

海南万泉河琼海段外来物种红耳龟 生境适宜性分析

陈 懋 王力军* 史海涛* 马 凯

海南师范大学生命科学学院 海口 571158

摘要: 为了解外来物种红耳龟 (*Trachemys scripta elegans*) 在海南入侵区的适宜栖息地特征, 本文采用野外调查, 结合 3S 技术 (GIS、GPS 和 RS) 和因子筛选的方法对海南万泉河琼海段红耳龟的生境选择进行了研究, 并对该区域红耳龟生境适宜性及空间分布进行了分析。研究表明, 红耳龟喜好选择在海拔 0 ~ 15 m、人为干扰距离在 200 ~ 400 m 的水域且离水源距离不超过 100 m 的人工林区域栖息。GIS 分析表明, 2009 年海南万泉河琼海段红耳龟的适宜生境面积达 95.13 km², 占研究区总面积的 5.66%; 较适宜生境达 153.32 km², 占研究区总面积的 9.12%; 不适宜生境 1 432.58 km², 占研究区总面积的 85.22%。通过对该区域红耳龟生境的适宜性分析研究, 为有效防治和管理红耳龟的入侵、扩散提供基础数据及科学依据。

关键词: 红耳龟; 3S 技术; 入侵物种; 生境适宜性; 海南

中图分类号: Q958 文献标识码: A 文章编号: 0250-3263(2014)05-692-07

Habitat Suitability Analysis for the Introduced Red-eared Slider Turtle (*Trachemys scripta elegans*) in Qionghai Section of Wanquan River, Hainan

CHEN Mao WANG Li-Jun* SHI Hai-Tao* MA Kai

College of Life Sciences, Hainan Normal University, Haikou 571158, China

Abstract: To understand the characteristics of suitability habitat for the introduced red-eared slider turtle (*Trachemys scripta elegans*) in Hainan we conducted a habitat selection study in Qionghai section of Wanquan River. We collected ecological factors such as elevation, slope, aspect, cover type, distance to water and human disturbance distance on 1 741 locations by tracking 27 individuals and analyzed the correlation of those ecological factors using Linear regression. We used Vanderploeg and Scavia's selectivity index to assess red-eared slider turtle's habitat selection for the different habitat parameters. We also evaluated the habitat suitability for this species by 3S technology (GPS, RS, GIS) in the study area. We obtain the land-use data from field surveys and satellite images, and remote sensing data of Landsat TM digital image in 2009 by supervised classification. The results show that red-eared slider turtle preferred to area with an altitude of 0 - 15 m, the human disturbance distance to water from 200 to 400 m, and artificial forest distance to water below 100 m. The analysis of GIS show that the most suitable habitat occurred in central and eastern Qionghai. The

基金项目 国家自然科学基金项目 (No. 31372228, 31260519);

* 通讯作者, E-mail: wanglijun_haikou@sina.com; Haitao-shi@263.net;

第一作者介绍 陈懋, 男, 硕士研究生; 研究方向: 龟类生态与保护; E-mail: chenmao1219@163.com。

收稿日期: 2013-12-03, 修回日期: 2014-03-24

size of suitable habitat, less suitable habitat and unsuitable habitat were 95.13 km², 153.32 km² and 1 432.58 km², accounting for 5.66%, 9.12% and 85.22% of the total study area, respectively. The results also implied that invasion potential of the red-eared slider turtle would be great in Qionghai section of Wanquan River. To some extent, the analysis on the habitat suitability can provide the basis data for preventing and controlling the red-eared slider turtle in Hainan.

