

ISSN 1000-0933  
CN 11-2031/Q

# 生态学报

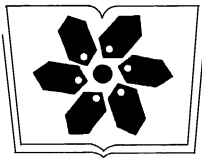
## Acta Ecologica Sinica



第31卷 第23期 Vol.31 No.23 **2011**

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



中国科学院科学出版基金资助出版

# 生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 31 卷 第 23 期

2011 年 12 月 (半月刊)

## 目 次

|                                        |                      |
|----------------------------------------|----------------------|
| 不同海拔高度高寒草甸光能利用效率的遥感模拟·····             | 付 刚,周宇庭,沈振西,等 (6989) |
| 天山雪岭云杉大气花粉含量对气温变化的响应·····              | 潘燕芳,阎 顺,穆桂金,等 (6999) |
| 春季季风转换期间孟加拉湾的初级生产力·····                | 刘华雪,柯志新,宋星宇,等 (7007) |
| 降水量对川西北高寒草甸牦牛粪分解速率的影响 ·····            | 吴新卫,李国勇,孙书存 (7013)   |
| 基于 SOFM 网络对黄土高原森林生态系统的养分循环分类研究·····    | 陈 凯,刘增文,李 俊,等 (7022) |
| 不同油松种源光合和荧光参数对水分胁迫的响应特征 ·····          | 王 琰,陈建文,狄晓艳 (7031)   |
| 盐生境下硅对坪用高羊茅生物学特性的影响 ·····              | 刘慧霞,郭兴华,郭正刚 (7039)   |
| 高温胁迫对不同种源希蒙得木叶片生理特性的影响·····            | 黄激激,张念念,胡庭兴,等 (7047) |
| 黄土高原水土保持林对土壤水分的影响 ·····                | 张建军,李慧敏,徐佳佳 (7056)   |
| 青杨雌雄群体沿海拔梯度的分布特征·····                  | 王志峰,胥 晓,李霄峰,等 (7067) |
| 大亚湾西北部春季大型底栖动物群落特征·····                | 杜飞雁,林 钦,贾晓平,等 (7075) |
| 湛江港湾浮游桡足类群落结构的季节变化和影响因素·····           | 张才学,龚玉艳,王学锋,等 (7086) |
| 台湾海峡鲈鱼种群遗传结构·····                      | 张丽艳,苏永全,王航俊,等 (7097) |
| 洱海入湖河流苴河下游氮磷季节性变化特征及主要影响因素·····        | 于 超,储金宇,白晓华,等 (7104) |
| 转基因鱼试验湖泊铜锈环棱螺种群动态及次级生产力·····           | 熊 晶,谢志才,蒋小明,等 (7112) |
| 河口湿地植物活体-枯落物-土壤的碳氮磷生态化学计量特征 ·····      | 王维奇,徐玲琳,曾从盛,等 (7119) |
| EDTA 对铅锌尾矿改良土壤上玉米生长及铅锌累积特征的影响 ·····    | 王红新,胡 锋,许信旺,等 (7125) |
| 不同包膜控释尿素对农田土壤氮挥发的影响·····               | 卢艳艳,宋付朋 (7133)       |
| 垄作栽培对高产田夏玉米光合特性及产量的影响·····             | 马 丽,李潮海,付 景,等 (7141) |
| DCE 不同施用时间对小麦生长期 $N_2O$ 排放的影响 ·····    | 纪 洋,余 佳,马 静,等 (7151) |
| 氮肥、钙肥和盐处理在冬小麦融冻胁迫适应中的生理调控作用 ·····      | 刘建芳,周瑞莲,赵 梅,等 (7161) |
| 东北有机及常规大豆对环境影响的生命周期评价 ·····            | 罗 燕,乔玉辉,吴文良 (7170)   |
| 土壤施硒对烤烟生理指标的影响·····                    | 许自成,邵惠芳,孙曙光,等 (7179) |
| 不同种植方式对花生田间小气候效应和产量的影响·····            | 宋 伟,赵长星,王月福,等 (7188) |
| 西花蓟马的快速冷驯化及其生态学代价·····                 | 李鸿波,史 亮,王建军,等 (7196) |
| 温度对麦长管蚜体色变化的影响·····                    | 邓明明,高欢欢,李 丹,等 (7203) |
| 不同番茄材料对 B 型烟粉虱个体发育和繁殖能力的影响 ·····       | 高建昌,郭广君,国艳梅,等 (7211) |
| 基于生态系统受扰动程度评价的白洋淀生态需水研究·····           | 陈 贺,杨 盈,于世伟,等 (7218) |
| 两种典型养鸡模式的能值分析 ·····                    | 胡秋红,张力小,王长波 (7227)   |
| 四种十八碳脂肪酸抑藻时-效关系分析的数学模型设计 ·····         | 何宗祥,张庭廷 (7235)       |
| 流沙湾海草床重金属富集特征·····                     | 许战州,朱艾嘉,蔡伟叙,等 (7244) |
| 基于 QuickBird 的城市建筑景观格局梯度分析 ·····       | 张培峰,胡远满,熊在平,等 (7251) |
| 景观空间异质性及城市化关联——以江苏省沿江地区为例·····         | 车前进,曹有挥,于 露,等 (7261) |
| 基于 CVM 的太湖湿地生态功能恢复居民支付能力与支付意愿相关研究····· | 于文金,谢 剑,邹欣庆 (7271)   |
| <b>专论与综述</b>                           |                      |
| 北冰洋海域微食物环研究进展·····                     | 何剑锋,崔世开,张 芳,等 (7279) |
| 城市绿地的生态环境效应研究进展·····                   | 苏泳娴,黄光庆,陈修治,等 (7287) |
| 城市地表灰尘中重金属的来源、暴露特征及其环境效应 ·····         | 方凤满,林跃胜,王海东,等 (7301) |
| <b>研究简报</b>                            |                      |
| 三峡库区杉木马尾松混交林土壤 C、N 空间特征 ·····          | 林英华,汪来发,田晓堃,等 (7311) |
| 广州小斑螟发生与环境因子的关系·····                   | 刘文爱,范航清 (7320)       |

期刊基本参数:CN 11-2031/Q \* 1981 \* m \* 16 \* 336 \* zh \* P \* ¥ 70.00 \* 1510 \* 39 \* 2011-12



**封面图说:**黄河的宁夏段属于中国的半荒漠地区,这里气候干燥、降水极少(250mm 以下)、植被缺乏、物理风化强烈、风力作用强劲、其蒸发量超过降水量数十倍。人们从黄河中提水引水灌溉土地,就近形成了荒漠中的绿洲。有水就有生命,有水就有绿色。这种独特的条件形成了人与沙较量的生态关系——不是人逼沙退就是沙逼人退。

彩图提供:陈建伟教授 国家林业局 E-mail: cites.chenjw@163.com

吴新卫, 李国勇, 孙书存. 降水量对川西北高寒草甸牦牛粪分解速率的影响. 生态学报, 2011, 31(23): 7013-7021.

Wu X W, Li G Y, Sun S C. Effect of rainfall regimes on the decomposition rate of yak dung in an alpine meadow of northwest Sichuan Province, China. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(23): 7013-7021.

