第 20 卷 第 4 期 中 国 岩 溶 Vol. 20 No. 4
2001 年 12 月 CARSOLOGICA SINICA Dec. 2001

文章编号:1001－4810(2001)04－0315－06

贵州龙洞内动物群落结构和分布与部分环境因子的关系研究①

黎道洪,罗 蓉
(贵州师范大学生物科学技术系,贵阳 550001)

摘 要:2000 年 1 月至 2001 年 5 月对贵州龙洞内的软体动物、节肢动物和脊索动物进行了观察和采集,共获上述 3 类动物标本 577 号,隶属 7 纲 15 目 22 科。此外,还研究了光、温度、湿度和 CO_2 等环境因子对洞穴动物群落结构和分布的影响。结果表明,除食物因子外,光、湿度和 CO_2 对洞穴动物群落结构和分布的影响尤为显著。

关键词:洞穴动物;环境因子;群落结构;龙洞;贵州省
中图分类号:Q958.113 文献标识码:A

0 前 言

关于洞穴动物的形态分类及区系研究在国内外报道均较多[1~5],但研究洞穴动物与环境因子的关系报道则较少,在国外,有一些研究报道涉及到温度、湿度和 pH 值对洞穴动物的分布影响[6~8],在国内的研究报道中也不同程度涉及到部分内容[9~11],但作为多项环境因子对洞穴动物的影响专题研究还未见有报道。为此,我们对贵州龙洞内动物群落结构和分布与部分环境因子的关系进行了初步研究,现将研究结果报道于下,供同行参考。

1 环境概况

龙洞位于贵州省大方县鸡场乡果布村民组,离贵毕公路约 5 km。该洞为单进口洞,偶有游人进入,自然环境和景观受损极小。洞口标高 1160m,开口于一大山脚下,洞口前为一块旱地(约 50m^2),洞口离旱地垂直高度约 15m,旱地前缘为一横行的小溪流,小溪流位于两山间的峡谷中。洞口方向为 310°,高 5～13m,宽 8～14m。全洞由主洞和支洞组成,主洞向西北方向推进,全长约 850m,洞尾有一落水洞与暗河相通,暗河较险未调查。洞穴横剖面以椭圆形和矩形为主,洞内化学沉积形态有钟乳石和石幔等,洞顶悬垂的钟乳石较少且具大小不同的坑凹。距洞口约 80～180m 洞底多为崩塌石块,泥土很少,400～600m 洞底堆积有大量泥沙,由暗河涨水向外冲积而成。支洞在弱光带由主洞分出向西南方向推进约 150m,洞尾具一较大厅室,洞顶和壁悬垂的钟乳石较丰富,洞底多为石底,有少量泥土。

在有光带和弱光带生长的植物除有少量的小灌丛、禾本科植物与厥类外,主要分布有苔藓,如蛇苔(*Conocephalum conicum*)、裸萼凤尾藓(*Fissidens gymmogynus*)、橙色净口藓(*Gymnostmum auratiacum*)、石地青藓(*Brachythecium gloreosum*)和鳞叶藓(*Taxiphyllum giraldii*)等;藻类,如巴内隐球藻(*Aphanocapsa banaresensis*)、巨大粘球藻(*Gloeocapsa gigas*)、小形色球藻(*Chroococcus minor*)和眼状真枝藻(*Stigonema ocellatum*)等;地衣,如石耳(*Gyrophora esculenla*)和雀石耳(*Gyrophora cylindrica*)等。

2 工作方法

① 基金项目:国家自然科学基金项目(30060013)部分内容,国土资源部岩溶动力学开放研究实验室及 IGCP448 资助项目(2001－6－6)
作者简介:黎道洪(1952－),男,教授,从事洞穴动物学研究。
收稿日期:2001－08－27

2000 年 1 月至 2001 年 5 月对该洞按季调查共 5 次，调查对象主要是肉眼能看到的软体动物、节肢动物和脊索动物。关于光带的划分、样点和取样面积的设置及标本的采集和处理与已做的研究工作基本相同[9]。鼠类统计是用 100 个鼠铗在有鼠类活动的洞段安放一昼夜的捕获数，其它鸟、兽统计采用直接观察法。温湿度的测定采用北京市亚光仪器有限责任公司产的 JWS A2-2 型温湿度表，CO_2 的测定是将样品采回到室内，用日本岛津公司出产的气象色谱仪 GC-16A 分析检测。由于一些动物只采到幼体，故部分标本只能鉴定到科。

