

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第 31 卷 第 13 期 Vol.31 No.13 **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 13 期 2011 年 7 月 (半月刊)

目 次

我国东部北亚热带植物群落季相的时空变化	陈效速, 亓孝然, 阿 杉, 等 (3559)
华北低丘山地人工林蒸散的季节变化及环境影响要素	黄 辉, 孟 平, 张劲松, 等 (3569)
东北东部 14 个温带树种树干呼吸的种内种间变异	许 飞, 王传宽, 王兴昌 (3581)
RS 和 GIS 支持的洪河地区湿地生态健康评价	王一涵, 周德民, 孙永华 (3590)
应用光合色素研究广西钦州湾丰水期浮游植物群落结构	蓝文陆, 王晓辉, 黎明民 (3601)
基于不可替代性的青海省三江源地区保护区功能区划研究	曲 艺, 王秀磊, 栾晓峰, 等 (3609)
融雪时间对大卫马先蒿生长和繁殖特性的影响	陈文年, 吴 彦, 吴 宁, 等 (3621)
巴郎山刺叶高山栎叶片 $\delta^{13}\text{C}$ 对海拔高度的响应	冯秋红, 程瑞梅, 史作民, 等 (3629)
宁南半干旱与半干旱偏旱区苜蓿草地土壤水分与养分特征	任晶晶, 李 军, 王学春, 等 (3638)
南岭小坑藜蒴栲栢群落地上部分生物量分配规律	李 根, 周光益, 王 旭, 等 (3650)
放牧对五台山高山、亚高山草甸牧草品质的影响	章异平, 江 源, 刘全儒, 等 (3659)
短期增温对贡嘎山峨眉冷杉幼苗生长及其 CNP 化学计量学特征的影响	 羊留冬, 杨 燕, 王根绪, 等 (3668)
锰胁迫对垂序商陆叶片形态结构及叶绿体超微结构的影响	梁文斌, 薛生国, 沈吉红, 等 (3677)
土荆芥挥发油对蚕豆根尖细胞的化感潜力	胡琬君, 马丹炜, 王亚男, 等 (3684)
喀斯特城市杨树人工林微量元素的生物循环	王新凯, 田大伦, 闫文德, 等 (3691)
大兴安岭林区多孔菌的区系组成与种群结构	崔宝凯, 余长军 (3700)
铜绿微囊藻和斜生栅藻非稳态营养盐限制条件下的生长竞争特性	赵晓东, 潘 江, 李金页, 等 (3710)
陆地棉萌发至三叶期不同生育阶段耐盐特性	王俊娟, 王德龙, 樊伟莉, 等 (3720)
基于模式生物秀丽隐杆线虫的三丁基锡生态毒性评价	王 云, 杨亚楠, 简风雷, 等 (3728)
大庆油田石油开采对土壤线虫群落的影响	肖能文, 谢德燕, 王学霞, 等 (3736)
若尔盖高寒草甸退化对中小型土壤动物群落的影响	吴鹏飞, 杨大星 (3745)
洞庭湖湿地土壤环境及其对退田还湖方式的响应	刘 娜, 王克林, 谢永宏, 等 (3758)
渭北旱塬苹果园地产量和深层土壤水分效应模拟	张社红, 李 军, 王学春, 等 (3767)
黄土丘陵区不同土地利用下土壤释放 N_2O 潜力的影响因素	祁金花, 黄懿梅, 张 宏, 等 (3778)
东北中部地区水稻不同生育时期低温处理下生理变化及耐冷性比较	宋广树, 孙忠富, 孙 蕾, 等 (3788)
硫对成熟期烤烟叶绿素荧光参数的影响	朱英华, 屠乃美, 肖汉乾, 等 (3796)
高温强光对温州蜜柑叶绿素荧光、D1 蛋白和 Deg1 蛋白酶的影响及 SA 效应	 邱翠花, 计玮玮, 郭延平 (3802)
覆膜对土壤-莴苣体系氮素分布和植物吸收的影响	李丽丽, 李非里, 刘秋亚, 等 (3811)
基于空间分带的崇明东滩水鸟适宜生境的时空动态分析	范学忠, 张利权, 袁 琳, 等 (3820)
驯鹿对苔藓植物的选择食用及其生境的物种多样性	冯 超, 白学良 (3830)
北京城市绿地调蓄雨水径流功能及其价值评估	张 彪, 谢高地, 薛 康, 等 (3839)
专论与综述	
冻土甲烷循环微生物群落及其对全球变化的响应	倪永清, 史学伟, 郑晓吉, 等 (3846)
哺乳动物毛被传热性能及其影响因素	郑 雷, 张 伟, 华 彦 (3856)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 304 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 33 * 2011-07



封面图说: 滇金丝猴是我国特有的世界珍稀动物之一, 属国家一级重点保护物种。仅生活在滇藏交界处的高寒云冷杉林中, 是我国川、滇、黔三种金丝猴中唯一具有和人类一样美丽红唇的金丝猴。手中的松萝是它最喜爱的食物之一。

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

冯超, 白学良. 驯鹿对苔藓植物的选择食用及其生境的物种多样性. 生态学报, 2011, 31(13): 3830-3838.

Feng C., Bai X. L. The bryophyte consumed by reindeers and species diversity of bryophyte in reindeer habitats. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(13): 3830-3838.

驯鹿对苔藓植物的选择食用及其生境的物种多样性

冯 超, 白学良*

(内蒙古大学生命科学学院, 内蒙古 呼和浩特 010021)

摘要: 苔藓植物由于含有较高浓度的不饱和脂肪酸尤其是花生四烯酸可以提高动物的御寒能力, 因此驯鹿和其他许多生活在寒冷地区的食草动物以及鸟类将苔藓作为主要的食物来源。对生活在内蒙古大兴安岭满归敖鲁古雅民族乡的驯鹿 3 个月份的粪便(1999 年采)进行了显微观察, 发现其中苔藓植物在 4 月份占 5.63%、6 月份 2.2%、9 月份 12.92%, 3 个月份的粪便中均以赤茎藓(*Pleurozium schreberi*)为主, 占苔藓总量的 70% 以上, 曲尾藓(*Dicranum* spp.)、毛叶苔(*Plutidium ciliare*)和沼泽皱蒴藓(*Aulacomnium palustre*)也有少量食用。对驯鹿生活区域内 4 种林型下苔藓植物的盖度和生物量的测定结果表明, 驯鹿对苔藓植物的选择食用与苔藓植物的物种和丰富度相关。

关键词: 驯鹿; 苔藓; 粪便; 盖度

The bryophyte consumed by reindeers and species diversity of bryophyte in reindeer habitats

