

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第32卷 第13期 Vol.32 No.13 **2012**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

中国科学院科学出版基金资助出版

第 32 卷 第 13 期 2012 年 7 月 (半月刊)

目 次

砂质潮间带自由生活海洋线虫对缺氧的响应——微型受控生态系研究.....	华 尔, 李 佳, 董 洁, 等 (3975)
植物种群自疏过程中构件生物量与密度的关系	黎 磊, 周道玮, 盛连喜 (3987)
基于景观感知敏感度的生态旅游地观光线路自动选址.....	李继峰, 李仁杰 (3998)
基于能值的沼气农业生态系统可持续发展水平综合评价——以恭城县为例.....	杨 谨, 陈 彬, 刘耕源 (4007)
内蒙古荒漠草原植被盖度的空间异质性动态分析.....	颜 亮, 周广胜, 张 峰, 等 (4017)
典型草地的土壤保持价值流量过程比较.....	裴 厦, 谢高地, 李士美, 等 (4025)
长沙市区马尾松人工林生态系统碳储量及其空间分布.....	巫 涛, 彭重华, 田大伦, 等 (4034)
厦门市七种药用植物根围 AM 真菌的侵染率和多样性	姜 攀, 王明元 (4043)
Cd、低 Pb/Cd 下冬小麦幼苗根系分泌物酚酸、糖类及与根际土壤微生物活性的关系	贾 夏, 董岁明, 周春娟 (4052)
凉水保护区土壤产类漆酶-多铜氧化酶细菌群落结构	赵 丹, 谷惠琦, 崔岱宗, 等 (4062)
盐渍化土壤根际微生物群落及土壤因子对 AM 真菌的影响.....	卢鑫萍, 杜 茜, 闫永利, 等 (4071)
菌丝室接种解磷细菌 <i>Bacillus megaterium</i> C4 对土壤有机磷矿化和植物吸收的影响.....	张 林, 丁效东, 王 菲, 等 (4079)
闽江河口不同河段芦苇湿地土壤碳氮磷生态化学计量学特征.....	王维奇, 王 纯, 曾从盛, 等 (4087)
高山森林三种细根分解初期微生物生物量动态.....	武志超, 吴福忠, 杨万勤, 等 (4094)
模拟降水对古尔班通古特沙漠生物结皮表观土壤碳通量的影响	吴 林, 苏延桂, 张元明 (4103)
铁皮石斛组培苗移栽驯化过程中叶片光合特性、超微结构及根系活力的变化	濮晓珍, 尹春英, 周晓波, 等 (4114)
不同产量水平旱地冬小麦品种干物质累积和转移的差异分析.....	周 玲, 王朝辉, 李富翠, 等 (4123)
基于作物模型的低温冷害对我国东北三省玉米产量影响评估.....	张建平, 王春乙, 赵艳霞, 等 (4132)
黄土高原 1961—2009 年参考作物蒸散量的时空变异.....	李 志 (4139)
莫莫格湿地芦苇对水盐变化的生理生态响应.....	邓春暖, 章光新, 李红艳, 等 (4146)
不同蚯蚓采样方法对比研究.....	范如芹, 张晓平, 梁爱珍, 等 (4154)
亚洲玉米螟成虫寿命与繁殖力的地理差异.....	涂小云, 陈元生, 夏勤雯, 等 (4160)
黑河上游天然草地蝗虫空间异质性与分布格局.....	赵成章, 李丽丽, 王大为, 等 (4166)
苦瓜叶乙酸乙酯提取物对斜纹夜蛾实验种群的抑制作用.....	骆 颖, 凌 冰, 谢杰峰, 等 (4173)
长江口中国花鲈食性分析.....	洪巧巧, 庄 平, 杨 刚, 等 (4181)
基于线粒体控制区序列的黄河上游厚唇裸重唇鱼种群遗传结构.....	苏军虎, 张艳萍, 娄忠玉, 等 (4191)
镉暴露对黑斑蛙精巢 ROS 的诱导及其蛋白质氧化损伤作用机理	曹 慧, 施蔡雷, 贾秀英 (4199)
北方草地牛粪中金龟子的多样性.....	樊三龙, 方 红, 高传部, 等 (4207)
合肥秋冬季茶园天敌对假眼小绿叶蝉和茶蚜的空间跟随关系.....	杨 林, 郭 骅, 毕守东, 等 (4215)
植被、海拔、人为干扰对大中型野生动物分布的影响——以九寨沟自然保护区为例.....	张 跃, 雷开明, 张语克, 等 (4228)
基于社会网络分析法的生态工业园典型案例研究.....	杨丽花, 佟连军 (4236)
基于生命周期的户用沼气系统可用能核算——以广西恭城瑶族自治县为例.....	齐 静, 陈 彬, 戴 婧, 等 (4246)
专论与综述	
水文情势与盐分变化对湿地植被的影响研究综述	章光新 (4254)
松嫩碱化草甸土壤种子库格局、动态研究进展	马红媛, 梁正伟, 吕丙盛, 等 (4261)
一种新的景观扩张指数的定义与实现	武鹏飞, 周德民, 官辉力 (4270)
研究简报	
华山新麦草光合特性对干旱胁迫的响应.....	李 倩, 王 明, 王雯雯, 等 (4278)
美丽海绵提取物防污损作用.....	曹文浩, 严 涛, 刘永宏, 等 (4285)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 306 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 37 * 2012-07



封面图说: 涵养水源——在长白山南坡的峭壁上, 生长在坡面上的森林所涵养的水源还在汨汨地往下流个不停, 深红色的落叶掉在了苔藓上, 这里已经是长白山的深秋了。虽然雨季已经过去了很久, 但是林下厚厚的枯枝落叶层、腐殖质层、苔藓草本层所涵养的水分还在不间断地流淌, 细细的水线在壁下汇成了溪、汇成了河。涵养水源是森林的主要生态功能之一。

彩图提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201107010986

樊三龙, 方红, 高传部, 张治良, 姜世成, 孙雨敏. 北方草地牛粪中金龟子的多样性. 生态学报, 2012, 32(13): 4207-4214.

Fan S L, Fang H, Gao C B, Zhang Z L, Jiang S C, Sun Y M. The diversity of scarab beetles in grassland cattle dung from North China. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(13): 4207-4214.

