

黄额闭壳龟(*Cuora galbinifrons*) 巢捕食的模拟*

李敏¹ 汪继超¹ 刘海伟² 史海涛^{1**}

(¹海南师范大学生命科学学院,海口 571158; ²海南省吊罗山国家级自然保护区,海口 571158)

摘要 巢捕食是造成卵生动物繁殖失败的重要因素之一。为了解不同生境中黄额闭壳龟(*Cuora galbinifrons*)巢捕食者的类型、巢捕食率及其对其繁殖成效的影响,我们于2013年3—5月,在海南吊罗山国家级自然保护区黄额闭壳龟栖息地,按照黄额闭壳龟巢址选择特性和巢穴特征,用红耳龟(*Trachemys scripta elegans*)的卵作为替代,进行模拟黄额闭壳龟巢卵被捕食状况的研究。在人工林、次生林和原生林内共设置人工巢120个,每巢埋卵2枚,同时在巢周围架设自动红外照相机,监测巢捕食者。结果表明:66.7%的人工巢被破坏,小型兽类和蚂蚁为主要捕食者,被小型兽类捕食的巢占51.3%,被蚂蚁捕食的巢占28.8%。次生林和原生林的人工巢被捕食率均为62.5%,人工林中的被捕食率为72.5%,人工林的捕食率高于次生林和原生林但差异不显著($P > 0.05$, $n = 40$)。同一林型的林缘和林中之间,人工林和原生林中差异不显著,在次生林中巢捕食率明显高于林缘($P < 0.05$, $n = 20$)。

关键词 黄额闭壳龟; 人工模拟巢; 捕食率; 红耳龟; 天敌

中图分类号 Q958 文献标识码 A 文章编号 1000-4890(2014)6-1629-05

Simulation of *Cuora galbinifrons* nest predation. LI Min¹, WANG Ji-chao¹, LIU Hai-wei², SHI Hai-tao^{1**} (¹School of Life Sciences, Hainan Normal University, Haikou 571158, China; ²Diaolu Nature Reserve of Hainan, Haikou 571158, China). *Chinese Journal of Ecology*, 2014, 33(6): 1629–1633.

Abstract: Nest predation in ovipara is a primary cause of reproductive failure. To investigate the type of nest predators, predation rates and the effect on breeding success of Indo-Chinese box turtle (*Cuora galbinifrons*) in different habitats, we buried eggs of red-eared turtle (*Trachemys scripta elegans*) to simulate Indo-Chinese box turtle nests at Diaoluoshan village, Diaolu Nature Reserve in Hainan Island from March to May 2013. One hundred and twenty artificial nests (two eggs per nest) were evenly placed in plantation forest, secondary forest and primary forest, and triggered cameras were placed around a sample of nests to identify predators. The result indicated that 66.7% nests were depredated, and small mammals (51.3%) and ants (28.8%) were the main predators. Predation rates in these forests were 72.5%, 62.5% and 62.5% respectively, but the differences were not significant ($P > 0.05$, $n = 40$). In secondary forest, the nest predation rate was higher in forest centers than in forest edges ($P < 0.05$, $n = 20$). No obvious differences were found in nest predation rate between forest centers and edges in plantation forest and primary forest.

Key words: *Cuora galbinifrons*; artificial nest; predation rate; *Trachemys scripta elegans*; predators.

科学探讨物种的濒危机制对于濒危物种的保护及相关保护措施的制订有重要意义(Czech *et al.*, 2000)。黄额闭壳龟(*Cuora galbinifrons*)隶属于淡水龟科(Geoemydidae)闭壳龟属,其野生种群由于过度

捕猎(龚世平等,2003)、非法龟类贸易(Kuchling, 1995; De bruin & Artnier, 1999)以及生境破坏等原因,面临严重的威胁,被列为极危物种(IUCN, 2013)。然而,上述致危因素几乎对所有濒危物种惯用和通用(颜亨梅,1998),是否有其他因素导致该物种的濒危,尚未见报道。