FENG Chao, BAI Xueliang*

College of Life Science, Inner Mongolia University, Hohhot 010021, China

Abstract: Bryophytes typically have a small body size and are widely distributed around the world. Research suggests bryophytes have various kinds of secondary metabolites and natural compounds which have many biological activities. High acid-detergent fiber (ADF) concentrations found in the mosses make them indigestible. For these reasons, bryophytes are not thought to be grazed by herbivorous mammals. However, studies found mosses were eaten by a variety of vertebrates and birds in cold environments. Reindeer feed mainly on mosses in winter. Mosses account for about 10% of their winter diet. The reason reindeer feed on mosses is that they contain a special chemical compound, arachidonic acid, not synthesized by reindeer themselves. Mosses contain a high concentration of arachidonic acid. Ingestion of arachidonic acid could benefit animals in several ways: (1) arachidonic acid is one of the precursors of some prostaglandin hormones, (2) because it has a low melting point (-49.5°C) arachidonic acid might contribute to lowering the melting point of fats in the animal's extremities, (3) most importantly, arachidonic acid affords protection to cell membranes against the effects of cold. Consuming this fatty acid may afford the reindeer better protection against cold weather.

We analyzed reindeer feces in Aoluguya, a minority community in the Great Khingan mountain range of Inner Mongolia, to study the bryophyte species consumed by reindeer. The feces samples were collected in April, June, and September in 1999 and analyzed microhistologically. The results show residual leaf fragments of bryophytes account for a large proportion of the feces; only leaf fragments of bryophyte, and not other plant parts, keep distinctively recognizable forms. The morphologic features of cells were seen clearly and distinctly. We found 5.63%, 2.2%, and 12.92% of the sample content collected in April, June and September was from bryophytes, respectively. Four genera comprise most of the

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30870160); 内蒙古自然科学基金资助项目(2010MS0515)

收稿日期: 2010-09-20; **修订日期:** 2011-04-14

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: bxliangmoss@yahoo.com.cn

bryophyte material found in the reindeer feces: *Pleurozium* Mitt., *Dicranum* Hedw., *Aulacomnium* Schwaegr., and *Ptilidium* Nees., with *Pleurozium schreberi* making over 70% of the total. *Polytrichum juniperinum* was found in relatively large amounts only in sample content collected in September. *Didymodon* Hedw. and *Racomitrium* Brid. were found occasionally in the sample content. A small amount of bryophyte leaf fragments which could not determined to species comprised less than 0.01% of the sample content. Reindeer appear to feed on bryophytes seasonally but the species and relative proportion of the main species of bryophytes consumed do not change significantly. Obviously the eating habits of reindeer are selective.

We also measured the coverage and phytomass of bryophytes of four forest types used by reindeer: *Pinus pumila*-*Larix gmelinii* forests, *Ledum palustre* var. *angustum*-*Larix gmelinii* forests, *Rhododendron dahuricum*-*Larix gmelinii* forests and *Helodia*. The result shows the coverage and phytomass of one or two species of bryophytes are higher than other species in every forest and *Hylocomium splendens*, *Sphagnum* spp. and *Pleurozium schreberi* are dominant bryophytes in the four types of forests we investigated. The genera found in the reindeer feces account for 45.5% of the genera by the total number of genera found in the four forest types. If grazing reindeer prefer to graze the most abundant bryophytes in their habitat, these species would have more grazing pressure than less frequent species. The selection of bryophytes by reindeer is determined by the abundance of the bryophyte species itself.

Key Words: reindeer; bryophyte; faeces; coverage

驯鹿是生活在寒温带森林地区的半野生动物,喜潮湿,极耐寒冷,是北极和亚北极地区大型哺乳动物区系的典型代表^[1-2]。在中国,驯鹿仅存于大兴安岭北敖鲁古雅民族自治乡以及呼伦贝尔盟额尔古纳河西岸^[3],是鄂温克族猎民狩猎的重要运输工具^[4],为国家Ⅱ级重点保护动物^[5]。据统计,2004 年仅剩 600 只左右^[6]。驯鹿口腔中舌表面的乳头柔软,瘤胃乳头十分发达^[7],通常以森林中的苔草、落叶灌木的叶片、蘑菇、地衣和苔藓等为食^[8]。在冬季和冬季快要来临的时候,苔藓被大量食用,成为主要的越冬食物^[9]。

苔藓植物体型微小,分布广泛。由于体内含有多种次生代谢物质和具有各种生物学活性的天然化合物,包括细胞毒性、细胞生长抑制、抗微生物、昆虫拒食等,通常认为苔藓植物是不被各种动物采食的^[10]。然而,研究发现北极地区相当数量的鸟类和哺乳类将苔藓作为食物的来源^[9]。1978 年,Ekern、Kildemo 和 Parker 同时记录了驯鹿采食苔藓的情况^[11-12];1984 年,Boertje 在研究北美驯鹿的季节性食物时发现,在冬季,苔藓占食物总量的 10%^[13]。苔藓的低消化率使驯鹿只能获得极低的能量,但苔藓中多链可溶性脂肪酸尤其是花生四烯酸的含量较高,这种脂肪酸能够提高动物的御寒能力,这可能是驯鹿和其它生活在寒冷地区的动物采食苔藓的原因^[11]。

驯鹿的食物组成已经比较清楚^[13-14],但对食物中苔藓植物的种类还没有专门的研究。本文通过对生活在内蒙古大兴安岭驯鹿的粪便和栖息地苔藓植物盖度和生物量的观察和测定,进一步探讨驯鹿食用苔藓的种属及其与分布的关系,为开发利用苔藓植物资源和驯鹿的保护提供基础资料。

1 材料和方法

1.1 研究区域概况

中国的驯鹿种群仅生活在大兴安岭北部,位于东经 121° 05'4"—122°53'00",北纬 51° 20'4"—52° 30'00",活动面积约 70 万 hm^2 ^[15],活动范围东到卡马兰和呼玛河,南到汗马,西至满归,北在敖鲁古雅河流域,海拔在 700—1300 m。大兴安岭属温带大陆性气候,冬季严寒,夏季酷热,全年最低温度 1 月份为 -43.4 °C,最高温度 6 月份为 29.6 °C,月平均温度 1 月份是 -27.9 °C,7 月份为 17 °C。降水量 300—500 mm,无霜期 82 d 左右^[16]。森林植被以落叶松为主,有偃松-落叶松林、杜香-落叶松林、杜鹃-落叶松林和沼泽,还有白桦-樟子松混交林和灌木丛等。河谷地带为草甸和森林湿草原,在地面与岩石表面及倒朽木上生长着菌类、地衣和苔藓植物地被层。