北方草地牛粪中金龟子的多样性

樊三龙², 方 红^{1,*}, 高传部¹, 张治良¹, 姜世成³, 孙雨敏¹

(1. 沈阳农业大学 植物保护学院, 沈阳 110866; 2. 内蒙古锡林郭勒盟农牧业科学研究所, 锡林浩特 026000;

3. 东北师范大学 草地科学研究所, 长春 130024)

摘要: 2006 年 5—9 月, 在内蒙古鄂温克族自治县(典型草原)、内蒙古科尔沁左翼后旗(沙地草原)和吉林省长岭县(草甸草原)3 种放牧草地中, 采用陷阱法和野外牛粪解剖手检法采集牛粪中的金龟子, 共采集金龟子 75981 头, 分属 9 科 43 种。对其进行多样性分析, 结果表明: 长岭和鄂温克族自治县牛粪生境中的优势种均是黄缘蜉金龟 *Aphodius sublimbatus* (Motschulsky) (分别占各自生境捕获个体数的 88.188% 和 93.547%), 科尔沁左翼后旗的优势种为双顶喙蜉金龟 *Onthophagus bivertex* Heyden (67.067%)、小蜉金龟 *Aphodius pusillus* (Herbst) (14.524%) 和独角凯蜉金龟 *Caccobius unicoloris* (Fabricius) (10.264%)。科尔沁左翼后旗牛粪中金龟子的 Simpson 指数、Shannon-Wiener 指数和均匀度指数在 3 种草地中均最高, 长岭次之, 鄂温克族自治县最低。3 种草地牛粪中金龟子的物种数与其丰富度相一致: 长岭 > 科尔沁左翼后旗 > 鄂温克族自治县。Sorensen 群落相似性系数在 0.458—0.578 之间。

关键词: 草地; 牛粪; 金龟子; 多样性; 中国北方

The diversity of scarab beetles in grassland cattle dung from North China

FAN Sanlong², FANG Hong^{1,*}, GAO Chuanbu¹, ZHANG Zhiliang¹, JIANG Shicheng³, SUN Yumin¹

1 College of Plant Protection, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China

2 Inner Mongolia Xilingol Research Institute of Agriculture and Animal Husbandry Sciences, Xilinhot 026000, China

3 Institute of Grassland Science, Northeast Normal University, Changchun 130024, China

Abstract: Scarab beetles in grassland cattle dung were collected through pitfall traps and dissecting cattle dung in Ewenke Autonomous County (typical steppe), Horqin Left Back Banner (sand steppe) in Inner Mongolia, and Changling County (meadow steppe) in Jilin Province in May-September 2006. Species composition, diversity, and similarity of the scarab communities were analyzed. The pitfall trap method was as follows: A plastic bucket was buried in the experimental plot with the top of the bucket at ground level. The bucket contained a solution of 70% alcohol, and there was an iron wire frame covered with mesh. A nylon bag with 1 kg of fresh cattle dung was placed on the iron wire frame. After 3 days, the scarab beetles in the bucket were collected. This procedure was conducted monthly, for 3 successive days, and there were six repetitions in each experimental region. The method for dissecting cattle dung was as follows: select cattle dungs and collect the scarabs in the dung and a 10 cm layer of soil under the dung. At least 200 cattle dungs were dissected every month in each experimental region. A total of 75 981 scarabs were captured, belonging to 43 species and 9 families, in which there were 19 species of the family Aphodiidae, 9 species of the family Scarabaeidae, 6 species of the family Melolonthidae, 2 species of the family Trogidae, 2 species of the family Geotrupidae, 2 species of the family Rutelidae, and each of the families Ochodaeidae, Cetoniidae and Dynastidae had 1 species. There were 10 mutual species among the three

基金项目: 辽宁省教育厅重点实验室项目 (LS2010140); 国家自然科学基金项目 (30500355)

收稿日期: 2011-07-10; **修订日期:** 2012-01-10

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: phoridae@163.com

experimental regions: *Onthophagus bivertex* Heyden, *O. gibbulus* (Pallas), *Aphodius brevisculus* (Motschulsky), *A. haemorrhoidalis* (Linnaeus), *A. impunctatus* Waterhouse, *A. naraensis* Nakane, *A. pusillus* (Herbst), *A. rectus* Motschulsky, *A. sublimbatus* (Motschulsky), and *Proagopertha lucidula* Faldermann. In Changling and Ewenke Autonomous County, the dominant species was *Aphodius sublimbatus* (Motschulsky) (88.188% and 93.547% respectively). In Horqin Left Back Banner, the dominant species were *Onthophagus bivertex* Heyden (67.067%), *Aphodius pusillus* (Herbst) (14.524%) and *Caccobius unicornis* (Fabricius) (10.264%). The diversity analysis demonstrated that the Simpson Index, Shannon-Wiener Index and Pielou Index of the scarab community were highest in Horqin Left Back Banner and lowest in Ewenke Autonomous County. Species numbers of scarabs were in accordance with its richness in cattle dung in different regions. Changling County had the highest richness index, followed by Horqin Left Back Banner and Ewenke Autonomous County. The similarity index of scarab communities between Ewenke Autonomous County and Horqin Left Back Banner was moderately similar at 0.578. The similarity index of scarab communities between Ewenke Autonomous County and Changling County was moderately similar at 0.553. The similarity index of scarab communities between Changling County and Horqin Left Back Banner was moderately dissimilar at 0.458. There were significant differences in the number of scarabs in different regions. Our analysis suggests that four factors result in the differences in diversity of scarab communities in the three experimental regions: (1) Large-scale climatic factors dominate the primary composition of scarab communities; (2) The altitude and latitude of the experimental regions impact the number of families and species of scarabs; (3) Vegetation types impact the diversity and evenness of scarab communities; (4) Grazing pressures impact individual numbers of scarab communities.