在卵生动物中,巢捕食是造成卵生动物繁殖失

* 国家自然科学基金项目(31260518和31372228)资助。

** 通讯作者 E-mail: haitao-shi@263.net

收稿日期: 2013-11-22 接受日期: 2014-03-21

败的重要因素之一(Strickland *et al.* 2010) ,巢捕食不仅影响种群的密度,也能改变种群的年龄结构。巢捕食反应了天敌对该物种的选择压力,清楚地了解捕食风险、捕食率及其影响因素对于研究其繁殖特征、种群变化,以及保护对策的提出具有极其重要的意义(Somaweera *et al.* 2011) 。龟是卵生动物,且亲体无孵卵行为。研究表明,巢捕食是造成龟类繁殖失败的一个主要因素,对龟类的成功繁殖有很大影响(Marchand *et al.* 2002) 。

近年来,许多龟类种群数量逐渐减少(Gibbons *et al.* 2000) ,自然条件下龟类巢穴越来越难寻找到。人工巢实验由于其易操作性和实验条件的可控性,目前被广泛应用于龟类巢捕食的研究(Marchand *et al.* ,2002; Marchand & Litvaitis ,2004; Strickland *et al.* 2010) 。红耳龟(*Trachemys scripta elegans*)又名巴西龟,在20世纪80年代经香港引入我国内陆,生命力顽强,具有很强的适应性,在我国野外普遍存在(史海涛等 2009) 。许多适合黄额闭壳龟生存的区域同样适合红耳龟的生存(汪继超 2007; 刘丹, 2011) ,而且红耳龟卵价格较低、易大量获得(刘丹, 2011) 。因此,选用红耳龟卵作为本研究的实验材料具有可行性和一定的代表性。

本研究根据自然条件下黄额闭壳龟的分布范围、栖息地类型、巢址选择和产卵模式(王雷 2008; 汪继超 2007 2012) ,在其分布区设置人工巢,通过在巢穴周围架设自动红外照相机,调查栖息地中捕食者的类型及该区域的巢捕食率,进而评估不同类型生境中捕食者和巢捕食率是否会对黄额闭壳龟的成功繁殖造成影响,以期为该极危物种的保护提供基础数据。

1 材料与方法

2013年3—5月,购买养殖场产出3 d后的红耳龟卵代替黄额闭壳龟卵,在海南省吊罗山国家级自然保护区(18°43'538"N, 109°52'109"E, 海拔914 m) 黄额闭壳龟栖息地内3种林型(人工林、次生林和原生林) 的林缘(距森林边缘0~50 m范围) 和林中区域(距森林边缘≥100 m范围) 各随机选取20个点设置人工巢,共120巢。巢间距≥10 m,每巢放置龟卵2枚,卵的埋放深度和方式参照自然条件下黄额闭壳龟的产卵模式。在巢穴周围设置标记物以确保能顺利找巢,同时在距巢穴约0.5 m处架设自动

红外照相机,监测捕食者(Marchand *et al.* ,2002) 。人工巢的被捕食情况分为被捕食和无影响2种,每7 d统计一次,共观察35 d。实验结束后,将所有未被捕食的龟卵收回,以防该外来物种孵化并逃逸于自然环境中。

所获数据用 EXCEL 2003 进行分类整理,用 SPSS 16.0 进行统计分析。不同林型之间及同一林型不同区域之间人工巢的被捕食率差异比较采用 χ^2 检验,检验水平为 0.05。

2 结果与分析

2.1 捕食者的种类及分布情况

根据被捕巢穴留下的痕迹,小型兽类为主要捕食者,蚂蚁为次要捕食者。经统计,被小型兽类捕食的巢穴占51.3%,被蚂蚁捕食的巢穴占28.8%,剩余19.9%被捕巢穴无法确定捕食者的种类(图1)。根据红外相机拍摄的照片,小型兽类主要为针毛鼠(*Niviventer fulvescens*)和树鼩(*Tupaia belangeri*) (图2)。