Key words: Red-eared slider turtle (*Trachemys scripta elegans*); 3S technology; Invasive species; Habitat suitability; Hainan

生境为物种提供了基本的生存繁衍的空间,对动物的捕食、竞争、繁殖等具有重要的作用(颜忠诚等 1998)。动物选择的生境环境要能满足其最基本的资源条件,如食物、水分和隐蔽场所等;同时,气候、竞争者和捕食者等也会影响物种的生境选择(魏辅文等 1998)。因此,所有动物都只能生活在一定的环境范围内,并随着环境因子或资源结构的变化而对生境的选择发生相应的变化。

红耳龟(*Trachemys scripta elegans*)又名巴西龟,原产于美国中部至墨西哥北部,具有极高的种内密度和极强的种间竞争能力(Gibbons et al. 1990)。控制实验的研究表明,其在食物和晒壳场所方面的竞争能力明显强于原产地龟(Cadi et al. 2004)。因此,该物种已在欧洲、非洲、澳洲、亚洲以及美洲(非原产地)等世界范围内成功入侵(Kraus 2009),并被列为世界最危险的 100 种外来入侵物种之一(Lowe et al. 2000)。红耳龟于 20 世纪 80 年代引入我国(史海涛等 2009b),截止 2011 年,已有 22 个省市具有其野外分布记录(刘丹等 2011)。目前,在原产地,对红耳龟的生境选择、食性、繁殖等方面已经做了相当多的研究(Anderson et al. 2002)。此外,对红耳龟在入侵生态学方面的研究,主要集中在红耳龟的入侵途径(Kraus 2009)、入侵地的分布(史海涛等 2009a, 刘丹等 2011, Liu et al. 2013)、食性(Chen et al. 1998)、对环境胁迫抗性(傅丽容等 2012, 舒超华等 2012)、与本地物种竞争(Newberry 1984, Ramsay et al. 2007)以及与本地龟杂交(Lee 2005)等方面。对于其大尺度生态学研究,主要集中在适宜栖息地的分布(Ficetola et al.

2009)、潜在入侵区的分布及预测(Rödder et al. 2009, Kikillus et al. 2010)等方面。对其微生境的研究表明,红耳龟在海南偏爱于近岸的、水生动植物资源丰富、隐蔽度高,有晒壳场所、静水或者水流缓慢的浅水环境(刘丹 2011),因此,本文利用野外调查并借助 3S 技术(GIS/GPS 和 RS),对海南万泉河琼海段的红耳龟的生境适宜性进行了研究,旨在了解红耳龟在上述地区的生境适宜性及空间分布特征,为有效防治和管理红耳龟的入侵和扩散提供基础数据和科学依据。

1 研究区域自然地理概况

琼海地处海南岛东北部(110°07' ~ 110°40'E, 18°59' ~ 19°29'N, 图 1)。境内地势自西北向东南倾斜,大部分为沿海低平地带,地形主要由平原、丘陵、山地三部分构成,土地总面积为 1 692 km²,东部为沿海低地,占总面积的 73%;中部为丘陵地带,占总面积的 26%,西部与西南多为山区和半山区,占总面积的 1.01%,境内有 6 条终年川流不息的江河,水总量为 2.99 × 10⁹ m³。属于热带季风岛屿型气候,光照充足、热量丰富、雨量丰沛,年平均气温 24℃(琼海市地方志办公室 2009)。当地两栖爬行动物资源十分丰富,其中黑眶蟾蜍(*Bufo melanostictus*)、虎纹蛙(*Rana rugulosa*)、沼蛙(*R. guentheri*)、泽蛙(*R. limnocharis*)、饰纹姬蛙(*Microhyla onata*)、中国水蛇(*Enhydryis chinensis*)、铅色水蛇(*Enhydryis plumbea*)等为优势种,中华条颈龟(*Ocadia sinensis*)、中华鳖(*Pelodiscus sinensis*)为偶见种,红耳龟、乌龟(*Mauremys reevesii*)、牛蛙



图1 研究区域示意图

Fig. 1 Research area

(*R. catesbeiana*) 为外来种(刘丹 2011)。

2 研究方法

2.1 3S 数据源及处理 本研究的数据主要来源为 2009 年 30 m × 30 m 分辨率的 Landsat TM 遥感影像数据, 以及 90 m × 90 m 分辨率的高程图。我们将 TM 数据与地形图进行配准, 配准后的图在实地调查的基础上, 利用 ERDAS IMAGINE 9.2 遥感图像处理软件进行监督分类, 结合人工目视解译对海南省万泉河琼海段景观类型及其分布格局进行解译(李鹏山 2010)。结合已有的文献资料(Anderson 1976)和我们的野外调查数据, 本研究将海南省万泉河琼海段的土地覆盖类型分为 8 类: 旱地、农田、人工林、天然林、建筑用地、水域、草地、滩涂。

