

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

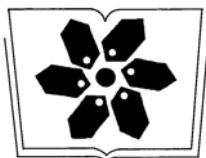
中国生态学会 2013 年学术年会专辑



第 33 卷 第 19 期 Vol.33 No.19 **2013**

中国生态学会
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 33 卷 第 19 期 2013 年 10 月 (半月刊)

目 次

中国生态学会 2013 年学术年会专辑 卷首语

- 生态系统服务研究文献现状及不同研究方向评述 马凤娇, 刘金铜, A. Egrinya Eneji (5963)
- 非人灵长类性打搅行为研究进展 杨 斌, 王程亮, 纪维红, 等 (5973)
- 密度制约效应对啮齿动物繁殖的影响 韩群花, 郭 聪, 张美文 (5981)
- 食物链长度远因与近因研究进展综述 王玉玉, 徐 军, 雷光春 (5990)
- AM 真菌在植物病虫害生物防治中的作用机制 罗巧玉, 王晓娟, 李媛媛, 等 (5997)
- 保护性耕作对农田碳、氮效应的影响研究进展 薛建福, 赵 鑫, Shadrack Batsile Dikgwatlhe, 等 (6006)
- 圈养大熊猫野化培训期的生境选择特征 张明春, 黄 炎, 李德生, 等 (6014)
- 利用红外照相技术分析野生白冠长尾雉活动节律及时间分配 赵玉泽, 王志臣, 徐基良, 等 (6021)
- 风速和持续时间对树麻雀能量收支的影响 杨志宏, 吴庆明, 董海燕, 等 (6028)
- 白马雪山自然保护区灰头小鼯鼠的巢址特征 李艳红, 关进科, 黎大勇, 等 (6035)
- 生境片段化对千岛湖岛屿上黄足厚结猛蚁遗传多样性的影响 罗媛媛, 刘金亮, 黄杰灵, 等 (6041)
- 基于 28S, COI 和 Cytb 基因序列的薛荔和爱玉子传粉小蜂分子遗传关系研究 吴文珊, 陈友铃, 孙伶俐, 等 (6049)
- 高榕榕果内 *Eupristina* 属两种榕小蜂的遗传进化关系 陈友铃, 孙伶俐, 武蕾蕾, 等 (6058)
- 镉胁迫下杞柳对金属元素的吸收及其根系形态构型特征 王树凤, 施翔, 孙海菁, 等 (6065)
- 邻苯二甲酸对萝卜种子萌发、幼苗叶片膜脂过氧化及渗透调节物质的影响 杨延杰, 王晓伟, 赵 康, 等 (6074)
- 极端干旱区多枝怪柳幼苗对人工水分干扰的形态及生理响应 马晓东, 王明慧, 李卫红, 等 (6081)
- 贝壳砂生境酸枣叶片光合生理参数的水分响应特征 王荣荣, 夏江宝, 杨吉华, 等 (6088)
- 陶粒覆盖对土壤水分、植物光合作用及生长状况的影响 谭雪红, 郭小平, 赵廷宁 (6097)
- 不同林龄短枝木麻黄小枝单宁含量及养分再吸收动态 叶功富, 张尚炬, 张立华, 等 (6107)
- 珠江三角洲不同污染梯度下森林优势种叶片和枝条 S 含量比较 裴男才, 陈步峰, 邹志谨, 等 (6114)
- AM 真菌和磷对小马安羊蹄甲幼苗生长的影响 宋成军, 曲来叶, 马克明, 等 (6121)
- 盐氮处理下盐地碱蓬种子成熟过程中的离子积累和种子萌发特性 周家超, 付婷婷, 赵维维, 等 (6129)
- CO₂ 浓度升高条件下内生真菌感染对宿主植物的生理生态影响 师志冰, 周 勇, 李 夏, 等 (6135)
- 预处理方式对香蒲和芦苇种子萌发的影响 孟 焕, 王雪宏, 佟守正, 等 (6142)
- 镉在土壤-金丝垂柳系统中的迁移特征 张 雯, 魏 虹, 孙晓灿, 等 (6147)
- 马尾松人工林近自然化改造对植物自然更新及物种多样性的影响 罗应华, 孙冬婧, 林建勇, 等 (6154)
- 濒危海草贝克喜盐草的种群动态及土壤种子库——以广西珍珠湾为例 邱广龙, 范航清, 李宗善, 等 (6163)
- 毛乌素沙地南缘沙丘生物结皮对凝结水形成和蒸发的影响 尹瑞平, 吴永胜, 张 欣, 等 (6173)
- 塔里木河上游灰胡杨种群生活史特征与空间分布格局 韩 路, 席琳乔, 王家强, 等 (6181)
- 短期氮素添加和模拟放牧对青藏高原高寒草甸生态系统呼吸的影响 宗 宁, 石培礼, 蔺 婧, 等 (6191)
- 松嫩平原微地形下土壤水盐与植物群落分布的关系 杨 帆, 王志春, 王云贺, 等 (6202)

广州大夫山雨季林内外空气 TSP 和 PM _{2.5} 浓度及水溶性离子特征	肖以华, 李 炯, 旷远文, 等 (6209)
马鞍列岛岩礁生境鱼类群落结构时空格局	汪振华, 赵 静, 王 凯, 等 (6218)
黄海细纹狮子鱼种群特征的年际变化	陈云龙, 单秀娟, 周志鹏, 等 (6227)
三种温带森林大型土壤动物群落结构的时空动态	李 娜, 张雪萍, 张利敏 (6236)
笔管榕榕小蜂的群落结构与物种多样性	陈友铃, 陈晓倩, 吴文珊, 等 (6246)
海洋生态资本理论框架下的生态系统服务评估	陈 尚, 任大川, 夏 涛, 等 (6254)
中国地貌区划系统——以自然保护区体系建设为目标	郭子良, 崔国发 (6264)
生态植被建设对黄土高原农林复合流域景观格局的影响	易 扬, 信忠保, 覃云斌, 等 (6277)
华北农牧交错带农田-草地景观镶嵌体土壤水分空间异质性	王红梅, 王仲良, 王 堃, 等 (6287)
中国北方春小麦生育期变化的区域差异性与气候适应性	俄有浩, 霍治国, 马玉平, 等 (6295)
中国南方喀斯特石漠化演替过程中土壤理化性质的响应	盛茂银, 刘 洋, 熊康宁 (6303)
气候变化对东北沼泽湿地潜在分布的影响	贺 伟, 布仁仓, 刘宏娟, 等 (6314)
内蒙古不同类型草地土壤氮矿化及其温度敏感性	朱剑兴, 王秋风, 何念鹏, 等 (6320)
黑河中游荒漠绿洲区土地利用的土壤养分效应	马志敏, 吕一河, 孙飞翔, 等 (6328)
成都平原北部水稻土重金属含量状况及其潜在生态风险评价	秦鱼生, 喻 华, 冯文强, 等 (6335)
大西洋中部延绳钓黄鳍金枪鱼渔场时空分布与温跃层的关系	杨胜龙, 马军杰, 张 禹, 等 (6345)
夏季台湾海峡南部海域上层水体的生物固氮作用	林 峰, 陈 敏, 杨伟锋, 等 (6354)
北长山岛森林乔木层碳储量及其影响因子	石洪华, 王晓丽, 王 媛, 等 (6363)
植被类型变化对长白山森林土壤碳矿化及其温度敏感性的影响	王 丹, 吕瑜良, 徐 丽, 等 (6373)
油松遗传结构与地理阻隔因素的相关性	孟翔翔, 狄晓艳, 王孟本, 等 (6382)
基于辅助环境变量的土壤有机碳空间插值——以黄土丘陵区小流域为例	文 雯, 周宝同, 汪亚峰, 等 (6389)
基于生命周期视角的产业资源生态管理效益分析——以虚拟共生网络系统为例	施晓清, 李笑诺, 杨建新 (6398)
生态脆弱区贫困与生态环境的博弈分析	祁新华, 叶士琳, 程 煜, 等 (6411)
“世博”背景下上海经济与环境的耦合演化	倪 尧, 岳文泽, 张云堂, 等 (6418)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 464 * zh * P * ¥ 90.00 * 1510 * 55 * 2013-10