1.2 材料和取样地点

取样点设在内蒙古呼伦贝尔市根河市满归敖鲁古雅鄂温克民族乡,对驯鹿活动区域内偃松-落叶松林、杜香-落叶松林、杜鹃-落叶松林和沼泽进行了盖度和生物量的取样测定。1999 年野外采集 4 月、6 月和 9 月驯鹿的粪便。

1.3 观察与测定方法

将 3 个月份驯鹿的粪便在蒸馏水中浸泡 2—3 d,浸润后取出用镊子轻轻将粪便在标有方格(方格边长 2 cm,内有 100 个小方格)的载玻片表面平铺展开,观察含有的苔藓种类,在加照相机的显微镜下观察、鉴定、拍照,并统计苔藓植物占有的方格数和在方格中的百分比,计算百分含量。每个月份的粪便取 10 颗,每颗取 3 个不同部分。

调查各林型地被层中苔藓植物的盖度、生物量和 pH 值。苔藓植物盖度是在取样地分别随机选取 10—20 个 10 m×10 m、1 m×1 m 和 10 cm×10 cm 的样方测定总盖度和分盖度,并以 10 cm×10 cm 样方内全部苔藓植物测定生物量。生物量(kg/hm^2)=干重(kg/m^2)×盖度×10⁴。

数据分析采用 Excel 2003 和 DPS V3.01 软件处理数据,采用单因素方差分析和 Duncan 新复级差法比较不同数据组间的差异显著性。

2 结果分析

2.1 驯鹿粪便内主要苔藓种类

通过对驯鹿粪便的显微观察发现,只有苔藓植物残留叶片的形态比较完整,清晰可辨,并占有较大比例。3 个月份的粪便中均主要有 4 个属:赤茎藓属(*Pleurozium* Mitt.)、曲尾藓属(*Dicranum* Hedw.)、皱蒴藓属(*Aulacomnium* Schwaegr.)和毛叶苔属(*Ptilidium* Nees)。桧叶金发藓(*Polytrichum juniperinum*)只在 9 月份的粪便中较多。偶见对齿藓(*Didymodon rigidicaulis*)和砂藓属(*Racomitrium* Brid.),还有少量叶碎片极小,无法确定属种,总量在粪便中的比例小于 0.01%。

① 赤茎藓(*Pleurozium schreberi*)特征 叶疏散覆瓦状排列,叶缘平直或内曲,平滑,叶细胞狭长菱形,厚壁,平滑,基部细胞较短宽,常有壁孔,角细胞圆形或长圆形,厚壁(图 1-1)。

② 曲尾藓属(*Dicranum* Hedw.)特征 大部分叶黄色或黄绿色,基部宽,上部边缘常内卷成管状,全缘或有锯齿;叶上部细胞长方形,方形或长椭圆形,平滑或具疣,薄壁或厚壁,具壁孔,基部细胞长方形或长椭圆形,常有壁孔,角细胞大型,多呈黄褐色,方形或圆方形,厚壁,角细胞与中肋之间常有无色透明的大细胞。观察到的包括长叶曲尾藓(*Dicranum elongatum*)(图 1-2)、日本曲尾藓(*Dicranum japonicum*)(图 1-3)、波叶曲尾藓(*Dicranum polysetum*)(图 1-4)和曲尾藓(*Dicranum scoparium*)(图 1-5)。

③ 沼泽皱蒴藓(*Aulacomnium palustre*)特征 叶长椭圆形或长圆披针形,内凹,先端圆钝或急尖,基部不下延或稍下延,叶缘平滑或在顶端具齿,叶细胞小,圆形或不规则六边形,壁厚平滑或两面具中央单疣,下部细胞稍增大(图 1-6)。

④ 毛叶苔(*Ptilidium ciliare*)特征 叶边缘具长毛,腹叶小于侧叶,边缘有长毛,叶细胞壁不均匀加厚,有壁孔,三角体明显,球形或长椭圆形(图 1-7)。

⑤ 桧叶金发藓(*Polytrichum juniperinum*)特征 边缘细胞多列,壁厚,方形,圆形或扁长圆形,平滑透明,鞘部细胞长方形(图 1-8)。

⑥ 对齿藓(*Didymodon rigidicaulis*)特征 叶边全缘或稀具齿,具狭背卷边,腹部表面细胞狭长圆形或圆方形,叶上部细胞圆形、圆方形或菱形,壁稍加厚,平滑或具低而钝的圆疣,基部细胞长圆形或圆方形(图 1-9)。

尽管苔藓植物体型微小、形态较难区分,但驯鹿对苔藓植物却能很好的分辨,采食种属相对固定,一些偶尔出现的种属可能是由于不同种属苔藓植物常交织生长或和其它植物混杂在一起而被误食。