2.2 生境选择 依据马凯等(2013)2010 年 7 月至 2012 年 8 月, 分别对 27 只红耳龟个体遥测的 1 741 个有效活动位点, 在海南琼海万泉

河的沙洲岛上选取 49 个利用位点, 以位点为中心做 15 m × 15 m 的利用样方; 对照样方的选取是以万泉河沙洲岛为原点, 做一个半径为 2 km 的圆形区域, 在该圆形区域内, 使用 ArcGIS 生成随机点, 剔除掉有效活动位点附近的随机点后, 共选用 43 个随机点作为对照样方, 获取其 UTM 坐标后, 以位点为中心做 15 m × 15 m 的对照样方。主要收集样方中的海拔、坡度、坡向、土地覆盖类型、距水源距离和人为干扰距离这 6 类栖息地变量的信息。

通过对利用样方和对照样方的不同生境特征的统计, 利用 SPSS 19.0(李洪成 2010)线性回归相关性分析, 分析了出现频次与生态因子的相关性, 并运用 Vanderploeg 和 Scavia 选择系数 W_i 和选择指数 E_i 为衡量研究区域红耳龟对生境选择喜好程度的指标(Lechowicz 1982, 冯利民等 2005), 计算出红耳龟对不同特征生境的选择系数和选择指数。 $W_i = (r_i/P_i)/(r_i/P_i)$

P_i), $E_i = (W_i - 1/n)/(W_i + 1/n)$, 式中, W_i 为选择系数, E_i 为选择指数, i 为某特征的等级, n 为某特征的等级数 ($i = 1, 2, 3, \dots, n$), P_i 为环境中具有 i 特征等级的样点数占所有样点数的比例, r_i 为动物所选择的具有 i 特征等级样点数占全部发现动物样点数的比例。 E_i 值介于 $-1 \sim 1$ 之间。若 $E_i > 0$ 表示选择, $E_i < 0$ 为不选择, $E_i = 0$ 为随机选择, E_i 值接近于 0 时表示几乎随机选择。

2.3 红耳龟的生境适宜性评价 以生境选择系数和选择指数(冯利民等 2005)为标准, 给出不同单因素影响的适宜性评价准则, 采用模糊赋值求积法, 将因子最喜好的类别赋值为 1; 不喜好的为 0, 因子乘积为 1 的栖息地为最适宜生境; 而当其中的一个因子的赋值为 0 时, 栖息地的适宜性则为 0, 即为不适宜生境, 其他区域则为较适宜区域(李石华 2006)。根据权重对各图层进行叠加(王金亮等 2004), 对不同时相的红耳龟生境适宜性进行评价。

3 结果与分析

应用 SPSS 19.0 的线性回归分析, 确定了红耳龟出现频次与上述 6 类栖息地变量的相关性(表 1)。显著影响红耳龟在研究区域内的生境选择因子主要有土地覆盖类型、人为干扰距离、距水源距离、海拔, 而坡度和坡向对红耳龟生境选择没有显著影响 ($P = 0.208$ 和 $P = 0.601$)。

红耳龟对不同生境特征的选择系数和选择

指数显示, 红耳龟喜欢海拔在 $0 \sim 15$ m 的低平地帶活动, 不喜欢在海拔高于 30 m 的低丘台地区域活动, 对于海拔在 $15 \sim 30$ m 的区域则是随机选择; 红耳龟喜欢离水源不超过 100 m 的区域, 基本不出现在离水源超过 200 m 的区域, 对于 $100 \sim 200$ m 的区域则是随机选择。红耳龟喜欢人工林和水域这两种土地覆盖类型, 不喜欢滩涂、建筑、农田、旱地及天然林等土地覆盖类型, 对于草地这种覆盖类型是随机选择(表 2)。此外, 红耳龟对人为干扰有较强的适应能力, 喜欢在离人类活动 $200 \sim 400$ m 的区域, 但不喜欢太靠近人类活动的区域, 对于人为干扰距离在 400 m 以上的则是随机选择。