封面图说: 毛乌素沙地南缘沙丘的生物结皮——生物土壤结皮广泛分布于干旱和半干旱区, 它的形成和发育对荒漠生态系统生态修复过程产生重要的影响。组成生物结皮的藻类、苔藓和地衣是常见的先锋植物, 它们不仅能在严重干旱缺水、营养贫瘠恶劣的环境中生长、繁殖, 并且能通过其代谢方式影响并改变环境。其中一个重要的特点是, 生物结皮表面的凝结水显著大于裸沙。研究表明, 凝结水是除降雨之外最重要的水分来源之一, 在水分极度匮乏的荒漠生态系统, 它对荒漠生态系统结构、功能和过程的维持产生着重要的影响。

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

DOI: 10.5846/stxb201304220776

杨志宏, 吴庆明, 董海燕, 邹红菲. 风速和持续时间对树麻雀能量收支的影响. 生态学报, 2013, 33(19): 6028-6034.

Yang Z H, Wu Q M, Dong H Y, Zou H F. The energy budget of tree sparrows *Passer montanus* in wind different speed and duration. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(19): 6028-6034.

风速和持续时间对树麻雀能量收支的影响

杨志宏, 吴庆明, 董海燕, 邹红菲*

(东北林业大学野生动物资源学院, 哈尔滨 150040)

摘要: 风是自然环境中常见的因子之一, 会对动物的行为以及能量收支产生不同程度的影响。为探讨不同风速和持续时间对树麻雀能量收支的影响, 以 3 种风速 (0.2—0.4、1.2—1.4、3.2—3.6 m/s) 和 3 种持续时间 (1、2、4 h) 的 9 组树麻雀进行为期 1 周的不同风环境驯化, 测定其体重、体温和摄食量、摄水量、排泄粪量、排泄次数、摄入能、排泄粪能、排出水热能散失、消化能、同化能并计算消化率和同化率。去除初体重影响和双因素分析的结果发现, 摄水量 (排出水量) 和排出水热能散失随着风速增大而显著减少 ($P < 0.001$); 持续时间与树麻雀的摄入能、粪能和散热调节的次数显著相关 ($P < 0.01$), 其能量收支最高和散热调节次数最多为 2 h, 最低 (少) 为 4 h; 双因素交互作用对树麻雀能量收支的影响不显著。3 级风速 (4 m/s) 和持续时间 4 h 以内的风环境不会对树麻雀的能量收支产生显著影响。

关键词: 能量收支; 树麻雀; 风

The energy budget of tree sparrows *Passer montanus* in wind different speed and duration

YANG Zhihong, WU Qingming, DONG Haiyan, ZOU Hongfei*

College of Wildlife Resources, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China

Abstract: Wind, a common factor in the natural environment, affects the behavior and energy budgets of different small bird species in various ways. The present study examines the correlation between wind speed and duration on the energy budgets of Eurasian tree sparrows (*Passer montanus*). Ninety adult *P. montanus* were live-trapped by mist nets in Qiqihar, Heilongjiang Province, China (47° 29' N, 124° 02' E) from November to December 2012. After adapting to captivity for one week at Northeast Forestry University's Wildlife Conservation Medicine and Ecological Security Research Center, they were randomly assigned to one of nine groups, which were exposed to winds of different speeds (0.2—0.4, 1.2—1.4, 3.2—3.6 m/s) and durations (1, 2, 4 h/d) for one week in otherwise constant laboratory conditions, such as available food, temperature ((21.0±1.0) °C) and natural light cycle photoperiod. Each group of birds inhabited the same birdcage living space, including two feeders and a water source, which provided unlimited food and water. The wind direction was set to blow from the feeder location in the birdcage to ensure that the birds could forage while facing windward. Winds of different speeds were created by electric fans at varied distances from each birdcage; an anemometer and a timer were used to measure wind speed and duration, respectively. Isolation measures were taken to ensure the experiments for each group did not interfere with the effects of wind on other groups. The body mass of each bird (BS210S balance, Sartorius Instrument Co., Ltd., Shenzhen, China) was measured to 0.01 g immediately after grouping and measured again at weekly intervals over the period of wind acclimation and testing. Body temperature was measured every day to 0.10 °C, during which there was no wind. Food, water intake and fecal discharge frequency were recorded once a day. Meanwhile, food residues and feces were collected on a daily basis during the experiment and their caloric content was determined using an oxygen bomb calorimeter (GR-3500, Guangdong Instrument Corp., Guangdong, China).

基金项目: 中央高校基本科研业务费支持项目 (DL12EA04); 国家自然科学基金资助项目 (31070345, 30670350)

收稿日期: 2013-04-22; **修订日期:** 2013-07-22

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

After acclimation, we found the body mass and body temperature of *P. montanus* exhibited no significant changes with variations in wind speed and duration. The energy budgets were significantly different between the nine experimental groups, including significant differences in the mass of food and water intake, energy intake, cooling energy of water discharged, digestible energy and assimilation energy ($P < 0.01$), and the fecal discharge frequency, fecal mass and energy ($P < 0.05$). Each unit of cooling energy of water discharge, digestion rate and assimilation rate showed no obvious change with different wind conditions ($P > 0.05$). The energy budgets among groups were remarkably different without considering the effects of initial body weight. In this paper, as wind speed increased, water intake and cooling energy of water discharge in this species declined proportionally ($P < 0.001$). Variations in wind duration resulted in significant differences in energy intake, fecal energy and discharge frequency ($P < 0.01$) for wind durations of 2 or 4 h. However, the final consequence of wind speed and duration created no significant differences in the energy budgets of *P. montanus* under different experimental conditions, after the effects of initial body mass were eliminated, which was based on double-factorial analysis of variance on the combined action of wind speed and duration. To summarize, the wind environment of this study's setting, which simulated common local conditions, had no significant effect on the energy budget in *P. montanus*.