2.2 粪便中苔藓植物含量比较

4 月份的粪便中,苔藓植物占整个粪便的 5.63%。赤茎藓(*Pleurozium schreberi*)的数量最多,占苔藓总数

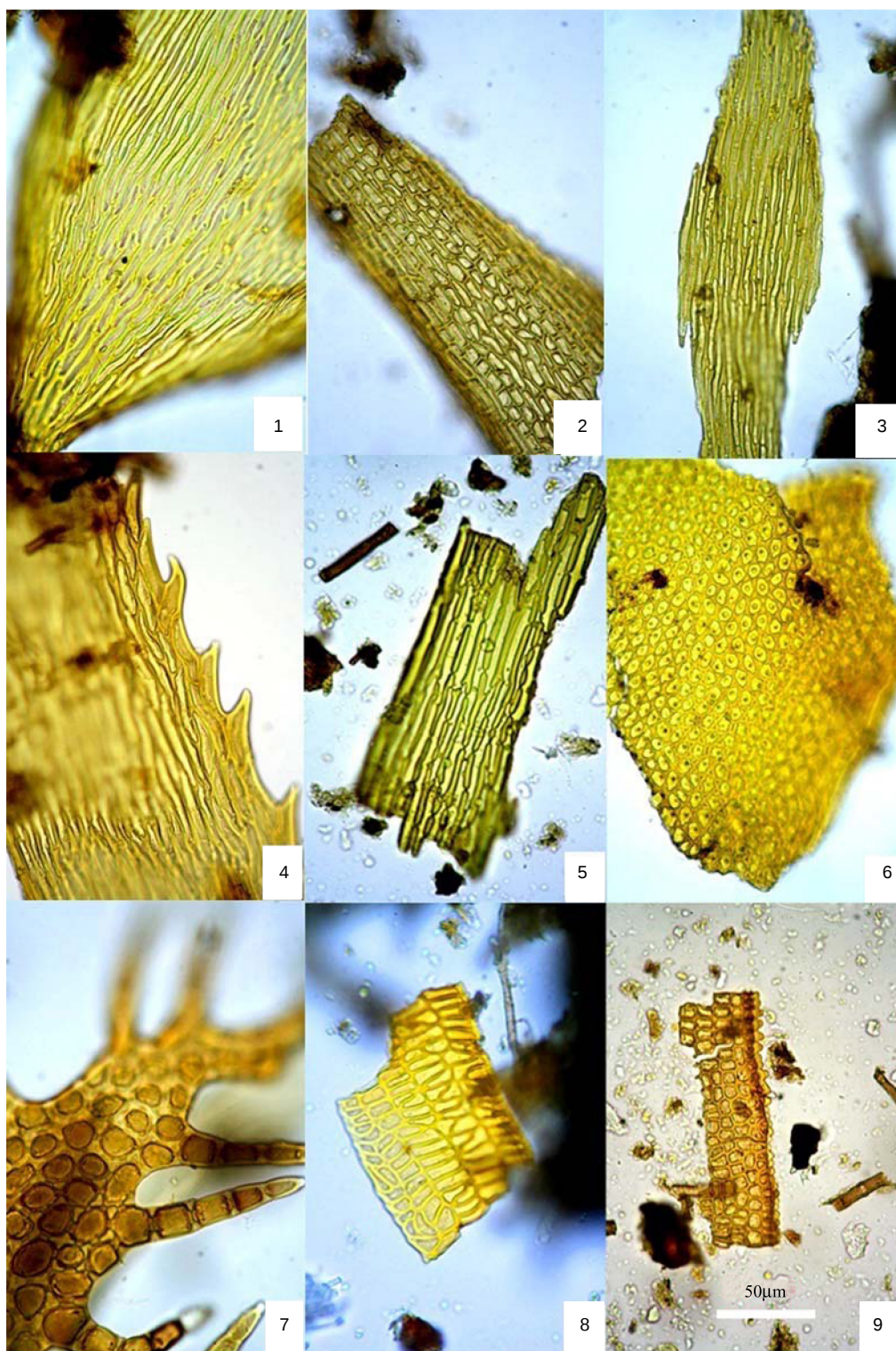


图1 1. 赤茎藓;2. 长叶曲尾藓;3. 日本曲尾藓;4. 波叶曲尾藓;5. 曲尾藓;6. 沼泽皱蒴藓;7. 毛叶苔;8. 桧叶金发藓;9. 对齿藓

Fig.1 1. *Pleurozium schreberi*; 2. *Dicranum elongatum*; 3. *Dicranum japonicum*; 4. *Dicranum polysetum*; 5. *Dicranum scoparium*; 6. *Aulacomnium palustre*; 7. *Ptilidium ciliare*; 8. *Polytrichum juniperinum*; 9. *Didymodon rigidicaulis*

的 93.9%; 曲尾藓 (*Dicranum* spp.)、沼泽皱蒴藓 (*Aulacomnium palustre*) 和毛叶苔 (*Ptilidium ciliare*) 的比例相似, 只占 0.1%—0.16%; 其余种属的总量少于苔藓总数的 0.01%。满归 4 月份气温在 -4°C 到 -5°C , 而驯鹿则是在 3、4 月份开始脱角, 这一时期驯鹿的活动量较大^[8], 采食效率较高。

6 月的粪便含水分较多,粪便较稀呈扁圆形。苔藓植物明显减少,仅占粪便的 2.2%。赤茎藓(*Pleurozium schreberi*)依然是食用最多的种类,占苔藓总数的 74%,较 4 月份已有下降;曲尾藓(*Dicranum* spp.)的含量有所提高,多于沼泽皱蒴藓(*Aulacomnium palustre*)和毛叶苔(*Ptilidium ciliare*),占苔藓总数的 17%;其余属种含量极低。进入夏季后,气温升高,阴雨连绵,蚊虻四起。驯鹿白天在“蚊烟”附近卧息,到了 20:00—21:00 以后无蚊虻骚扰时方出去采食^[16]。因此,这一时期采食效率降低。

9 月,驯鹿进入发情期^[17]。苔藓植物在整个粪便中的含量达到 12.92%,依然是赤茎藓(*Pleurozium schreberi*)占的比例最大,为苔藓总数的 90.4%;曲尾藓(*Dicranum* spp.),沼泽皱蒴藓(*Aulacomnium palustre*)和毛叶苔(*Ptilidium ciliare*)比例相近,曲尾藓(*Dicranum* spp.)相对较多;其余属种总量少于苔藓总数的 0.01%(表 1)。

可以看出,由于气候和采食效率的不同,驯鹿对苔藓植物的采食呈现出一定的季节性。但采食苔藓植物的种属和相对比例并没有发生大的变化,赤茎藓(*Pleurozium schreberi*)始终占粪便中苔藓植物的 70% 以上,是驯鹿采食苔藓植物中最主要的对象,采食具有明显的选择性。

表 1 苔藓植物在粪便中的百分含量

Table 1 Average percentages(±s. d.) of discerned bryophyte in fecal samples

苔藓 Bryophyte	4 月 April	6 月 June	9 月 September
赤茎藓 <i>Pleurozium schreberi</i>	5.29±1.072 ^a	1.63±0.275 ^a	11.69±2.533 ^a
曲尾藓 <i>Dicranum</i> spp.	0.16±0.046 ^b	0.37±0.085 ^b	0.62±0.064 ^b
毛叶苔 <i>Ptilidium ciliare</i>	0.12±0.108 ^b	0.01±0.010 ^d	0.41±0.047 ^{bc}
沼泽皱蒴藓 <i>Aulacomnium palustre</i>	0.10±0.025 ^b	0.19±0.020 ^c	0.17±0.068 ^c
桧叶金发藓 <i>Polytrichum juniperinum</i>			0.02±0.17
苔藓总量 Total bryophyte	5.63±1.108 ^b	2.2±0.295 ^c	12.92±2.574 ^a

不同字母表示在 0.05 水平有显著差异,相同字母表示没有差异;苔藓总量为不同月份间比较,种属间为单个月份内比较

2.3 驯鹿活动区域苔藓植物盖度及生物量

偃松-落叶松林 取样地海拔 840—1050 m, pH 值 3.9—4.4,建群层片优势种是塔藓(*Hylocomium splendens*)、毛梳藓(*Ptilium crista-castrensis*)和赤茎藓(*Pleurozium schreberi*),总盖度 87.0%,总生物量为 8352.6 kg/hm²;

