

# 神农架保护区大步甲和蜗步甲属生境选择与物种多样性研究

于晓东 周红章\* 罗天宏

(中国科学院动物研究所, 北京 100080)

摘要: 针对神农架保护区 12 个代表地点的 6 种生境, 利用巴氏罐诱法研究大步甲属(*Carabus*)和蜗步甲属(*Cychrus*)的物种和数量分布。研究发现 (1)本地区有大步甲 7 种, 蜗步甲 2 种, 其中 *Cy. bispinosus shennongding*、*C. ohshimaianus*、*C. blumenthaliellus* 和 *C. yokoae* 是本地的常见种, 分布区域广, 占个体总数的 88.2%。(2)物种分布与海拔高度密切相关, 常见种的垂直分布范围比较宽, 海拔区间大于 1000 m; 其他种分布相对较窄, 垂直区间小于 500 m。从物种分布特点看, 在海拔 1500 ~ 2000 m 的范围内种类最多, 在海拔 2000 ~ 2500 m 的范围内个体数量最多; 在海拔 500 ~ 1000 m 范围内种类和数量均相对较少。(3)人为或自然干扰程度影响物种的种类组成和个体数量分布。剧烈干扰减少物种种类和数量, 在中等干扰的情况下, 物种种类较多; 在轻度干扰的情况下, 物种个体数量较多; 在几乎没有干扰的情况下, 物种的种类和数量也呈下降趋势。(4)生境类型影响物种的数量分布。*C. blumenthaliellus* 的个体数量在草甸内远高于其他生境, *C. yokoae* 在阔叶林内数量显著高于草甸, *C. ohshimaianus* 在针叶林的数量明显高于混交林和草甸, *Cy. bispinosus shennongding* 也倾向分布在混交林和草甸内。如果以属为单元进行比较, 大步甲属和蜗步甲属在不同生境内的数量变化没有达到显著性差异, 但大步甲属在混交林内数量低于其他生境, 蜗步甲属在混交林和草甸内有数量优势。(5)比较物种多样性指数值, 溪边灌丛最高, 针叶林最低, 均匀度指数值阔叶林最高, 针叶林最低。从物种丰富度看, 混交林和溪边灌丛最高, 其次为针叶林。本研究结果表明, 海拔和干扰程度决定了大步甲和蜗步甲物种种类分布, 生境影响数量分布, 为了保护这两属的物种多样性, 要保护不同类型的特殊生境, 尽量保持生境的多样化, 尽力控制人为干扰, 减缓自然干扰, 只有这样才能丰富该地区的物种多样性。

关键词: 多样性, 海拔, 干扰, 栖息地选择, 大步甲属, 蜗步甲属, 神农架保护区

中图分类号: Q968 文献标识码: A 文章编号: 1005-0094(2001)03-0214-08

## Habitat distribution and species diversity of *Carabus* and *Cychrus* in Shennongjia Nature Reserve, Hubei Province

YU Xiao-Dong, ZHOU Hong-Zhang\*, LUO Tian-Hong  
Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080

**Abstract:** This study was conducted in Shennongjia Nature Reserve in Hubei Province, China. Twelve plots within six different habitats were investigated and the method of pitfall traps was employed to compare the influence of elevation, disturbance and habitat difference on the distribution of *Carabus* and *Cychrus*. Seven species of *Carabus* and two of *Cychrus* were recorded, of which four species, *C. ohshimaianus*, *C. blumenthaliellus*, *C. yokoae*, and *Cy. bispinosus shennongding*, dominated the trap catches and accounted for 88.2% of the total collected specimens. Elevation and disturbance influenced species distribution. Dominant species could be trapped in an interval of over 1000 m while the other species were trapped only in an interval of about 500 m. Species were richest between 1500 to 2000 m above sea level, and individuals were most abundant between 2000 to 2500 m. Fewer species and fewer individuals were captured between 500 to 1000 m. Severe disturbance from intensive human and natural activity

基金项目: 本研究得到国家科技部国家重点基础发展规划项目(G2000046801)和国家自然科学基金重大项目(39893600)资助。

收稿日期: 2001-03-09; 修改稿收到日期: 2001-05-18

作者简介: 于晓东, 男, 1973 年出生, 研究实习员, 主要从事昆虫学、动物生态学和生物多样性研究。

\* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail 地址: zhouthz@panda. ioz. ac. cn

strongly limited species distributions and their abundance. The highest species number was observed in habitats with a moderate degree of disturbance , and the highest abundance was found where disturbance existed in a much lower degree. Habitats in very stable and undisturbed ecosystems did not show the highest number of species and abundance. Analysis showed significant habitat preferences for each species : *C. blumenthaliellus* was more abundant in meadows , *C. yokoeae* in broad-leaved forest , and *C. ohshimaianus* in mixed forest. Considering genus as the unit in analysis ( i. e. , *Carabus* and *Cychrus* ) abundance did not show significant difference at the 0.05 level among different habitats , but *Carabus* showed a lower abundance in mixed forests and *Cychrus* was more abundant in mixed forests and in meadows. Species diversity (  $H'$  value ) was highest in shrubs near rivers and lowest in coniferous forest. Broad-leaved forest showed the highest evenness value and coniferous forest the lowest , while the highest species richness was observed in mixed forest and shrubs near rivers and the lowest in broad-leaved forest and meadows. The results indicate that elevation and disturbance determine the species distribution of *Carabus* and *Cychrus* and habitat differences strongly modify numbers of each species. For species diversity protection , it is very important to maintain environmental heterogeneity and reduce the magnitude of disturbance from human and natural activity in Shennongjia Nature Reserve.