Key Words: energy budget; *Passer montanus*; wind

地球的转动和地球表面受太阳加热程度的差异形成风。风是重要的生态因子之一,会对动物的生存、繁殖、分布和种群数量变动产生直接或间接的影响。风与鸟类密切相关^[1-3],如迁徙鸟类会对不同风速及风向选择不同的迁徙对策^[4-5]、冬季寒冷季节中的鸟多选择迎风觅食和大风可造成鸟的“迷飞”等。风速大小会对鸟的飞行产生影响^[6-7],善飞鸟类如军舰鸟、信天翁和风雨鸟等通常会借助风力来减少飞行能耗。不同种类的鸟对风速大小的适应能力和适应对策也不同,并直接影响其能量收支。鸟类行为谱及其时间分配会因风持续时间不同而发生改变或调整^[8],其不同的能量预算对策也会产生不同的收益。物种的分布、丰富度和适合度往往取决于该物种的能量代谢水平^[9]。保持最适的能量收支平衡是鸟类重要的生存对策,其生理和行为的适应性调节变化与其能量收支、分配和利用以及个体的能量预算对策密切相关^[10-12]。鸟类能量生态学研究有助于揭示其生物学特征和探索它们应对不同环境的适应策略。许多研究表明环境因子与鸟类的能量收支密切相关,如温度^[13-14]、光周期^[15-16]和食物质量差异^[17-18]等。其中,有关风环境与鸟类能量收支的研究相对较少,而报道又多是针对鸟类体内能量储备和器官可塑性变化^[6,8],所以这方面的研究对进一步了解鸟类的环境适应及能量预算对策有着重要的意义。

树麻雀(*Passer montanus*)为古北型留鸟,属雀形目(*Passeriformes*)雀科(*Fringillidae*)。世界分布从澳大利亚向北沿海至欧洲东部鄂霍次克海地区,向西遍及整个欧洲,在亚洲北起俄罗斯,南到马来西亚半岛和印度尼西亚,东自日本,经朝鲜、中国向西,通过南亚、东南亚,一直到大西洋沿岸诸国及其附近岛屿。在我国,遍布全国各地包括海南岛及台湾,高可至中等海拔区^[19]。树麻雀食性很杂,随着季节的变化而不同,春夏季多食昆虫,秋冬两季则以植物性食物为主。树麻雀分布范围广,数量大,是具有代表性和容易获得的研究材料。已发现树麻雀具有较高的基础代谢率(BMR)和热传导,相对较宽的热中性区(TNZ)和较低的下临界温度^[20]。相对于善飞鸟类,树麻雀的两翅与其身体的比例相对较小,故不能远飞。飞行高度一般在10—20 m,飞行时间通常不会超过4 min和时速不会超过8—10 m/s,但其高超的飞行技巧可使其在短程和有障碍的空间穿梭自如。通常树麻雀会选择适应或躲避的对策来应对不同风速,即风速较小时适应和风速增大至一定限度时会选择躲避。风的大小与多数哺乳动物的汗液蒸发速度密切相关,从而会对其热调节产生影响。鸟类体表无汗腺,因此无法通过汗液蒸发的方式进行散热调节。

中国东北地区46年的平均风速为3.0 m/s,平均风速明显的年特征变化为3—5月、10—11月风速最大,7—9月风速较小处于波谷,其中平均风速4月最大达4.1 m/s,8月最小仅为2.4 m/s,比4月份低41%。东北地区春夏秋冬四季季节平均风速分别为:3.8、2.7、2.9和2.9 m/s^[21]。鸟类的任何行为都会有能耗发生。相对无风天气,不同风速和持续时间必然会引起树麻雀行为谱和时间分配发生变化。不同风速和持续时间是否会对树麻雀的能量收支产生影响?尚未见报道。所以,本文通过对9组(选择鸟类能够适应的3种风速和设定3种持续时间)树麻雀(当地留鸟)7 d的驯养、比较和分析,探讨风速和持续时间对小型鸟类能量收支的影响。

1 材料与方法

1.1 实验动物

90只树麻雀于2012年12月捕自黑龙江省齐齐哈尔地区(47°29'N, 124°02'E)。该地区年平均气温为3.4℃,变化范围从-32.2到35.7℃,其中最冷月(1月)和最热月(7月)的平均气温分别为-20.6℃和22.9℃。冬季自然生境中树麻雀主要摄食带壳的草籽种子。东北林业大学野生动物保护医学与生态安全研究中心饲养和适应7 d后,逐一称重、标记和分组。不同风速和

持续时间分别为:0.2—0.4、1.2—1.4、3.2—3.6 m/s 和 1、2、4 h,共设 9 个实验组和 10 只/组。分组方法,A 代表风速和由小到大分别记为 A_1 、 A_2 、 A_3 ,B 代表持续时间和由短到长分别记为 B_1 、 B_2 和 B_4 ,I、II 至 IX(9)组依次为 A_1B_1 、 A_1B_2 、 A_1B_4 、 A_2B_1 、 A_2B_2 、 A_2B_4 、 A_3B_1 、 A_3B_2 和 A_3B_4 。实验环境相同(长 90 cm×宽 50 cm×高 60 cm 的内置栖架、食盒(每组或笼×2)和饮水器的铁丝笼;环境温度为 $(21.0 \pm 1.0)^\circ\text{C}$)。适应和实验期间,食物相同(带壳谷子)和保证每日各食盒于光照时段内始终存有食物(少量和多次添加);饮水器内的水每日定时更换 1 次。

通过相同的风扇获取风源,风由鸟笼食盒端定向吹入。通过手持式风速仪测定风速,风扇与鸟笼同高,以风扇不同档位和风扇与鸟笼重心的直线距离差异获得各组目标风速,并将风扇与鸟笼的位置固定。同时,保证各组鸟笼的组间距离和风速仪检测无相互的风影响,实验开始。每日风实验时间段为 10:00 至 14:00。实验于 2011 年 12 月 13 日开始至 20 日结束。

1.2 体重和体温的测定

体重用电子天平(BS210 型,深圳)测量(测量时软网束缚和读数精确到 0.01 g)。用电子体温计(北京师范大学,司南仪器厂)插入泄殖腔约 1 cm 测量体核温度,每次测温探头在泄殖腔内静置约 20 s 和数值稳定时读数并记录(精确到 0.10°C),体温测定各组均在无风时段进行。

1.3 能量收支的测定

每日分别于 9:00—10:00 和 15:00—16:00 两次投喂食物(带壳谷子),饮水器换水和称重于 9:00—10:00(次/日)。计数粪便混合物痕迹并记为排泄次数。为计数准确,每日换取粪盒和垫纸 3 次,时间间隔设定分别为 10:00、13:00 和 16:00。手工分离剩余谷子、谷壳和粪便。累计计数结束,将粪便连同垫纸一同置于 60°C 干燥箱干燥至恒重,以其干重减去垫纸初重值记为粪便干重(精确到 0.01 g)。测定和记录上述数据 24 h/次,共计 7 次。用氧弹热量计(GR-3500 型,广东)测定热值。能量收支^[16,17,22-24]和排出水热能散失计算公式调整如下:

$$\text{干物质(g)} = \text{物质质量(g)} - \text{物质中水质量(g)}$$

$$\text{摄食量(g/d)} = \text{投食量(g/d)} - \text{剩余食物量(g/d)}$$

$$\text{摄入能(kJ/d)} = \text{摄入干谷子质量(g/d)} \times \text{谷子热值(kJ/g)} - \text{谷壳(干)质量(g/d)} \times \text{谷壳热值(kJ/g)}$$