3 结果与分析

3.1 种类(或类群)组成及相对数量

野外调查共进行 5 次，其中夏季在调查范围内共获肉眼见到的软体动物、节肢动物和脊索动物(含统计数)共 577 号(黑暗带为多点调查的平均数)，隶属 3 门 7 纲 15 目 22 科(表 1、2)。

表 1 龙洞内动物的分类统计

Tab. 1 Statistics of the classification of the animals in Longdong cave

门	纲	目	科	属或种
软体动物门	1	1	2	4
节肢动物门	4	10	13	14
脊索动物门	2	4	7	7
合计	7	15	22	25

表 2 龙洞内动物的种类(或类群)组成和相对数量

Tab. 2 The species or groups and relative number of the animals in Longdong cave

动物种类或类群	有光带	弱光带	黑暗带	占百分比(%)	动物种类或类群	有光带	弱光带	黑暗带	占百分比(%)
烟管螺科(Clausiliidae)					蚁蛉科(Myrmelentidae)				
太平丽管螺(*Formosana Pacifica*)	23			3.99	蚁蛉(*Myrmeleon formicarius*)	31			5.37
真管螺(*Euphaedusa* sp.)	12			2.08	步甲科(Carabidae)				
烟管螺科待定种	16			3.77	步甲(*Onycholabis* sp.)		2		0.35
琥珀螺科(Succineidae)					步甲科待定种		3		0.52
琥珀螺(*Succinea* sp.)	21			3.64	夜蛾科(Noctuidae)				
潮虫科(Oniscidae)					涂闪夜蛾(*Sypna picta*)	3	4	2	1.56
粗糙鼠妇(*Pocellio scaber*)	3	15	1	3.29	大蚊科(Tupulidae)				
长蹄科(Phalangiidae)					大蚊(*Tupula* sp.)	24	6		5.20
盲蛛(*Opilio* sp.)		2		0.35	鸱鸮科(Strigidae)				
巨蟹蛛科(Heteropodidae)					灰林鸮(*Strix aluco*)	4			0.69
巨蟹蛛(*Heteropoda* sp.)	1	3	3	1.21	鹟科(Muscicapidae)				
暗蛛科(Amaurobiidae)					紫啸鹟(*Myophonus caeruleus*)	2			0.35
暗蛛(*Amaurobius* sp.)		2		0.35	菊头蝠科(Rhinolophidae)				
球蛛科(Theridiidae)					小菊头蝠(*Rhinolophus blythi*)			25	4.33
温室希蛛(*Achaearanea tepideriorum*)		5		0.87	蹄蝠科(Hipposideridae)				
管巢蛛科(Clubionidae)					三叶蹄蝠(*Aselliscus wheeleri*)			70	12.13
粽管巢蛛(*Clubiona japonicola*)	2	1		0.52	蝙蝠科(Vespertilionidae)				
石蜈蚣科(Lithobiidae)					南蝠(*Ia io*)			35	6.06
粗背石蜈蚣(*Bothropolys asperatus*)			2	0.35	鼠科(Muridae)				
马陆科(Jalidae)					白腹巨鼠(*Leopoldamys edwardsi*)			28	4.85
马陆(*Parajulus* sp.)	4	12	134	26.00	豪猪科(Hystricidae)				
蟋螽科(Cryllacridae)					豪猪(*Hystrix hodgsoni*)			2	0.35
斑灶马(*Diestrammena marmorata*)	3	9	62	12.82	合 计	147	67	363	100

注：本表所列数据为夏季的调查统计数，脊索动物(鼠类除外)为整个种群的丰度，无脊索动物的调查样方为 25m²，黑暗带则为多洞段取样调查的平均数。优势种(或类群)指占总数的 15%以上的种群。普通种(或类群)指占总数的 1%～15%的种群，稀有种(或类群)指占总数的 1%以下的种群。

万方数据

为能更好地说明出龙洞动物的种群组成特征，兹将其它洞穴动物种群一起列于表 3，以便比较。

表 3　龙洞与其它洞穴内动物的种类(或类群)组成比较

Tab. 3　Comparison of the species or groups of the animals in Longdong cave with that in other caves

