;Ⅳ.赋值 3;Ⅴ.赋值 4.

根据福寿螺在各月份的空间分布值的叠加,计算出全年广东地区福寿螺的时空适宜分布区,并叠加土地利用类型的影响.本研究主要针对福寿螺影响下水稻田的生态风险,因而定义水稻田中福寿螺的生态风险为 1,非稻田(除稻田以外的其他所有类型归为一类)中的福寿螺的危害风险为 0,对福寿螺时空适宜分布区进行土地利用类型的修正,得到广东地区福寿螺的危害风险分布,并将风险划分为 5 个等级:零度风险、低度风险、轻度风险、中度风险和高度风险.高度风险区是全年均适宜福寿螺生长发育(即全年各月份空间分布值均为 4)的水稻田区;中度风险区是全年最多只有 1 个月的空间分布值小于 3 的水稻田区;低度风险区是全年中至少有 3 个月的空间分布值小于或等于 1 的水稻田区;轻度风险区是水稻田区面临的生态风险介乎低度风险和中度风险之间;零度风险是非水稻田区面临的生态风险.

3 结果与分析

3.1 温度影响下福寿螺的潜在生境分布

3.1.1 各月份福寿螺的潜在生境分布状况 由广东省 1—12 月平均气温分布图知,全省冬季仅少部分地区平均气温低于 8℃,部分地区气温高于 8℃,但低于 12 或 14℃,低于螺和卵的发育起点温度.由于粤北地区海拔较高,受地形的影响,实际的温度还会更低,故在广东省仅有粤北部分地区福寿螺处于冬眠状态,或者福寿螺能存活但不发育和卵不孵化状态;其他大部分地区冬季基本上不会影响福寿螺的生长和发育.夏季广东地区平均气温均低于 38℃,属于福寿螺安全越夏的范围,表明福寿螺在广东地区不存在不能越夏的问题.各月份潜在生境分布见图 1,潜在分布面积见表 1.

归纳整理出广东地区福寿螺潜在分布的规律如下:

1) 广东地区的 5 种生境(即螺和卵都能存活且螺能发育卵能孵化;螺卵存活、螺能发育但卵不孵化;螺存活但不发育、卵不孵化;螺冬眠且不产卵;螺、卵均不能存活)从南到北依次排列,但在时间和空间上不尽相同.5 种生境只会在特定的季节同时出现,一种生境面积的扩大可能会导致另一种生境面积的缩小.

2) 广东地区福寿螺的生境分布范围随着季节的变化而变化,表现为①福寿螺、卵都能存活且螺能发育、卵能孵化的生境分布范围,1 月份仅限于粤西南一角,信宜、阳春、阳东、台山、珠海、深圳、海丰、陆丰和汕头之间的连线作为其北界;2 月份,其北界向北移,分布范围随之而扩大;3 月份开春时节,北界及其分布范围延续着这种北移趋势,分布范围显著扩大,已达到全省面积的 80% 以上;4—10 月份,分布范围始终维持在全省面积的 99% 以上;而随着冬季的来临,11—12 月份温度的下降,其分布范围在逐渐向南缩小;而在每年的 5—10 月,福寿螺能发育、卵能孵化的地区几乎遍布全省.②螺、卵存活,螺能发育但卵不孵化的生境分布范围,从 11 月份至次年的 2 月份都在逐渐扩大,从 3 月份开始则显著缩小,到了 4—10 月份始终只占全省面积的 0.59% 以下;③螺存活但不发育,卵不孵化的生境分布范围,从 11 月份开始存在,12 月至次年 1 月逐渐扩大,但 2—3 月份又开始缩小,到了 4—10 月份始终只占全省面积

的 0.01% 以下;④螺冬眠且不产卵的生境分布范围, 3—11 月份始终只占全省面积的 0.22% 以下, 面积很小. ⑤螺、卵均不能存活的生境只在 1 月份粤北的高海拔地区出现, 其余时间均不存在.