杜香-落叶松林 取样地海拔 850 m, pH 值 4.5—5.5,建群层片优势种是赤茎藓、毛梳藓和泥炭藓(*Sphagnum* spp.),总盖度 65.3%,总生物量为 7087.3 kg/hm²;

杜鹃-落叶松林 取样地海拔 750—900 m, pH 值 4.4—4.5,建群层片优势种是赤茎藓、毛梳藓和泥炭藓(*Sphagnum* spp.),总盖度 18%,总生物量为 2346.5 kg/hm²;

沼泽 取样地海拔 850 m, pH 值 5.5—5.6,建群层片优势种是泥炭藓(*Sphagnum* spp.)和沼泽皱蒴藓(*Aulacomnium palustre*),总盖度 80%,总生物量为 10075.4 kg/hm²(表 2)。

由表 2 可以看出,驯鹿生活区域内 4 种林型地被层都是以 1—2 种苔藓植物的盖度和生物量最大。大兴安岭林区以塔藓(*Hylocomium splendens*)、泥炭藓(*Sphagnum* spp.)和赤茎藓(*Pleurozium schreberi*)为主,这种分布除与纬度、气候和降雨量有关外,还和森林类型、郁闭度和土壤的 pH 值有关。

2.4 食物选择与苔藓盖度间的关系

驯鹿 3 个月份的粪便中所观察到的苔藓植物在所研究的区域中均有分布,被采食的属占 4 种林型中苔藓植物总属数的 45.5%。比例最多的赤茎藓(*Pleurozium schreberi*)除在沼泽没有分布外,在其它 3 个林型中都是建群层片优势种,而在杜香-落叶松林中盖度最大,达到了 43.5%。赤茎藓主要分布在阳光较多、湿度适中的灌木林下而大面积成片生长,满足了驯鹿大量采食的需要;6 月和 9 月食用较多的曲尾藓(*Dicranum* spp.)除在沼泽外的 3 个林型中均有分布,但盖度低,仅有赤茎藓的 0.93%、6.9% 和 22.2%。曲尾藓(*Dicranum* spp.)呈小簇分布,总生物量不高,采食困难,但驯鹿依然能够找到并食用一定的数量,说明曲尾藓(*Dicranum*

spp.)是驯鹿主要采食的苔藓植物之一;沼泽皱蒴藓 (*Aulacomnium palustre*) 在沼泽中为优势种,在其它 3 个林型中与桧叶金发藓(*Polytrichum juniperinum*) 和毛叶苔 (*Ptilidium ciliare*) 的盖度相近(0.1%—2.5%),其中对毛叶苔和沼泽皱蒴藓的采食较多,桧叶金发藓则很少被食用。通过以上几种情况可以看出:驯鹿对苔藓植物的采食以少数属种为主,盖度大的属种较盖度小的属种可以更多地被采食到,驯鹿对苔藓植物的选择食用与苔藓植物本身的丰富度相关。

表 2 驯鹿生活区域 4 种林型地被层苔藓植物盖度及生物量

Table 2 The bryophyte coverage and phytomass in four types of forests that reindeers are living in						
苔藓 Bryophyte	偃松-落叶松林 <i>Pinus pumila-Larix gmelinii</i> forests			杜香-落叶松林 <i>Ledum palustre</i> var. <i>angustum-Larix gmelinii</i> forests		
	盖度	生物量 Phytomass		盖度	生物量 Phytomass	
	Coverage/%	g/100cm ²	kg/hm ²	Coverage/%	g/100cm ²	kg/hm ²
塔藓 <i>Hylocomium splendens</i>	75.0	8.9	6675.0	3.5	8.9	311.5
赤茎藓 <i>Pleurozium schreberi</i>	2.5	17.4	435.0	43.5	10.0	4350.0
毛梳藓 <i>Ptilium crista-castrensis</i>	7.0	12.8	896.0	5.8	12.8	742.4
泥炭藓 <i>Sphagnum</i> spp.	1.1	16.0	176.0	4.5	12.9	580.5
曲尾藓 <i>Dicranum</i> spp.	0.7	10.0	70.0	3.0	10.0	300.0
金发藓 <i>Polytrichum</i> spp.	0.6	15.6	93.6	2.3	23.5	540.5
毛叶苔 <i>Ptilidium ciliare</i>	0.1	7.0	7.0			
沼泽皱蒴藓 <i>Aulacomnium palustre</i>				2.3	10.0	230.0
垂枝藓 <i>Rhytidium rugosum</i>				0.4	8.1	32.4
大叶湿原藓 <i>Calliergon Giganteum</i>						
毛青藓 <i>Tomenthypnum nitens</i>						

苔藓 Bryophyte	杜鹃-落叶松林 <i>Rhododendron dahuricum-Larix gmelinii</i> forests			沼泽 <i>Helodia</i>		
	盖度	生物量 Phytomass		盖度	生物量 Phytomass	
	Coverage/%	g/100cm ²	kg/hm ²	Coverage/%	g/100cm ²	kg/hm ²
塔藓 <i>Hylocomium splendens</i>	0.5	10.5	52.5			
赤茎藓 <i>Pleurozium schreberi</i>	4.5	15.0	675.0			
毛梳藓 <i>Ptilium crista-castrensis</i>	3.5	12.0	420.0			
泥炭藓 <i>Sphagnum</i> spp.	4.0	13.5	540.0	65.0	12.9	8385.0
曲尾藓 <i>Dicranum</i> spp.	1.0	8.25	82.5			
金发藓 <i>Polytrichum</i> spp.	2.0	14.2	284.0	1.6	19.6	313.6
毛叶苔 <i>Ptilidium ciliare</i>						
沼泽皱蒴藓 <i>Aulacomnium palustre</i>	2.5	11.7	292.5	11.5	9.9	1138.5
垂枝藓 <i>Rhytidium rugosum</i>						
大叶湿原藓 <i>Calliergon giganteum</i>				1.3	13.3	172.9
毛青藓 <i>Tomenthypnum nitens</i>				0.6	10.9	65.4