2.2 不同林型中人工巢被捕食的情况

3种林型中,随着人工巢放置时间的增加,巢被捕食率增高,且林中区域高于林缘(图3)。经统计,66.7%(80/120)的人工巢被捕食,其中次生林和原生林中人工巢的被捕食率为62.5%,人工林中的被捕食率为72.5%。根据 χ^2 检验,3种林型之间人工巢的捕食率差异不显著($P > 0.05$, $n = 40$),而在同一林型的林缘和林中之间,只有次生林中差异显著($P < 0.05$, $n = 20$),人工林和原生林中皆差异不显著(表1)。

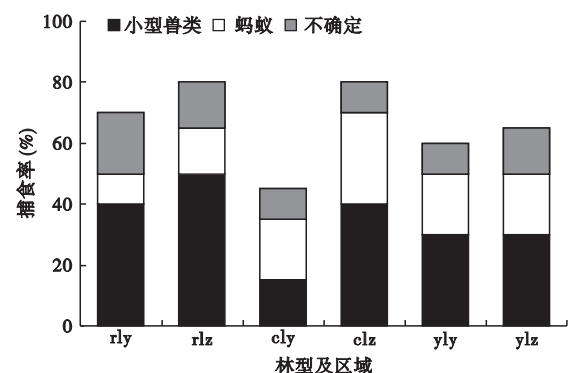


图1 三种林型不同区域中捕食者的类型

Fig. 1 Predators in different regions of three kinds of forests

yly. 原生林林缘; ylz. 原生林林中; cly. 次生林林缘; clz. 次生林林中; rly. 人工林林缘; rlz. 人工林林中每个实验组。 $n = 20$ 。

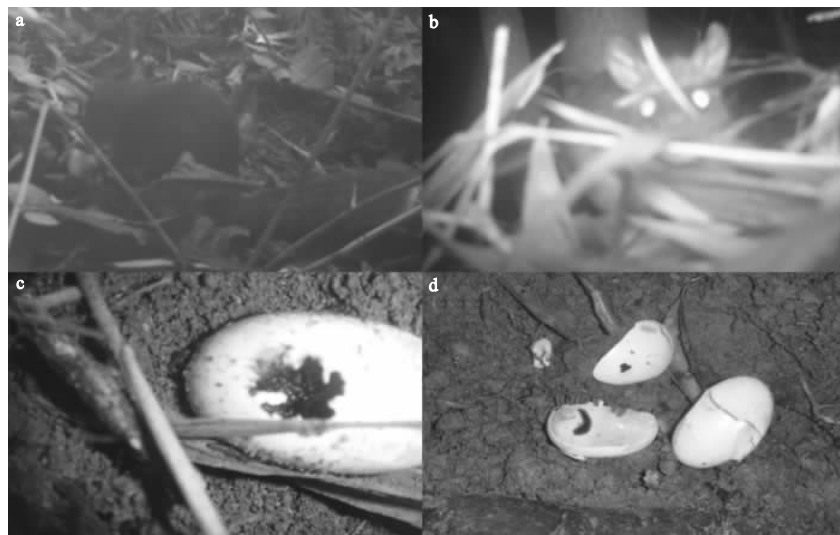


图 2 捕食者及被捕食后的卵

Fig. 2 Predators and predated eggs

a 捕食者: 树鼯(*Tupaia belangeri*); b 捕食者: 针毛鼠(*Niviventer fulvescens*); c 捕食者: 蚂蚁; d 被小型兽类捕食后的卵壳。