洞穴名称	纲	目	科	属或种
龙洞	7	15	22	25
大洞口	6	11	17	20
和尚洞	5	13	19	22
龙天洞	6	11	20	21

从表 1～3 看出,龙洞内动物种类的丰富度相当高,特别是脊索动物就有 7 种。从全洞来看,优势类群是马陆(*Parajulus*),占总数的 26.00%;其次是斑灶马(*Diestrammena marmorata*)和三叶蹄蝠(*Aselliscus wheeleri*),分别占 12.82%和 12.13%。有光带除蚊类外优势类群是蚁蛉幼虫(*Myrmeleon formicarius*)和太平丽管螺(*Formosana Pacifica*),分别占该带总数的 21.09%和 15.65%;弱光带优势类群为粗糙鼠妇(*Pocellio scaber*)和马陆、分别占该带总数的 22.39%和 17.91%;黑暗带优势类群为马陆、三叶蹄蝠和斑灶马,分别占该带总数的 36.91%、19.28%和 17.08%。

3.2　洞穴动物群落结构和分布与部分环境因子的关系

3.2.1　光对洞穴动物群落结构和分布的影响

洞穴环境与地面不同,在洞穴内不同光带接受的光照度不同[9],由于不同动物种类对光的要求不同,故不同光带内动物群落结构有较大差异,在有光带组成动物群落的种类(或类群)中主要是喜光的软体动物中的太平丽管螺、琥珀螺(*Succinea*)、节肢动物中的蚁蛉、鸟类中的灰林鸮(*Strix aluco*)和紫啸鸫(*Myophonus caeruleus*)等。在弱光带主要是对光要求不严格的种类,如步甲(*Onycholabis*)、涂闪夜蛾(*Sypna picta*)和暗蛛(*Amaurobius*)等,此外,还有少量的斑灶马和马陆。在黑暗带主要是避光的斑灶马、马陆、三叶蹄蝠、小菊头蝠(*Rhinolophus blythi*)和南蝠(*Ia io*)等。一些避光种类除分布在黑暗带外,在有光带和弱光带光照度较低的坑凹小生境中也有分布,但各带分布的数量有明显差异(图 1)。

图 1 表明,斑灶马、马陆和三叶蹄蝠在洞穴内的水平分布是随洞长(盲洞一般至 500m)的增加而光度的减弱其数量也随之增加,由此证明上述 3 种动物是

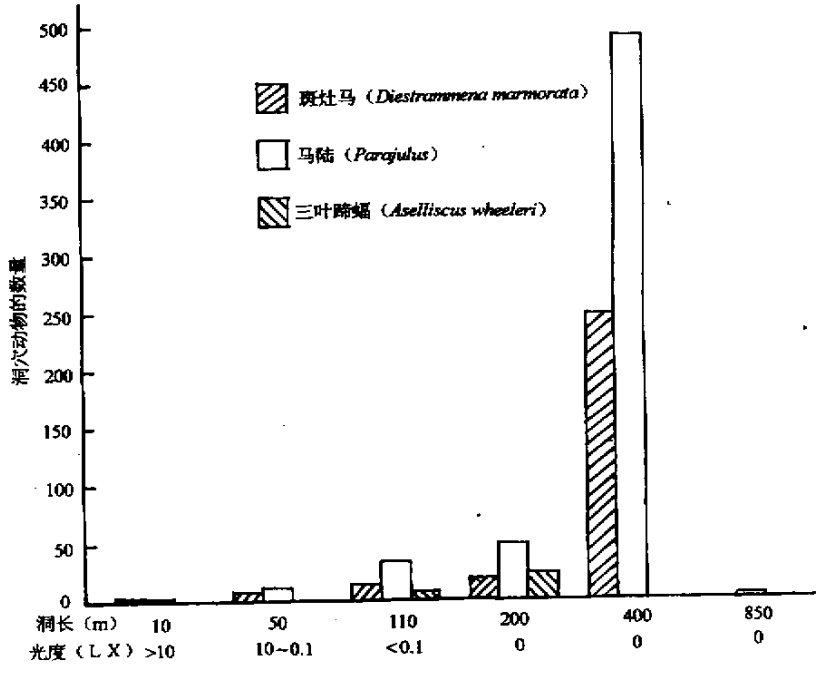

图 1　斑灶马、马陆和三叶蹄蝠的水平分布与洞穴长度和光的关系

Fig. 1　Relationship between the horizontal distribution of *Diestrammena marmorata*, *Parajulus* and *Aselliscus wheeleri*, and the length of cave and the brightness of light