3 讨论

3.1 驯鹿食物中苔藓植物的种类

有研究发现,在驯鹿食用苔藓的 60h 后,瘤胃中仅有 3%—11% 的苔藓被消化^[18],苔藓的低消化率为通过对粪便的显微观察来确定驯鹿食用苔藓植物的种属提供了前提。本次研究中发现驯鹿采食的苔藓植物主要有 4 个属,分别是赤茎藓属 (*Pleurozium* Mitt.)、曲尾藓属 (*Dicranum* Hedw.)、皱蒴藓属 (*Aulacomnium* Schwaegr.) 和毛叶苔属 (*Ptilidium* Nees)。其中赤茎藓 (*Pleurozium schreberi*) 占粪便中苔藓植物的 70% 以上,其他苔藓植物仅占相对较低的比例。本研究中赤茎藓是采食最多的种类,与 Kjell Danell 等^[19]通过对驯鹿觅食习惯和栖息地植物分布的观察认为赤茎藓是驯鹿主要采食的种类一致。国外学者对北美驯鹿的食物组成有很详细的研究,多是将苔藓植物作为一大类计算在食物中的含量,其中一些涉及苔藓植物的种类,包括:在

加拿大中北部冻原带生活的驯鹿主要采食泥炭藓(*Sphagnum* spp.), 皱叶曲尾藓(*Dicranum undulatum*), 波叶曲尾藓(*Dicranum polysetum*), 赤茎藓(*Pleurozium schreberi*), 桧叶金发藓(*Polytrichum juniperinum*), 直叶金发藓(*Polytrichum strictum*), 毛尖金发藓(*Polytrichum piliferum*) 和毛叶苔(*Ptilidium ciliare*)^[20]; 在阿尔卑斯山低海拔地区的驯鹿主要采食曲尾藓(*Dicranum scoparium*), *Barbilophozia floerkei*, *Polytrichum* coll., 阔叶细裂瓣苔(*Barbilophozia lycopodioides*) 和赤茎藓(*Pleurozium schreberi*) 等^[21]; 在加拿大丛林地区的驯鹿主要采食曲尾藓属(*Dicranum* spp.), 塔藓(*Hylocomium splendens*), 赤茎藓(*Pleurozium schreberi*), 金发藓属(*Polytrichum* spp.), 毛梳藓(*Ptilium crista-castrensis*) 和泥炭藓(*Sphagnum* spp.)^[22]。

动物的食性与其所处环境条件密切相关^[23]。只有那些分布较多, 易于采食和适口性好的苔藓植物才会被大量取食。本研究与以上研究中驯鹿食用苔藓的种类大部分相同, 有少数种存在不同, 这可能是由于各地苔藓分布和生物量的不同或是未采集到相关的粪便而导致的。

3.2 驯鹿对苔藓植物的选择性

根据 Robert G. 等的研究, 驯鹿对食物的选择涉及植物的丰富度、营养含量、可消化性和次级化合物的组成^[24]。在气候适宜, 食物丰富的季节, 驯鹿喜食菌类、落叶性灌木的嫩叶、非禾本草植物以及莎草^[25-26]。由于苔藓植物只在寒冷的季节才被大量食用, 在化学成分方面, 矿质含量、含糖量和热值与其他高等植物相似, 蛋白质含量低^[27], 并且含有高浓度的酸性洗涤纤维(ADF)而使苔藓极难被消化, 因此, 驯鹿食用苔藓并不能获取足够的营养和能量, 而是获取一种特殊物质——花生四烯酸, 可以提高自身的御寒能力^[11]。本研究中驯鹿采食最多的赤茎藓(*Pleurozium schreberi*), 其花生四烯酸含量达到了总脂质的 30%—40%^[28], 在被食用的苔藓中是最高的。曲尾藓属(*Dicranum* Hedw.) 的花生四烯酸含量占总脂质的 6%—10%^[29-30], 在同类中不算高, 但却具有较高的氮含量, 使得其适口性更佳, 更容易被消化^[26], 在盖度较低的情况下也被更多地采食。桧叶金发藓(*Polytrichum juniperinum*) 和沼泽皱蒴藓(*Aulacomnium palustre*) 的花生四烯酸含量只有总脂质的 5%^[27], 被采食量也相对较低。因此, 苔藓植物中花生四烯酸的含量是影响驯鹿采食的重要因素。

与赤茎藓花生四烯酸含量相当的塔藓(*Hylocomium splendens*) (花生四烯酸含量占总脂质的 30%—40%^[31]) 在国外文献中有被驯鹿采食的报道, 本研究中塔藓的盖度和生物量也较高, 但在粪便中却没有发现, 可能是由于未采集到有关的粪便。在 4 种林型均有分布的泥炭藓(*Sphagnum* spp.) 的花生四烯酸含量在夏季达到了总脂质的 31%^[28], 但却很少有被动物采食的记录, 本研究中也未发现。有研究认为, 低氮水平和含有抗分解的泥炭藓醇可能导致了泥炭藓不被采食^[29-30]。不同次级化合物的组成情况可以部分解释不同苔藓植物被喜食程度的不同, 而关于苔藓植物的次级化合物的组成情况尚不完全清楚^[31], 驯鹿活动区域内其余分布较多的苔藓植物未被食用的原因还有待进一步研究。

3.3 苔藓植物对驯鹿的价值

尽管苔藓植物在驯鹿夏季的食物中含量不多, 但在寒冷季节占到食物总量的 5%—10% 左右, 是主要的越冬食物。在苔藓植物中高的 ADF 含量表明其含有的木质素较多, 与消化能力呈明显的负相关关系^[19]。有研究发现, 驯鹿食用高山金发藓(*Polytrichum alpinum*) 获得的最大净能量只有 $78 \times 4.813 \text{ J/g}$, 而采食同时期的苔原草类食物则有 $1281 \times 4.813 \text{ J/g}$ ^[11]。由于苔藓很难被消化, 驯鹿只能从中获得极其有限的能量。但苔藓中花生四烯酸的含量在已报道的植物中是最高的(30%—40%)^[11, 28], 并且这种不饱和脂肪酸不存在于更高等的植物中。在动物体内, 花生四烯酸是具有高度生物活性的前列腺素的一种前体^[32], 这些前列腺素可以调节正常的细胞分裂、胎儿以及出生时血液动力学的变化; 花生四烯酸熔点低(-49.5°C), 可以降低肢体内脂肪的熔点, 有助于保持肢体在低温条件下的灵活性和保护细胞膜不受寒冷的侵害^[11]。然而, 动物自身并不能直接合成花生四烯酸, 为了在寒冷环境中生存, 必须从食物中获得足够的花生四烯酸。

由于苔藓植物低的消化率, 苔藓并没有像地衣(也含有花生四烯酸, 在冬季占食物总量的 62%^[13]) 那样成为冬季驯鹿大规模觅食的对象, 只占到食物总量的 10% 左右^[13-14, 19]。