根据红耳龟对不同生境特征的选择系数和选择指数, 利用 ArcGIS 对各图层进行加权叠加, 获得红耳龟生境适宜性图(图 2)。红耳龟适宜的生境主要分布在琼海市东部的沿海低平地帶和万泉河及支流水域, 西部区域红耳龟的适宜生境少有分布; 而南部和北部有大量的次级适宜生境和少量的适宜生境分布。

通过在 ArcGIS 9.3 进行斑块统计分析, 万泉河琼海段 2009 年红耳龟最适宜生境有 95.13 km^2 , 较适宜生境面积约是最适宜生境面积的 1.6 倍, 达 153.32 km^2 , 两者总面积为 248.45 km^2 , 占该区域总面积的 14.78% (表 3)。这意味着红耳龟在该区域拥有着较大的可能扩散面积。综合来看, 红耳龟对生境虽然有一定的要求, 但万泉河琼海段已具备了红耳

表 1 红耳龟生境因子的 F 值及相关性系数

Table 1 F -value and correlation coefficient of ecological factors

生态因子 Factor	r 值 r value	F 值 F value	显著水平 P level
海拔 Elevation (m)	0.396	16.768	< 0.001
坡度 Slope (°)	0.133	1.609	0.208
坡向 Aspect (°)	0.055	0.276	0.601
土地覆盖类型 Cover type	0.340	11.732	0.001
距水源距离 Distance to water (m)	0.360	13.436	< 0.001
人为干扰距离 Human disturbance distance (m)	0.533	35.630	< 0.001

表 2 海南琼海地区红耳龟的生境选择参数

Table 2 The utilization of habitat factors by red-eared slider turtle in Qionghai

特征 Characters	<i>i</i>	$P_i(\%)$	$r_i(\%)$	选择系数 Selectivity coefficient W_i	选择指数 Selectivity index E_i	选择情况 Use
海拔(m) Elevation	0~15	59.90	32.61	0.721 4	0.367 9	P
	15~30	40.10	56.52	0.278 6	-0.089 5	AR
	≥30	0.00	10.87	0.000 0	-1.000 0	N
土地覆盖类型 Cover type	人工林 Planted forest	81.66	55.43	0.605 1	0.289 6	P
	水域 Waters					
	草地 Grassland	16.38	18.48	0.364 1	0.044 2	AR
	滩涂 Shallows	1.96	26.09	0.030 8	-0.830 8	N
	建筑用地 Building					
	农用地 Farmland					
旱地 Dry land						
天然林 Natural forest						
人为干扰距离(m) Human disturbance distance	0~200	0.98	47.83	0.007 1	-0.958 0	N
	200~400	97.07	50.00	0.678 4	0.341 1	P
	≥400	1.96	2.17	0.314 4	-0.029 2	AR
距水源距离(m) Distance to water	0~100	99.02	78.26	0.658 9	0.328 1	P
	100~200	0.98	9.78	0.052 1	-0.729 8	AR
	≥200	0.00	11.96	0.000 0	-1.000 0	N

i 为某特征的等级, P_i 为环境中具有 *i* 特征等级的样点数占所有样点数的比例, r_i 为动物所选择的具有 *i* 特征等级样点数占全部发现动物样点数的比例; P. 喜爱; N. 不喜爱; AR. 几乎随机选择。

i. Class; P_i . The proportion of sample units in the *i* th class to total sample units in environment; r_i . The proportion of sample units used by animals in the *i* th class to total sample units used by animals in environment; P. Preferred; N. Not Preferred; AR. Almost Random Selection.