$$\text{粪能(kJ/d)} = \text{粪便干质量(g/d)} \times \text{粪便热值(kJ/g)}$$

$$\text{摄水量(g/d)} \approx \text{排出水量(g/d)} = \text{饮水器和水(初重-末重)(g/d)} + \text{摄入食物中的水(g/d)}$$

$$\text{排出水散失热能(J/d)} = \text{水的比热值(J/g}^\circ\text{C)} \times \text{摄水量(g/d)} \times (\text{鸟的体温} - \text{环境水温})(^\circ\text{C})$$

$$\text{消化能(kJ/d)} = \text{摄入能(kJ/d)} - \text{粪能(kJ/d)}$$

$$\text{同化能(kJ/d)} = \text{消化能(kJ/d)} - \text{排出水热能散失(kJ/d)}$$

$$\text{消化率(\%)} = \text{消化能(kJ/d)} / \text{摄入能(kJ/d)} \times 100\%$$

$$\text{同化率(\%)} = \text{同化能(kJ/d)} / \text{摄入能(kJ/d)} \times 100\%$$

1.4 统计分析

利用 SPSS 软件包进行相关统计分析。组内实验前后体重和体温的比较采用双尾 t 检验分析。组间能量收支各参数实测值的比较采用方差分析(One-Way ANOVA);为消除初体重组间差异对能量收支各参数的影响,并以初体重为协变量进行双因素协方差分析(Univariate ANOVA)。文中数据均以平均值±标准误(Mean ±SE)表示, $P < 0.05$ 即认为差异显著。

2 结果

2.1 树麻雀的体重变化

7 d 实验结束,树麻雀 I 至 IX 各小组内初终体重变化均不显著($t=0.403$, $df=18$, $P=0.694$; $t=-0.209$, $df=18$, $P=0.841$; $t=-0.184$, $df=18$, $P=0.857$; $t=0.900$, $df=18$, $P=0.389$; $t=-0.684$, $df=18$, $P=0.506$; $t=0.806$, $df=18$, $P=0.436$; $t=0.394$, $df=18$, $P=0.417$; $t=0.461$, $df=18$, $P=0.765$ 和 $t=0.742$, $df=18$, $P=0.470$)(图 1)。

2.2 风速和持续时间对树麻雀体温的影响

结果表明,风速和持续时间及风速-持续时间的交互作用对树麻雀体温影响均不显著($F_{(2,89)}=0.043$, $P=0.837$; $F_{(2,89)}=0.070$, $P=0.932$; $F_{(4,89)}=0.360$, $P=0.700$)。终体温组间比较差异不显著($F_{(8,89)}=0.043$, $P=0.837$)。各组(同上)组内初终体温变化均不显著($t=-0.438$, $df=18$, $P=0.670$; $t=-1.019$, $df=18$, $P=0.342$; $t=-0.395$, $df=18$, $P=0.701$; $t=0.151$, $df=18$, $P=0.883$; $t=1.697$, $df=18$, $P=0.073$; $t=-2.137$, $df=18$, $P=0.066$; $t=0.127$, $df=18$, $P=0.901$; $t=-0.174$, $df=18$, $P=0.864$ 和 $t=0.718$, $df=18$, $P=0.484$)(图 2)。

2.3 风速和持续时间对树麻雀能量收支的影响

2.3.1 组间能量收支各参数实测值比较

摄食量、摄入(排出)水量、摄入能、排出水热能散失、消化能和同化能组间差异极显著($F_{(8,62)}=5.149$, $P=0.002$; $F_{(8,62)}=7.995$, $P=0.000$; $F_{(8,62)}=4.904$, $P=0.002$; $F_{(8,62)}=9.270$, $P=0.000$; $F_{(8,62)}=5.469$, $P=0.001$ 和 $F_{(8,62)}=5.483$, $P=0.001$),排泄的次数、粪量和粪能组间差异显著($F_{(8,62)}=2.613$, $P=0.046$; $F_{(8,62)}=3.318$, $P=0.018$ 和 $F_{(8,62)}=3.315$, $P=0.019$),排泄单位

水热能量散失、消化率和同化率组间差异不显著 ($F_{(8, 62)} = 1.495$, $P = 0.223$; $F_{(8, 62)} = 1.196$, $P = 0.337$ 和 $F_{(8, 62)} = 1.328$, $P = 0.281$) (图 3 和图 4)。

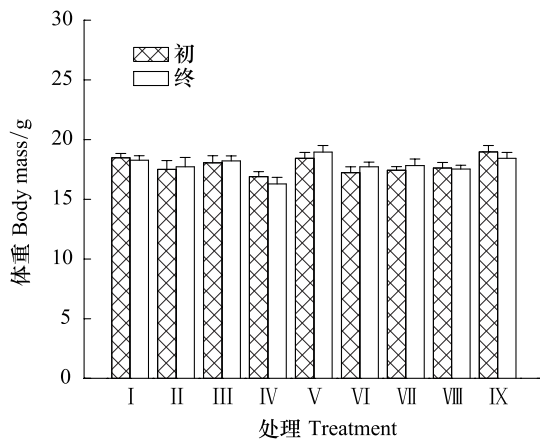


图 1 风速和持续时间对树麻雀体重的影响

Fig.1 Effects of wind different speed and duration on body mass in Tree sparrow

数据为平均值±标准误

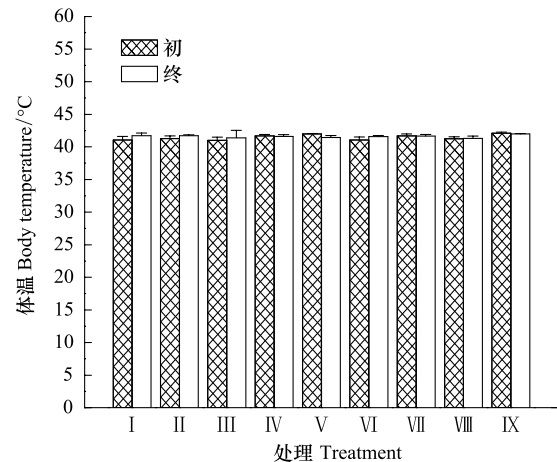


图 2 风速和持续时间对树麻雀体温的影响

Fig. 2 Effects of wind different speed and duration on body temperature in Tree sparrow

数据为平均值±标准误

2.3.2 双因素协方差分析结果

当体重校正至 17.65 g 时数据显示,风速对摄水量(排出水量)和排出水热能散失的影响显著 ($F_{(2, 62)} = 14.693$, $P = 0.000$; $F_{(2, 62)} = 16.451$, $P = 0.000$),风速增大时摄水量和排出水热能散失减少;对摄食量、排泄粪量、排泄次数、排出单位水热能散失、摄入能、粪能、消化能、同化能、消化率和同化率的影响不显著 ($F_{(2, 62)} = 0.156$, $P = 0.857$; $F_{(2, 62)} = 2.066$, $P = 0.146$; $F_{(2, 62)} = 1.221$, $P = 0.310$; $F_{(2, 62)} = 2.962$, $P = 0.068$; $F_{(2, 62)} = 0.110$, $P = 0.896$; $F_{(2, 62)} = 2.066$, $P = 0.148$; $F_{(2, 62)} = 0.191$, $P = 0.827$; $F_{(2, 62)} = 0.220$, $P = 0.804$; $F_{(2, 62)} = 0.280$, $P = 0.758$; $F_{(2, 62)} = 0.294$, $P = 0.748$)。