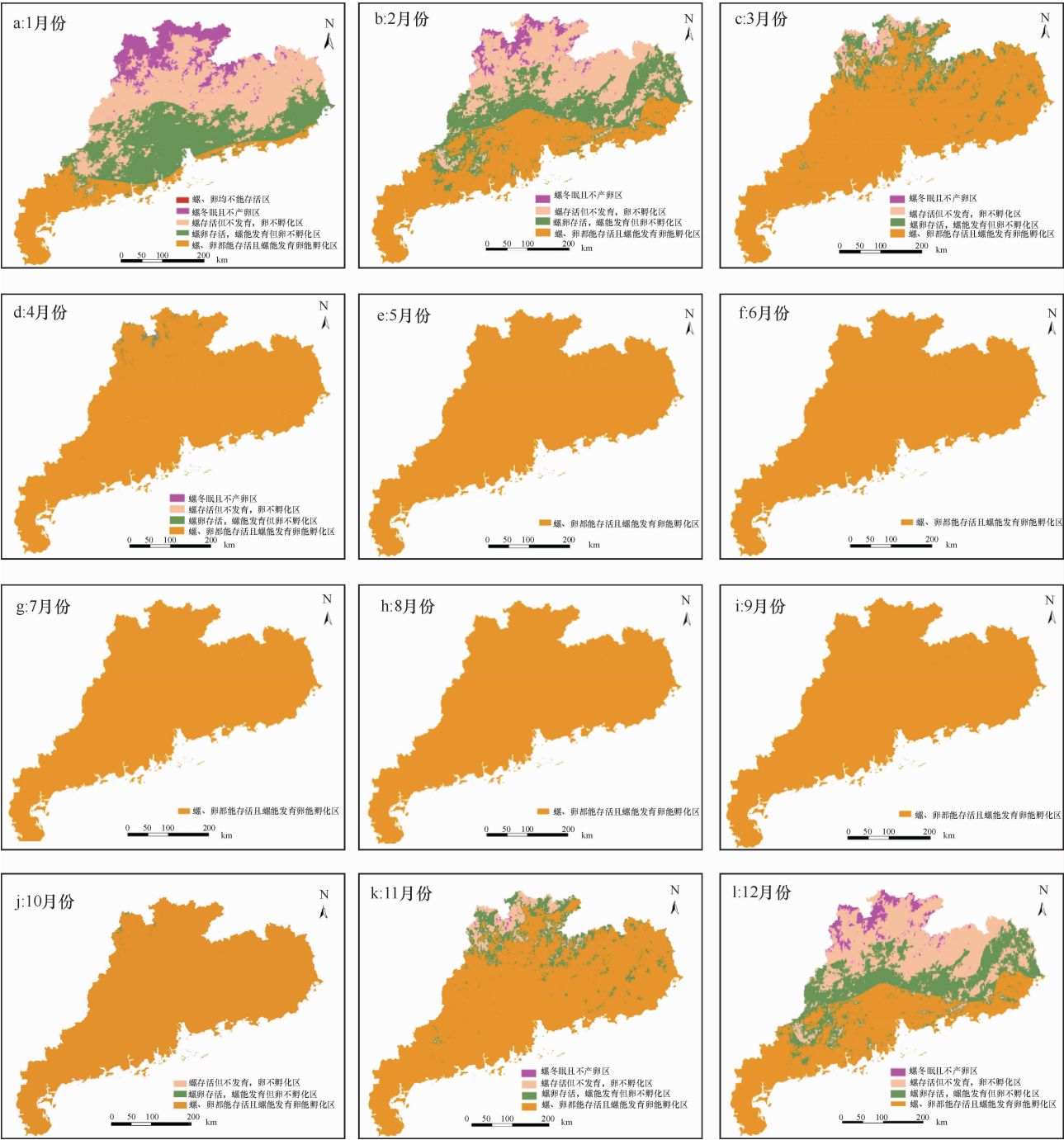


图1 广东地区各月份福寿螺的理论潜在分布

Fig. 1 Theoretical potential distribution of golden apple snails in each month of a year in Guangdong