表 3 2009 年万泉河琼海段红耳龟生境适宜性状况

Table 3 Suitability habitat condition for red-eared slider turtle in Qionghai section of Wanquan River in 2009

生境质量等级 Class	面积 Area (km ²)	面积比例 Cover (%)
最适宜生境 Suitable habitat	95.13	5.66
次级适宜生境 Less suitable habitat	153.32	9.12
不适宜生境 Unsuitable habitat	1 432.58	85.22
总面积 Total area	1 681.03	100.00

龟入侵该生境所必须的生态环境因子, 再加之其对人为干扰有较好的抗性, 对入侵地的环境有较强的适应能力, 为其大规模入侵该区域提供了可能。

4 讨论

4.1 水源和植被因子是影响红耳龟生境选择

的主要因素 红耳龟作为纹龟的一个亚种, 其习性跟纹龟类似, 偏好于底部柔软的平静水域、水生植物丰富及有合适晒壳场所的生境 (Carr 1952), 红耳龟对隐蔽场所有一定的要求, 好的隐蔽场所有利于其逃避敌害 (刘丹 2011)。因此, 红耳龟喜欢选择水域类型及离水源距离不远的陆地区域, 这能给它提供丰富

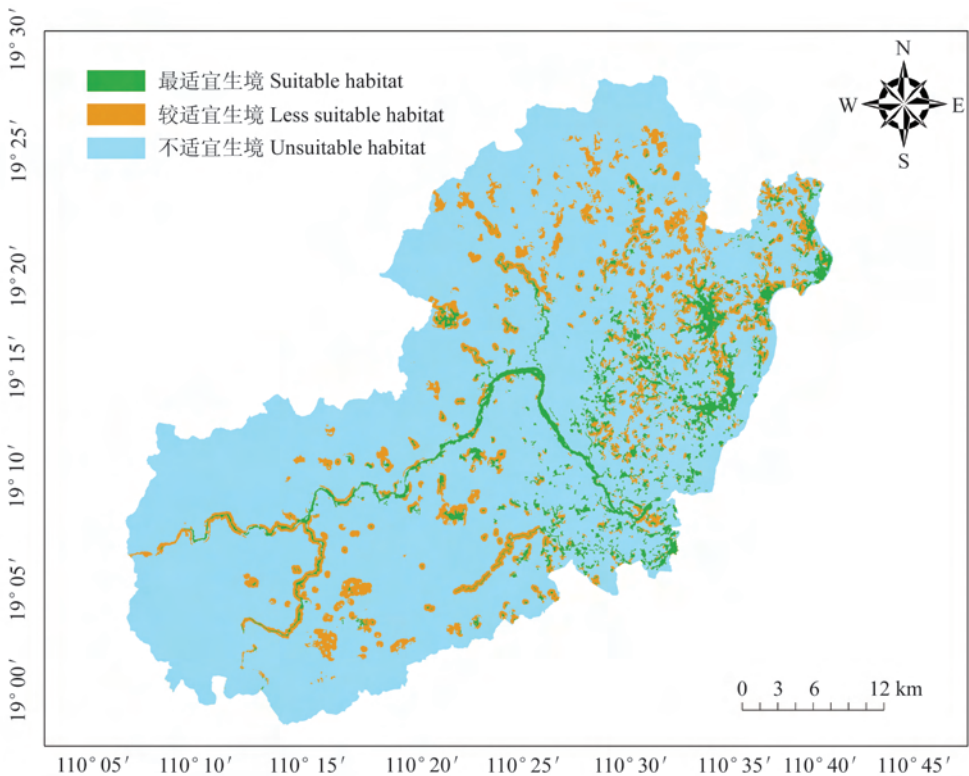


图 2 万泉河琼海段红耳龟生境适宜性

Fig. 2 Suitability habitat for red-eared slider turtle in Qionghai section of Wanquan River

食物来源和活动场所;其选择人工林这类覆盖类型主要是因为人工林能提供适当的遮蔽度供其逃避敌害,近水源的枯枝树干也是红耳龟晒壳的理想场所(在调查中曾经看到过)。海拔能反应物种栖息地温度、水流和植被等多种生态因子的综合影响(冯利民等 2005),是红耳龟生境选择的重要指标,本文中因受研究区域地形的影响,此海拔分级可能只适用于该区域红耳龟的生境选择。