持续时间对摄食量、排泄粪量、排泄次数、摄入能、排泄粪能、消化能和同化能的影响显著 ($F_{(2, 62)} = 11.726$, $P = 0.000$; $F_{(2, 62)} = 7.677$, $P = 0.002$; $F_{(2, 62)} = 5.531$, $P = 0.009$; $F_{(2, 62)} = 10.577$, $P = 0.000$; $F_{(2, 62)} = 7.676$, $P = 0.002$; $F_{(2, 62)} = 11.630$, $P = 0.000$; $F_{(2, 62)} = 11.214$, $P = 0.000$),随着风持续时间的不同,出现摄食量、排泄粪量和摄入能 2 h 时最大和 4 h 时最小,排泄次数和粪能 2 h 最大,消化能和同化能 4 h 最小的变化趋势;对摄水量、排出水热能散失、排出单位水热能散失、消化率和同化率的影响不显著 ($F_{(2, 62)} = 1.492$, $P = 0.242$; $F_{(2, 62)} = 2.489$, $P = 0.101$; $F_{(2, 62)} = 0.221$, $P = 0.803$; $F_{(2, 62)} = 1.453$, $P = 0.251$; $F_{(2, 62)} = 1.547$, $P = 0.231$)。

风速-持续时间交互作用对摄食量、排泄粪量、摄水量、排泄次数、摄入能、排泄粪能、排出水热能散失、排出单位水热能散失、消化能、同化能、消化率和同化率的影响均不显著 ($F_{(4, 62)} = 0.247$, $P = 0.623$; $F_{(4, 62)} = 0.406$, $P = 0.529$; $F_{(4, 62)} = 0.819$, $P = 0.373$; $F_{(4, 62)} = 0.840$, $P = 0.367$; $F_{(4, 62)} = 0.652$, $P = 0.426$; $F_{(4, 62)} = 0.408$, $P = 0.528$; $F_{(4, 62)} = 1.577$, $P = 0.220$; $F_{(4, 62)} = 0.806$, $P = 0.377$; $F_{(4, 62)} = 0.869$, $P = 0.359$; $F_{(4, 62)} = 1.223$, $P = 0.278$; $F_{(4, 62)} = 0.556$, $P = 0.462$; $F_{(4, 62)} = 0.891$, $P = 0.353$)。

总之,风速大小与树麻雀摄水量(排出水量)及排出水热能散失显著相关,摄水量和排出水热能散失随着风速增大而减少。风持续时间(1, 2 或 4 h)与树麻雀的能量收支(不含排出水热能散失)和散热调节的次数显著相关,2 h 时其能量收支最高和散热调节的次数最多,4 h 时其能量收支最低和散热调节的次数最少。然而,风速和持续时间的交互作用对树麻雀能量收支的影响不显著。3 级风(4 m/s)和持续时间 4 h 以内的风环境不会对树麻雀的能量收支产生显著影响,即树麻雀能够适应当地的平均风速环境。

3 讨论

恒温动物排出水的途径有呼吸、粪和尿,多数哺乳动物还可以通过汗液蒸发失水。体表覆羽、皮肤薄、松和缺乏腺体是鸟类进化的特点,鸟类唯一的皮脂腺称尾脂腺,故鸟类不会通过汗液蒸发的方式排出水和散热调节。鸟类的排泄物是以粪尿混合物的方式排出,排泄次数较多,粪尿无法分离。传统鸟类能量学研究中,通常是以粪尿干物质的能值记为排泄能,进而忽略了排泄物中水的能量散失。鸟类呼吸所排出的水分和散失的热能也未被考虑。实验过程中,同时准确获得恒温动物各种途径的排出水量比较困难。本文以树麻雀个体水分含量保持相对恒定和每日摄入水约等于排出水为前提,以其体温与环境温度之差来计算排出水(包含呼吸和粪尿混合物中的水)中的热能量散失,而这部分水中的能量来源于树麻雀体内的能量代谢。鸟类摄入食

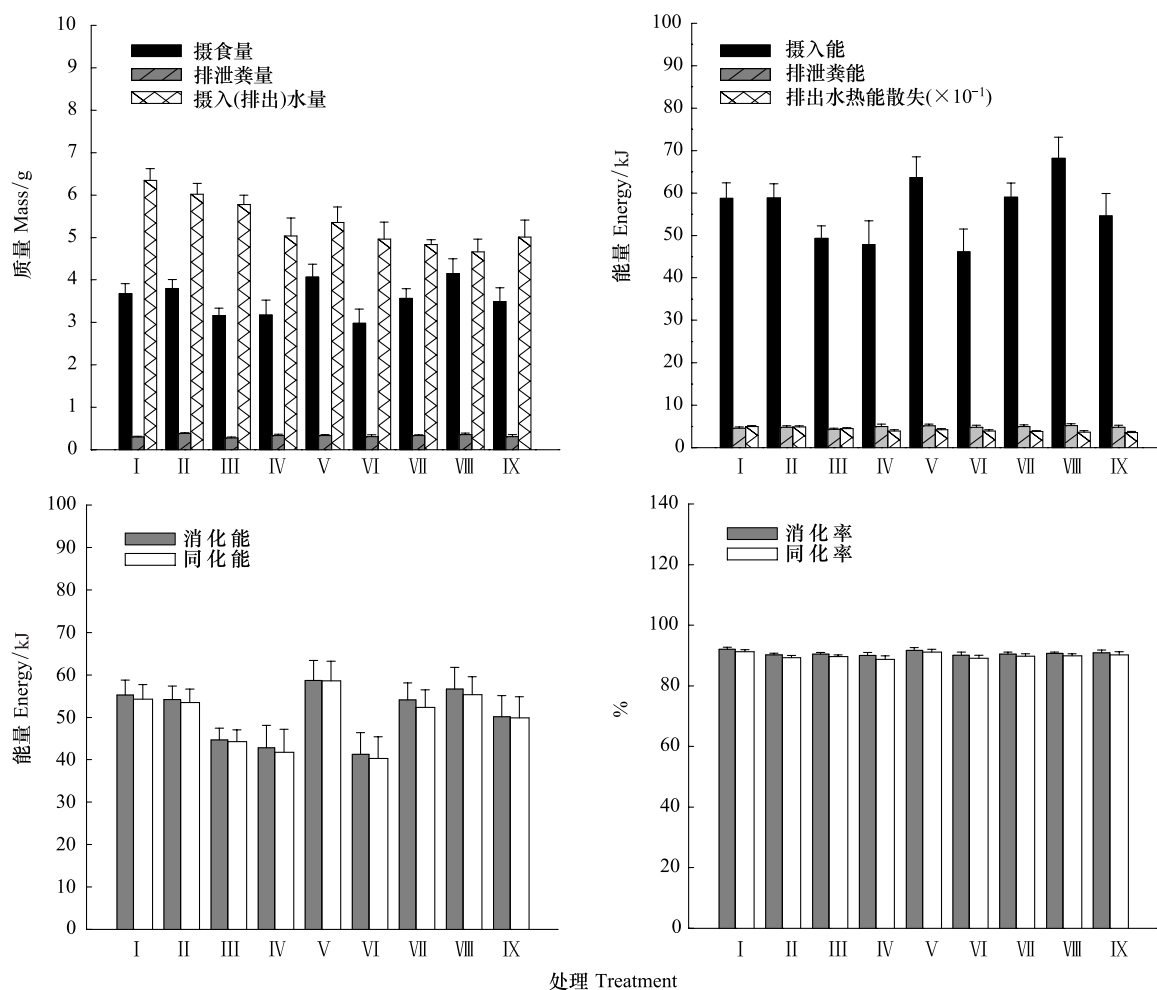


图3 风速和持续时间对树麻雀能量收支的影响

Fig.3 Effects of wind different speed and duration on energy budget in Tree sparrow