Key Words: grassland; cattle dung; scarab; diversity; North China

金龟子隶属于昆虫纲 Insecta,鞘翅目 Coleoptera,金龟总科 Scarabaeoidea,是鞘翅目中一个大而独特的类群,其食性多样,寄主广泛。其中植食性金龟子(蛴螬)为地下害虫中分布最广、为害严重的一大类群^[1],而粪食性和腐食性金龟子则有清除粪便和生物残骸的功能,堪称地球上最大的“清洁工”群体,是地球上能量循环的一个重要环节^[2],对维持生态系统平衡有重要作用^[3]。

草原生态系统是陆地生态系统的主要类型之一,作为世界第二草原大国,草原是我国面积最大的陆地生态系统。目前,随着畜牧业的迅猛发展,草地中牛粪的堆积、破碎和分解速度的缓慢,引起了草场退化、有害蝇类滋生、传播人及牲畜疾病等诸多的不利影响^[4],并且导致牲畜拒绝取食牛粪周围的牧草面积高达牛粪面积的17.5倍^[5],因此造成草地资源的浪费,给生态环境和畜牧业的发展带来了巨大的经济损失^[6]。草地中促使牛粪分解的因素有非生物因子和生物因子两种,非生物因子中水分是对粪便的分解最有影响的因子^[4];影响粪便分解的生物因子主要是微生物和土壤动物,其中微生物的分解是一个漫长的过程,而粪食性昆虫则能迅速改变粪便的形状,使其中间穿有小孔或是破碎,加快粪便的分解速度^[7]。在促进草场牛粪的破碎转移及营养循环中,粪食性金龟子是起主要作用的生物因素之一^[8],是清除畜粪和控制有害蝇类最有效的生物控制因素^[9-10]。

本文以内蒙古呼伦贝尔典型草原、通辽地区沙地草原和吉林西部草甸草原3种放牧草地为研究区域,调查草地牛粪中金龟子的种类和数量,分析其物种水平上的种类组成及多样性,以积累中国北方草地牛粪中金龟子种类组成及多样性分布的基础资料,为草地的保护、管理、合理利用及畜牧业的可持续发展提供理论基础和科学依据。

1 研究区域与研究方法

1.1 研究区域的自然概况

1.1.1 内蒙古鄂温克族自治旗

鄂温克族自治旗(47°32'50"—49°15'N,118°48'02"—121°09'E)位于内蒙古自治区东北部,是呼伦贝尔

大草原的重要组成部分。属中温带半干旱大陆性季风气候。属高原型地貌区,其地势东南向西北逐渐倾斜,由海拔 1400 m 以上的山地逐渐降到海拔 602 m 的高平原。自然植被受地质地貌和水热条件的综合影响,从东南山地至西北部高平原依次为森林、森林草原、典型草原 3 个植被带。实验地点设在西北部典型草原植被带,整个地势东南稍高、西北较低,海拔高度为 610—800 m。地势开阔平坦,河流少。土壤以黑钙土、风砂土为主,植被以干草原和禾草甸为主。

1.1.2 内蒙古科尔沁左翼后旗

科尔沁左翼后旗(42°40′—43°42′N,121°30′—123°43′E)位于内蒙古自治区通辽市东南部,地处科尔沁沙地与松辽平原交接地带。属于北温带半湿润气候区向内蒙古温带半干旱气候区过渡的地带。该旗地势西南高,东南低,海拔 88.5—308.4 m。属堆积平原地形,地貌主要由垄状沙丘、平缓沙地和带状平原组成。科尔沁左翼后旗属于通辽以西的旱生禾本科植被,以给牲畜提供粗蛋白居多的草原草场带为主,并过渡衔接通辽以东生长禾草植被和水生杂草,给牲畜提供以碳水化合物为主的草甸草场带。即属于这两个草场带的过渡性地带。

1.1.3 吉林省长岭县

长岭县(43°59′—44°42′N,123°06′—124°45′E)位于吉林省西部,地处松嫩平原的南部。属于中温带半湿润大陆性季风气候。长岭县总的地形趋势是东南高,西北低,一般在海拔 140—274 m。地貌类型差异明显,可划分为台地、平原、沙丘、丘间平地 4 种类型。研究地点设在长岭种马场境内,地势平坦,海拔 140—160 m,以低地平原为主,有带状固定沙丘分布,属于沙丘草原干旱半农半牧地区。土壤类型多为草甸土和盐碱化土,含盐量较高,多形成严重退化的碱斑地。植被类型以虎尾草 *Chloris virgata*、稗 *Echinochloa crusgalli* 为主。

1.2 研究方法

1.2.1 采集方法

2006 年 5—9 月,在上述 3 个研究区域的草地中逐月监测牛粪中金龟子的种类和数量。

陷阱法:每月 1 次,每次实验连续 3 d,6 个重复。收集新鲜牛粪,搅拌均匀后,称取 1 kg 牛粪装入网眼直径为 0.1 cm 的尼龙袋中。在草地上埋 1 直径 20 cm,高 20 cm 的塑料桶,桶沿与地面平齐。桶内盛有 200 mL 70% 酒精溶液,桶上架有网眼直径为 5 cm 的铁丝架,将装有新鲜牛粪的尼龙袋放置在铁架上。每隔 1 d 时间换 1 次牛粪,桶内金龟子的收集用网眼直径为 0.1 cm 的滤网进行捞取并注意添加酒精。

野外牛粪解剖手捡法:采集不同堆置时间的牛粪里和牛粪下 10 cm 深土壤中的金龟子,每种类型草地每月至少解剖 200 堆牛粪。

收集到的金龟子浸入 75% 酒精溶液中,分类鉴定到种并计数。

1.2.2 数据处理

多样性指标分析采用 Margalef 丰富度指数^[11]、Simpson 指数、Shannon-Wiener 指数、Pielou 均匀度指数^[12]和 Sorenson 相似性系数等参数^[13],其计算方式如下:

$$\text{Margalef 丰富度指数} \quad d_{Ma} = (S - 1) / \ln N$$

$$\text{Simpson 指数} \quad D = 1 - \sum [N_i(N_i - 1) / N(N - 1)]$$

$$\text{Shannon-Wiener 指数} \quad H' = - \sum P_i \ln P_i$$

$$\text{Pielou 均匀度指数} \quad J = H' / \ln S$$

$$\text{Sorenson 相似性系数} \quad C = 2W / (A + B)$$

式中, S 为物种数目, N 为所有物种的个体数之和, N_i 为第 i 个物种的个体数, P_i 为第 i 个物种的个体数占群落总个体数的比例(即物种 i 的多度), A 为样地 A 的物种数目, B 为样地 B 的物种数目, W 为两样地共有种的物种数目。相似性指数在 0—0.25 范围内为极不相似,在 0.25—0.5 范围内为中等不相似,在 0.5—0.75 范围内为中等相似,在 0.75—1.00 范围内极为相似^[14]。