4.2 红耳龟对人为干扰有较强的适应能力

本研究中发现的红耳龟多数分布在人类聚居点周围的水域或岸边,其最适宜的生境也多数分布在琼海人口密度较大、经济发展较好的区域,如琼海市、博鳌镇等(琼海市地方志办公室 2009),这说明红耳龟对人为干扰有一定的适应能力和抗性。同时,在调查过程中也见到渔民扑捉的部分红耳龟龟壳上刻有祈福的汉字,这说明养殖贩卖(刘丹等 2011)、宠物贸易(万

方浩等 2002)、放生活动(Agoramoorthy et al. 2005, Liu et al. 2012)是导致红耳龟入侵及扩散的主要原因。

随着全球环境变化和人类活动致使外来物种入侵愈演愈烈,越来越多的科学家尝试用基于生境信息的预测模型去预测外来物种的分布(Peterson 2003)。利用 3S 技术结合多种外来物种入侵的生态学模型,能有效对外来物种在入侵地的生境状况进行评估及预测(Evangelista et al. 2008)。3S 正处在发展和成熟的过程之中,在一些细节方面如分类标准、数据精度等方面还不尽如人意,但随着 RS 和 GPS 动态监测技术应用水平的不断提高,GIS 网络化、可视化和智能化的不断发展,3S 技术的系统化应用必将推动动物生境研究的深入发展。

致谢 李敏、羊健鼎、舒超华等参与野外工作,海南省环境科学研究院关学彬对遥感数据处理

方面给予了帮助,清华大学环境学院刘雪华老师及生态学教研所成员对动物生境评价方面给予了帮助。谨致诚挚谢意!