## 降水量对川西北高寒草甸牦牛粪分解速率的影响

吴新卫<sup>1</sup>, 李国勇<sup>1</sup>, 孙书存<sup>1,2,\*</sup>

(1. 中国科学院成都生物研究所, 成都 610041; 2. 南京大学生物系, 南京 210093)

**摘要:** 青藏高原高寒草甸的降水年际变化很大, 而且在未来全球气候变化的背景下可能进一步增大。为了研究降水量变化对川西北高寒草甸牦牛粪分解的潜在影响, 通过塑料膜覆盖(去除降水)、模拟额外增水(增水量为实际降水量的 50%) 和对照(野外无干扰情形) 形成 3 种不同的水分处理。测定了牛粪的含水量、干重及氮磷含量, 并统计了主要分解者(手捡法获取粪食性甲虫及其幼虫) 的种类和数量。结果发现: 覆盖处理显著地降低了牛粪含水量、牛粪中的粪食性甲虫数量与牛粪分解量, 但增水处理并没有显著影响牛粪的分解进程, 可能与实验期间降水量较高有关。在牛粪分解前期, 粪食性甲虫数量与牛粪含水量之间正相关, 而牛粪分解量与粪食性甲虫数量之间正相关, 说明牛粪含水量的高低影响了粪食性甲虫数量, 进而决定了牛粪分解量。但是, 降水量的人为增加或减少均没有显著地改变牛粪中的全氮和全磷含量。总体上看, 在高寒草甸的放牧生态系统中, 降水量的减少将会降低牛粪的分解速率、延长牛粪分解过程, 从而可能会降低生态系统的生产力水平。

**关键词:** 降水; 牛粪分解; 养分释放; 高寒草甸; 粪食性甲虫

## Effect of rainfall regimes on the decomposition rate of yak dung in an alpine meadow of northwest Sichuan Province, China

WU Xinwei<sup>1</sup>, LI Guoyong<sup>1</sup>, SUN Shucun<sup>1,2,\*</sup>

1 Chengdu Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China

2 Department of Biology, Nanjing University, Nanjing 210093, China

**Abstract:** The alpine meadow of the Tibetan Plateau is the fifth largest rangeland of China. The estimated population density of yaks is about 10/hm<sup>2</sup>; the recorded dung density is about 3600 pats/hm<sup>2</sup> on average and sometimes can reach 5900 pats per hm<sup>2</sup>, occupying about 24% of the total grassland area in summer grazing pastures. The decomposition rate of yak dung is therefore of great importance to ecosystem primary productivity and nutrient cycling of the alpine meadow. Previous studies have demonstrated that the decomposition rate is largely dependent upon both abiotic factors such as temperature and rainfall and biotic factors including microbial biomass and the abundance of beetles, flies, and many other decomposers. Changes of the abiotic factors may affect the dung physical properties and dung the decomposer abundances, collectively influencing the rate of the dung loss rate. However, the effect of the abiotic factors on the dung decomposition has scarcely been examined in relation to the decomposer abundances. The amount of rainfall fluctuates greatly between years and the magnitude of the interannual variation may become greater in the future warmed world of the Tibetan Plateau. In this study, in order to determine the potential effect of rainfall regimes on the decomposition rate of yak dung and associated underlying mechanisms, we artificially manipulated rainfall amount to conduct an experiment involving three treatments including yak dung pats covered by plastic sheet (rainfall exclusion), sprayed with additional water (50% more than natural rainfall), and exposed to natural rainfall (as control) in an alpine meadow of northwestern Sichuan Province.

**基金项目:** 国家自然科学基金资助项目(31000232)

**收稿日期:** 2010-10-25; **修订日期:** 2011-01-05

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: sunsc@cib.ac.cn

For each treatment, there were 30 replicates that were sampled for 6 times (on the third, fifth, eighth, thirteenth, eighteenth, and twenty-fifth days after starting the experiment), each having five replicates. Water content, the number of coprophagous beetle adults and larvae that were hand-collected, and the dung dry weight were surveyed for 6 times, total nitrogen and phosphorus concentrations of the dung pats were measured for three times (On the starting day and the fifth and twenty-fifth days). Significant reductions in dung water content, weight loss, and the number of beetle adults were found in the treatment of rainfall exclusion, but rainfall addition did not change these variables possibly because of the high amount of rainfall during the experiment period, i. e. the rates of dung loss and nutrient release were indistinguishable between the control and the treatment with additional water. During the early stages of the experiment (particularly in the first five days), water content was positively correlated with the number of beetle decomposers, which was in turn positively correlated with the rate of dung loss. This indicates that the change of rainfall amount might have indirectly affected the dung decomposition rates via directly changing the decomposer abundance. However, the manipulation of rainfall amount did not lead to significant differences in total nitrogen and phosphorus concentrations of yak dung among the three treatments. This suggests that nutrient release from dung to soil was proportional to the dung loss during the experiment. In conclusion, reduction of rainfall amount may slow down dung decomposition and nutrient cycling in the study alpine meadow ecosystems and hence perhaps reduce the ecosystem primary productivity over the long run.

**Key Words:** rainfall; dung decomposition; dung nutrient release; alpine meadow; coprophagous beetles

在放牧生态系统中,草食动物取食超过 75% 的植物地上生物量,但其同化率很低<sup>[1]</sup>,未吸收的部分主要是以粪便的形式还回自然界。如果大量动物粪便得不到及时分解,养分得不到释放,将降低草地生产力,改变土壤理化性质、微生物活动、动植物群落结构以及牲畜取食格局等<sup>[2]</sup>,从而可能对草原生态系统的结构和功能产生负面效应<sup>[3-5]</sup>。因此,研究影响动物粪便分解的因素及其中的生物学过程非常重要。

牛粪的主要成分包括不易消化的植物残渣、动物内脏的脱落细胞壁和寄生物、活的或死的微生物及动物分泌液等<sup>[6]</sup>。研究表明,影响牛粪分解的因素包括生物因素如微生物、多种土壤动物及其生物过程<sup>[4,7-9]</sup>和非生物因素如降水、雪被、雾及温度等<sup>[10-14]</sup>。其中,降水是影响牛粪分解最重要的非生物因子之一<sup>[11]</sup>,因为牛粪中发生的生物学过程与水分含量密切相关<sup>[11,15]</sup>。在温带草原,减少降水量显著地降低了牛粪分解量<sup>[11,15]</sup>,主要原因可能是干燥环境影响了解解者的数量和活动能力。然而,由于环境的区域性差异,例如,温带草原有明显的四季交替现象、植物以禾本科为主、生长季长、牛粪中的有机质含量低但氮磷含量高、降水少且强度小<sup>[15]</sup>,而高寒草甸无明显四季之分、以双子叶植物为主、生长季集中在 6—8 月、牛粪中的有机质含量高但氮磷含量低、降水多且强度大<sup>[16]</sup>。这些差异均可能造成两种气候类型草原在降水量,牛粪自身特征以及分解者群落等方面的不同,因此降水在牛粪分解过程中的作用也可能会出现差异。

青藏高原的特殊地理条件和气候环境,使其成为典型的生态环境脆弱区和气候变化的敏感带,对气候变化和人类干扰的响应具有超前性。高原降水受水汽来源和海拔的影响,时空差异很大。研究表明<sup>[17-20]</sup>,受全球气候变化的影响,青藏高原的气温总体上是上升的,降水量区域性差异很大,但汛期的振荡周期却在缩短,青藏高原未来的年际降水量变异可能进一步增大。川西北高寒草甸位于青藏高原东部,是我国主要牧区之一,素有“高原之舟”之称的牦牛是该区域的主要大型草食动物。高强度放牧导致高密度牛粪堆,据作者在四川红原县夏季牧场的调查,放牧时期的牛粪(包括不同龄级)密度可高达每公顷 5900 堆,覆盖面积约占整个草场的 24%<sup>[16]</sup>。因此,在川西北高寒草甸开展降水对牛粪分解速率影响的研究,不仅可以促进人们对生态系统养分循环功能的理解,还可以用于预测全球变化背景下的生态系统响应。本文以川西北高寒草甸的牛粪为研究对象,通过人为控制的方法调节牛粪分解过程中的降水量,研究在高寒草甸特殊环境条件下的降水量对牛粪分解速率和其中养分释放速率的影响。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