本文有关数据在 DPS(data processing system)数据处理系统上处理完成。

2 结果与分析

2.1 金龟子的群落组成和多样性分析

本次实验在 3 个区域内共采集金龟子 75981 头, 分属 9 科 43 种(表 1)。其中, 蜉金龟科 19 种, 金龟科 9 种, 鳃金龟科 6 种, 皮金龟科、粪金龟科和丽金龟科各 2 种, 红金龟科、花金龟科和犀金龟科各 1 种。3 个区域共有种类 10 种: 双顶喙蛭螂 *Onthophagus bivertex* Heyden、小驮喙蛭螂 *O. gibbulus* (Pallas)、黑蜉金龟 *Aphodius brevisculus* (Motschulsky)、血斑蜉金龟 *A. haemorrhoidalis* (Linnaeus)、红亮蜉金龟 *A. impunctatus* Waterhouse、青鼻蜉金龟 *A. naraensis* Nakane、小蜉金龟 *A. pusillus* (Herbst)、直蜉金龟 *A. rectus* Motschulsky、黄缘蜉金龟 *A. sublimbatus* (Motschulsky) 和苹毛丽金龟 *Proagopertha lucidula* Faldermann。

吉林长岭和内蒙古鄂温克族自治旗牛粪生境中的优势种均为蜉金龟科的黄缘蜉金龟 *Aphodius sublimbatus* (Motschulsky), 分别占各自生境捕获个体数的 88. 188% 和 93. 547%。科尔沁左翼后旗具有的科数、物种数及个体数量均居中, 优势种为金龟科的双顶喙蛭螂 *Onthophagus bivertex* Heyden (67. 067%)、蜉金龟科的小蜉金龟 *Aphodius pusillus* (Herbst) (14. 524%) 和金龟科的独角凯蛭螂 *Caccobius unicornis* (Fabricius) (10. 264%) (将个体的捕获量大于总捕获量 10% 的金龟子视为优势种)。

根据不同区域采集到的金龟子的种类及个体数量, 分别计算出 3 地物种的丰富度指数(d_{Ma})、Simpson 指数(D)、Shannon-Wiener 指数(H') 和均匀度指数(J) 等, 测算结果见表 1。

表 1 不同区域牛粪中金龟子的种类组成和多样性指标
Table 1 Species composition and Diversity indexes of scarabs in cattle dung in different regions

种类 Species	长岭 Changling County		鄂温克族自治旗 Ewenke Autonomous County		科尔沁左翼后旗 Horqin Left Back Banner		总计 Total		食性 Feeding habits
	个体数	/%	个体数	/%	个体数	/%	个体数	/%	
1 皮金龟科 Trogidae ^[15]									
红格皮金龟 <i>Glareis rufa</i> Erichson	0	0	0	0	3	0.071	3	0.004	粪食性、尸食性
祖氏皮金龟 <i>Trox zoufali</i> Balthasar	1	0.035	0	0	0	0	1	0.001	粪食性、尸食性
2 金龟科 Scarabaeidae									
臭蜣螂 <i>Copris ochus</i> Motschulsky	1	0.035	0	0	10	0.235	11	0.014	粪食性
三开蜣螂 <i>C. tripartitus</i> Waterhouse	0	0	0	0	1	0.024	1	0.001	粪食性
短亮凯蜣螂 <i>Caccobius brevis</i> Waterhouse	0	0	4	0.006	14	0.33	18	0.024	粪食性
独角凯蜣螂 <i>C. unicornis</i> (Fabricius)	0	0	32	0.046	436	10.264	468	0.616	粪食性
双顶喙蜣螂 <i>Onthophagus bivertex</i> Heyden	23	0.801	482	0.7	2849	67.067	3354	4.414	粪食性
小驮喙蜣螂 <i>O. gibbulus</i> (Pallas)	6	0.209	1290	1.873	25	0.589	1321	1.739	粪食性
立叉喙蜣螂 <i>O. olsoufieffi</i> Boucomont	0	0	2	0.003	0	0	2	0.003	粪食性
独行喙蜣螂 <i>O. solivagus</i> Harold	0	0	0	0	1	0.024	1	0.001	粪食性
台风蜣螂 <i>Scarabaeus typhon</i> Fischer	0	0	0	0	21	0.494	21	0.028	粪食性
3 粪金龟科 Geotrupidae									
粪堆粪金龟 <i>Geotrupes stercorarius</i> (Linnaeus)	0	0	2	0.003	0	0	2	0.003	粪食性
戴锤角粪金龟 <i>Bolbotrypes davidis</i> Fairmaire	3	0.105	0	0	0	0	3	0.004	粪食性
4 红金龟科 Ochodaeidae									
锈红金龟 <i>Ochodaeus ferrugineus</i> Eschscholtz	0	0	0	0	1	0.024	1	0.001	腐食性、粪食性
5 蜉金龟科 Aphodiidae									
老蜉金龟 <i>Aphodius antiquus</i> Faldermann	1	0.035	0	0	0	0	1	0.001	粪食性
* 布莱氏蜉金龟 <i>A. branesiki</i> Reitter	1	0.035	0	0	0	0	1	0.001	粪食性
黑蜉金龟 <i>A. brevisculus</i> (Motschulsky)	3	0.105	28	0.041	2	0.047	33	0.043	粪食性
游荡蜉金龟 <i>A. erraticus</i> (Linnaeus)	1	0.035	1945	2.824	0	0	1946	2.561	粪食性
* 戈特蜉金龟 <i>A. gotoi</i> Nomura et Nakane	0	0	1	0.001	0	0	1	0.001	粪食性