**Key words :** diversity , elevation , disturbance , habitat distribution , *Carabus* , *Cychrus* , Shennongjia Nature Reserve

昆虫在生物多样性保护中具有重要的地位 ( Samways , 1993 )。然而在全球范围内 , 相对于大型动物和植物 , 个体小、门类多、分布广的昆虫的物种多样性研究没有得到足够的重视 ( Ponder , 1992 )。在我们 1998 年神农架自然保护区的调查中 , 仅在步甲科的大步甲 ( *Carabus* ) 和蜗步甲 ( *Cychrus* ) 2 个属中就发现 1 个新种 *C. osawai* Imura , Zhou et Su ( 1999a ) 和 1 个新亚种 *Cy. bispinosus shennongding* Imura , Zhou et Su ( 1999b )。

步甲科甲虫 ( Carabidae ) 是农林业害虫的重要天敌 ( Reeves et al. , 1983 ; Brust et al. , 1986 ) 和重要的生态指示类群 ( Eyre et al. , 1996 )。步甲种类分布与环境之间的关系受到广泛关注 ( Esau & Peters , 1975 ; Thiele , 1977 ; Lövei & Sunderland , 1996 ) , 景观、林相、土壤、演替阶段、斑块化程度及人为活动等 , 对步甲的分布、行为和活动规律产生重要影响 ( Lenski , 1982a , b ; Jennings et al. , 1986 ; Quinn & Harrison , 1988 )。换句话说 , 也可用步甲的物种和数量变化来监测生态环境的质量及变化趋势。目前我国的步甲科研究相对较少 , 主要侧重于农田景观生态和分类学方面的研究 ( 黄同陵 , 1990 ; 胡敦孝等 , 1998 ) , 对具体属种的生态学研究比较薄弱。大步甲属和蜗步甲属是步甲科中的捕食性种类 , 没有后翅 , 无飞行能力 , 仅靠足爬行扩散 , 对地域环境和生态变迁有很强的依赖性 , 是研究生态环境与物种空间分布格局的理想材料。

本文以大步甲属和蜗步甲属为对象 , 探讨海拔、干扰程度以及生境类型对大步甲和蜗步甲物种分布的影响 , 查明大步甲和蜗步甲物种在神农架保护区内基本分布的状况和制约因素 , 为昆虫物种多样性研究提供科学依据。

1 研究样地与方法

神农架自然保护区位于湖北省西南部的大巴山脉南麓  $31^{\circ}2' \sim 31^{\circ}7' N$  ,  $110^{\circ}2' \sim 110^{\circ}3' E$  , 面积  $705 \text{ km}^2$  , 海拔最高处达  $3105 \text{ m}$  , 最低仅为  $480 \text{ m}$ 。属于亚热带森林生态系统 , 物种多样性丰富 , 是具有国际意义的生物多样性研究与保护关键地区之一 ( 马克平 , 1997 ; 马敬能等 , 1998 )。

考虑到神农架自然保护区的地域特点 , 根据海拔高度和人为或自然干扰程度 , 我们于 1998 年 7 ~ 8 月 , 在九冲、东溪、下谷、坪壑以及核心区 ( 包括关门山、酒壶坪、红石头沟、大龙潭、小龙潭、金猴岭、神农顶和了望塔等 8 个采集地点 ) 几个小地域内 , 选择针叶林、( 落叶 ) 阔叶林、( 针阔叶 ) 混交林、溪边灌丛、( 亚高山 ) 草甸和箭竹林等 6 种不同生境类型开展调查 , 设定样地 23 块 , 每块长约  $30 \sim 50 \text{ m}$  , 宽约  $5 \sim 10 \text{ m}$ 。

标本采集以巴氏罐诱法为主 ( Martin , 1978 ; Dungen & Fiedler , 1989 ; Muehlenberg , 1989 ) , 每块样地内设诱杯  $100 \sim 220$  个 , 每 3 个杯子为一引诱点 , 引诱点间隔约  $1 \text{ m}$ 。引诱剂为醋、糖、医用酒精

和水的混合物 ,重量比为 2 :1 :1 :20 ,每个诱杯内放引诱剂 40 ~ 60 mL ,放置诱杯时间平均为 11 天左右。由于采样的时间长度和数量标准不同 ,我们将数据标准化处理 ,采用每天 100 诱杯的采集量作为统计计算的数据。