研究地点在四川省西北部的红原县境内距县城 12 km 处较平坦干燥的夏季牧场。地理坐标位于东经 102°36', 北纬 33°03' 附近。草地类型是以嵩草为优势种的高寒草甸。从气候上看,红原县属大陆性高原温带季风气候,主要受青藏高原寒冷气候的影响。其特点气候寒冷,春秋两季短促而不明显,但冷暖季却十分分明;温差较大,没有绝对的无霜期;热量不足,牧草生长期短。根据长年气象资料统计,该地区年均温为 0.6—1.1℃,最热月平均温度 11.2—13.1℃,最冷月平均温度 -7.9—-10.3℃,平均在 5℃ 以下的月份长达 7 个月。年均降雨量为 650—730 mm,降水主要集中在 6—8 月,约占全年降水量的 80%<sup>[21]</sup>。海拔 3500 m。试验地的土壤有机质含量较高,可达 280 g/kg,但氮磷含量较低,分别为 4.78 g/kg 和 1.02 g/kg<sup>[16]</sup>。

试验区主要家畜是当地种麦洼牦牛和引进种九龙牦牛。此外,也有草地藏绵羊和河曲马分布。在放牧方式上,当地的牧民采用了冬春、夏秋两季放牧的方式,即冷季在冬春草场放牧,暖季在夏秋草场放牧。与此同时,每户牧民还保留一定面积的割草地,用来作为冬季补饲的贮备草料<sup>[21]</sup>。

### 1.2 研究方法

#### 1.2.1 样地设置

选取地势较为平坦干燥、植物盖度大(超过 80%)、长势好(平均高度超过 5 cm)的夏牧草场,面积约 300 m<sup>2</sup>,用简易围栏圈起样方,阻止牦牛等进入干扰牛粪。为了模拟正常放牧强度和确保牛粪与地面充分接触,在确定牛粪铺样点后,将样点及其周围(直径 30 cm)的植物剪掉,留茬 3 cm。试验期间,刈割 3 次,不再对样地进行其他处理,样方外保持放牧状态。

#### 1.2.2 试验设计

牛粪的收集和铺设参考 Wu 和 Sun<sup>[16]</sup>,每堆牛粪的鲜重约为 920 g,干重为 183 g 左右,粪堆总数为 90,牛粪堆之间间距至少 2 m。

试验设置 3 种处理:(1)覆盖处理,将被塑料薄膜包裹的铁丝做成的圆形道具(直径为 24 cm,高 8 cm)罩在牛粪堆上,且与地面固定,防止被风吹走。同时,道具与地面接触处留高 2 cm,目的是保持道具内外空气流通,不会对塑料膜内的空气温湿度产生影响。试验期间,20:00 至翌日 6:00 将牛粪罩住;白天揭开,如遇降雨,雨前将牛粪罩住,雨后揭开,从而达到减少降雨量的目的。预试验表明此方法十分有效,并且不会造成牛粪堆的环境改变;(2)对照处理,即牛粪只接收自然降水量;(3)增水处理,用雨量计(Data logging rain gauge, RG3-M, Onset Computer Corporation, USA)测定试验期间每天的降水量,计算两次取样间隔期的降水总量,额外增加的水量是两次取样间隔期实际总降水量的 50% (图 1)。试验开始前,在雨天用塑料桶先收集自然雨水用于增水处理,用自然雨水的目的是避免因水质差异可能造成的影响。从试验开始后第 3 天起对增水处理中的牛粪堆加水。加水时,先将提前收集到的自然雨水置于有刻度的洒水壶内,人工将需要增加的水量均匀的喷洒在牛粪堆表面。加水时间选择在每次取样结束后当天的 19:00 至 20:00 之间,目的是保证增加的水分有足够长的作用时间和减少增水后的瞬间蒸发。

#### 1.2.3 样地取样

试验于 2008 年 7 月 1 日开始,根据牛粪中生物群落演替规律和牛粪含水量的变化趋势<sup>[11,15-16]</sup>,分别在第 3、5、8、13、18 和 25 天时取样,共 6 次,试验历时 25d。取样时,用手拣出分解者后,将牛粪装入编号后的密封

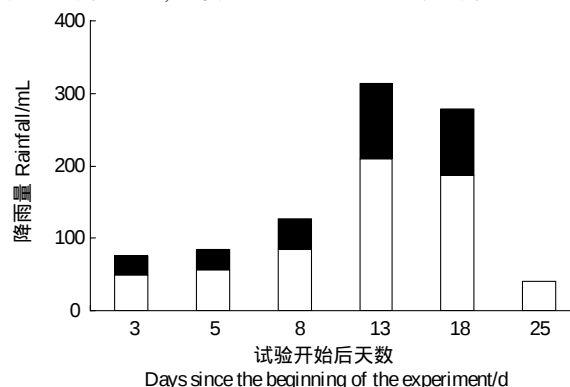


图 1 试验期间的自然降雨量与额外增加水量的对比图

Fig. 1 Rainfall and additional irrigated water during the experimental period

其中,降雨量为取样间隔期的降雨总量,黑色部分表示同期增加的水量,白色部分表示自然降雨量

袋中,防止水分散失。牛粪分解量除包括被粪食性分解者取食的牛粪外,牛粪与土壤交界处以及被掘洞型甲虫(以粪金龟科和金龟子科甲虫为主)转运至土壤中的牛粪也均计入牛粪分解量。牛粪内部和下方土壤中的分解者(包括成虫和幼虫)分别装入塑料瓶中,用 75% 的酒精保存。

#### 1.2.4 测定指标与方法

**牛粪干重和含水量** 将收集到的新鲜牛粪用电子天平称重后,于烘箱内 65℃ 烘 48h,称重并计算质量含水量。

**全氮和全磷含量** 取干牛粪 40g 左右,粉碎、过筛后测定第 0、5 和 25 天的全氮和全磷含量,测定方法分别用蒸馏法和钼锑抗比色法。

**分解者数量** 手捡法,带回实验室分类并计数。分解者种类只收集粪食性甲虫以及其幼虫。

#### 1.3 统计分析

试验结果均为 5 次重复的平均值。采用 Excel 和 STATISTICA 6.0 统计软件完成原始数据处理和制图,在参数检验前,对所有数据进行正态分布检验。对平均数用单因素方差分析的 turkey-HSD 进行多重比较。牛粪干重,含水量和甲虫成虫数量之间的关系,进行线性回归分析和相关性分析并检验显著性。

### 2 结果与分析

#### 2.1 牛粪含水量的变化

新鲜牛粪的含水量为 80.0%。如图 2 所示,随着牛粪年龄的增加,无论覆盖与否或是增水处理,牛粪含水量均呈现下降趋势,不同时间出现浮动主要是由于自然降雨的补偿作用。前 3d,牛粪含水量在不同处理间并没有显著性差异,但第 5 天后,覆盖处理中的含水量显著地低于增水处理和对照,对照和增水两种处理中的牛粪含水量之间并没有出现显著性差异。25d 结束时,覆盖处理、对照与增水处理的牛粪含水量分别下降了 66.3%、31.4% 和 31.2%。由此可见,没有降雨的补充,牛粪含水量显著降低,但增加一定的额外水分(50%)并没有增加牛粪含水量,可能是由于试验期间降雨量较高所致。