图中能量收支各参数的结果为组间方差分析 (One-Way ANOVA) 的实测值; 数据为平均值 $\pm$ 标准误

物(摄入能)、排出粪(粪能)和排出水(热能散失)后,所获得的能量(同化能)可以进行体内能量的转化、储存、分配和利用。因此,本文对能量收支的公式进行了部分调整。

鸟类高体温取决于产热^[25]、保温和快速有效的散热调节,其中产热是获得高体温的生理基础,保温是维持高体温的关键,精确散热是保持体温恒定的必要条件。水是鸟类乃至生物体内储存或进行能量转换的重要介质,也是鸟类和多数哺乳类动物体温维持的关键。鸟类每日可利用水的来源包括摄入的水、食物中的水和体内能量物质分解生成的代谢水。摄入低于体温的水或排出等于体温的水,都可以使其单位体重的热量保持不变。环境温度高于动物体温的特殊环境存在时,排出水仍然可以使动物单位体重的热容量保持不变,但暂时的体温调节和体内含水量减少将会使之很快面临失水(脱水)的生存胁迫。所以,鸟类体内的水是其散热调节的关键。摄水降温往往会受到客观因素的限制。与多数哺乳动物可以通过汗液蒸发散热不同,鸟类只能通过呼吸(少量水分)和以粪尿混合物的方式进行散热调节。需要散热的鸟类更多是因为剧烈运动。深、急呼吸虽然可以带走相对多的热量,但其散热也是有限的。鸟类排泄

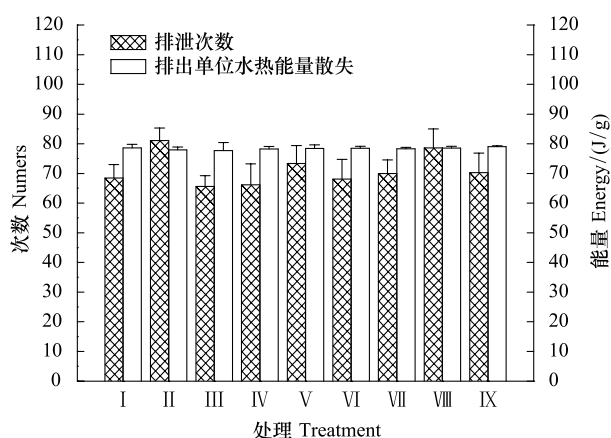


图4 风速和持续时间对树麻雀排泄次数及单位水热散失的影响
Fig.4 Effects of wind different speed and duration on discharge frequency and cooling heat energy of every unit water in Tree sparrow

数据为平均值 $\pm$ 标准误

粪尿混合物中的水是其散热调节的关键,通过排泄次数和每次不同的水量实现精确、迅速和有效的散热,及时排出能使体温升高的多余热量,维持体温恒定。排泄次数能够间接反映出散热调节的次数。

散热调节意味着释放体内高于体温的多余热量。本研究发现,风速增大时排出水热能散失显著减少($P < 0.001$)。不同持续时间,摄入能、排泄的粪能和散热调节的次数(排泄次数)出现显著变化。这些结果很可能与树麻雀的散热调节有关。首先,排出水的热能散失总量仅占摄入能中很少的比例,并远远小于排泄的粪能(图3)。其次,树麻雀体温均测定于无风时段(图2),因此散热调节时的体温很可能高于测定的体温,即单位水热能量散失高于图4中的结果。而且,实际的散热调节中每次或每单位水散失的热量都应该是不同的。散热调节次数显著的增减变化表明,排出水热能量散失总量的真实值很可能已经远远大于或小于测定值。最后,散热调节次数的增减变化很可能与其行为能耗有关,即行为能耗与排出水热能散失共同影响树麻雀个体的能量收支。总之,排出水热能散失的重要生理学意义在于通过每次不同的排泄水量,实现了精确、快速和有效的散热调节,防止体温升高和维持体温相对恒定。

风速和持续时间交互作用及消除初体重影响的结果显示,树麻雀的能量收支包括摄入能、排泄粪能和排出水热能量散失总量没有显著差异。同时,各组组内初终体重变化不显著(图1)。体重是能量摄入和能量消耗最终平衡的结果^[16]。因此本文认为,风速(3.6 m/s)和持续时间4 h以内的风环境不会对树麻雀的能量收支产生显著影响,即树麻雀能够适应当地的平均风速环境。自然环境中同时存在极端大风天气。树麻雀不同的行为发生也就意味着它们选择了不同的能量预算对策。当风速超过一定限度时,减少行为能耗同样有可能使树麻雀能量收支的收益相对增加。然而,树麻雀能够适应的风速上限、大风天气采用何种能量预算对策、是否同时与环境温度、光周期和食物可获得性等其它环境因子相关都需要进一步的验证。

References:

- [1] Liechti F. Birds: blowin' by the wind?. *Journal of Ornithology*, 2006, 147(2): 202-211.
- [2] McLaren J D, Shamoun-Baranes J, Bouten W. Wind selectivity and partial compensation for wind drift among nocturnally migrating passerines. *Behavioral Ecology*, 2012, 23(5): 1089-1101.
- [3] Shamoun-Baranes J, van Loon E, Liechti F, Bouten W. Analyzing the effect of wind on flight: pitfalls and solutions. *Journal of Experimental Biology*, 2007, 210(1): 82-90.
- [4] Erni B, Liechti F, Bruderer B. The role of wind in passerine autumn migration between Europe and Africa. *Behavioral Ecology*, 2005, 16(4): 732-740.
- [5] Liechti F, Bruderer B. The relevance of wind for optimal migration theory. *Journal of Avian Biology*, 1998, 29(4): 561-568.
- [6] Weber T P, Hedenström A. Optimal stopover decisions under wind influence: the effects of correlated winds. *Journal of Theoretical Biology*, 2000, 205(1): 95-104.
- [7] Weber T P, Ålerstam T, Hedenström A. Stopover decisions under wind influence. *Journal of Avian Biology*, 1998, 29(4): 552-560.
- [8] Ma Z J, Hua N, Zhang X, Guo H Q, Zhao B, Ma Q, Xue W J, Tang C D. Wind conditions affect stopover decisions and fuel stores of shorebirds migrating through the south Yellow Sea. *Ibis*, 2011, 153(4): 755-767.
- [9] Alexander R M. *Energy for Animal Life*. Oxford: Oxford University Press, 1999: 63-68.
- [10] Johnson M S, Thomson S C, Speakman J R. Limits to sustained energy intake I. Lactation in the laboratory mouse *Mus musculus*. *Journal of Experimental Biology*, 2001, 204(11): 1925-1935.
- [11] Speakman J R, Król E. Limits to sustained energy intake IX: a review of hypotheses. *Journal of Comparative Physiology B*, 2005, 175(6): 375-394.
- [12] Klaasen M, Oltrogge M, Trost L. Basal metabolic rate, food intake, and body mass in cold-and warm-acclimated Garden Warblers. *Comparative Biochemistry and Physiology A*, 2004, 137(4): 639-647.
- [13] Mujahid A. Acute cold-induced thermogenesis in neonatal chicks (*Gallus gallus*). *Comparative Biochemistry and Physiology A*, 2010, 156(1): 34-41.
- [14] Collin A, Buyse J, van As P, Darras V M, Malheiros R D, Moraes V M B, Reyns G E, Taouis M, Decuypere E. Cold-induced enhancement of avian uncoupling protein expression, heat production, and triiodothyronine concentrations in broiler chicks. *General and Comparative Endocrinology*, 2003, 130(1): 70-77.
- [15] Saarela S, Heldmaier G. Effect of photoperiod and melatonin on cold resistance, thermoregulation and shivering/nonshivering thermogenesis in Japanese quail. *Journal of Comparative Physiology B*, 1987, 157(5): 625-633.
- [16] Ni X Y, Lin L, Zhou F F, Wang X H, Liu J S. Effects of photoperiod on body mass, organ masses and energy metabolism in Chinese bulbul (*Pycnonotus sinensis*). *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31(6): 1703-1713.
- [17] Yang Z H, Shao S L. The influence of different food qualities on the energy budget and digestive tract morphology of Tree Sparrows *Passer montanus*. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31(14): 3937-3946.
- [18] McNab B K. Food habits and the evolution of energetics in birds of paradise (*Paradisaeidae*). *Journal of Comparative Physiology B*, 2005, 175

(2): 117-132.

- [19] Mackinnon J, Phillipps K. A Field Guide to the Birds of China. London: Oxford University Press, 2000: 312-340.
- [20] Deng H L, Zhang X A. Standard metabolic rate in several species of passerine birds in alpine meadow. *Acta Zoologica Sinica*, 1990, 36(4): 377-384.
- [21] Yang X Y. Studies on Windy Climatic Change and the Formative Causes of Strong Wind in Northeast China [D]. Lanzhou: Lanzhou University, 2008.
- [22] Drozd A. Metabolic cages for small rodents // Grodzinski W, Klekowski R Z, Duncan A, eds. *Methods for Ecological Bioenergetics*. Oxford: Blackwell Scientific Press, 1975: 346-351.
- [23] Grodzinski W, Wunder B A. Ecological energetics of small mammals // Golley F B, Petruszewicz K, Ryszkowski L, eds. *Small Mammals: Their Productivity and Population Dynamics*. Cambridge: Cambridge University Press, 1975: 173-204.
- [24] Wang J M, Zhang Y M, Wang D H. Photoperiodic regulation in energy intake, thermogenesis and body mass in root voles (*Microtus oeconomus*). *Comparative Biochemistry and Physiology A*, 2006, 145(4): 546-553.
- [25] Zheng W H, Li M, Liu J S, Shao S L. Seasonal acclimatization of metabolism in Eurasian tree sparrows (*Passer montanus*). *Comparative Biochemistry and Physiology A*, 2008, 151(4): 519-525.

参考文献:

- [16] 倪小英, 林琳, 周菲菲, 王小华, 柳劲松. 光周期对白头鹀体重、器官重量和能量代谢的影响. *生态学报*, 2011, 31(6): 1703-1713.
- [17] 杨志宏, 邵淑丽. 食物质量差异对树麻雀能量预算和消化道形态特征的影响. *生态学报*, 2011, 31(14): 3937-3946.
- [20] 邓合黎, 张晓爱. 高寒草甸几种雀形目鸟类的标准代谢 (SMR). *动物学报*, 1990, 36(4): 377-384.
- [21] 杨雪艳. 中国东北地区风的气候变化特征及大风的成因研究 [D]. 兰州: 兰州大学, 2008.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.33, No.19 Oct., 2013 (Semimonthly)
CONTENTS

A review of ecosystem services and research perspectives	MA Fengjiao, LIU Jintong, A. Egrinya Eneji (5963)
Sexual interference in non-human primates	YANG Bin, WANG Chengliang, JI Weihong, et al (5973)
Density-dependent effect on reproduction of rodents; a review	HAN Qunhua, GUO Cong, ZHANG Meiwen (5981)
Proximate and ultimate determinants of food chain length	WANG Yuyu, XU Jun, LEI Guangchun (5990)
Mechanism of biological control to plant diseases using arbuscular mycorrhizal fungi	 LUO Qiaoyu, WANG Xiaojuan, LI Yuanyuan, et al (5997)
Advances in effects of conservation tillage on soil organic carbon and nitrogen	 XUE Jianfu, ZHAO Xin, Shadrack Batsile Dikgwatlhe, et al (6006)
Habitat selection of the pre-released giant panda in Wolong Nature Reserve	 ZHANG Mingchun, HUANG Yan, LI Desheng, et al (6014)
Activity rhythm and behavioral time budgets of wild Reeves's Pheasant (<i>Symaticus reevesii</i>) using infrared camera	 ZHAO Yuze, WANG Zhichen, XU Jiliang, et al (6021)
The energy budget of tree sparrows <i>Passer montanus</i> in wind different speed and duration	 YANG Zhihong, WU Qingming, DONG Haiyan, et al (6028)
Nest site characteristics of <i>Petaurista caniceps</i> in Baima Snow Mountain Nature Reserve	 LI Yanhong, GUAN Jinke, LI Dayong, HU Jie (6035)
Effects of habitat fragmentation on the genetic diversity of <i>Pachycondyla luteipes</i> on islands in the Thousand Island Lake, East China	 LUO Yuanyuan, LIU Jinliang, HUANG Jiuling, et al (6041)
The molecular genetic relationship between the pollinators of <i>Ficus pumila</i> var. <i>pumila</i> and <i>Ficus pumila</i> var. <i>aukeotsang</i>	 WU Wenshan, CHEN Youling, SUN Lingli, et al (6049)
The genetic evolutionary relationships of two <i>Eupristina</i> species on <i>Ficus altissima</i>	 CHEN Youling, SUN Lingli, WU Leilei, et al (6058)
Metal uptake and root morphological changes for two varieties of <i>Salix integra</i> under cadmium stress	 WANG Shufeng, SHI Xiang, SUN Haijing, et al (6065)
Effects of phthalic acid on seed germination, membrane lipid peroxidation and osmoregulation substance of radish seedlings	 YANG Yanjie, WANG Xiaowei, ZHAO Kang, et al (6074)
The morphological and physiological responses of <i>Tamarix ramosissima</i> seedling to different irrigation methods in the extremely arid area	 MA Xiaodong, WANG Minghui, LI Weihong, et al (6081)
Response characteristics of photosynthetic and physiological parameters in <i>Ziziphus jujuba</i> var. <i>spinosa</i> seedling leaves to soil water in sand habitat formed from seashells	 WANG Rongrong, XIA Jiangbao, YANG Jihua, et al (6088)
Effects of ceramsite mulching on soil water content, photosynthetic physiological characteristics and growth of plants	 TAN Xuehong, GUO Xiaoping, ZHAO Tingning (6097)
Dynamics of tannin concentration and nutrient resorption for branchlets of <i>Casuarina equisetifolia</i> plantations at different ages	 YE Gongfu, ZHANG Shangju, ZHANG Lihua, et al (6107)
Sulfur contents in leaves and branches of dominant species among the three forest types in the Pearl River Delta	 PEI Nancai, CHEN Bufeng, ZOU Zhijin, et al (6114)
Impacts of arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus on growth dynamics of <i>Bauhinia faberi</i> seedlings	 SONG Chengjun, QU Laiye, MA Keming, et al (6121)
Characteristics of ion accumulation and seed germination for seeds from plants cultured at different concentrations of nitrate nitrogen and salinity	 ZHOU Jiachao, FU Tingting, ZHAO Weiwei, et al (6129)
Physio-ecological effects of endophyte infection on the host grass with elevated CO ₂	 SHI Zhibing, ZHOU Yong, LI Xia, et al (6135)
Effects of pretreatment on germination of <i>Typha domingensis</i> and <i>Phragmites australis</i>	 MENG Huan, WANG Xuehong, TONG Shouzheng, et al (6142)
Transfer characteristics of cadmium from soil to <i>Salix × aureo-pendula</i>	 ZHANG Wen, WEI Hong, SUN Xiaocan, et al (6147)
Effect of Close-to-Nature management on the natural regeneration and species diversity in a masson pine plantation	 LUO Yinghua, SUN Dongjing, LIN Jianyong, et al (6154)
Population dynamics and seed banks of the threatened seagrass <i>Halophila beccarii</i> in Pearl Bay, Guangxi	 QIU Guanglong, FAN Hangqing, LI Zongshan, et al (6163)
Effects of biological crusts on dew deposition and evaporation in the Southern Edge of the Mu Us Sandy Land, Northern China	 YIN Ruiping, WU Yongsheng, ZHANG Xin, et al (6173)
Life history characteristics and spatial distribution of <i>Populus pruinosa</i> population at the upper reaches of Tarim River	 HAN Lu, XI Linqiao, WANG Jiaqiang, et al (6181)
Interactive effects of short-term nitrogen enrichment and simulated grazing on ecosystem respiration in an alpine meadow on the Tibetan Plateau	 ZONG Ning, SHI Peili, JIANG Jing, et al (6191)