干扰程度的确定主要根据所调查生境受到人为或自然干扰的频次和破坏程度定义 ,分成 5 个等级 ( 表 1 ) :“ 1 ” 代表严重干扰 ,人为活动频繁 ,自然因素( 河水 )影响极大 ,生境受到严重破坏 ;“ 2 ” 代表中等干扰 ,人为和自然活动频繁 ,生境破坏程度很轻 ;“ 3 ” 代表轻度干扰 ,处于核心区内 ,主要来自旅游活动 ,虽在某些季节频繁 ,但生境没有破坏 ;“ 4 ” 代表极轻度干扰 ,处于核心区内 ,偶尔有老乡进行采菌子和捕猎活动 ;“ 5 ” 代表无干扰 ,处于森林深处或高海拔地区 ,很少有人光顾。

物种多样性分析采用 Shannon-Wiener 多样性指

数 ,

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$$

$P_i = n_i / N$  ,为第  $i$  种占总个体数  $N$  的比例 , $S$  代表物种数 ;均匀度分析采用 Pielou 指数  $J = H' / H_{\max}$  (  $H_{\max} = \ln S$  ) ,物种丰富度采用物种数(  $S$  )测度( 马克平 ,刘玉明 ,1994 )。

在比较生境类型对步甲物种数量分布影响时 ,根据对步甲活动特点和步甲在样地内的分布 ,将样地数据进行了合并和修正 :箭竹林类型归到草甸类型中 ,下谷地区和关门山地区的某些相同生境类型分别合并 ,最后得到 5 类生境 ,以 20 块样地数据为主分析。物种在不同生境内数量分布差异通过单因素方差分析( ANOVA )和最小显著差法( LSD )进行检验。本研究的数据分析使用数理统计软件 SPSS ( 1997 )进行处理。

表 1 神农架保护区采集地点生境类型和干扰程度等级  
Table 1 Habitat types and rank of disturbance of collecting sites in Shennongjia Nature Reserve

地点 Sites	海拔 Elevation	生境类型 Habitat	干扰来源 Source of disturbance	干扰等级 Rank of disturbance
下谷 Xiagu	750 m	II	农田附近 ,人为活动频繁 ,严重破坏森林生境 Near farmland , intensive human activity leading to severe deforesting	1
关门山 Guanmenshan	1400 m	IV	核心区内 ,夏季河水活动频繁 ,严重破坏生境 In core area , disturbed by irregular summer floods	1
东溪 Dongxi	600 m	III , IV	农田和路附近 ,人为农作活动 ,经常影响生境 Near farmland and road , less intensive human activity	2
坪壩干沟 Pingqian-gan-gou	1620 m	II	路附近 ,人为活动时常影响生境 ,但没有严重破坏 Near road , less intensive human activity	2
酒壶坪 Jiuhuping	1920 m	IV	居民区附近 ,居民时常光顾影响生境 Near village , less intensive human activity	2
大龙潭 Dalongtan	2180 m	I	核心区内 ,游人在林缘活动 ,偶尔进入林内 In core area , tourism affecting forest edge more severely than inner forest	3
小龙潭 Xiaolongtan	2180 m	III	核心区内 ,游人在林缘活动 ,偶尔进入林内 In core area , tourism affecting forest edge more severely than inner forest	3
金猴岭 Jinhouling	2410 m	III	核心区内 ,游人在林缘活动 ,偶尔进入林内 In core area , tourism affecting forest edge more severely than inner forest	3
了望塔 Liaowangta	2820 m	V	核心区内 ,游人在草甸边缘活动 ,偶尔进入中间 In core area , tourism affecting meadow edge more severely than inner meadow	3
关门山 Guanmenshan	1400 m 1460 m	I , III	核心区内 ,偶尔有老乡采菌子或捕猎 In core area , picking mushrooms or hunting in the forest	4
酒壶坪 Jiuhuping	1870 m	I	核心区内 ,偶尔有老乡采菌子或捕猎 In core area , picking mushrooms or hunting in the forest	4
红石头沟 Hongshitougou	1870 m	III	核心区内 ,偶尔有老乡采菌子或捕猎 In core area , picking mushrooms or hunting in the forest	4
神农顶 Shennongding	2890 m 2700 m	V , VI	神农架海拔最高地区 ,鲜有人光顾 On the highest sites of Shennongjia Nature Reserve , rarely affected by human activity	5
九冲 Jiuchong	1240 m	I	原始林深处 ,鲜有人光顾 Remote inner forest , rarely affected by human activity	5

注 Note : I 针叶林 Coniferous forests ; II 阔叶林 Broad-leaved forests ; III 混交林 Mixed forests ; IV 溪边灌丛 Shrubs near river ; V 亚高山草甸 Meadow ; VI 箭竹林 Bamboo