#### 2.2 牛粪干重,全氮和全磷的变化

从图 3 可以看出,前 3 次取样时,3 种处理中牛粪干重的减少量并没有显著变化,但从第 4 次开始达到显著性水平。试验期间,3 种处理中的牛粪干重均持续减少,其中前 5d 的减少幅度最大(图 3)。对照处理中,牛粪干重至第 3、5、8、13、18 和 25 天时分别减少了 35.8、59.6、72.0、81.0、84.3 和 93.7g,试验结束时,牛粪分解了 51.2%。增水处理中的牛粪分解量变化趋势与对照基本一致。试验结束时,牛粪干重减少了 52.7%。覆盖牛粪时,分解量减少,到第 3、5、8、13、18 和 25 天分别减少了 35.4、52.3、55.2、62.9、66.9 和 71.7g,25d 内分解了 39.2%。其中,第 8、18 和 25 天时的牛粪干重分解量显著地低于对照与增水处理。

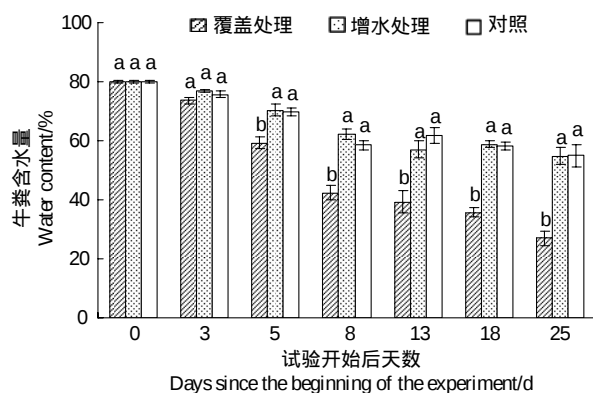


图 2 试验期间不同处理中的牛粪含水量变化

Fig. 2 Variation in dung water content during the experimental period

同一取样日,不同字母表示差异性显著水平 ( $P < 0.05$ )

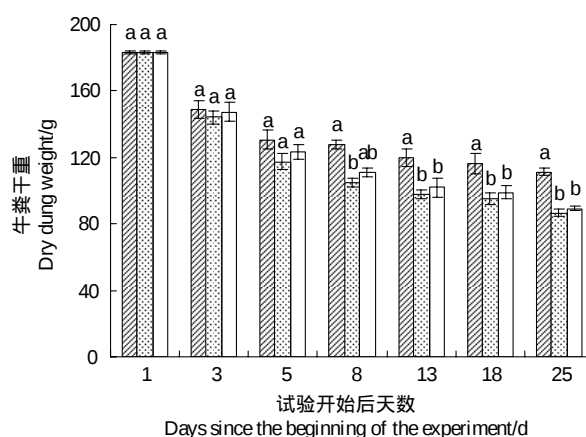


图 3 不同处理中的牛粪干重现存量

Fig. 3 The remaining dry dung weight among different treatments

新鲜牛粪中的全氮和全磷含量分别为 20.4 g/kg 和 3.4 g/kg。在牛粪分解的过程中,水分处理对牛粪中全氮、全磷含量没有显著性影响,但 3 种处理中的全氮和全磷含量在分解过程中均有所下降(图 4)。其中,第 5 天时,全氮含量在覆盖处理、对照和增水处理中分别减少了 3.1%、0.1% 和 3.4%;至第 25 天时,分别下降了 4.8%、5.4% 和 8.7%(图 4)。全磷含量的变化规律和全氮含量基本一致,实验结束时,增水处理中的全磷含量下降量为 7.2%,高于覆盖处理的 3.3% 和对照处理的 5.9%,但并没有达到差异性显著水平(图 4)。

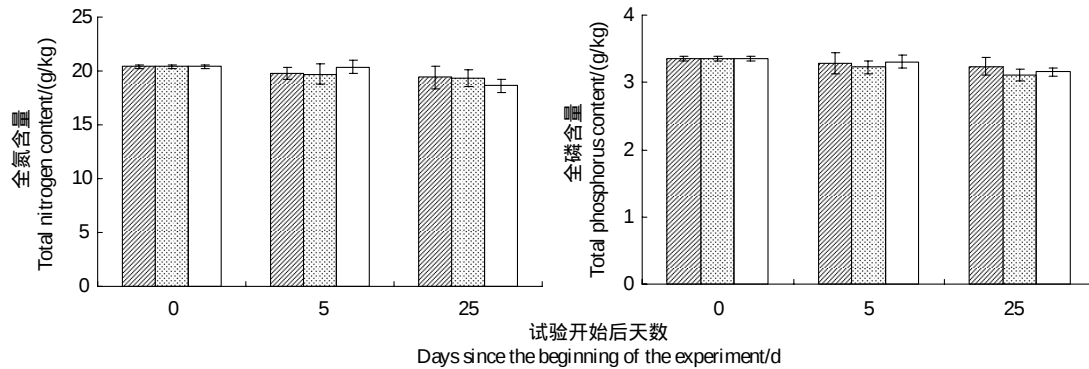


图 4 不同处理牛粪中的全氮和全磷含量在第 1、5 和 25 天时的变化

Fig. 4 Total nitrogen and phosphorus content among different treatments on the first, 5<sup>th</sup>, and 25<sup>th</sup> days during the experiment

### 2.3 牛粪中的粪食性甲虫数量变化

水分对牛粪中粪食性甲虫成虫的数量产生明显影响。对照和增水处理中,成虫数量的变化趋势基本一致,没有显著性差异(图 5)。例如,在对照处理中,成虫数量在第 3、5 和 8 天分别为 194、160 头和 68 头,与增水处理中的 205、151 头和 77 头相差很小。试验结束时,2 种处理中基本没有成虫存在。但在覆盖处理中,成虫数量明显减少,其中在第 5 和 8 天时显著地少于其它 2 种处理( $P < 0.001$ )。第 3 到 5 天成虫数量减少最多,为 96 头。至第 25 天,仅在 5 个重复中的 1 堆牛粪中发现 1 头成虫。

粪食性甲虫幼虫在第 5 天取样时出现,水分对牛粪中的幼虫数量在第 5、8 和 25 天时有显著作用。如图 5 所示,覆盖、对照和增水 3 种处理中的幼虫数量均在第 13 天达到最大值,分别为 41、53 头和 50 头。覆盖处理中的幼虫数量在第 5 和 8 天,分别为 19 头和 34 头,显著地高于其它两种处理。第 8 天以后,覆盖处理中的幼虫数量虽增加,但少于其它 2 种处理,试验结束时显著地少于增水处理。对照和增水 2 种处理中的幼虫数量在试验期间没有显著性差异。

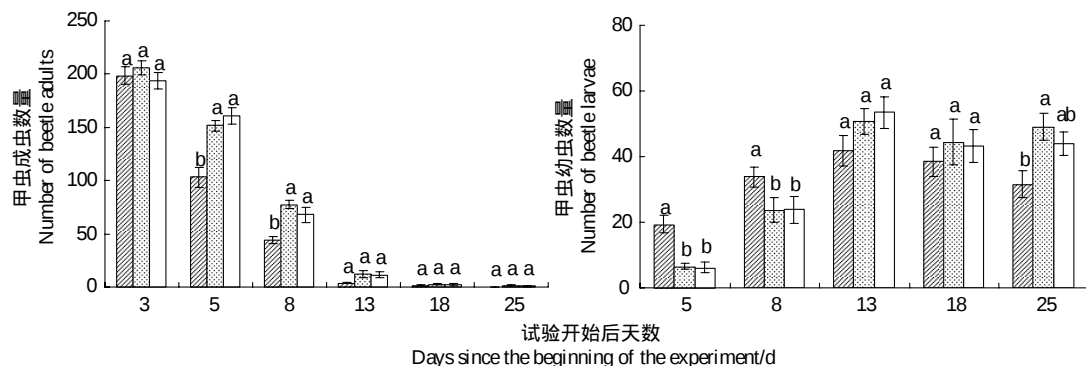


图 5 不同处理中粪食性甲虫成虫和幼虫数量变化

Fig. 5 Number of coprophagous beetle adults and larvae among different treatments