参 考 文 献

- Agoramoorthy G, Hsu M J. 2005. Religious freeing of wildlife promotes alien species invasion. *BioScience*, 55(1): 6.
- Anderson R V, Gutierrez M L, Romano M A. 2002. Turtle habitat use in a reach of the upper Mississippi river. *Journal of Freshwater Ecology*, 17(2): 171–177.
- Anderson J R, Hardy E E, Roach J T, et al. 1976. A land use and land cover classification system for use with remote sensor data. USGS Professional Paper, 964: 28.
- Cadi A, Joly P. 2004. Impact of the introduction of the red-eared slider (*Trachemys scripta elegans*) on survival rates of the European pond turtle (*Emys orbicularis*). *Biodiversity and Conservation*, 13(13): 2511–2518.
- Carr A F. 1952. *Handbook of Turtles: The Turtles of the United States, Canada, and Baja California*. Ithaca (New York): Comstock Publishers Associates, Cornell University Press, 241.
- Chen T H, Lue K Y. 1998. Ecological notes on feral populations of *Trachemys scripta elegans* in northern Taiwan. *Chelonian Conservation and Biology*, 3(1): 187–190.
- Evangelista P H, Kumar S, Stohlgren T J, et al. 2008. Modelling invasion for a habitat generalist and a specialist plant species. *Diversity and Distributions*, 14(5): 808–817.
- Ficetola G F, Thuiller W, Padoa-Schioppa E. 2009. From introduction to the establishment of alien species: bioclimatic differences between presence and reproduction localities in the slider turtle. *Diversity and Distributions*, 15(1): 108–116.
- Gibbons J W, Avery H W. 1990. *Life History and Ecology of the Slider Turtle*. Washington, DC: Smithsonian Institution Press, 2–18.
- Kikillus K H, Hare K M, Hartley S. 2010. Minimizing false-negatives when predicting the potential distribution of an invasive species: a bioclimatic envelope for the red-eared slider at global and regional scales. *Animal Conservation*, 13 (Suppl 1): 5–15.
- Kraus F. 2009. *Alien Reptiles and Amphibians: A Scientific Compendium and Analysis*. Dordrecht: Springer, 58–75.
- Lee D S. 2005. Reptiles and amphibians introduced to the Bahamas: a potential conservation crisis. *Bahamas Journal of Science*, 12(2): 2–6.
- Lechowicz M J. 1982. The sampling characteristics of electivity indices. *Oecologia*, 52(1): 22–30.
- Liu X, McGarrity M E, Bai C M, et al. 2013. Ecological knowledge reduces religious release of invasive species. *Ecosphere*, 4(2): art21.
- Liu X, McGarrity M E, Li Y M. 2012. The influence of traditional Buddhist wildlife release on biological invasions. *Conservation Letters*, 5(2): 107–114.
- 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. Auckland, New Zealand: Invasive Species Specialist Group, 6–7.
- Newberry R. 1984. The American red-eared terrapin in South Africa. *African Wildlife*, 38: 186–189.
- Peterson A T. 2003. Predicting the geography of species' invasions via ecological niche modeling. *The Quarterly Review of Biology*, 78(4): 419–433.
- Ramsay N F, Ng P K A, O'Riordan R M, et al. 2007. The red-eared slider (*Trachemys scripta elegans*) in Asia: a review // Gherardi F. *Biological Invaders in Inland Waters: Profiles, Distribution, and Threats*. Dordrecht: Springer, 161–174.
- Rödder D, Schmidlein S, Veith M, et al. 2009. Alien invasive slider turtle in unpredicted habitat: a matter of niche shift or of predictors studied? *PLoS One*, 4(11): e7843.
- 万方浩, 郭建英, 王德辉. 2002. 中国外来入侵生物的危害与管理对策. *生物多样性*, 10(1): 119–125.
- 冯利民, 张立. 2005. 云南西双版纳尚勇保护区亚洲象对栖息地的选择. *兽类学报*, 25(3): 229–236.
- 傅丽容, 贺斌, 王娅玲, 等. 2012. 硝酸盐胁迫对红耳龟和中华条颈龟胚胎的毒性效应. *水产科学*, 31(11): 683–686.
- 李洪成. 2010. *SPSS 18 数据分析基础与实践*. 北京: 电子工业出版社, 227–234.
- 李鹏山. 2010. 基于 GIS 的海口市滨海旅游区土地利用的生态环境效应研究. 海口: 海南师范大学硕士学位论文, 21–28.
- 李石华. 2006. 基于 3S 技术的高黎贡山羚牛生境评价研究. 昆明: 云南师范大学硕士学位论文, 16–40.
- 刘丹, 史海涛, 刘宇翔, 等. 2011. 红耳龟在我国分布现状的调查. *生物学通报*, 46(6): 18–21.
- 刘丹. 2011. 海南岛外来物种红耳龟生境选择和食性研究. 海口: 海南师范大学硕士学位论文, 11–12, 51–57.
- 马凯, 李闯, 史海涛, 等. 2013. 海南万泉河琼海段外来物种红耳龟与本地种中华条颈龟家域的比较研究. *动物学杂志*, 48(3): 331–337.
- 琼海市地方志办公室. 2009. *琼海市年鉴*. 海口: 南方出版社, 21–49.
- 史海涛, 龚世平, 梁伟, 等. 2009a. 控制外来物种红耳龟在中国野生环境蔓延的态势. *生物学通报*, 44(4): 1–3.
- 史海涛, 洪美玲, 傅丽容, 等. 2009b. 龟类的养殖与保护. *生物学通报*, 44(1): 18–21.
- 舒超华, 张珂, 洪美玲, 等. 2012. 盐度胁迫对红耳龟生长与血液生化指标的影响. *四川动物*, 31(6): 912–916.
- 王金亮, 陈姚. 2004. 3S 技术在野生动物生境研究中的应用. *地理与地理信息科学*, 20(6): 44–47.
- 魏辅文, 冯祚建, 王祖望. 1998. 野生动物对生境选择的研究概况. *动物学杂志*, 33(4): 48–52.
- 颜忠诚, 陈永林. 1998. 动物的生境选择. *生态学杂志*, 17(2): 43–49.