注:本图采用数据是夏季对洞壁的调查统计数,调查面积各取样点均为 25m²,三叶蹄蝠为整个种群的丰度。

属避光性物种数据主要分布在黑暗带的生境中,在有光带和弱光带虽然有分布,但只能生活在光照度很低的

小生境中[11]。从图 1 还可看出，洞长 400m 处数量最丰富，到 850m 处则很贫乏，经调查除有少量马陆外，未发现有其它动物分布，其因与空气中 CO_2 的含量升高(后述)和食物贫乏有关。

3.2.2 温度对洞穴动物群落结构和分布的影响

洞内和洞外环境不一样，在洞外季节和昼夜的温差很大，在洞内除有光带和弱光带外，黑暗带的年温差和日温差较小，在一些盲洞的洞尾甚至年温差变化不超过 0.5℃[12]。在有光带和弱光带随着季节温度的变化动物群落结构也发生了不同程度的变化，尤其是种群丰度变化较大[9~11]。季节温度的变化可影响一些动物的分布行为，如有光带中螺类到冬季一些个体钻到松土下越冬。南蝠在夏季从水平分布看主要集中分布在洞深 400m 的洞段，到冬季则分散分布到 200～600m 洞段；从空间分布看，夏季分布于洞顶，冬季则大多下降到洞壁，且离洞底较近，多为 2～3m；虽然南蝠在夏季栖息的洞段到冬季其温度无显著变化(波动范围 20～21℃)，但到冬季洞外的昆虫数量急剧减少，食物来源很贫乏，迫使南蝠在冬季通过越冬方式来降低新陈代谢水平度过冬、春季，从而在越冬期间也改变了其分布行为。温度还可影响动物的繁殖，国外有报道，温度较稳定的深洞区一些种类的雌体产卵量多于浅洞区[13]，这是决定繁殖率高低的物质基础，故一些避光性种类即便是在黑暗带，由于各洞段温度的稳定性不同而导致分布数量有差异(如斑灶马和马陆)。

3.2.3 湿度对洞穴动物群落结构和分布的影响

一般情况，洞外湿度较小，且变化较大。在洞内总体湿度较高且稳定(除有光带外)。洞穴湿度受约于洞穴风、洞穴规模、地下水的多寡等[14]，此外，洞顶渗透滴水也是影响洞穴湿度变化的主要原因之一。湿度是影响动物的繁殖、生长发育、行为及分布的重要环境因子之一。同是黑暗带，温度也稳定，但由于各洞段的湿度不同而导致分布的动物类群和数量有差异(图 2)。

图 2 显示，同是黑暗带，由于各洞段的湿度不同，图示的几种动物在各洞段的分布和数量有较大差异。马陆属喜湿动物，一般在洞壁和底都较干燥的小生境中分布的数量较少，而在空气湿度超过 90%以上的洞段分布的数量较多，特别在洞壁和底湿润或有滴水的小生境中数量更丰富，在 850m 洞段虽然湿度较高(95%)，但由于离洞口较远，食物贫乏，加之 CO_2

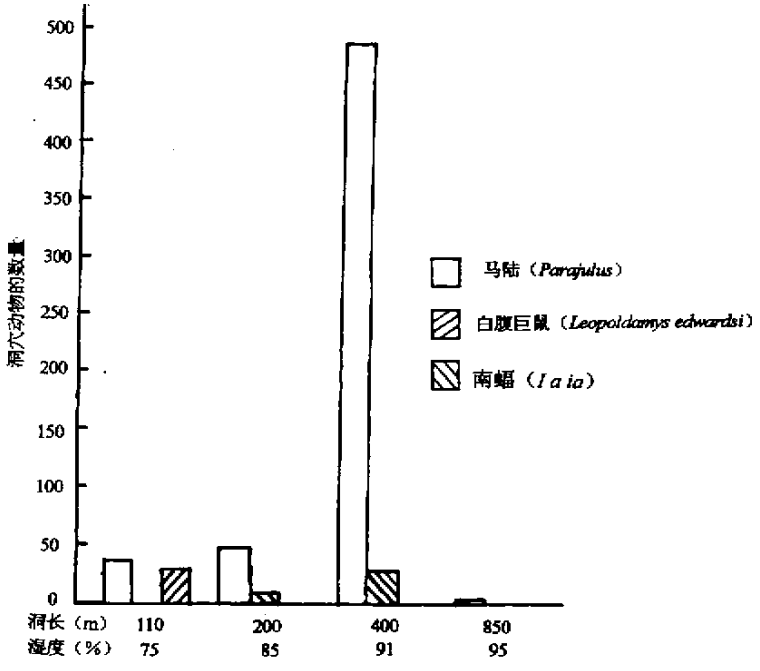

图 2 马陆、南蝠和白腹巨鼠的水平分布与洞长和湿度的关系

Fig. 2 Relationship between the horizontal distribution of *Parajulus*, *Ia io*, and *Leopoldamys edwardsi*, and the length of cave and humidity