### 2.4 牛粪含水量,干重及甲虫数量之间的关系

牛粪干重和含水量之间呈现负相关关系,其中第 8 天以后线性关系显著(图 6)。说明随着牛粪含水量的

增加,现存牛粪干重减少,即被分解的牛粪量增加。粪食性甲虫幼虫数量与含水量之间正相关,其中在第5和8天时线性显著(图6)。牛粪现存干重与甲虫数量之间负相关,说明甲虫数量越多,牛粪干重分解越快(图6)。

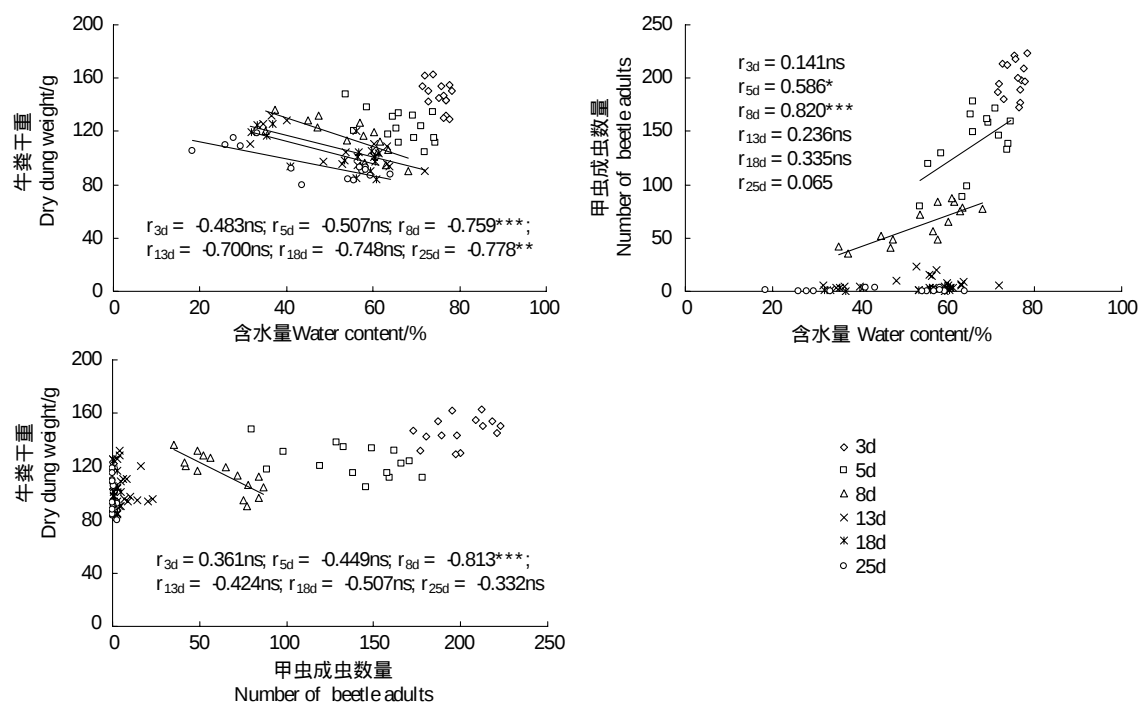


图6 牛粪干重和含水量,甲虫成虫数量和含水量以及牛粪干重和甲虫成虫数量之间的关系

Fig. 6 Relationships among dung weight and water content, number of beetle adults and water content, and dung weight and number of beetle adults

\*、\*\*、\*\*\*和ns分别表示  $P < 0.05$ 、 $P < 0.01$ 、 $P < 0.001$  和不显著

### 3 讨论

牛粪的分解过程受诸多因素的限制,其完全分解少则需要50—60d<sup>[22]</sup>,多则几年<sup>[23]</sup>。自然情况下,牛粪仅依靠物理作用(如淋溶)的分解率很低,生物作用的贡献很大<sup>[16]</sup>,因此影响牛粪迅速分解的各种非生物因子,如温度、水分等,其作用机理均是通过改变牛粪中的生物群落结构和过程而实现的<sup>[11,15]</sup>。不同气候类型草原牛粪的主要分解者功能群是不同的,如在气候温和地区,蚯蚓是最重要的牛粪分解者<sup>[7]</sup>,在干旱<sup>[24]</sup>或季节性干旱地区<sup>[25]</sup>,白蚁对牛粪的分解作用最大。而在地中海气候区<sup>[26]</sup>和高寒草甸<sup>[16]</sup>,甲虫则是牛粪最重要的分解群体。

本试验中发现减少降水能显著地降低牛粪含水量、牛粪中的粪食性甲虫数量(包括成虫和幼虫)和牛粪分解量,增加降水也在一定程度上对牛粪含水量、甲虫数量、分解量和全氮全磷含量产生影响,说明降水对牛粪分解进程有重要影响。试验中额外增加50%的降水并没有明显影响牛粪含水量的主要原因可能以下几点:首先,对于新鲜牛粪而言,排除其它因素的干扰,如暴雨、牲畜践踏等,其表面迅速形成的硬壳不仅能减慢内部水分的散失,而且也能有效阻止外部降水的渗透<sup>[27]</sup>。其次,试验期间的降雨量过大,同时由于白天气温较高,空气稀薄,风大,蒸发强烈,水分散失迅速。

通过覆盖和对照2种处理可以看出,覆盖时牛粪干重平均每天减少1.5%,对照处理减少2.1%。该结果稍高于 Dickinson 和 Craig 做相同处理的0.4%和1%<sup>[15]</sup>,但趋势是一致的,即覆盖处理显著地降低了牛粪干重的减少量。遗憾的是 Dickinson 和 Craig 当时并未统计牛粪中分解者的数量,只是推测可能与分解者的数量有关<sup>[15]</sup>。覆盖处理降低牛粪分解率的主要原因是降低了牛粪的水分含量,而水分对牛粪分解的影响是通过影响分解者数量实现的。我们的前期研究已经表明,甲虫群落在牛粪分解进程中的作用最大<sup>[16]</sup>。覆盖处理

显著地降低了牛粪中甲虫成虫数量(图5),可能有以下几个方面的原因:第一,减少了甲虫的食物资源,而粪食性甲虫成虫主要以牛粪中的流体、微生物和小的颗粒状食物为食<sup>[28-29]</sup>,这些食物的存在均要求较高的含水量。第二,水分含量的减少必然导致牛粪变硬,不利于甲虫在牛粪中的活动。自然状况下,牛粪中的通道四通八达,交织成网,这些通道对于甲虫的觅食、产卵和交配等行为十分重要<sup>[4-5,7-9]</sup>,牛粪一旦变干,通道堵塞或是变小,甲虫的活动就会受到抑制。第三,捕食者的调控作用。牛粪中最主要的捕食者,一种菲隐翅虫(*Philonthus* spp.),其活动区域在较为干燥的牛粪边缘<sup>[30]</sup>,牛粪含水量的减少无疑会增加其活动范围,可能会加大对粪食性甲虫的捕食压力。还有一些捕食者如蜘蛛、蛭等也都是在较干燥的牛粪中才出现<sup>[16,30]</sup>。幼虫的变化规律与成虫不同,表现为前期(第5和8天)覆盖处理中幼虫数量最多,后期(第13,18和25天)最少(图5)。前期较多的主要原因是幼虫需要一个较干燥的环境才能生存<sup>[28]</sup>。后期明显较少的原因可能是捕食者的捕食作用。