3.1.2 广东地区福寿螺全年的潜在时空适宜分布区 叠加广东地区各月福寿螺的潜在生境分布, 根据相应的空间分布值, 计算得到广东地区福寿螺全年的空间分布阈值. 本研究定义全年均适宜福寿螺生长发育的地区(阈值为 48)为高度发生区; 最多只有 1 个月的阈值小于 3 的地区为中度发生区; 3 个或以上月份阈值小于或等于 1 的地区为少发生区; 少发生区与中度发生区之间的地区为轻度发生区. 按照此标准计算广东地区福寿螺全年的潜在时空适宜分布区(表 2 和图 2).

表 1 广东地区福寿螺各月份的 5 种生境的潜在分布面积和比例¹⁾

Tab.1 Area and proportion of five types of potential distribution habitats of golden apple snail in Guangdong										
月份	I		II		III		IV		V	
	S/km ²	比例/%	S/km ²	比例/%	S/km ²	比例/%	S/km ²	比例/%	S/km ²	比例/%
1	29	0.02	21 855	12.33	69 928	39.46	55 853	31.52	29 556	16.68
2	0	0.00	8 400	4.74	53 613	30.25	46 615	26.30	68 592	38.70
3	0	0.00	387	0.22	8 341	4.70	17 138	9.66	151 514	85.42
4	0	0.00	92	0.05	2	0.00	1 046	0.59	176 088	99.36
5	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	177 232	100.00
6	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	177 232	100.00
7	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	177 232	100.00
8	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	177 232	100.00
9	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	177 232	100.00
10	0	0.00	0	0.00	11	0.01	280	0.16	176 939	99.84
11	0	0.00	74	0.04	4 648	2.62	17 131	9.67	155 373	87.67
12	0	0.00	5 334	3.01	42 751	24.12	44 060	24.86	85 077	48.01

1) I :螺、卵均不能存活区,II :螺冬眠且不产卵区,III :螺存活但不发育、卵不孵化区,IV :螺和卵存活、螺能发育但卵不孵化区,V :螺、卵都能存活且螺能发育卵能孵化区;比例指生境分布面积占全省面积的百分比。

由表 2 和图 2 可知,全年均适宜福寿螺生长发育的地区主要分布在广东南部沿海地区,面积多达 2.95 万 km²,占全省面积的 16.68%。中度发生区占全省面积的 1/2 以上,该区的南界与 1 月份“螺发育但卵不发育”的南界基本一致,主要是这些地区 1 月份温度低于福寿螺的卵发育起点温度,故相对于高度发生区发生的概率小。粤西部分地区如信宜等因地处山区海拔较高,温度较低,不适宜福寿螺全年生长发育,因而福寿螺出现分布的概率相对周边低海拔地区小。以怀集县-广宁县-清新县-英德县-佛冈县-龙门县-东源县-龙川县-五华县-兴宁县一线为界,以南为中度发生区,以北为轻度发生区。其原因在于该线以北地区冬季温度低于福寿螺和卵的发育零点,福寿螺不发育且卵不孵化,因而福寿螺出现分布的概率比以南地区低。低度发生区集中于韶关、清远、河源等粤北的部分地区。少发生区面积仅占 3.02%,主要分布在粤北高海拔地区,呈零星分布格局,主要在于该高海拔地区冬季温度较低,在 1 月份福寿螺活动减少甚至是不适宜福寿螺越冬。综上所述,除粤北部分地区外,广东大部分地区都适宜福寿螺的生长与分布,中度发生区和高度发生区的面积占总面积的比例达到 70.93%(表 2)。