注：本图采用数据是夏季的调查统计数，马陆的取样面积均为洞壁 25m²，南蝠为种群的丰度，白腹巨鼠是 100 个鼠铗安放 1 昼夜的捕获数。

万方数据

含量升高,故其数量显著减少;南蝠也属偏喜湿动物,在空气相对湿度为 85%的洞段有少量分布,主要分布区域则是湿度在 90%以上的 400m 洞段,在 850m 洞段则无分布。白腹巨鼠(*Leopoldamys edwardsi*)只在 110m 洞段有分布,该洞段无滴水,洞壁和底均干燥,湿度为 75%,该种类应属偏喜旱动物。

3.2.4 CO_2 对洞穴动物群落结构和分布的影响

CO_2 在自然界空气中含量一般为 330ppm[14],但近年来有上升趋势,而溶洞内空气中的 CO_2 含量则高得多,这是由于洞穴化学堆积物在形成过程中,有大量 CO_2 逸出造成的,且在不同洞段的含量有明显差异。CO_2 含量的变化影响动物的呼吸作用,当增加到 10000～30000ppm 时,脊椎动物的呼吸数显著增加,一些昆虫易进入休眠状态[15]。所以在龙洞内,特别在深洞区,由于 CO_2 含量的升高而影响了一些敏感动物类群的分布和数量(图 3)。

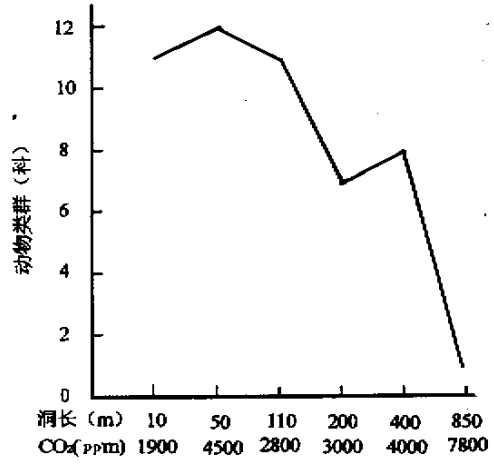

图 3 龙洞内动物类群(科)分布与洞穴长度和空气中 CO_2 含量的关系

Fig. 3 Relationship between the distribution of the animal groups(family) ,and the length of cave, the content of CO_2 in the air in Longdong cave

注:本图使用数据为夏季的调查统计数和测定值。

从图 3 看出,在单进口洞,一般情况是随着洞穴的深入,空气中 CO_2 的含量也随之升高,但该洞内 50m 洞段是例外,其含量较高,为 4500ppm,均超过 10～400m 各洞段的测定值,其因是此测点离支洞内的大种群三叶蹄蝠(约 70 只)较近(约 10m)有关,在夏季三叶蹄蝠的新陈代谢水平较高,在呼吸过程中,大种群的三叶蹄蝠不断的呼出 CO_2 而导致该洞段 CO_2 含量升高。图 3 中还可看出,洞深 400m 前各洞段空气的 CO_2 含量都在 5000ppm 以下,分布的动物类群均较丰富。在洞深 850m 洞段,空气中 CO_2 含量升高到 7800ppm,分布的动物类群只有 1 科(马陆科),与前各洞段比较有显著差异。前述影响洞穴动物的水平分布有光、温度、湿度等环境因子,就此洞段而言,将其与 400m 洞段相比较,同是黑暗带,温度较稳定,湿度均在 90%以上,但分布的动物类群只占前一洞段的 1/8。由此看来除食物贫乏外,空气中 CO_2 含量急剧升高也是影动物分布的主要环境因子之一。在人有不适感觉的洞段,一些对 CO_2 较敏感的昆虫类在食物较贫乏的情况下就难以生存下来,就连活动性较大、以出洞捕食为主的蝙蝠类也无分布,但到冬季则有少量蝙蝠个体在此洞段休眠,并通过降低新陈代谢水平来适应不利环境。