表 2 1998 年在湖北神农架保护区捕获大步甲和蜗步甲属物种的数量组成(核心区包括关门山、酒壶坪、红石头沟、大龙潭、小龙潭、金猴岭、神农顶和了望塔等 8 个采集地点)  
Table 2 Individuals of *Carabus* and *Cychrus* collected from Shennongjia Nature Reserve, Hubei Province, in July, 1998 (Core Area included eight sites: Guanmenshan, Jiuhiping, Hongshitougou, Dalongtan, Xiaolongtan, Jinhouling, Shennongding and Liaowangta)

物种 Species	数量百分比(%) Percentage	九冲地区 Jiuchong area	核心区 Core area	坪壩地区 Pingqian area	东溪地区 Dongxi area	下谷地区 Xiagu area
<i>Carabus ohshimaianus</i>	41.2	+	+	+		
<i>Cychrus bispinosus shennongding</i>	27.1		+	+		
<i>Carabus blumenthaliellus</i>	11.9		+			
<i>Carabus yokoae</i>	7.9		+	+	+	
<i>Carabus osawai</i>	4.5		+			
<i>Carabus hupeensis</i>	4.5				+	
<i>Carabus viridifossulatus businskyorum</i>	1.7		+			
<i>Carabus uenoianus</i>	0.6		+			
<i>Cychrus uenoi shennongjia</i>	0.6		+			

2 研究结果

2.1 物种组成及数量变化

本研究中共获得大步甲 7 种,蜗步甲 2 种,其中 *Cy. bispinosus shennongding*、*C. ohshimaianus*、*C. blumenthaliellus* 和 *C. yokoae* 个体数量在 5% 以上,为本地的常见种;*C. osawai*、*C. hupeensis*、*C. viridifossulatus businskyorum*、*C. uenoianus* 和 *Cy. uenoi shennongjia* 个体数量在 5% 以下,为本地的非常见种(表 2)。

*C. ohshimaianus*、*C. yokoae* 和 *Cy. bispinosus shennongding* 分布区域广,在 2~3 个地区都有分布,其他物种分布区域窄,只在 1 个区域内分布。核心区内物种最丰富,有 8 个物种分布。下谷地区没有发现这两个属的物种分布(表 2)。

2.2 海拔高度与物种分布

物种分布与海拔高度密切相关,*C. ohshimaianus*、*C. yokoae*、*C. blumenthaliellus* 和 *Cy. bispinosus shennongding* 4 个常见种的垂直分布范围比较宽,在大于 1000 m 的垂直区间内分布;*C. hupeensis*、*C. osawai*、*C. uenoianus*、*C. viridifossulatus businskyorum* 和 *Cy. uenoi shennongjia* 5 个非常见种的垂直分布范围比较窄,仅在小于 500 m 海拔区间内分布(表 3)。

在海拔 1500~2000 m 的范围内物种种类最多;在海拔 2000~2500 m 的范围内物种个体数量最多;在海拔 500~1000 m 的范围内,种类和个体数量均少(图 1)。低海拔的主要物种是 *C. yokoae* 和 *C. hupeensis*,中低海拔的主要物种是 *C. ohshimaianus*、*C. osawai* 和 *C. blumenthaliellus*;中间海拔的主要物种是 *C. ohshimaianus*、*C. yokoae*、*C. uenoianus*、*C. blu-*

*menthaliellus* 和 *Cy. bispinosus shennongding*;中高海拔的主要物种是 *C. ohshimaianus*、*C. yokoae*、*Cy. bispinosus shennongding* 和 *Cy. uenoi shennongjia*;高海拔的主要物种是 *C. blumenthaliellus*、*Cy. bispinosus shennongding* 和 *C. viridifossulatus businskyorum*(表 3)。

2.3 干扰与物种分布

干扰程度影响了物种的种类和数量分布。在严重干扰的情况下,物种的种类和数量都很少;在中等干扰的情况下,物种种类最多;在轻度干扰的情况下,物种个体数量最多;在几乎没有干扰的情况下,物种的种类和数量也略有下降,但高于严重干扰的情况(图 2,表 1)。

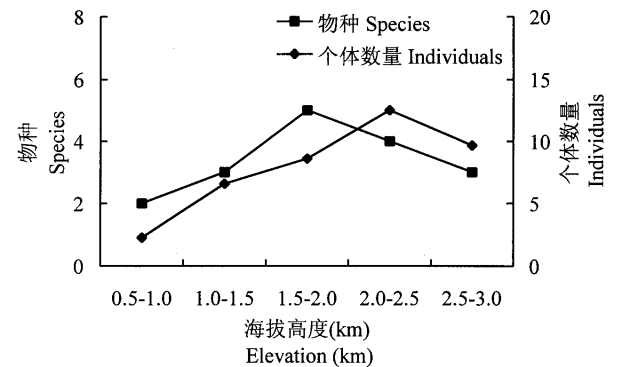


图 1 在不同海拔高度下大步甲和蜗步甲物种的分布  
Fig.1 Vertical patterns of species distribution of *Carabus* and *Cychrus* in Shennongjia Nature Reserve