3.2 广东稻田分布区福寿螺的风险级别分析

水稻田是福寿螺的主要生境,水稻是福寿螺的主要危害对象,其危害风险较大。在温度影响下福寿

表 2 广东地区福寿螺的潜在时空适宜分布区面积和比例
Tab.2 Area and proportion of potential spatio-temporal distribution of golden apple snails in Guangdong

发生概率区	空间分布阈值	S/km ²	占总面积比例/%
少发生区	28~36	5 353.57	3.02
低度发生区	37~42	46 121.85	26.05
中度发生区	43~47	96 055.14	54.25
高度发生区	48	29 532.17	16.68

螺的时空适宜分布区基础上,叠加以水稻田和非水稻田划分的土地利用类型(图 3)对福寿螺发生危害的影响,可进一步探讨福寿螺对广东稻田分布区的水稻生产带来的潜在风险。

风险级别按照时空适宜性的定义对阈值进行划分,同时考虑土地利用类型对福寿螺的影响。风险级别评价结果如图 4 和表 3。由图 4 和表 3 可知,重度风险区约为 8 540.97 km²,主要分布在粤西地区(约北纬 22°以南)的湛江、茂名、阳江地区,广东中部和粤东的沿海地区也有零星出现。该地区水稻种植面积大且全年高温,极易受到福寿螺的侵害,是重点防治区域。中度风险区主要集中在广东地区的中部(北纬 22°~24°),如云浮、江门、佛山、中山、惠州、梅州和清远南部的稻区面积约为 24 805.42 km²。轻度风险区和低度风险区面积分别为 5 681.71 和 242.89 km²,零星地散落在清远、韶关、河源等地的高海拔地

区,该地区冬季温度低,不满足福寿螺或卵生长发育的需求,因而其风险较低. 零度风险区风险值为 0,主要分布在粤北、粤东和珠三角地区的非水田区(主要为旱地),这些地区水田分布较少,因而福寿螺的危害风险相对较低(表 3).

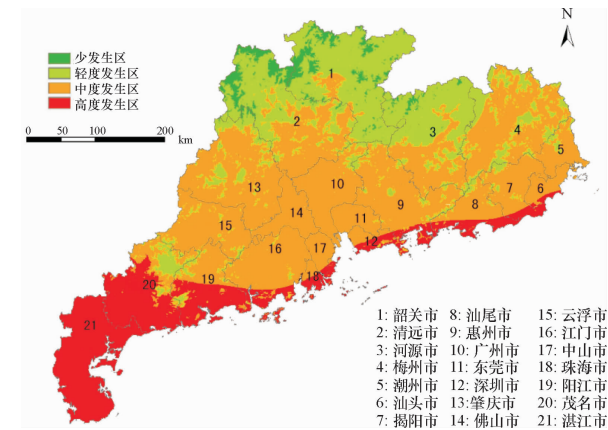


图2 广东地区福寿螺时空适宜分布区

Fig. 2 Potential spatio-temporal distribution of golden apple snails in Guangdong