续表

种类 Species	长岭 Changling County		鄂温克族自治旗 Ewenke Autonomous County		科尔沁左翼后旗 Horqin Left Back Banner		总计 Total		食性 Feeding habits	
	个体数	%	个体数	%	个体数	%	个体数	%		
血斑蜉金龟 <i>A. haemorrhoidalis</i> (Linnaeus)	154	5.366	443	0.643	86	2.024	683	0.899	粪食性	
依诺蜉金龟 <i>A. inouei</i> Nomura	0	0	0	0	1	0.024	1	0.001	粪食性	
红亮蜉金龟 <i>A. impunctatus</i> Waterhouse	1	0.035	12	0.017	20	0.471	33	0.043	粪食性	
莱维斯蜉金龟 <i>A. lewisii</i> Waterhouse	0	0	0	0	2	0.047	2	0.003	粪食性	
* 青鼻蜉金龟 <i>A. naraensis</i> Nakane	3	0.105	8	0.012	43	1.012	54	0.071	粪食性	
黑格蜉金龟 <i>A. nigrotessellatus</i> Motschulsky	1	0.035	0	0	0	0	1	0.001	粪食性	
* 浅翅蜉金龟 <i>A. pallidiligouis</i> Waterhouse	1	0.035	0	0	0	0	1	0.001	粪食性	
小蜉金龟 <i>A. pusillus</i> (Herbst)	65	2.265	126	0.183	617	14.524	808	1.063	粪食性	
方胸蜉金龟 <i>A. quadratus</i> Reiche	0	0	0	0	4	0.094	4	0.005	粪食性	
直蜉金龟 <i>A. rectus</i> Motschulsky	23	0.801	56	0.081	2	0.047	81	0.107	粪食性	
红足蜉金龟 <i>A. rufipes</i> (Linnaeus)	1	0.035	0	0	0	0	1	0.001	粪食性	
黄缘蜉金龟 <i>A. sublimatus</i> (Motschulsky)	2531	88.188	64419	93.547	34	0.8	66984	88.159	粪食性	
环沙蜉金龟 <i>Psammodyius ainu</i> Lewis	35	1.22	7	0.01	0	0	42	0.055	粪食性	
滩沙蜉金龟 <i>P. convexus</i> Waterhouse	0	0	0	0	8	0.188	8	0.011	粪食性	
6 鳃金龟科 Melolonthidae										
福婆鳃金龟 <i>Brahmina faldermanni</i> Kraatz	0	0	1	0.001	0	0	1	0.001	植食性	
斑单爪鳃金龟 <i>Hoplia aureola</i> (Pallas)	0	0	1	0.001	0	0	1	0.001	植食性	
戴单爪鳃金龟 <i>H. davidis</i> Fairmaire	1	0.035	0	0	0	0	1	0.001	植食性	
日玛绢金龟 <i>Maladera japonica</i> (Motschulsky)	1	0.035	1	0.001	0	0	2	0.003	植食性	
东玛绢金龟 <i>M. orientalis</i> (Motschulsky)	0	0	1	0.001	55	1.295	56	0.074	植食性	
黑皱鳃金龟 <i>Trematodes tenebrioides</i> (Pallas)	0	0	1	0.001	0	0	1	0.001	植食性	
7 丽金龟科 Rutelidae										
黄褐异丽金龟 <i>Anomala exoleta</i> Faldermann	5	0.174	0	0	0	0	5	0.007	植食性	
苹毛丽金龟 <i>Proagopertha lucidula</i> Faldermann	4	0.139	1	0.001	13	0.306	18	0.024	植食性	
8 花金龟科 Cetoniidae										
白星花金龟 <i>Protaetia brevitarsis</i> (Lewis)	1	0.035	0	0	0	0	1	0.001	植食性、腐食性	
9 犀金龟科 Dynastidae										
阔胸禾犀金龟 <i>Pentodon mongolicus</i> Motschulsky	3	0.105	0	0	0	0	3	0.004	植食性、腐食性	
总计 Total	科的数目	8	—	5	—	6	—	9	—	—
	物种的数目	25	—	22	—	23	—	43	—	—
	个体数	2870	—	68863	—	4248	—	75981	—	—
物种丰富度指数(d_{Ma}) Species richness index		3.014	—	1.885	—	2.633	—	—	—	—
Simpson 指数(D) Simpson index		0.219	—	0.124	—	0.518	—	—	—	—
Shannon-Wiener 指数(H') Shannon-Wiener index		0.580	—	0.335	—	1.177	—	—	—	—
均匀度指数(J) Pielou index		0.180	—	0.108	—	0.375	—	—	—	—

* 为中国新纪录种

从表 1 可以看出,长岭草地牛粪中所捕获的金龟子个体总数最少,但拥有最多的物种和丰富度,其多样性和均匀度指数均低于科尔沁左翼后旗。鄂温克族自治旗牛粪中所捕获的金龟子个体数量最多,但各项指数均最低。科尔沁左翼后旗牛粪中金龟子的物种数和丰富度虽低于长岭,但多样性和均匀度指数在 3 个区域中均最高。

不同生境内物种的丰富度与物种的数量呈正相关,物种的数量越多其测度值也越高。从表 1 可以看出,3 个实验地牛粪中金龟子的物种数与各地的丰富度是相一致的:长岭>科尔沁左翼后旗>鄂温克族自治县。在物种总数相同的条件下,多样性指数与各物种个体数量的平均程度成正比。物种的均匀度指数则受各物种个体数量分布的均匀性的影响,与物种总数无关。因此,尽管长岭有最高的丰富度指数,但其多样性和均匀度指数并非最高;同样,虽然鄂温克族自治县有最大的个体数量,但因各物种的个体数量分布极不均匀,即黄缘蜉金龟 *Aphodius sublimbatus* (Motschulsky) 占了捕获个体数的绝大部分,致使其多样性和均匀度指数均极低。

长岭实验地金龟子群落的科、属和种类均最多,但金龟子的个体数量最少,这与实验地点常年放牧,对草场环境破坏严重,生境异质性高,群落稳定性低有关^[16]。科尔沁左翼后旗地处科尔沁沙地与松辽平原交接地带,地形地貌多样,植被类型复杂,从而可能维持更高的生物多样性及均匀度。鄂温克族自治县海拔最高,年平均气温最低,所以物种数也最少,同时由于鄂温克族自治县实验地地势开阔平坦,植被较单一,类似集约化程度较高的农田,使个别优势种群数量庞大,导致该区各项多样性指标均最低。