2.4 生境类型与物种的分布

从表 3 可以看出,四个常见种的分布比较广泛,可生存于 3~5 种生境内。其他非常见种对单一生境的依赖性较强,*C. osawai* 分布于针叶林和混交林

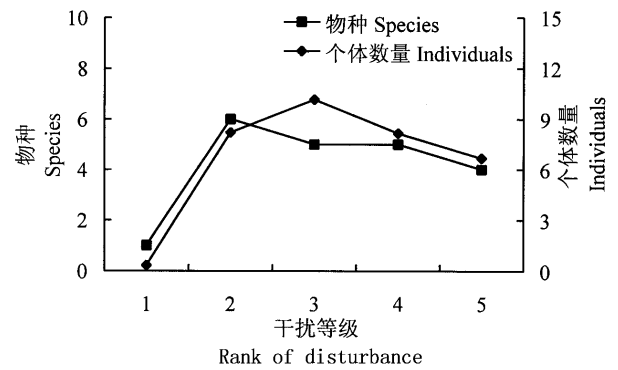


图2 在不同干扰梯度下大步甲和蜗步甲物种的分布( 1 ~ 5 代表逐渐减弱的干扰梯度,具体意义见表1 )  
Fig.2 Distribution patterns of *Carabus* and *Cychrus* in the habitats of different degrees of disturbance in Shennongjia Nature Reserve ( Labels 1 to 5 indicate the ranks of disturbance from high to low , which are discribed in Table 1 )

内,*C. hupeensis* 分布于混交林和溪边灌丛内,*C. viridifossulatus businskyorum* 分布于草甸内,*C. uenoianus* 分布于溪边灌丛内,*Cy. uenoi shennongjia* 分布于混交林内。

生境类型影响了物种的数量分布。以种为单元比较4种常见种:*C. blumenthaliellus* 集中分布在草甸内,在其他生境内只有少量甚至没有分布,在生境

内数量分布有显著差异(  $F = 5.018 ; p < 0.01$  );其他物种在生境内的数量虽然没有达到显著性差异,但*C. yokoae* 倾向于分布在阔叶林内,在阔叶林和草甸之间存在明显的数量差异,*C. ohshimaianus* 倾向于分布在针叶林内,针叶林的数量显著高于混交林和草甸,*Cy. bispinosus shennongding* 倾向分布在混交林和草甸内。如果以属为单元分别比较大步甲属和蜗步甲属,在5种生境内的数量也没有达到显著性差异,但可以看出前者在混交林内数量低于其他生境,后者在混交林和草甸内有数量优势(图3)。

从个体数量看,针叶林和草甸最高,溪边灌丛和阔叶林最低;从物种丰富度看,混交林和溪边灌丛最高,其次为针叶林;从多样性指数看,溪边灌丛最高,针叶林最低;从均匀度指数看,阔叶林最高,针叶林最低(表4)。

### 3 讨论

影响步甲分布的因素很多,湿度、温度、地表覆盖物及演替阶段等环境因素都已被证明可影响步甲分布( Epstein & Kulman, 1990 ; Jennings et al., 1986 ; Lövei & Sunderland, 1996 )。神农架保护区

表3 不同海拔高度和生境类型内大步甲和蜗步甲的物种分布  
Table 3 Distribution of species of *Carabus* and *Cychrus* in different habitats and elevation in Shennongjia Nature Reserve

海拔 Elevation	地点 Sites	生境类型 Habitats	物种 Species								
			A	B	C	D	E	F	G	H	I
低海拔 Low ( 500 ~ 1000 m )	东溪 Dongxi	III	+			+					
	东溪 Dongxi	IV	+								
	下谷 Xiagu	II									
中低海拔 Low-middle ( 1000 ~ 1500 m )	九冲 Jiuchong	III			+						
	关门山 Guanmenshan	IV			+						
	关门山 Guanmenshan	I		+	+			+			
	关门山 Guanmenshan	III		+	+						
中间海拔 Middle ( 1500 ~ 2000 m )	坪壩干沟 Pingqian-gan-gou	II			+	+			+		
	酒壶坪 Jiuhuping	IV			+	+	+	+	+		
	酒壶坪 Jiuhuping	I			+	+					
	红石头沟 Hongshitougou	III			+				+		
中高海拔 High-middle ( 2000 ~ 2500 m )	大龙潭 Dalongtan	I			+				+		
	小龙潭 Xiaolongtan	III			+	+				+	
	金猴岭 Jinhouling	III				+			+		
高海拔 High ( 2500 ~ 3000 m )	了望塔 Liaowangta	V						+			
	神农顶 Shennongding	V						+	+		+
	神农顶 Shennongding	VI							+		

注: I 针叶林 Coniferous forests, II 阔叶林 Deciduous broad-leaved forests, III 混交林 Mixed forests, IV 溪边灌丛 Shrubs near river, V 亚高山草甸 Meadows, VI 箭竹林 Bamboo  
Note: A: *Carabus hupeensis*; B: *C. osawai*; C: *C. ohshimaianus*; D: *C. yokoae*; E: *C. uenoianus*; F: *C. blumenthaliellus*; G: *Cychrus bispinosus shennongding*; H: *Cy. uenoi shennongjia*; I: *Carabus viridifossulatus businskyorum*