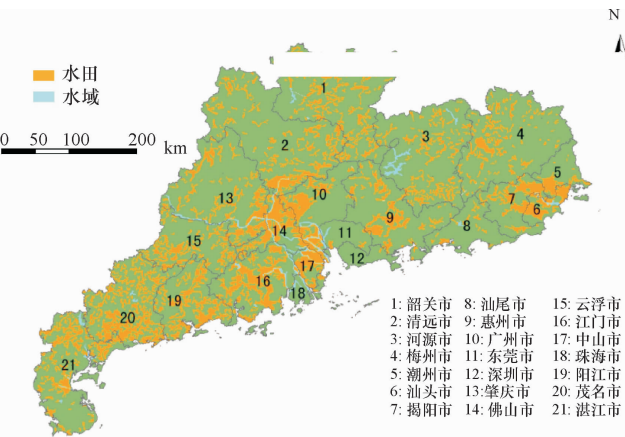


图3 广东地区的水田分布范围

Fig. 3 Distribution of paddy fields in Guangdong

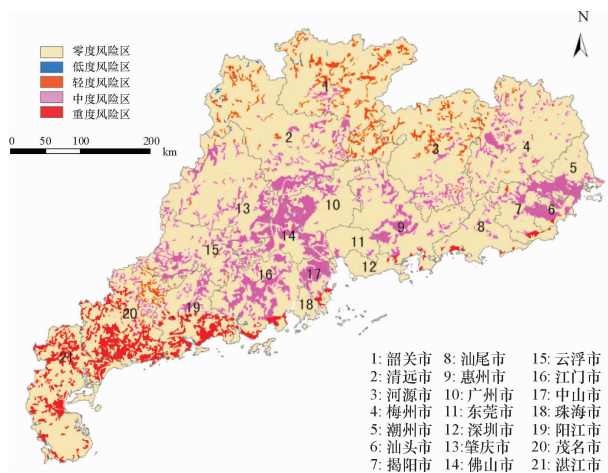


图4 广东地区福寿螺风险级别

Fig. 4 Damage risk levels of golden apple snails in Guangdong

表3 广东稻田分布区福寿螺的不同风险级别的分布面积及其比例

Tab.3 Area and proportion of risk levels of golden apple snails in paddy fields in Guangdong

风险区间	风险值	S/km ²	占总面积比例/%
低度风险区	28 ~ 36	242. 89	0. 62
轻度风险区	37 ~ 42	5 681. 71	14. 47
中度风险区	43 ~ 47	24 805. 42	63. 16
重度风险区	48	8 540. 97	21. 75

4 讨论与结论

1) 本文从景观层次上对福寿螺的时空分布规律及其潜在风险的研究是一个有益的探索和尝试,目前国内外在这方面的研究很少. 然而本研究只是针对温度、大尺度地形地貌和土地利用类型 3 个因素预测了广东地区福寿螺潜在生境分布趋势及其危害风险. 同时,由于空间数据的分辨率问题,利用 GIS 技术可能忽略了一些小地形的变化,这些小地形可形成特殊的小气候(如在粤北高山区由于地形、地貌的影响,可能使局部冬季气温高于 0 ℃ 的微气候),因而可能使福寿螺在原本不能过冬的地区安全过冬. 降雨作为一种重要的气候因子,它对水生生态系统的维持具有重要作用,但如果直接考虑到不同水生系统(除稻田以外,还有河流、湖泊、溪流、池塘、湿地)对福寿螺生存及其入侵危害的影响,就没有必要再考虑降雨的影响,这主要是因为降雨只是一个多变的短期过程,其形成的湿生生境才是福寿螺生存的最终载体. 然而,需要注意的是,短期的降雨过程可能造成临时性的地表径流,特别是洪涝、洪流,它们易引起福寿螺随水流在区域之间的迁移和扩散,进而改变福寿螺的局部分布和风险. 另一方面,本研究是从生态适宜性角度分析福寿螺在广东地区的潜在生境以及福寿螺造成的危害风险,但在实际水稻生产过程中,各地区福寿螺的种群密度存在一定的差异,福寿螺的危害风险还受到局部田间管理等因素的影响. 不恰当的土地利用与管理方式可能导致福寿螺在局部低风险地区产生更大的种群,构成更大的危害风险. 这些均需要进行更深入细致的研究.

2) 低度风险区夏季也可能遭受福寿螺的侵害. 由于福寿螺的繁殖速度快,一旦天气回暖,种群会迅速增长和扩散,而广东地区 5—10 月份全省气温完全满足螺和卵发育的要求,全省均为福寿螺的适宜生境. 故即使在低度发生区,如果有少量福寿螺通过冬眠或特殊生境能幸存下来,到了春夏气温回升季

节,其种群也可迅速恢复与蔓延;同时,即使冬季不能过冬,但在暖季,福寿螺也可能经河流、湖泊等水体通过灌溉从一个地区向另一个地区迁移和传播.福寿螺因此也可能从能越冬的地区传播到周边原来不能越冬的地区.因此对于低度发生区,只要相邻的某些地区福寿螺能安全越冬,也会通过水流等多种方式迁移扩散,在夏季也可能面临福寿螺的严峻威胁.