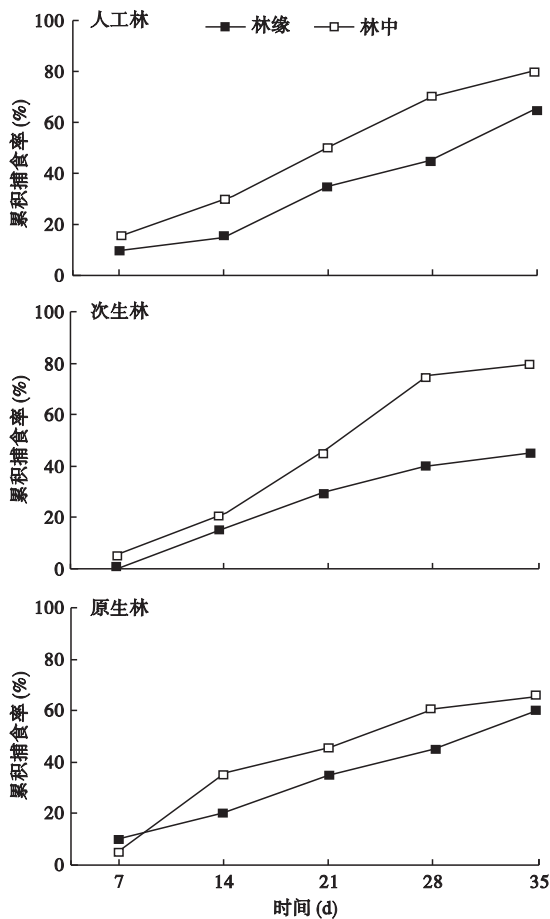


图 3 三种林型不同区域人工巢的累积被捕食率

Fig. 3 Accumulative predation rates of artificial nests in different regions of three kinds of forests

表 1 三种林型中人工巢被捕食率在不同林区(林缘与林中)之间的差异比较

Table 1 Differences in predation rate of artificial nests between edge and center of plantation, secondary forest and primary forest

林型	χ^2	<i>P</i>	<i>df</i>
人工林	1.129	0.288	1
次生林	5.227	0.020	1
原生林	0.107	0.744	1

* $P < 0.05$ 。

3 讨论

巢捕食是导致龟类繁殖失败的一个主要因素,对龟类的成功繁殖有很大影响。不同区域之间,龟巢的被捕食率有很大差异(Hamilton & Freedman, 2002)。在美国伊利诺斯州做人工模拟龟卵巢捕食实验时,巢捕食率为 34%,而在佛罗里达州北部,巢捕食率达到了 89% (Hamilton & Freedman, 2002; Strickland *et al.*, 2010)。本研究中,66.7%的人工巢被捕食。和其他区域相比,本研究中巢捕食率虽不算很高,但黄额闭壳龟窝卵数仅为 1~2 枚(汪继超 2012),极低的产卵量和较高的巢捕食率必然导致该物种的繁殖成效降低,而物种种群的存活和延续与繁殖成效紧密相关,这可能是导致黄额闭壳龟极危的另一个重要原因。本次模拟巢使用的红耳龟卵比黄额闭壳龟卵小,但根据目前许多关于龟卵巢捕食的研究发现,卵的大小、卵重及卵色并非影响捕

食者寻找龟巢穴的主要因素(Marchand *et al.* 2002; Burke *et al.* 2005)。因此,本研究结果对了解该区域黄额闭壳龟实际的巢捕食情况可以提供参考依据。

保护龟类巢穴不被捕食者破坏对于龟类保护及其种群的延续有重要意义(Engeman *et al.* 2005)。目前,关于龟类巢穴保护的方法虽然有多种且都取得了一定成效,但由于研究物种的不同、栖息地的不同等因素无法被广泛使用。根据捕食者的类型及栖息地的特点采取相应的保护措施,应是目前龟类巢穴保护的主要方法(Schneider, 2001; Marchand & Litvaitis 2004)。小型兽类为本研究的主要捕食者。结合在不同林型中红外相机拍摄到的照片,人工林中以针毛鼠为代表的小型兽类为主,原生林中以树鼯为代表的小型兽类为主,而次生林中两种都有发现。针毛鼠是我国常见的一种野鼠,对农作物危害较大,应加大禁捕鼠类天敌力度,降低林中鼠类的危害(黄辉等 2013)。此外,蚂蚁为本研究中的次要捕食者(28.8%)。许多关于卵生动物繁殖生态学的研究也表明,蚂蚁对卵生动物的卵及幼体有很大危害(Wojcik *et al.* 2001)。Allen等(2001)采用人工模拟海龟巢捕食的研究发现,超过70%的卵或幼龟被蚂蚁破坏或杀死。蚂蚁是热带森林土壤动物群落中的主要物种,其种类丰富、数量众多(廖崇惠等 2002)。目前关于林中蚂蚁对龟类巢捕食影响的研究较少,如何降低龟巢被蚂蚁捕食的影响仍需进一步研究。另外,本研究中仍有19.9%被捕巢无法确定捕食者的种类。根据文献中关于龟类巢捕食天敌的记录,乌鸦、蛇等都可能为龟巢的捕食者(Temple, 1987; Marchand *et al.* 2002)。本研究中,虽在巢穴附近拍摄到蛇类和鸟类的照片,但由于未拍摄到其取食龟卵的照片,无法确定其是否为本实验的捕食者。接下来的研究,可继续通过设置人工巢的方式找出该区域中其他的捕食者以及其他影响捕食者寻找龟巢的因素,从而更好地保护该区域的闭壳龟类。