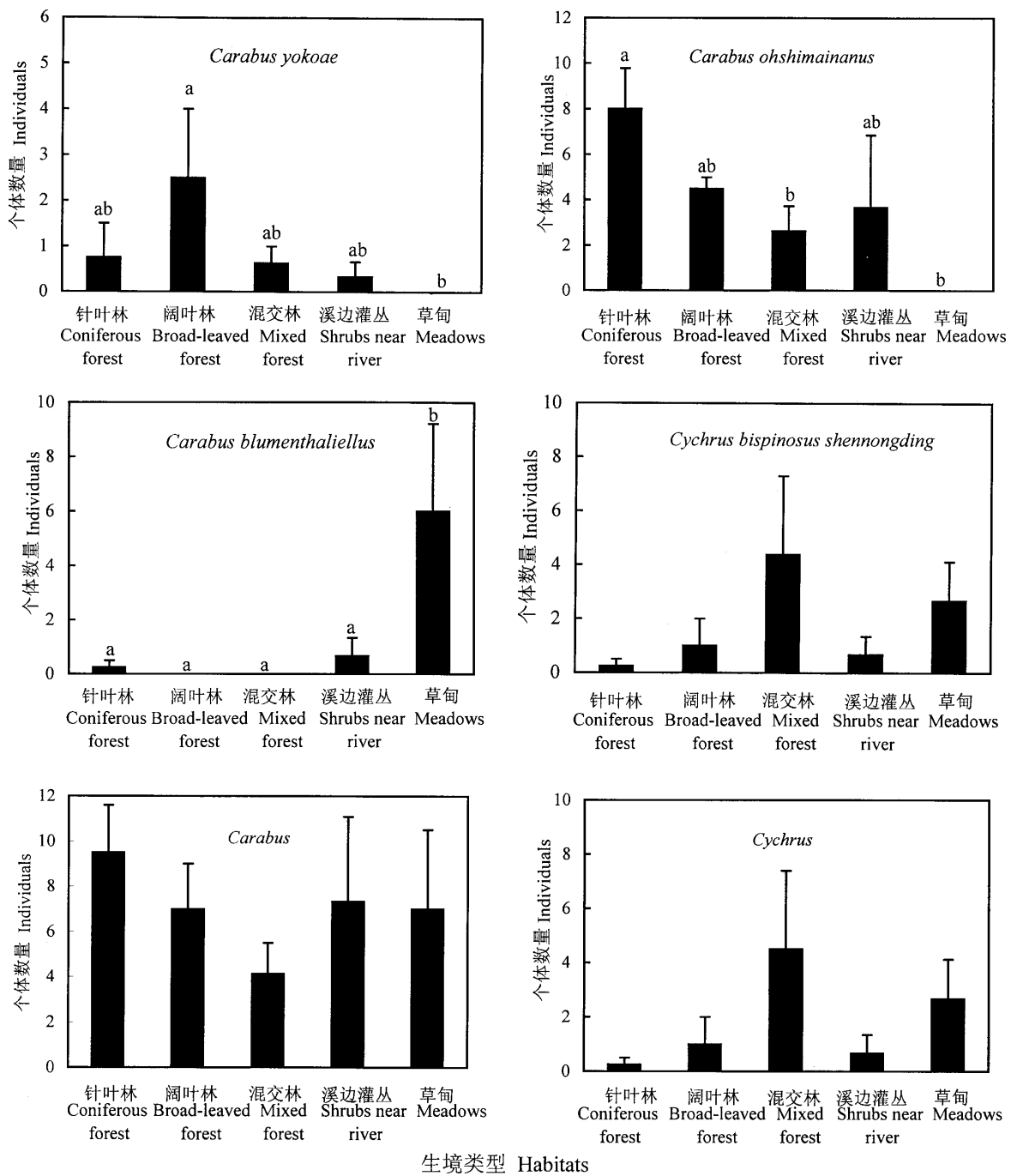


图3 大步甲和蜗步甲属及四种常见种在不同生境内的数量分布( 有无相同字母( a , b )表示显著性差异存在或不存在( ANOVA , LSD ,  $P < 0.05$  ) )  
Fig. 3 Species abundance of *Carabus* and *Cychrus* in different habitats. Different letters indicate significant differences ( ANOVA , LSD ,  $P < 0.05$  )

位于长江流域,植被覆盖率高,尤其是夏季,温度适宜,降水充足,食物丰富,是捕食性步甲最适宜的活动季节。因此,在本研究中,湿度和地表覆盖物不应成为大步甲和蜗步甲分布的制约因素。但是由于神农架保护区的地域广阔,人为干扰程度和海拔均差

异较大,因此,决定步甲物种分布的因素应该是与温度相关的海拔高度和与演替阶段相关的人为干扰程度。一般认为,海拔高度对物种和数量分布的影响趋势与纬度高低的影响相似,海拔的升高相当于纬度的升高,物种种类和数量会随之逐渐降低。王保