- The correlation between soil water salinity and plant community distribution under micro-topography in Songnen Plain YANG Fan, WANG Zhichun, WANG Yunhe, et al (6202)
- Comparison of TSP, PM_{2.5} and their water-soluble ions from both inside and outside of Dafushan forest park in Guangzhou during rainy season XIAO Yihua, LI Jiong, KUANG Yuanwen, et al (6209)
- Fish community ecology in rocky reef habitat of Ma'an Archipelago II. Spatio-temporal patterns of community structure WANG Zhenhua, ZHAO Jing, WANG Kai, et al (6218)
- Interannual variation in the population dynamics of snailfish *Liparis tanakae* in the Yellow Sea CHEN Yunlong, SHAN Xiujuan, ZHOU Zhipeng, et al (6227)
- Spatial and temporal variation of soil macro-fauna community structure in three temperate forests LI Na, ZHANG Xueping, ZHANG Limin (6236)
- Community structure and species biodiversity of fig wasps in syconia of *Ficus superba* Miq. var. *japonica* Miq. in Fuzhou CHEN Youling, CHEN Xiaoqian, WU Wenshan, et al (6246)
- Marine ecological capital: valuation methods of marine ecosystem services CHEN Shang, REN Dachuan, XIA Tao, et al (6254)
- Geomorphologic regionalization of China aimed at construction of nature reserve system GUO Ziliang, CUI Guofa (6264)
- Impact of ecological vegetation construction on the landscape pattern of a Loess Plateau Watershed YI Yang, XIN Zhongbao, QIN Yunbin, et al (6277)
- Spatial heterogeneity of soil moisture across a cropland-grassland mosaic: a case study for agro-pastoral transition in north of China WANG Hongmei, WANG Zhongliang, WANG Kun, et al (6287)
- The regional diversity of changes in growing duration of spring wheat and its correlation with climatic adaptation in Northern China E Youhao, HUO Zhiguo, MA Yuping, et al (6295)
- Response of soil physical-chemical properties to rocky desertification succession in South China Karst SHENG Maoyin, LIU Yang, XIONG Kangning (6303)
- Prediction of the effects of climate change on the potential distribution of mire in Northeastern China HE Wei, BU Rencang, LIU Hongjuan, et al (6314)
- Soil nitrogen mineralization and associated temperature sensitivity of different Inner Mongolian grasslands ZHU Jianxing, WANG Qiufeng, HE Nianpeng, et al (6320)
- Effects of land use on soil nutrient in oasis-desert ecotone in the middle reach of the Heihe River MA Zhimin, LÜ Yihe, SUN Feixiang, et al (6328)
- Assessment on heavy metal pollution status in paddy soils in the northern Chengdu Plain and their potential ecological risk QIN Yusheng, YU Hua, FENG Wenqiang, et al (6335)
- Relationship between the temporal-spatial distribution of longline fishing grounds of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) and the thermocline characteristics in the Central Atlantic Ocean YANG Shenglong, MA Junjie, ZHANG Yu, et al (6345)
- Biological nitrogen fixation in the upper water column in the south Taiwan Strait during summer 2011 LIN Feng, CHEN Min, YANG Weifeng, et al (6354)
- Storage and drivers of forests carbon on the Beichangshan Island of Miaodao Archipelago SHI Honghua, WANG Xiaoli, WANG Ai, et al (6363)
- Impact of changes in vegetation types on soil C mineralization and associated temperature sensitivity in the Changbai Mountain forests of China WANG Dan, LÜ Yuliang, XU Li, et al (6373)
- Analysis of relationship between genetic structure of Chinese Pine and mountain barriers MENG Xiangxiang, DI Xiaoyan, WANG Mengben, et al (6382)
- Soil organic carbon interpolation based on auxiliary environmental covariates: a case study at small watershed scale in Loess Hilly region WEN Wen, ZHOU Baotong, WANG Yafeng, et al (6389)
- Eco-management benefit analysis of industrial resources from life cycle perspective: a case study of a virtual symbiosis network SHI Xiaoqing, LI Xiaonuo, YANG Jianxin (6398)
- The game analysis between poverty and environment in ecologically fragile zones QI Xinhua, YE Shilin, CHENG Yu, et al (6411)
- The coupling development of economy and environment under the background of World Expo in Shanghai NI Yao, YUE Wenzhe, ZHANG Yuntang, et al (6418)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的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;新书评价和学术、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,300 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 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

本期责任副主编 陈利顶

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 33 卷 第 19 期 (2013 年 10 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 19 (October, 2013)

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	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
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:100717	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 90.00 元