4 结论

驯鹿在气候寒冷的时候大量食用苔藓植物, 采集具有明显的选择性。食用苔藓植物主要是为了获取其中

较高含量的花生四烯酸,因此,在可食用的种类中花生四烯酸含量高的苔藓植物必然成为首选,当然这种苔藓植物还要在当地有较大的盖度和生物量。还存在一些问题有待进一步研究:(1)除去植物分布的影响,在众多的苔藓植物中,有哪些是可以食用的,并且最受喜爱采食的种类有哪些;(2)采食苔藓植物的量与生活环境温度气温的关系;(3)苔藓植物对驯鹿还有哪些其它的影响。

References:

- [1] Zhong L C, Lu X D. Distribution and status of reindeer in the world. *Journal of Economic Animal*, 2008, 12 (1): 46-48.
- [2] Røed K H, Ferguson M A D, Çrête M, Bergerud T A. Genetic variation in transferrin as a predictor for differentiation and evolution of caribou from eastern Canada. *Rangifer*, 1991, 11(2): 65-74.
- [3] Wang X M, Xu X J, Han Y. Organisation studies on the main peripheral immune organ of reindeers. *Veterinarian of Inner Mongolia*, 2002, (5): 6-8.
- [4] Ren G Y. Various Russian ethnic reindeer husbandry and reindeer culture. *Journal of South-Central University for Nationalities: Humanities and Social Sciences*, 2009, 29(6): 51-56.
- [5] Xu D W, Liu Z J, Shi L H, Li Y Z. Research survey of hypodermosis in reindeer of our country. *Chinese Journal of Veterinary Parasitology*, 2008, 16(5): 42-45.
- [6] Zhong L C, Zhu L F, Lu X D. Origin, historical vicissitude and actuality of reindeer in China. *Journal of Economic Animal*, 2008, 12(2): 102-105.
- [7] Liu W M, Yang Y F, Dugeersiren, Qiao L, Erdermutu, Galazhabu. The anatomy of alimentary tract in Chinese reindeer (*Rangifer tarandus*). *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*, 2001, 16(1): 132-135.
- [8] Qi T S, Liu J Z. The feature and application of reindeers. *Special Wild Economic Animal and Plant Research*, 1995, (2): 59-61.
- [9] Wang Q, He S A, Wu P C. The role of bryophytes in biodiversity. *Chinese Biodiversity*, 1999, 7(4): 322-339.
- [10] Wang X N, Lou H X. Advances in studies on bioactive compounds from bryophytes. *Chinese Traditional and Herbal Drugs*, 2005, 36(2): 303-307.
- [11] Prins H H Th. Why are mosses eaten in cold environment only? *Oikos*, 1981, 38: 374-380.
- [12] Parker G R. The Diets of Muskoxen and Peary Caribou on Some Islands in the Canadian High Arctic. Ottawa: Canadian Wildlife Service, 1978, (35): 21-21.
- [13] Boertje R D. Season diets of the Denali Caribou Herd, Alaska. *Arctic*, 1984, 37(2): 161-165.
- [14] Skogland T. Wild reindeer foraging-niche organization. *Holarctic Ecology*, 1984, 7(4): 345-379.
- [15] Yin R X, Wu J P, Wang J, Liu S W. The reindeer in China. *Chinese Wildlife*, 1999, 20(4): 34-34.
- [16] Zhao Y J. Ecology and use of reindeers in Greater Hinggan Mountains. *Chinese Journal of Zoology*, 1975, (2): 25-26.
- [17] Wang Z W. The cash cow of the Ewenki—reindeers. *Chinese Journal of Grass and Livestock*, 1998, (3): 38-39.
- [18] Longdon R E. The role of bryophytes in terrestrial ecosystems. *Journal of the Hattori Botanical Laboratory*, 1984, 55: 147-163.
- [19] Danell K, Utsi P M, Palo R T, Eriksson O. Food plant selection by reindeer during winter in relation to plant quality. *Ecography*, 1994, 17(2): 153-158.
- [20] Thomas D C, Kroeger P, Hervieux D. *In vitro* digestibilities of plants utilized by barren-ground caribou. *Arctic*, 1984, 37(1): 31-36.
- [21] Austrheim G, Mysterud A, Hassel K, Evju M, Økland R H. Interactions between sheep, rodents, graminoids, and bryophytes in an oceanic alpine ecosystem of low productivity. *Ecoscience*, 2007, 14(2): 178-187.
- [22] Rettie W J, Sheard J W, Messier F. Identification and description of forested vegetation communities available to woodland caribou: relating wildlife habitat to forest cover data. *Forest Ecology and Management*, 1997, 93(3): 245-260.
- [23] Liu W, Yang W K, Xu W X. Food habits of the Kulan (*Equus hemionus*) in autumn. *Acta Theriologica Sinica*, 2008, 28(1): 33-36.
- [24] White R G, Trudell J. Habitat preference and forage consumption by reindeer and caribou near Atkasook, Alaska. *Arctic and Alpine Research*, 1980, 12(4): 511-529.
- [25] Nieminen M, Heiskari U. Diets of freely grazing and captive reindeer during summer and winter. *Rangifer*, 1989, 9(1): 17-34.
- [26] Bergerud T. Food habits of newfoundland caribou. *The Journal of Wildlife Management*, 1972, 36(3): 913-923.
- [27] Staaland H, Brattbakk I, Ekern K, Kildemo K. Chemical composition of reindeer forage plants in Svalbard and Norway. *Holarctic Ecology*, 1983, 6(2): 109-122.
- [28] Gellerman J L, Anderson W H, Richardson D G, Schlenk H. Distribution of arachidonic and eicosapentaenoic acids in the lipids of mosses. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Lipids and Lipid Metabolism*, 1975, 388(2): 277-290.

- [29] Guschina I A, Dobson G, Harwood J L. Lipid metabolism in the moss *Dicranum scoparium*: effect of light conditions and heavy metals on the accumulation of acetylenic triacylglycerols. *Physiologia Plantarum*, 2002, 116(4): 441-450.
- [30] Zhao X E, Sun Q, Suo Y R, Liu S J, Chen G C, Sun X J, You J M. Pre-column derivatization-HPLC determination of free fatty acids in soil and bryophyte with fluorescence detection and mass spectrometric identification. *Journal of Instrumental Analysis*, 2006, 25(5): 1-6.
- [31] Eskelinen O. Diet of the wood lemming *Myopus schisticolor*. *Annales Zoologici Fennici*, 2002, 39(1): 49-57.
- [32] Yi Y J. Waiting for exploitation of domestic medicinal bryophytes resources. *Chinese Traditional and Herbal Drugs*, 1999, 30(9): appendix 3-appendix 4.