表 4 不同生境类型下大步甲和蜗步甲物种的个体数量、丰富度、多样性指数和均匀度指数  
Table 4 Species number , richness , diversity and evenness of *Carabus* and *Cychrus* in different habitats

	针叶林 Coniferous forest	阔叶林 Broad-leaved forest	混交林 Mixed forest	溪边灌丛 Shrubs near river	草甸 Meadows
个体数量 No. of individuals	9.75	8.00	8.63	8.00	9.67
丰富度 <i>S</i> Richness ( <i>S</i> )	5	3	6	6	3
多样性指数 <i>H'</i> Diversity index ( <i>H'</i> )	0.6998	0.9471	1.2316	1.3959	0.8860
均匀度指数 <i>J</i> Evenness index ( <i>J</i> )	0.4348	0.8620	0.6874	0.7791	0.8065

海等( 1992 )在研究西藏昆虫的垂直分布格局时已经验证了这一推论。在本研究中,海拔高度对大步甲和蜗步甲物种的种类和数量变化趋势的影响与理论预测有很大差异,即仅在中间海拔到高海拔之间表现出受海拔高度影响的趋势,物种的种类和数量随海拔升高逐渐降低。而在低海拔地区,物种种类和数量不但没有增加反而减少,这可能与受干扰程度密切相关。Levin & Paine( 1974 )曾提出干扰提高物种多样性的假设,Rosenzweig( 1995 )也提到,干扰并非只能削减物种多样性,干扰频度和程度过高或过低都不利于提高物种多样性,而小规模的中等程度的干扰能极大丰富物种多样性。在本研究中,低海拔的东溪地区和下谷地区,人为活动频繁,干扰程度很高,已经没有很好的原生林,次生林低矮,尤其是下谷地区,次生林几乎被农田分割包围。而九冲地区则相反,原生林覆盖率非常高,几乎没有干扰。所以,虽然在理论上低海拔地区物种多样性应该更丰富些,但由于该地区的干扰程度过低或过高,物种种类和数量都非常低。相反,在中间海拔和高海拔地区,干扰主要是来自旅游或老乡偶尔在林内的活动,程度和频次都维持在中等或轻微的规模上,物种多样性最丰富。干扰等级与物种种类和数量之间关系的曲线就反映了这一趋势。

以往的研究工作证明,在科的水平上,步甲在不同生境内的数量分布有显著差异(周红章等, 2000)。在本研究中,大步甲和蜗步甲属在属级分类单元上没有证明生境差异对数量分布的影响,这是因为本文只涉及两个属,数量较少,不能从统计上显示显著性差异,并不代表属级单元不适用于生境差异与影响分析。而且,在种的层次上,几种常见种数量分布有显著差异:*C. yokoae* 倾向于分布在阔叶

林内,*C. ohshimaianus* 倾向于分布在针叶林内,*C. blumenthaliellus* 集中分布在草甸内。此外,某些非常见种的分布也对特殊生境有很强的依赖性,即不同的物种对不同的生境有选择倾向。例如 *C. viridifossulatus businskyorum* 分布在草甸内,*C. uenoianus* 分布在溪边灌丛内,*Cy. uenoi shennongjia* 分布在混交林内等。

由于在本研究中,生境类型与干扰程度相关联,生境间的物种多样性分析同样与干扰程度有关。阔叶林、溪边灌丛和混交林虽然大多接近居民区,受到人为干扰程度比其他环境类型高,但由于处在保护区内,干扰活动受到限制,所以除了个别地区如下谷地区的阔叶林外,干扰程度最多达到中等规模,这种轻微干扰有利于提高物种多样性,使混交林和溪边灌丛这两种环境的物种种类多,优势种不明显,多样性指数高。草甸和针叶林几乎位于保护区的核心区内部,很少有人为活动干扰,环境非常稳定,物种数量丰富,优势种明显,例如草甸内优势种为 *C. blumenthaliellus*,针叶林内的优势种为 *C. ohshimaianus*,因此多样性指数值反而稍低。

以上分析可以看出,在神农架保护区的不同生境内,海拔和干扰程度是决定大步甲和蜗步甲种类分布的关键因素,生境类型是决定物种数量分布的关键因素。对于这两属的物种多样性的保护不能仅仅针对某种特殊生境,而是加强保护,尽量保持生境的多样化,使人为或自然干扰控制在适度的小规模内,才会有利于该地区物种多样性的稳定和持续发展。

致谢 在我们的野外昆虫采集过程中,得到神农架保护区管理局朱兆泉、杨敬元、殷强等同志的大力支

持和无私帮助,为我们生活和工作提供很大便利,在此表示衷心的感谢。中科院动物所的何君舰、周海生、叶婵娟同学在野外采集过程中参与了大量工作;日本专家 Yuki Imura 帮助鉴定了大部分大步甲标本,特此表示感谢。也感谢本所李义明博士对本项研究的支持与帮助。