2.2 金龟子群落的相似性分析

相似性系数的定义有多种,本文采用 Sorenson 群落相似性系数(*C*)作为不同草地类型之间相似性的度量标准。根据 3 种草地牛粪中金龟子的物种组成,计算出 3 个生境间的相似性系数(表 2)。鄂温克族自治县和科尔沁左翼后旗草地牛粪中的金龟子种类相似性系数最高,为 0.578;其次是鄂温克族自治县和长岭之间,相似性系数是 0.553;均达中等相似。而长岭与科尔沁左翼后旗的相似系数最低,是 0.458,为中等不相似。

表 2 不同区域牛粪中金龟子种类的相似性系数
Table 2 Similarity of scarabs in cattle dung in different regions

区域 Regions	长岭 Changling County	鄂温克族自治县 Ewenke Autonomous County	科尔沁左翼后旗 Horqin Left Back Banner
长岭 Changling County	—		
鄂温克族自治县 Ewenke Autonomous County	0.553	—	
科尔沁左翼后旗 Horqin Left Back Banner	0.458	0.578	—

生物群落的相似性是群落生态学中的一个重要问题,有助于了解生物群落和环境之间的生态关系。3 个区域牛粪中金龟子群落的组成在科、属和物种数量上相差较小,主要差异在优势种的种类和个体数量上。从三地的气候条件分析:三地的大气候均属于温带季风气候类型,地处北纬 42°—50°之间的亚欧大陆东岸,因而它们的总体群落结构特征应该相互比较接近,符合 3 个实验地金龟子群落的组成在科级、属级及物种水平上较为相似的实验结果。但 3 个研究区域又分别属于同一气候类型下的 3 种气候型:半干旱大陆性季风气候、半湿润大陆性季风气候和半湿润气候区向半干旱气候区的过渡类型,这导致了 3 地的金龟子群落组成又各有其独特性,使其群落的两两相似性处于中等不相似和中等相似的水平。在 3 个实验地中,鄂温克族自治县的纬度和海拔最高,年平均气温最低,所以物种数也最少,且多数种类在其它两区亦能见到,这就是该区与其它两个区均有较高金龟子群落相似性的主要原因。

本文对每个实验地陷阱法所获得的 6 次重复数据,在进行数据对数正态转换后,通过多重比较分析了不同草原类型间的差异(表 3)。从表中可知,3 地牛粪中金龟子的数量相互之间有极显著的差异。

表 3 不同区域牛粪中金龟子数量的多重比较
Table 3 Multiple comparison on the number of scarabs in cattle dung in different regions

区域 Regions	均值 Mean value	5% 显著水平 5% Significant level	1% 极显著水平 1% Significant level
鄂温克族自治县 Ewenke Autonomous County	8.51217	a	A
科尔沁左翼后旗 Horqin Left Back Banner	5.59043	b	B
长岭 Changling County	5.21835	c	C

分析得知,三地金龟子群落的相似性即使处于中等相似水平上,金龟子的个体数量也有极显著的差异。长岭实验地由于过大的放牧压力,使草地退化,土壤排水较差,使金龟子群落的个体数量最少,科尔沁左翼后旗实验地因植被丰富、地形复杂,使其金龟子的数量相对较多;而鄂温克族自治旗实验地植被较单一,适于某些优势种群的大量繁衍,因此金龟子的个体数量显著多于与其群落中等相似的另外两个实验地。可见,金龟子群落的性质或种类组成的主要因素取决于较大尺度上的气候和地理位置等,而对其群落的个体数量起主要作用的是较小尺度上的植被、土壤、人为干扰等因素。

3 讨论

本实验在取样过程中采集到少数植食性金龟子,在数据的统计结果中会直接影响到各实验地牛粪中物种的丰富度,但由于所采集到的粪食性金龟子的个体数量庞大,对其它指数影响较小。

姜世成、周道玮报道的吉林长岭牛粪中的优势种为直蜉金龟 *Aphodius rectus* Motschulsky^[17-18],而本实验该地的优势种为黄缘蜉金龟 *Aphodius sublimbatus* (Motschulsky)。直蜉金龟和黄缘蜉金龟是两个易于区分的种类,故可以推断,该地的优势种因年度气候条件的不同会有所变动。刘新民报道的内蒙古锡林郭勒盟典型草原放牧区牛粪中优势种为游荡蜉金龟 *A. erraticus* (Linnaeus) 和符号蜉金龟 *A. comma* Reitter^[19],本实验在呼伦贝尔盟典型草原上的优势种是黄缘蜉金龟 *A. sublimbatus* (Motschulsky),在科尔沁左翼后旗沙地草原上优势种为双顶蜉蛸螂 *Onthophagus bivertex* Heyden、小蜉金龟 *A. pusillus* (Herbst) 和独角凯蜉蛸螂 *Caccobius unicornis* (Fabricius)。说明不同的草地类型、不同的地理位置、不同的年度气候条件均可能导致其牛粪中优势种群的不同。

作为草原生态系统的主要成员,金龟子群落(尤其是粪食性金龟子)对生态系统的平衡有重要的生态意义。通过本实验,分析认为导致3个实验地牛粪中金龟子群落多样性差异的主要因素有4个。一是较大尺度上的气候因素决定了金龟子群落的主要组成,3个不同草原类型的实验地同属于温带季风气候区,不同草地类型中金龟子的科、属和种的数量较接近。二是地理位置影响金龟子的科和种的数量,3个实验地中鄂温克族自治旗的海拔和纬度最高,年均气温最低,其金龟子的科和种的数量最少。三是植被类型影响金龟子群落的多样性及均匀度,科尔沁左翼后旗的植被类型最复杂、多样,从而维持了最高生物多样性及均匀度;鄂温克族自治旗的植被在3个实验地中最单一,分析结果显示的各项多样性指标均最低。四是放牧压力影响金龟子群落的个体数量,长岭实验地金龟子群落的科、属和种类均最多,这是因为它地处3个实验地点的最南端,海拔最低,年均气温最高,但金龟子的个体数量最少,主要是因为长岭种马场常年在实验地放牧所致。

References:

- [1] Wei H J, Zhang Z L, Wang Y C. Underground Pests in China. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1989.
- [2] Liu G R, Zhang Y W, Wang R. The Colour Illustrated of Common Lamellicornia Beetles of Northern China. Beijing: China Forestry Publishing House, 1997.
- [3] Bai M, Yang X K. Nesting behavior and adaptive evolution of dung beetle. Chinese Bulletin of Entomology, 2008, 45(3): 499-505.
- [4] Marsh R, Campling R C. Fouling of pastures by dung. Herbage Abstracts, 1970, 40(2): 123-130.
- [5] Liu X M. Analysis of the decomposition of mammal feces by dung beetles. Journal of Inner Mongolia Normal University: Natural Science Edition, 2006, 35(4): 477-481.
- [6] Bornemissza G F. The Australian dung beetle project 1965—1975. Australian Meat Research Committee Review, 1976, 30: 1-30.
- [7] He Y X, Sun G, Luo P, Wu N. Effects of dung deposition on grassland ecosystem: a review. Chinese Journal of Ecology. Chinese Journal of Ecology, 2009, 28(2): 322-328.
- [8] Wu X W, Sun S C. The roles of beetles and flies in yak dung removal in an alpine meadow of eastern Qinghai-Tibetan Plateau. EcoScience, 2010, 17(2): 146-155.
- [9] Ridsdill-Smith T J, Kirk A A. Selecting dung beetles [Scarabaeinae] from Spain for bush fly control in south-western Australia. Entomophaga, 1985, 30(3): 217-223.
- [10] Roth J P. Scarab activity and predation as mortality factors of the buffalo fly, *Haematobia irritans exigua*, in central Queensland. Southwestern Entomologist, 1988, 13(2): 119-124.

- [11] Ma K P. Measurement of biotic community diversity I α diversity (Part I). Chinese Biodiversity, 1994, 2(3): 162-168.
- [12] Ma K P, Liu Y M. Measurement of biotic community diversity I α diversity (Part II). Chinese Biodiversity, 1994, 2(4): 231-239.
- [13] Yan H, Yuan X Z, Liu W P, Deng H L. Butterfly diversity along a gradient of urbanization: Chongqing as a case study. Biodiversity Science, 2006, 14(3): 216-222.
- [14] Chen P, Ye H. Fruit fly diversity analysis at five regions in the western Yunnan, China. Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(6): 2953-2961.
- [15] Ren G D. Taxonomic studies of the family Trogidae (Coleoptera: Scarabaeoidea) from China. Entomotaxonomia, 2003, 25(2): 109-117.
- [16] Yu X D, Luo T H, Zhou H Z. Species composition and diversity of scarab beetle (Coleoptera: Scarabaeoidea) communities at Dongling Mountain, Beijing. Biodiversity Science, 2003, 11(3): 179-187.
- [17] Jiang S C, Zhou D W. Composition and seasonal variations of macro arthropod fauna associated with cattle dung pats in Songnen Grassland, China. Acta Ecologica Sinica, 2005, 25(11): 2983-2991.
- [18] Jiang S C, Zhou D W. The impact of cattle dung deposition on grasslands in the Songnen Grassland. Acta Prataculturae Sinica, 2006, 15(4): 30-35.
- [19] Liu X M. Assemblage characteristics of dung beetles in livestock dung in Inner Mongolian typical steppe. Chinese Journal of Ecology, 2011, 30(1): 24-29.

参考文献:

- [1] 魏鸿钧, 张治良, 王荫长. 中国地下害虫. 上海: 上海科学技术出版社, 1989.
- [2] 刘广瑞, 章有为, 王瑞. 中国北方常见金龟子彩色图鉴. 北京: 中国林业出版社, 1997.
- [3] 白明, 杨兴科. 粪食性金龟的行为及其适应演化. 昆虫知识, 2008, 45(3): 499-505.
- [5] 刘新民. 粪食性金龟子对家畜粪的分解作用研究. 内蒙古师范大学学报: 自然科学汉文版, 2006, 35(4): 477-481.
- [7] 何奔忻, 孙庚, 罗鹏, 吴宁. 牲畜粪便对草地生态系统影响的研究进展. 生态学杂志, 2009, 28(2): 322-328.
- [11] 马克平. 生物群落多样性的测度方法 I. α 多样性的测度方法(上). 生物多样性, 1994, 2(3): 162-168.
- [12] 马克平, 刘玉明. 生物群落多样性的测度方法 I. α 多样性的测度方法(下). 生物多样性, 1994, 2(4): 231-239.
- [13] 晏华, 袁兴中, 刘文萍, 邓合黎. 城市化对蝴蝶多样性的影响: 以重庆市为例. 生物多样性, 2006, 14(3): 216-222.
- [14] 陈鹏, 叶辉. 云南西部实蝇的多样性. 生态学报, 2009, 29(6): 2953-2961.
- [15] 任国栋. 中国皮金龟科分类研究(鞘翅目: 金龟总科). 昆虫分类学报, 2003, 25(2): 109-117.
- [16] 于晓东, 罗天宏, 周红章. 北京东灵山地区金龟群落物种组成及多样性变化. 生物多样性, 2003, 11(3): 179-187.
- [17] 姜世成, 周道玮. 松嫩草地牛粪中大型节肢动物种类组成及种群动态变化. 生态学报, 2005, 25(11): 2983-2991.
- [18] 姜世成, 周道玮. 牛粪堆积对草地影响的研究. 草业学报, 2006, 15(4): 30-35.
- [19] 刘新民. 内蒙古典型草原家畜粪中的粪金龟子群落特征. 生态学杂志, 2011, 30(1): 24-29.