前期研究表明,牛粪的分解量与甲虫数量之间正相关<sup>[30]</sup>,本试验结果也证实了这一点(图6)。那么甲虫是如何分解牛粪的呢?第一,甲虫的进食量很高。前期研究表明,每个甲虫成虫平均每天最多能消耗0.6g干牛粪<sup>[16]</sup>,用于维持其较大的个体代谢和活动消耗。甲虫幼虫每天也能消耗0.015g<sup>[7]</sup>,主要原因是通过大量取食纤维含量高的食物以弥补其较弱的同化能力<sup>[31]</sup>。第二,甲虫之间可能存在着生态位分化。首先,牛粪中富含各种大小的小颗粒,不同种类的甲虫取食不同大小的颗粒,因此它们之间不存在对食物的竞争关系<sup>[32]</sup>。随着时间的延伸牛粪的分解速率递减,但在试验后期较为稳定,主要是因为成虫的迁出造成牛粪中只有幼虫或是随着牛粪水分和质量的下降造成了甲虫成虫活动能力和新陈代谢速率下降的原因。因此,甲虫成虫的生态位互补优势和较强的进食能力决定了其牛粪分解量相对于幼虫具有比较优势。这也很好地解释了本试验3种处理中,在成虫较多的前8d,牛粪分解明显快于后期的原因。8d以后牛粪分解主要依靠大量出现的幼虫。另外,甲虫之间可能还存在着行为互补以充分利用空间的正协调作用<sup>[8]</sup>。根据取食行为的不同,粪食性甲虫通常分为4个功能群<sup>[33-35]</sup>,即粪居型-在牛粪中取食和繁育后代;掘洞型-把食物藏于牛粪下方的土壤中,为自己和后代提供食物;滚粪球型-把食物以粪球的形式滚离粪堆后埋藏和偷盗型-窃取掘洞型和滚粪球型甲虫藏的食物为食。尽管试验区域的甲虫以粪居型为主<sup>[16]</sup>,其它几种较少,但其作用却不能忽视。例如,掘洞型和滚粪球型甲虫体型一般较大,其转移牛粪的能力很强<sup>[9]</sup>。试验取样过程中也发现,在牛粪下方的土壤中,掘洞型甲虫埋藏了大量牛粪。

牛粪中的养分释放主要是在微生物的作用下完成的<sup>[36]</sup>。无脊椎动物的活动能增加微生物的周转量,从而增加氮素的矿化速率,并且这种效应具有滞后性和长期性<sup>[37]</sup>。Dickinson和Craig研究发现,覆盖、不覆盖和额外增水处理中牛粪的氮和磷含量在54d以后才开始出现显著下降,并且额外增水处理中夏季最明显,但26d之前的变化规律并不明显<sup>[15]</sup>。这与本试验的研究结果基本一致。出现这种情况的原因可能是,养分的释放是一个十分复杂的化学反应过程<sup>[36,38]</sup>。因此在短期内才会出现不论是覆盖处理还是额外增加水分均没有显著地改变牛粪中的全氮和全磷含量的情况。但随着牛粪年龄的增加,牛粪中全氮和全磷含量还是出现下降趋势。

最后,在未来全球气候变化的背景下,青藏高原高寒草甸的降水年际变化可能进一步增大<sup>[17-20]</sup>。如果遇到降水少的年份,依据本研究结果,将可能会出现几种情况。首先,牛粪中的有机质分解和养分释放过程将延长,牛粪将会覆盖更多的绿色草地,对草原的生产力将会造成更大的损失。另一方面,牛粪中分解者数量的减少,对于生物多样性保护也是一个挑战。

## References:

- [1] Chew R M. Consumers as regulators of ecosystems; an alternative to energetics. *Ohio Journal of Science*, 1974, 74 (6):359-370.
- [2] He Y X, Sun G, Luo P, Wu N. Effects of dung decomposition on grassland ecosystem; A review. *Chinese Journal of Ecology*, 2009, 28 (2): 322-328.
- [3] Horgan F G. Burial of bovine dung by coprophagous beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) from horse and cow grazing sites in El Salvador. *European*

- Journal of Soil Biology, 2001, 37 (2):103-111.
- [ 4 ] Mohr C O. Cattle droppings as ecological units. Ecological Monographs, 1943, 13 (3):275-298.
- [ 5 ] Nichols E, Spector S, Louzada J, Larsen T, Amezcuita S, Favila M E. Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. Biological Conservation, 2008, 141 (6):1461-1474.
- [ 6 ] Greenham P M. A study of the variability of cattle dung on the multiplication of the bushfly (*Musca vetustissima* Walk). Journal of Animal Ecology, 1972, 41 (1): 153-165.
- [ 7 ] Holter P. An experiment on dung removal by Aphodius larvae (Scarabaeidae) and earthworms. Oikos, 1977, 28 (1):130-136.
- [ 8 ] Holter P. Resourceutilization and local coexistence in a guild of Scarabaeid dung beetles (*Aphodius* spp. ). Oikos, 1982, 39 (2):213-227.
- [ 9 ] Holter P, Scholtz C H. Are ball-rolling (Scarabaeini, Gymnopleurini, Sisyphini) and tunnelling scarabaeine dung beetles equally choosy about the size of ingested dung particles? Ecological Entomology, 2005, 30 (6):700-705.
- [ 10 ] White E. The distribution and subsequent disappearance of sheep dung in the Pennine moorland. Journal of Animal Ecology, 1960, 29 (2): 243-250.
- [ 11 ] Dickinson C H, Underhay V S H, Ross V. Effect of season, soil fauna and water content on the decomposition of cattle dung pats. New Phytologist, 1981, 88 (1):129-141.
- [ 12 ] Edwards P B. Seasonal variation in the dung of African grazing mammals, and its consequences for coprophagous insects. Functional Ecology, 1991, 5 (3):617-628.
- [ 13 ] Lumaret J P, Kadiri N, Bertrand M. Changes in resources; consequences for the dynamics of dung beetle communities. Journal of Applied Ecology, 1992, 29 (2):349-356.
- [ 14 ] Menendez R, Gutierrez D. Altitudinal effects on habitat selection of dung beetles (Scarabaeoidea: Aphodiidae) in the northern Iberian peninsula. Ecography, 1996, 19 (3):313-317.
- [ 15 ] Dickinson C H, Craig G. Effects of water on the decomposition and release of nutrients from cow pats. New Phytologist, 1990, 115 (1): 139-147.
- [ 16 ] Wu X, Sun S. The roles of beetles and flies in cattle dung removal in an alpine meadow of eastern Qinghai-Tibetan Plateau. EcoScience, 2010, 17 (2):146-155.
- [ 17 ] Du J, Ma Y C. Climatic trend of rainfall over Tibetan Plateau from 1971 — 2000. Acta Geographica Sinica, 2004, 59 (3):375-382.
- [ 18 ] Zhang L, Miao Q L. Precipitation changes in the Tibetan Plateau during the last four decades. Arid Land Geography, 2007, 30 (2):240-246.
- [ 19 ] Ma X B, Hu Z Y. Precipitation variation characteristics and abrupt change over Qinhai-Xizang Plateau in recent 40 Years. Journal of Desert Research, 2005, 25 (1):137-139.
- [ 20 ] Wei Z G, Huang R H, Dong W J. International and interdecadal variations of air temperature and precipitation over the Tibetan Plateau. Chinese Journal of Atmospheric Sciences, 2003, 27 (2):157-170.
- [ 21 ] Gao Y H. Study on Carbon and Nitrogen Distribution Pattern and Cycling Process in an Alpine Meadow Ecosystem under Different Grazing Intensity. Chengdu Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Chengdu, 2007.
- [ 22 ] Holter P. Effect of dung beetles (*Aphodius* spp. ) and earthworms on the disappearance of cattle dung. Oikos, 1979, 32 (3): 393-402.
- [ 23 ] Waterhouse D F. The biological control of dung. Scientific America, 1974, 230 (1): 101-109.
- [ 24 ] Anderson J R, Merritt R W, Loomis E C. The insect-free cattle dropping and its relationship to increased dung fouling of rangeland pastures. Journal of Economic Entomology, 1984, 77 (1): 133-141.
- [ 25 ] Janzen D H. Seasonal change in abundance of large nocturnal dung beetles (Scarabaeidae) in a Costa Rican deciduous forest and adjacent horse pasture. Oikos, 1983, 41 (2):274-283.
- [ 26 ] Lumaret J P, Kirk A. Ecology of dung beetles in the French Mediterranean region (Coleoptera: Scarabaeinae). Acta Zoology Mexico (ns), 1987, 24:1-55.
- [ 27 ] Landin B O. Ecological studies on dung-beetles (Col. Scarabaeidae). Opuscula Entomologica Supplement, 1961, 19 (4):1-227.
- [ 28 ] Halffter G, Matthews E G. The natural history of dung beetles of the subfamily Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae). Folia Entomologica Mexicana, 1966, 12-14:1-312.
- [ 29 ] Holter P, Scholtz C H. What do dung beetles eat?. Ecological Entomology, 2007, 32 (6):690-697.
- [ 30 ] Wu X, Duffy J E, Reich P, Sun S. A brown-world cascade in the dung decomposer food web of an alpine meadow; Effects of predator interactions and warming. Ecological Monographs, 2011, 82(2):313-328.
- [ 31 ] Holter P. Food utilization of dung-eating Aphodius larvae (Scarabaeidae). Oikos, 1974, 25 (1):71-79.