4 小 结

如前所述,自然界中存在有多方面环境因子,它们对洞穴动物的水平分布有不同程度的影响。但从总体看,龙洞内分布的动物类群和数量是相当丰富的(表 2),就前述三门动物就有 25 种(或类群)之多,其中脊椎动物就分布有 7 种。特别是马陆从洞口段到洞尾均有分布,在湿度较大的洞段密度很大,每平方米洞壁分布有 10～50 条不等,在有蝙蝠粪便的洞底每平方米多达 60～70 条,在 1 只鼠尸体上及周围不足 $1m^2$ 就集聚有 500 余条。该洞内动物群落较稳定且物种丰富度和丰度较高,成因主要有下列几方面:其一是游人进入稀少,洞穴环境受损极小;其二是洞内形成了复杂的食物网,起控制作用的优势种群(蝙蝠和鼠类)稳定,洞口前的良好环境(溪流、农田及灌丛)能为这些优势种群提供食物保证;其三是洞穴的小生境多样化,特别是 110m 洞段的洞壁多裂缝,从而为鼠类提供了生活的空间和住所。

致 谢:茂兰国家级自然保护区陈会明、贵州师范大学罗泰昌和黄红帮鉴定部分标本,在此一并致谢。

参考文献:

[1] Elliot, W. R. The cave fauna of California Proc[J]. Nss Ann. Meet [in Nss Bull. 1985,48(1):59].

[2] Peck, Stewart B. A synopsis of the invertebrate cave fauna of Jamaica[J]. Nss Bull. 1992,54:37－60.

[3] Decu, V. G. and T. M. Iliffe. A review of the terrestrial cavemi-

万方数据

colous fauna of Romania[J]. Nss Bull. 1983,45(4):86－97.

[4] 王大忠,等. 贵州鲤科鱼类三新种[J]. 遵义医学院学报, 1989, 12(2).

[5] 陈建秀. 贵州穴居倍足类：雕背马陆一新种[J]. 动物分类学报, 1990,15(4).

[6] Gunther Lamprecht and Friedrich Weber. Time － keeping mechanisms and their ecological significance in cavemicolous animals[J]. Nss Bull. 1985,47(2):147－162.

[7] Chapman, P. Ouantitative analysis of cave－dwelling invertebrates in estado falcon, Venezuela[J]. Nss Bull. 1983,45(2): 40－44.

[8] Griffith, D. M. The effects of substrate moisture on survival of adult cave beetles (Neaphaenops tellkampfi) and cave cricket eggs (Hadenoecus subterraneus) in a sandy deep cave site[J]. Nss Bull. 1991,53(2): 98－103.

[9] 黎道洪,等. 贵州大洞口内若干动物群落研究[J]. 生态学报, 2001,21(1).

[10] 黎道洪,等. 贵州龙天洞和郑家大洞内软体动物、节肢动物和脊索动物群落的比较研究[J]. 中国岩溶,1999,18(1).

[11] 黎道洪,等. 贵州和尚洞不同光带内软体动物、节肢动物和脊索动物的多样性及分布研究[J]. 中国岩溶,1999,18(2).

[12] 朱文孝,等.织金洞的气候环境及空气中二氧化碳[J]. 中国岩溶,1993,12(4).

[13] Kathleen H. Lavoie, et al. Differential utilization of entrance and deep cave area by gravid female cave crickets[J]. Nss Bull. 1991,53(1): 38.

[14] 俞锦标,等. 黄果树区域旅游资源研究[M]. 上海:上海科技教育出版社,1990,286－302.

[15] 华东师范大学,等. 动物生态学上册[M]. 北京：人民教育出版社,1982,1－114.

STUDY OF THE RELATIONSHIP BETWEEN THE ANIMAL COMMUNITY STRUCTURE AND DISTRIBUTION AND PART OF ENVIRONMENTAL FACTORS IN LONGDONG CAVE OF GUIZHOU PROVINCE

LI Dao-hong ,LUO Rong

(*Department of Biological Science and Technology, Guizhou Normal University, Guiyang* 550001, *China*)

Abstract: The molluscs, arthropodas and chordatas in Longdong cave of Guizhou province were observed and collected from Jan. 2000 to Apr. 2001, 577 samples were collected, which belong to 3 phyla, 7 classes, 15 orders and 22 families. The species in this cave are very rich, especially the vertebrate is of 7 species. In addition, the effect of light, temperature, humidity and CO_2 on the community structure and distribution of animals in the cave was studied. It is concluded, besides food factor, the effect of light, humidity and CO_2 is especially significant.

Key words: Cave animals; Environmental factors; Community structure; Longdong cave; Guizhou province

万方数据