3种林型中,人工林的捕食率最高(72.5%),次生林和原生林的捕食率相对较低(62.5%),但差异不显著。而在同一林型的不同区域之间的比较中,3种林型皆显示林中区域人工巢的被捕食率高于林缘区域,且在次生林中差异显著。本研究结果和目前许多研究结果不同(Temple, 1987; Kolbe & Janzen, 2002),大多数研究表明,越靠近栖息地的边缘地

带,龟巢内的卵被捕食的机率越高。究其原因,可能是本研究点3种林型的林缘区域受人为干扰较大,树鼯等小型兽类生性机警,较少在林缘出现,而在林中活动较多,导致林中人工巢被捕食的机率增加。

根据汪继超等(2011)海南吊罗山国家级自然保护区黄额闭壳龟种群密度调查,黄额闭壳龟主要分布在保存完整的天然林中,但种群密度极低(0.7862只·km⁻²)。根据无线电遥测结果,繁殖季节雌龟多在林中温度较高的开阔地活动(王雷, 2008)。和黄额闭壳龟同域分布且有种间杂交现象的平顶闭壳龟(*Cuora mouhotii*)在选择巢址时也主要是在林中开阔地带或草本植物附近(Shi *et al.*, 2005; Wang *et al.* 2011)。结合本研究结果,次生林和原生林林中郁闭度较低的适合黄额闭壳龟产卵和繁殖的区域(汪继超, 2007; 王雷, 2008)应重点保护,可采取加强鼠类防治、减少人为活动干扰等措施以提高黄额闭壳龟的繁育成功率。

致谢 本研究野外工作得到海南师范大学生命科学学院刘启超、高福显和李杰同学的帮助,吊罗山国家级自然保护区以及吊罗山度假村的领导和员工对工作给予大力支持;文章得到荷兰鱼类、两栖爬行动物保护基金会 Richard Struijk 硕士的协助修改,在此一并表示感谢!

参考文献

- 龚世平,徐汝梅,史海涛. 2003. 海南岛淡水龟类区系特点及保护优先性分析. 动物学杂志, 38(6): 68-71.
- 黄辉,郭宪国,朱琼蕊. 2013. 我国针毛鼠的研究进展. 医学动物防制, 29(17): 1086-1090.
- 廖崇惠,李健雄,杨悦屏,等. 2002. 海南尖峰岭热带林土壤动物群落——群落的组成及其特征. 生态学报, 22(11): 1866-1872.
- 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.
- 史海涛,龚世平,梁伟,等. 2009. 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.
- 王雷. 2008. 黄额闭壳龟(*Cuora galbinifrons*)的活动节律和微生境利用(硕士学位论文). 海口: 海南师范大学.
- 汪继超. 2007. 黄额闭壳龟(*Cuora galbinifrons*)的活动家域和微生境利用(硕士学位论文). 海口: 海南师范大学.
- 汪继超,史海涛,薛臣强,等. 2011. 海南吊罗山国家级自然保护区黄额闭壳龟种群密度调查. 四川动物, 30(3): 471-474.
- 汪继超. 2012. 黄额闭壳龟和平顶闭壳龟生态学比较研究(博士学位论文). 成都: 四川大学.
- 颜亨梅. 1998. 物种濒危的机制与保护对策. 生命科学研究, 2(1): 6-11.
- Allen CR, Forsys EA, Rice KG, *et al.* 2001. Effects of fire ants