- [32] Holter P. Particle feeding in *Aphodius* dung beetles (Scarabaeidae): old hypotheses and new experimental evidence. *Functional Ecology*, 2000, 14 (5):631-637.
- [33] Bornemissza G F. A new type of brood care observed in the dung beetle *Oniticellus cinctus* (Scarabaeidae). *Pedobiologia*, 1969, 9 (3):223-225.
- [34] Doube B M. A functional classification for analysis of the structure of dung beetle assemblages. *Ecological Entomology*, 1990, 15 (4):371-383.
- [35] Cambefort Y. Dung beetle population biology//Hanski I, Cambefort Y, eds. *Dung Beetle Ecology*. Princeton: Princeton University Press, 1991: 36-50.
- [36] Yokoyama K, Kai H, Koga T, Aibe T. Nitrogen mineralization and microbial populations in cow dung, dung balls and underlying soil affected by paracoprid dung beetles. *Soil Biology and Biochemistry*, 1991, 23 (7):649-653.
- [37] Lussenhop J, Kumar R, Wicklow D T, Lloyd J E. Insect effects on bacteria and fungi in cattle dung. *Oikos*, 1980, 34 (1): 54-58.
- [38] Aarous S R, O'Connor C R, Gourley C J P. Dung decomposition in temperate dairy pastures I: changes in soil properties. *Australian Journal of Soil Research*, 2004, 42 (1):107-114.

#### 参考文献:

- [2] 何奕忻,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.
- [17] 杜军,马玉才. 青藏高原降水变化趋势的气候分析. *地理学报*, 2004, 59(3):375-382.
- [18] 张磊,缪启龙. 青藏高原近 40 年来的降水变化特征. *干旱区地理*, 2007, 30(2):240-246.
- [19] 马晓波,胡泽勇. 青藏高原 40 年来降水变化趋势及突变分析. *中国沙漠*, 2005, 25(1):137-139.
- [20] 韦志刚,黄荣辉,董文杰. 青藏高原气温和降水的年际和年代际变化. *大气科学*, 2003, 27(2):157-170.
- [21] 高永恒. 不同放牧强度下高山草甸生态系统碳氮分布格局和循环过程研究[D]. 成都生物研究所,中国科学院,成都. 2007.

**ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 23 December, 2011 (Semimonthly)**  
**CONTENTS**

|                                                                                                                                                                                                       |                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Satellite-based modelling light use efficiency of alpine meadow along an altitudinal gradient .....                                                                                                   | FU Gang, ZHOU Yuting, SHEN Zhenxi, et al (6989)         |
| Changes in the concentrations of airborne <i>Picea schrenkiana</i> pollen in response to temperature changes in the Tianshan Mountain area .....                                                      | PAN Yanfang, YAN Shun, MU Guijin, et al (6999)          |
| Primary production in the Bay of Bengal during spring intermonsoon period .....                                                                                                                       | LIU Huaxue, KE Zhixin, SONG Xingyu, et al (7007)        |
| Effect of rainfall regimes on the decomposition rate of yak dung in an alpine meadow of northwest Sichuan Province, China .....                                                                       | WU Xinwei, LI Guoyong, SUN Shucun (7013)                |
| SOFM-based nutrient cycling classification of forest ecosystems in the Loess Plateau .....                                                                                                            | CHEN Kai, LIU Zengwen, LI Jun, et al (7022)             |
| Characterization of the responses of photosynthetic and chlorophyll fluorescence parameters to water stress in seedlings of six provenances of Chinese Pine ( <i>Pinus tabulaeformis</i> Carr.) ..... | WANG Yan, CHEN Jianwen, et al (7031)                    |
| Effect of silicon supply on Tall Fescue ( <i>Festuca arundinacea</i> ) growth under the salinization conditions .....                                                                                 | LIU Huixia, GUO Xinghua, GUO Zhenggang (7039)           |
| Effects of high-temperature stress on physiological characteristics of leaves of <i>Simmondsia Chinensis</i> seedlings from different provenances .....                                               | HUANG Weiwei, ZHANG Niannian, HU Tingxing, et al (7047) |
| Soil moisture dynamics of water and soil conservation forest on the Loess Plateau .....                                                                                                               | ZHANG Jianjun, LI Huimin, XU Jiajia (7056)              |
| The distribution of male and female <i>Populus cathayana</i> populations along an altitudinal gradient .....                                                                                          | WANG Zhifeng, XU Xiao, LI Xiaofeng, et al (7067)        |
| Analysis on the characteristics of macrobenthic community in the North-west Daya Bay of South China Bay in spring .....                                                                               | DU Feiyan, LIN Qin, JIA Xiaoping, et al (7075)          |
| The effects of season and environmental factors on community structure of planktonic copepods in Zhanjiang Bay, China .....                                                                           | ZHANG Caixue, GONG Yuyan, WANG Xuefeng, et al (7086)    |
| Population genetic structure of <i>Pneumatophorus japonicus</i> in the Taiwan Strait .....                                                                                                            | ZHANG Liyan, SU Yongquan, WANG Hangjun, et al (7097)    |
| Seasonal variation of nitrogen and phosphorus in Miju River and Lake Erhai and influencing factors .....                                                                                              | YU Chao, CHU Jinyu, BAI Xiaohua, et al (7104)           |
| Population dynamics and production of <i>Bellamya aeruginosa</i> (Reeve) (Mollusca: Viviparidae) in artificial lake for transgenic fish, Wuhan .....                                                  | XIONG Jing, XIE Zhicai, JIANG Xiaoming, et al (7112)    |
| Carbon, nitrogen and phosphorus ecological stoichiometric ratios among live plant-litter-soil systems in estuarine wetland .....                                                                      | WANG Weiqi, XU Linglin, ZENG Congsheng, et al (7119)    |
| Effects of EDTA on growth and lead-zinc accumulation in maize seedlings grown in amendment substrates containing lead-zinc tailings and soil .....                                                    | WANG Hongxin, HU Feng, XU Xinwang, et al (7125)         |
| Effects of different coated controlled-release urea on soil ammonia volatilization in farmland .....                                                                                                  | LU Yanyan, SONG Fupeng (7133)                           |
| Effects of ridge planting on the photosynthetic characteristics and yield of summer maize in high-yield field .....                                                                                   | MA Li, LI Chaohai, FU Jing, et al (7141)                |
| Effect of timing of DCD application on nitrous oxide emission during wheat growing period .....                                                                                                       | JI Yang, YU Jia, MA Jing, et al (7151)                  |
| The role of the fertilizing with nitrogen, calcium and sodium chloride in winter wheat leaves adaptation to freezing-thaw stress .....                                                                | LIU Jianfang, ZHOU Ruilian, ZHAO Mei, et al (7161)      |
| Environment impact assessment of organic and conventional soybean production with LCA method in China Northeast Plain .....                                                                           | LUO Yan, QIAO Yuhui, WU Wenliang (7170)                 |
| Effects of selenium added to soil on physiological indexes in flue-cured tobacco .....                                                                                                                | XU Zicheng, SHAO Huifang, SUN Shuguang, et al (7179)    |
| Influence of different planting patterns on field microclimate effect and yield of peanut ( <i>Arachis hypogaea</i> L.) .....                                                                         | SONG Wei, ZHAO Changxing, WANG Yuefu, et al (7188)      |
| Rapid cold hardening of Western flower thrips, <i>Frankliniella occidentalis</i> , and its ecological cost .....                                                                                      | LI Hongbo, SHI Liang, WANG Jianjun, et al (7196)        |