CONTENTS

Responses of sandy beach nematodes to oxygen deficiency: microcosm experiments	HUA Er, LI Jia, DONG Jie, et al (3975)
Allometric relationship between mean component biomass and density during the course of self-thinning for <i>Fagopyrum esculentum</i> populations	LI Lei, ZHOU Daowei, SHENG Lianxi (3987)
Automatic site selection of sight-seeing route in ecotourism destinations based on landscape perception sensitivity	LI Jifeng, LI Renjie (3998)
Emergy evaluation for sustainability of Biogas-linked agriculture ecosystem: a case study of Gongcheng county	YANG Jin, CHEN Bin, LIU Gengyuan (4007)
Spatial heterogeneity of vegetation coverage and its temporal dynamics in desert steppe, Inner Mongolia	YAN Liang, ZHOU Guangsheng, ZHANG Feng, et al (4017)
Soil conservation value flow processes of two typical grasslands	PEI Sha, XIE Gadi, LI Shimei, et al (4025)
Spatial distribution of carbon storage in a 13-year-old <i>Pinus massoniana</i> forest ecosystem in Changsha City, China	WU Tao, PENG Chonghua, TIAN Dalun, et al (4034)
Colonization rate and diversity of AM fungi in the rhizosphere of seven medicinal plants in Xiamen	JIANG Pan, WANG Mingyuan (4043)
Effects of Cd, Low Concentration Pb/Cd on the contents of phenolic acid and simple glucides exuding from winter wheat seedlings root and the relationship between them and rhizosphere soil microbial activity	JIA Xia, DONG Suiming, ZHOU Chunjuan (4052)
The community structure of laccase-like multicopper oxidase-producing bacteria in soil of Liangshui Nature Reserve	ZHAO Dan, GU Huiqi, CUI Daizong, et al (4062)
Effects of soil rhizosphere microbial community and soil factors on arbuscular mycorrhizal fungi in different salinized soils	LU Xinping, DU Qian, YAN Yongli, et al (4071)
The effects of inoculation with phosphate solubilizing bacteria <i>Bacillus megaterium</i> C4 in the AM fungal hyphosphere on soil organic phosphorus mineralization and plant uptake	ZHANG Lin, DING Xiaodong, WANG Fei, et al (4079)
Soil carbon, nitrogen and phosphorus ecological stoichiometry of <i>Phragmites australis</i> wetlands in different reaches in Minjiang River estuary	WANG Weiqi, WANG Chun, ZENG Congsheng, et al (4087)
Dynamics of soil microbial biomass during early fine roots decomposition of three species in alpine region	WU Zhichao, WU Fuzhong, YANG Wanqin, et al (4094)
Effects of simulated precipitation on apparent carbon flux of biologically crusted soils in the Gurbantunggut Desert in Xinjiang, Northwestern China	WU Lin, SU Yangui, ZHANG Yuanming (4103)
Changes in photosynthetic properties, ultrastructure and root vigor of <i>Dendrobium candidum</i> tissue culture seedlings during transplantation	PU Xiaozhen, YIN Chunying, ZHOU Xiaobo, et al (4114)
Analysis of dry matter accumulation and translocation for winter wheat cultivars with different yields on dryland	ZHOU Ling, WANG Zhaohui, LI Fucui, et al (4123)
Impact evaluation of low temperature to yields of maize in Northeast China based on crop growth model	ZHANG Jianping, WANG Chunyi, ZHAO Yanxia, et al (4132)
Spatiotemporal variations in the reference crop evapotranspiration on the Loess Plateau during 1961—2009	LI Zhi (4139)
Eco-physiological responses of <i>Phragmites australis</i> to different water-salt conditions in Momoge Wetland	DENG Chunnuan, ZHANG Guangxin, LI Hongyan, et al (4146)
Comparative study of different earthworm sampling methods	FAN Ruqin, ZHANG Xiaoping, LIANG Aizhen, et al (4154)
Geographic variation in longevity and fecundity of the Asian corn borer, <i>Ostrinia furnacalis</i> Guenée (Lepidoptera: Crambidae)	TU Xiaoyun, CHEN Yuansheng, XIA Qinwen, et al (4160)
Analysis on grasshopper spatial heterogeneity and pattern of natural grass in upper reaches of Heihe	ZHAO Chengzhang, LI Lili, WANG Dawei, et al (4166)
Inhibition effects of ethyl acetate extracts of <i>Momordica charantia</i> leaves on the experimental population of <i>Spodoptera litura</i>	LOU Ying, LING Bing, XIE Jiefeng, et al (4173)
Feeding habits of <i>Lateolabrax maculatus</i> in Yangtze River estuary	HONG Qiaoqiao, ZHUANG Ping, YANG Gang, et al (4181)
Genetic structure of <i>Gymnodontichus pachycheilus</i> from the upper reaches of the Yellow River as inferred from mtDNA control region	SU Junhu, ZHANG Yanping, LOU Zhongyu, et al (4191)
Toxicity mechanism of Cadmium-induced reactive oxygen species and protein oxidation in testes of the frog <i>Rana nigromaculata</i>	CAO Hui, SHI Cailei, JIA Xiuying (4199)
The diversity of scarab beetles in grassland cattle dung from North China	FAN Sanlong, FANG Hong, GAO Chuanbu, et al (4207)
Spatial relationships among <i>Empoasca vitis</i> (Gothé) and <i>Toxoptera aurantii</i> (Boyer) and natural enemies in tea gardens of autumn-winter season in Hefei suburban	YANG Lin, GUO Hua, BI Shoudong, et al (4215)
Effects of vegetation, elevation and human disturbance on the distribution of large- and medium-sized wildlife: a case study in Jiuzhaigou Nature Reserve	ZHANG Yue, LEI Kaiming, ZHANG Yuke, et al (4228)
Research of typical EIPs based on the social network analysis	YANG Lihua, TONG Lianjun (4236)
Exergy-based life cycle accounting of household biogas system: a case study of Gongcheng, Guangxi	QI Jing, CHEN Bin, DAI Jing, et al (4246)
Review and Monograph	
The effects of changes in hydrological regimes and salinity on wetland vegetation: a review	ZHANG Guangxin (4254)
Advances in research on the seed bank of a saline-alkali meadow in the Songnen Plain	MA Hongyuan, LIANG Zhengwei, LÜ Bingsheng, et al (4261)
A new landscape expansion index: definition and quantification	WU Pengfei, ZHOU Demin, GONG Huili (4270)
Scientific Note	
Response of photosynthetic characteristics of <i>Psathyrostachys huashanica</i> Keng to drought stress	LI Qian, WANG Ming, WANG Wenwen, et al (4278)
The antifouling activities of <i>Callyspongia</i> sponge extracts	CAO Wenhao, YAN Tao, LIU Yonghong, et al (4285)

《生态学报》2012 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的自然科学高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究原始创新性科研成果,特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 70 元/册,全年定价 1680 元。

国内邮发代号:82-7 国外邮发代号:M670 标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 32 卷 第 13 期 (2012 年 7 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 32 No. 13 (July, 2012)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100071	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元