- (Hymenoptera: Formicidae) on hatching turtles and prevalence of fire ants on sea turtle nesting beaches in Florida. *Florida Entomologist*, **84**: 250 – 253.
- Burke RL, Schneider CM, Dolinger MT. 2005. Cues used by raccoons to find turtle nests: Effects of flags, human scent, and diamond-backed terrapin sign. *Journal of Herpetology*, **39**: 312 – 315.
- Czech B, Krausman P, Devers P. 2000. Economic associations among causes of species endangerment in the United States. *Bioscience*, **50**: 593 – 601.
- De Bruin RWF, Artner HG. 1999. On the turtle of Hainan Island, Southern China. *Chelonian Conservation and Biology*, **3**: 479 – 486.
- Engeman RM, Martin RE, Smith HT. 2005. Dramatic reduction in predation on marine turtle nests through improved predator monitoring and management. *Oryx*, **39**: 318 – 326.
- Gibbons JW, Scott DE, Ryan TJ, et al. 2000. The global decline of reptiles, déjà vu amphibians. *BioScience*, **50**: 653 – 666.
- Hamilton AM, Freedman AH. 2002. Effects of deer feeders, habitat and sensory cues on predation rates on artificial turtle nests. *The American Midland Naturalist*, **147**: 123 – 134.
- IUCN. 2013. 2013 IUCN Red List of Threatened Species. [2013-7-4]. <http://www.iucnredlist.org>
- Kolbe JJ, Janzen FJ. 2002. Spatial and temporal dynamics of turtle nest predation: Edge effects. *Oikos*, **99**: 538 – 544.
- Kuchling G. 1995. Turtles at a market in Western Yunnan: Possible range extension for some Southern Asiatic Chelonians in China and Myanmar. *Chelonian Conservation and Biology*, **1**: 223 – 226.
- Marchand MN, Litvaitis JA, Maier TJ, et al. 2002. Use of artificial nests to investigate predation on freshwater turtle nests. *Wildlife Society Bulletin*, **30**: 1092 – 1098.
- Marchand MN, Litvaitis JA. 2004. Effects of landscape composition, habitat features, and nest distribution on predation rates of simulated turtle nests. *Biological Conservation*, **117**: 243 – 251.
- Schneider MF. 2001. Habitat loss, fragmentation and predator impact: Spatial implications for prey conservation. *Journal of Applied Ecology*, **38**: 720 – 735.
- Shi HT, Parham JF, Simison WB, et al. 2005. A report on the hybridization between two species of the threatened Asian box turtle (Testudines: *Cuora*) in the wild on Hainan Island (China) with comments on the origin of 'serrata'-like turtles. *Amphibia Reptilia*, **26**: 377 – 381.
- Somaweera R, Webb JK, Shine R. 2011. It's a dog-eat-croc world: Dingo predation on the nests of freshwater crocodiles in tropical Australia. *Ecological Research*, **26**: 957 – 967.
- Strickland J, Colbert P, Janzen FJ. 2010. Experimental analysis of effects of markers and habitat structure on predation of turtle nests. *Journal of Herpetology*, **44**: 467 – 470.
- Temple SA. 1987. Predation on turtle nests increases near ecological edges. *Copeia*, **1**: 250 – 252.
- Wang JC, Gong SP, Shi HT, et al. 2011. Reproduction and nesting of the endangered keeled box turtle (*Cuora mouhotii*) on Hainan Island, China. *Chelonian Conservation and Biology*, **10**: 159 – 164.
- Wojcik DP, Allen CR, Brenne RJ, et al. 2001. Red imported fire ants: Impact on biodiversity. *American Entomologist*, **47**: 16 – 23.

作者简介 李 敏 男, 1989 年生, 硕士研究生, 研究方向为动物生态学和保护生物学。E-mail: 741218139@qq.com
责任编辑 张 敏