- Effects of temperature on body color in *Sitobion avenae* (F.) ..... DENG Mingming, GAO Huanhuan, LI Dan, et al (7203)
- Development and reproduction of *Bemisia tabaci* biotype B on wild and cultivated tomato accessions .....  
..... GAO Jianchang, GUO Guangjun, GUO Yanmei, et al (7211)
- Study on ecological water demand based on assessment of ecosystem disturbance degree in the Baiyangdian Wetland .....  
..... CHEN He, YANG Ying, YU Shiwei, et al (7218)
- Emergy-based analysis of two chicken farming systems: a perspective of organic production model in China .....  
..... HU Qiuhong, ZHANG Lixiao, WANG Changbo (7227)
- Mathematical model design of time-effect relationship analysis about the inhibition of four eighteen-carbon fatty acids on toxic  
*Microcystis aeruginosa* ..... HE Zongxiang, ZHANG Tingting (7235)
- Enrichment of heavy metals in the seagrass bed of Liusha Bay ..... XU Zhanzhou, ZHU Aijia, CAI Weixu, et al (7244)
- A gradient analysis of urban architecture landscape pattern based on QuickBird imagery .....  
..... ZHANG Peifeng, HU Yuanman, XIONG Zaiping, et al (7251)
- Landscape spatial heterogeneity is associated with urbanization: an example from Yangtze River in Jiangsu Province .....  
..... CHE Qianjin, CAO Youhui, YU Lu, et al (7261)
- CVM for Taihu Lake based on ecological functions of wetlands restoration, and ability to pay and willingness to pay studies .....  
..... YU Wenjin, XIE Jian, ZOU Xinqing (7271)
- Review and Monograph**
- Progress in research on the marine microbial loop in the Arctic Ocean ..... HE Jianfeng, CUI Shikai, ZHANG Fang, et al (7279)
- Research progress in the eco-environmental effects of urban green spaces .....  
..... SU Yongxian, HUANG Guangqing, CHEN Xiuzhi, et al (7287)
- Source, exposure characteristics and its environmental effect of heavy metals in urban surface dust .....  
..... FANG Fengman, LIN Yuesheng, WANG Haidong, et al (7301)
- Scientific Note**
- Spatial structures of soilcarbon and nitrogen of China fir and Masson pine mixed forest in the Three Gorger Reservoir Areas .....  
..... LIN Yinghua, WANG Laifa, TIAN Xiaokun, et al (7311)
- The relationship between *Oligochroa cantonella* Caradja and environmental factors ..... LIU Wenai, FAN Hangqing (7320)

# 2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊★

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

| 排序<br>Order | 期刊<br>Journal                           | 总被引频次<br>Total citation | 排序<br>Order | 期刊<br>Journal | 影响因子<br>Impact factor |
|-------------|-----------------------------------------|-------------------------|-------------|---------------|-----------------------|
| 1           | 生态学报                                    | 11764                   | 1           | 生态学报          | 1.812                 |
| 2           | 应用生态学报                                  | 9430                    | 2           | 植物生态学报        | 1.771                 |
| 3           | 植物生态学报                                  | 4384                    | 3           | 应用生态学报        | 1.733                 |
| 4           | 西北植物学报                                  | 4177                    | 4           | 生物多样性         | 1.553                 |
| 5           | 生态学杂志                                   | 4048                    | 5           | 生态学杂志         | 1.396                 |
| 6           | 植物生理学通讯                                 | 3362                    | 6           | 西北植物学报        | 0.986                 |
| 7           | JOURNAL OF INTEGRATIVE<br>PLANT BIOLOGY | 3327                    | 7           | 兽类学报          | 0.894                 |
| 8           | MOLECULAR PLANT                         | 1788                    | 8           | CELL RESEARCH | 0.873                 |
| 9           | 水生生物学报                                  | 1773                    | 9           | 植物学报          | 0.841                 |
| 10          | 遗传学报                                    | 1667                    | 10          | 植物研究          | 0.809                 |

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

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 31 卷 第 23 期 (2011 年 12 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA  
(Semimonthly, Started in 1981)  
Vol. 31 No. 23 2011

|               |                                                                                                                    |                 |                                                                                                                                                                                 |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 编 辑           | 《生态学报》编辑部<br>地址:北京海淀区双清路 18 号<br>邮政编码:100085<br>电话:(010)62941099<br>www.ecologica.cn<br>shengtaixuebao@rcees.ac.cn | Edited by       | Editorial board of<br>ACTA ECOLOGICA SINICA<br>Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China<br>Tel:(010)62941099<br>www.ecologica.cn<br>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           | 中国生态学会<br>中国科学院生态环境研究中心<br>地址:北京海淀区双清路 18 号<br>邮政编码:100085                                                         | Sponsored by    | Ecological Society of China<br>Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS<br>Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China                                 |
| 出 版           | 科 学 出 版 社<br>地址:北京东黄城根北街 16 号<br>邮政编码:100717                                                                       | Published by    | Science Press<br>Add:16 Donghuangchenggen North Street,<br>Beijing 100717, China                                                                                                |
| 印 刷           | 北京北林印刷厂                                                                                                            | Printed by      | Beijing Bei Lin Printing House,<br>Beijing 100083, China                                                                                                                        |
| 发 行           | 科 学 出 版 社<br>地址:东黄城根北街 16 号<br>邮政编码:100717<br>电话:(010)64034563<br>E-mail:journal@csppg.net                         | Distributed by  | Science Press<br>Add:16 Donghuangchenggen North<br>Street, Beijing 100717, China<br>Tel:(010)64034563<br>E-mail:journal@csppg.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<br>地址:北京 399 信箱<br>邮政编码:100044                                                                         | Foreign         | China International Book Trading<br>Corporation<br>Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China                                                                                      |
| 广告经营<br>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