参考文献

胡敦孝, 宇振荣, 韩纯儒, 何家海, Paoletti M G, 1998. 湖北潜江农田景观中步甲和蜘蛛的群落结构. 昆虫学报, **41** (增刊): 91 ~ 97

黄同陵, 1990. 中国步行虫科昆虫名录续编. 成都: 四川科学出版社, 1 ~ 119

马敬能, 孟沙, 张佩珊, 贾知行, 朱翔, 梅伟义, 1998. 中国生物多样性保护综述. 北京: 中国林业出版社, 144 ~ 145

马克平, 1997. 生态系统多样性. 见: 蒋志刚, 马克平, 韩兴国 (主编), 保护生物学. 浙江: 浙江科学技术出版社, 34 ~ 50

马克平, 刘玉明, 1994. 生物群落多样性的测度方法 I  $\alpha$  多样性的测度方法(下). 生物多样性, **2**(4): 231 ~ 239

王保海, 袁维红, 王成命, 黄复生, 唐昭华, 林大武, 1992. 西藏昆虫区系及其演化. 郑州: 河南科技技术出版社, 109 ~ 132

周红章, 于晓东, 罗天宏, 何君舰, 周海生, 叶婵娟, 2000. 湖北神农架自然保护区昆虫的数量变化与环境关系的初步研究. 生物多样性, **8** (3): 262 ~ 270

Brust G E, Stinner B R and McCartney D A, 1986. Predator activity and predation in corn agroecosystems. *Environmental Entomology*, **15**: 1017 ~ 1021

Dunger W and Fiedler H J, 1989. Methoden der Bodenbiologie. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag

Epstein M E and Kulman H M, 1990. Habitat distribution and seasonal occurrence of carabid beetles in East-central Minnesota. *The American Midland Naturalist*, **123**: 209 ~ 225

Esau K L and Peters D, 1975. Carabidae collected in pitfall traps in Iowa cornfields, fencerows, and prairies. *Environmental Entomology*, **4**: 509 ~ 513

Eyre M D, Lott D A and Garside A, 1996. Assessing the potential for environmental monitoring using ground beetles (Coleoptera: Carabidae) with riverside and Scottish data. *Annales Zoologici Fennici*, **33**: 157 ~ 163

Imura Y, Zhou H Z and Su Z H, 1999a. A remarkable new procrustimorphi carabid beetle (Coleoptera: Carabidae) from

Shennongjia in Western Hubei, Central China. *Gekkan-Muchi*, **341**: 2 ~ 5

Imura Y, Zhou H Z and Su Z H, 1999b. A new species of *Apotomopterus* and a new subspecies of *Cychrus* (Coleoptera: Carabidae) from China. *Elytra*, **21**(2): 1 ~ 4

Jennings D T, Houseweart M W and Dunn G A, 1986. Carabid beetles (Coleoptera: Carabidae) associated with strip clearcut and dense spruce-fir forests of Maine. *The Coleopterists Bulletin*, **40**(3): 251 ~ 263

Lenski R E, 1982a. The impact of forest cutting on the diversity of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) in southern Appalachians. *Ecological Entomology*, **7**: 385 ~ 390

Lenski R E, 1982b. Effects of forest cutting on two *Carabus* species: evidence for competition for food. *Ecology*, **63**: 1211 ~ 1217

Levin S A and Paine R T, 1974. Disturbance, patch formation, and community structure. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, **71**: 2744 ~ 2747

Lövei G L and Sunderland K D, 1996. Ecology and behavior of ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Annual Review of Entomology*, **41**: 231 ~ 256

Martin J E H, 1978. The Insects and Arachnids of Canada, Part 1: Collecting, preparing and preserving insects, mites, and spiders. Hull, Quebec: Supply and Services Canada

Muehlenberg M, 1989. Freilandoekologie. Heidelberg: Quelle & Meyer Verlag

Ponder W F, 1992. Bias and biodiversity. *Australian Zoologist*, **28**: 47 ~ 51

Quinn J F and Harrison S P, 1988. Effects of habitat fragmentation and isolation on species richness: evidence from biogeographic patterns. *Oecologia*, **75**: 132 ~ 140

Reeves R M, Dunn G A and Jennings D T, 1983. Carabid beetles (Coleoptera: Carabidae) associated with the spruce budworm, *Choristoneura fumiferana* (Lepidoptera: Tortricidae). *The Canadian Entomologist*, **115**: 453 ~ 472

Rosenzweig M L, 1995. Species Diversity in Space and Time. Cambridge: Cambridge University Press

Samways M J, 1993. Insects in biodiversity conservation: some perspectives and directives. *Biodiversity Conservation*, **2**: 258 ~ 282

SPSS Inc, 1997. SPSS Base 7. 5 for Windows user's guide. Chicago: SPSS Inc.

Thiele H U, 1977. Carabid beetles in their environments. Berlin: Springer-Verlag

( 责任审稿人 : 胡敦孝 ; 责任编辑 : 闫文杰 )