3) 周卫川^[15]根据福寿螺活动的适温范围,利用计算机检索气候数据库和 GIS 技术研究福寿螺在中国的定殖风险,指出福寿螺在广东地区 1 年可发生 2 代或 2 代以上,本研究除了考虑温度对福寿螺的影响外,还考虑了海拔和土地利用方式的影响.但由于数据获取不全,本文只简单地从水田和非水田 2 种土地利用类型着手来评价福寿螺对稻田危害的风险.但事实上,水体(如河流、湖泊、池塘、水沟、湿地等)也是福寿螺造成入侵危害的重要生态系统,另外,具有灌溉沟的蔬菜旱地也是福寿螺危害的潜在生境之一,故福寿螺造成的实际风险可能要比本文预测的结果更严重.因此,今后应对不同土地利用类型进行更细致的分析.

4) 全球变暖可能加快福寿螺向北入侵,使得一些原来不适宜福寿螺生长的地区成为其新的栖息地.据报道,福寿螺以每年 8~10 km 的速度向北扩展^[28].同时受全球变暖的影响,最近 50 年中国年平均气温每 10 年增加 0.22℃^[29],预计到 21 世纪末全球年均温将上升 1.4~5.8℃^[30],如此增温趋势为福寿螺迁移扩散提供了有利条件,福寿螺可能会以更快的速度向北扩张,故今后应加强开展全球变暖对福寿螺入侵的影响研究.

5) 潜在的生物入侵本质上是一个地理学问题^[21],通过建立模型,能预测入侵物种的潜在生境.以生态位理论为基础建立的生态位模型是其中一种常用的模型.当前运用广泛的生态位模型包括 CLIMEX 模型、GARP 模型、MEXENT 模型、BIOCLAM 模型等等,运用这些模型,有些学者预测了松材线虫、紫茎泽兰、斑马纹贻贝的生境^[31-35].这些模型的特点是提取目标物种在已知分布地区的环境特征,通过一定的模型算法计算出该物种在目标地区的适生范围.也有学者以实地调查的方式研究物种的适宜生境^[36-37].同时空间技术的发展,为大范围研究物种的生境提供了便利的条件,有些学者结合遥感技术,以高分辨率的卫星影像分析物种的生境预测物种的生境^[38],如 Guo 等^[39]通过卫星影像提取适宜钉螺生境的植被指数(NDVI)而确定其在鄱阳湖的生境.相对于模型、频率统计及遥感技术对生境的预测.本研究

作出另外的尝试,以 GIS 为平台,以前人关于福寿螺生理特点的研究为基础,以福寿螺对温度的适应性范围为依据,探索广东地区福寿螺的适宜生境,在方法上是一种新的探索.可能因为考虑的因素还不够完善,在今后研究过程中需要通过频率统计等方法进一步确定福寿螺的适宜生境.如在福寿螺大面积出现的地区收集更多的生态环境因子,对生态环境因子进行相关性分析,诊断出主导因子和限制性因子,将研究进一步细化.

6) 本文依托 GIS 技术,研究了广东地区福寿螺的潜在时空适宜分布区,得出了以下结论:①广东地区活动状态福寿螺的生境分布范围夏季相对较广、冬季相对较窄,同时,其适生范围夏季向北扩展,冬季向南收缩;②广东地区 5—10 月份全省气温完全满足螺和卵的发育要求,全省均适宜活跃状态的福寿螺分布;③广东冬季 1 月份在粤北山区小部分地区出现福寿螺不能存活生境,这意味着福寿螺在此生境内不能安全越冬,该地区福寿螺为害较轻,而粤西南全年有活动福寿螺分布,危害最严重.

本研究结果表明,每年的 5—10 月份是广东地区福寿螺分布最广泛、为害最严重的时期,这与实际调查情况较为一致.因此,在该时期,应密切关注福寿螺的种群动态变化,并开展相应的控螺、灭螺工作.否则,将会导致粮食不同程度的减产.清远市和韶关市以南的广东大部分地区的稻田是受福寿螺侵害较为严重的地区,尤其是湛江、茂名、阳江、佛山、江门、汕头、揭阳等水稻主产区.因此,应对水稻分布的中度风险区和重度风险区实施重点防治.

参考文献:

- [1] 李小慧,胡隐昌,宋红梅,等.中国福寿螺的入侵现状及防治方法研究进展[J].中国农学通报,2009,25(14):229-232.
- [2] 董朝莉.福寿螺的生物生态学特性及在广西的分布与危害现状研究[D].桂林:广西师范大学,2006
- [3] 胡自强,胡运瑾.福寿螺的形态构造[J].动物学杂志,1991,26(5):4-6.
- [4] 傅先元,王洪全.大瓶螺繁殖生态学研究[J].浙江海洋学院学报:自然科学版,2000,19(1):37-41.
- [5] NANCY H G, PHILIP C D. The effect of calcium and pH on Florida apple snail, *Pomacea paludosa* (Gastropoda: Ampullariidae), shell growth and crush weight[J]. Aquatic Ecology, 2009,43(4):1085-1093.
- [6] 宋红梅,胡隐昌,王培欣,等.福寿螺线粒体 DNA CO I 基因序列测定及分类方法[J].动物学杂志,2010,45(1):1-7.

- [7] 叶建人,李云明. 福寿螺在水稻田的消长规律及其田间分布动态[J]. 中国农学通报, 2009,25(3):185-188.
- [8] 符明龙,谢淑玲,祝增荣,等. 入侵移栽稻田的福寿螺卵块空间分布型及其抽样技术[J]. 植物保护学报, 2008,35(4):332-338.
- [9] YOICHI Y, NAOYUKI S, TAKASHI W. Predatory potential of freshwater animals on an invasive agricultural pest, the apple snail *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Ampullariidae), in southern Japan[J]. Biological Invasions, 2006(8):137-147.
- [10] TEO Su-sin. Evaluation of different species of fish for biological control of golden apple snail *Pomacea canaliculata* (Lamarck) in rice[J]. Crop Protection, 2006(25):1004-1012.
- [11] 曾坤玉,胡飞,陈玉芬,等. 四种与福寿螺 *Ampullaria gigas* 同源地入侵植物的杀螺效果[J]. 生态学报, 2008,28(1):260-266.
- [12] 胡飞,曾坤玉,张俊彦,等. 五爪金龙乙醇提取物对福寿螺毒杀和水稻苗生长的影响[J]. 生态学报, 2009,29(10):5471-5477.
- [13] 骆悦,曾鑫年,居建华,等. 40种植物甲醇提取物的杀螺活性研究[J]. 植物保护, 2005,31(1):31-34.
- [14] 周卫川,吴宇芬,杨佳琪. 福寿螺在中国的适生性研究[J]. 福建农业学报, 2003,18(1):25-28.
- [15] 周卫川. 外来入侵生物福寿螺的风险分析[J]. 检验检疫科学, 2004,14(6):37-39.
- [16] 周立群,谢丙炎,沈文君,等. 园艺作物危险性相似穿孔线虫入侵中国适生区的GIS预测[J]. 农业工程学报, 2005,21(增刊):28-31.
- [17] 杜予州,顾杰,郭建波,等. 入侵害虫红火蚁在中国的适生性分布研究[J]. 中国农业科学, 2007,40(1):99-106.
- [18] 陈红,何方,吴楠,等. 基于GIS研究“加拿大一枝黄花”在合肥地区的分布特点[J]. 安徽农学通报, 2007,13(7):64-66.
- [19] 李谢辉,王磊,李景宜. 基于GIS的渭河下游河流沿线区域生态风险评价[J]. 生态学报, 2009,29(10):5523-5534.
- [20] 马平,蒋小龙,李正跃,等. 基于GIS与气候相似性的谷斑皮蠹在云南适生区的预测[J]. 植物保护, 2009,35(4):44-48.
- [21] 陈浩,陈利军. 利用遥感和GIS的方法预测外来入侵物种的潜在分布[J]. 遥感学报, 2007,11(3):426-432.
- [22] 广东省人民政府. 自然地理[EB/OL]. [2010-08-23]. <http://www.gd.gov.cn/gdsk/sqgm/zrdl/>.
- [23] 广东省气象局. 广东省气候图集[M]. 广州:广东地图出版社, 1982:10.
- [24] 广东省国土资源厅. 广东省土地利用现状图[EB/OL]. [2010-08-23]. <http://www.gdln.gov.cn/newsAction.do?method=viewNews&classId=02001980000000538&newsId=020010040000013702>.
- [25] 傅先源,王洪全. 温度对福寿螺生长发育的影响[J]. 水产学报, 1999,3(1):21-26.
- [26] 潘颖瑛,董胜张,俞晓平. 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, 2008,35(3):239-244.
- [27] JOSHI R C. Problems with the management of the golden apple snail *Pomacea canaliculata*: An important exotic pest of rice in Asia[M]//WREYSE M J B, ROBINSON A S, HENDRICH S J. Area-wide control of insect pests. [S. I.]:IAEA, 2007:257-264.
- [28] 俞晓平,和田节,李中方,等. 稻田福寿螺的发生和治理[J]. 浙江农业学报, 2001,13(5):247-252.
- [29] 蒲金涌,王位泰,姚小英,等. 甘肃陇东地区季节冻土变化对气候变暖的响应[J]. 生态学杂志, 2008,27(9):1562-1566.
- [30] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate change 2001: The scientific basis WGI third assessment report [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.
- [31] 吴文浩,李明阳. 基于生态位模型的松材线虫潜在生境预测方法研究[J]. 林业调查规划, 2009,34(5):33-38.
- [32] 李双成,高江波. 基于GARP模型的紫茎泽兰空间分布预测:以云南纵向岭谷为例[J]. 生态学杂志, 2008,27(9):1531-1536.
- [33] 李明阳,巨云为, KUMAR S, 等. 美国大陆外来入侵物种斑马纹贻贝 *Dreissena polymorpha* 潜在生境预测模型[J]. 生态学报, 2008,28(9):4253-4258.
- [34] 江红,郭兴泉,龚伟,等. 生物入侵预测模型研究进展[J]. 环境保护科学, 2009,35(6):37-40.
- [35] 孙文涛,刘雅婷. 生物入侵风险分析的研究进展[J]. 中国农学通报, 2010,26(7):233-236.
- [36] 肖正清,周冠华,权文婷. 恶性外来入侵植物紫茎泽兰在云南的分布格局[J]. 自然灾害学报, 2009,18(5):82-87.
- [37] 杨会涛,刘振生,徐坤,等. 狗獾秋季对生境的选择:以黑龙江省方正林业局为例[J]. 生态学报, 2010,30(7):1875-1881.
- [38] ELITH J, GRAHAM H C, ANDERSON P R, et al. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data[J]. Ecography, 2006(29):129-151.
- [39] GUO Jia-gang, VOUNATSOU P, CAO Chun-li, et al. A geographic information and remote sensing based model for prediction of *Oncomelania hupensis* habitats in the Poyang Lake area, China[J]. Acta Tropica, 2005,96(2/3):213-222.