参考文献:

- [1] 钟立成, 卢向东. 世界驯鹿亚种分布与现状. *经济动物学报*, 2008, 12(1): 46-48.
- [3] 王秀梅, 徐晓静, 韩毅. 驯鹿主要周围免疫器官的组织学研究. *内蒙古兽医*, 2002, 75(5): 6-8.
- [4] 任国英. 俄罗斯各民族的驯鹿饲养业与驯鹿文化. *中南民族大学学报: 人文社会科学版*, 2009, 29(6): 51-56.
- [5] 徐大伟, 刘志江, 石丽华, 李云章. 我国驯鹿皮蝇蛆病的研究概况. *中国兽医寄生虫病*, 2008, 16(5): 42-45.
- [6] 钟立成, 朱立夫, 卢向东. 我国驯鹿的起源、历史变迁与现状. *经济动物学报*, 2008, 12(2): 102-105.
- [7] 刘为民, 杨银凤, 都格尔斯仁, 乔灵, 额尔敦木图, 嘎拉扎布. 中国驯鹿消化道的结构特点. *华北农学报*, 2001, 16(1): 132-135.
- [8] 齐藤胜, 刘继忠. 驯鹿的特点和利用. *特产研究*, 1995, (2): 59-61.
- [9] 汪庆, 贺善安, 吴鹏程. 苔藓植物的多样性研究. *生物多样性*, 1999, 7(4): 322-339.
- [10] 王小宁, 娄红祥. 苔藓植物生物活性成分研究进展. *中草药*, 2005, 36(2): 303-307.
- [15] 印瑞学, 吴建平, 王君, 刘绍文. 中国驯鹿的现状. *野生动物*, 1999, 20(4): 34-34.
- [16] 赵英杰. 大兴安岭驯鹿的生态和利用. *动物学杂志*, 1975, (2): 25-26.
- [17] 王泽文. 鄂温克族的“摇钱树”——驯鹿. *中国草食动物*, 1998, (3): 38-39.
- [23] 刘伟, 杨维康, 徐文轩. 蒙古野驴的秋季食性分析. *兽类学报*, 2008, 28(1): 33-36.
- [30] 赵先恩, 孙菁, 索有瑞, 刘素娟, 陈桂琛, 孙学军, 尤进茂. 柱前衍生-反相高效液相色谱荧光测定及质谱鉴定土壤和苔藓中的脂肪酸. *分析测试学报*, 2006, 25(5): 1-6.
- [32] 衣艳君. 等待开发的国内药用苔藓资源. *中草药*, 1999, 30(9): 附3-附4.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 13 July, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Spatiotemporal variation of plant community aspections in the north-subtropical zone of eastern China	CHEN Xiaoqiu, QI Xiaoran, A Shan, et al (3559)
Seasonal variations and environmental control impacts of evapotranspiration in a hilly plantation in the mountain areas of North China	HUANG Hui, MENG Ping, ZHANG Jinsong, et al (3569)
Intra- and inter-specific variations in stem respiration for 14 temperate tree species in northeastern China	XU Fei, WANG Chuankuan, WANG Xingchang (3581)
Assessment of the ecological health of wetlands in Honghe supported by RS and GIS techniques	WANG Yihan, ZHOU Demin, SUN Yonghua (3590)
Phytoplankton community structure in Qinzhou Bay during flood season by analysis of HPLC photosynthetic pigment signatures	LAN Wenlu, WANG Xiaohui, LI Mingmin (3601)
Irreplaceability-based function zoning of nature reserves in the Three Rivers Headwater Region of Qinghai Province	QU Yi, WANG Xiulei, LUAN Xiaofeng, et al (3609)
Effects of snowmelt timing on individual growth and reproduction of <i>Pedicularis davidii</i> var. <i>pentodon</i> on the eastern Tibetan Plateau	CHEN Wennian, WU Yan, WU Ning, et al (3621)
Response of foliar $\delta^{13}\text{C}$ of <i>Quercus spinosa</i> to altitudinal gradients	FENG QiuHong, CHENG Ruimei, SHI Zuomin, et al (3629)
Soil water and nutrient characteristics of alfalfa grasslands at semi-arid and semi-arid prone to drought areas in southern Ningxia	REN Jingjing, LI Jun, WANG Xuechun, et al (3638)
Aboveground biomass of natural <i>Castanopsis fissa</i> community at the Xiaokeng of NanLing Mountain, Southern China	LI Gen, ZHOU Guangyi, WANG Xu, et al (3650)
Impacts of grazing on herbage quality of the alpine and subalpine meadows within Wutai Mountain	ZHANG Yiping, JIANG Yuan, LIU Quanru, et al (3659)
Short-term effects of warming on growth and stoichiometrical characteristics of <i>Abies fabri</i> (Mast.) Craib seedling in Gongga mountain	YANG Liudong, YANG Yan, WANG Genxu, et al (3668)
Manganese stress on morphological structures of leaf and ultrastructures of chloroplast of a manganese hyperaccumulator, <i>Phytolacca americana</i>	LIANG Wenbin, XUE Shengguo, SHEN Jihong, et al (3677)
Allelopathic potential of volatile oil from <i>Chenopodium ambrosioides</i> L. on root tip cells of <i>Vicia faba</i>	HU WanJun, MA Danwei, WANG Yanan, et al (3684)
Contents and cycling of microelements in Karst urban poplar plantations	WANG Xinkai, TIAN Dalun, YAN Wende, et al (3691)
Fungal flora and population structure of polypores in the Great Xingan Mountains	CUI Baokai, YU Changjun (3700)
Growth competition characteristics of <i>Microcystis aeruginosa</i> Kutz and <i>Scenedesmus obliquus</i> (Turp.) Kutz under non-steady-state nutrient limitation	ZHAO Xiaodong, PAN Jiang, LI Jinye, et al (3710)
The characters of salt-tolerance at different growth stages in cotton	WANG Junjuan, WANG Delong, FAN Weili, et al (3720)
Assessment of tributyltin ecotoxicity using a model animal nematode <i>Caenorhabditis elegans</i>	WANG Yun, YANG Yanan, JIAN Fenglei, et al (3728)
Effect of oil exploitation on soil nematode communities in Daqing Oilfield	XIAO Nengwen, XIE Deyan, WANG Xuexia, et al (3736)
Effect of habitat degradation on soil meso- and microfaunal communities in the Zoigê Alpine Meadow, Qinghai-Tibetan Plateau	WU Pengfei, YANG Daxing (3745)
Characteristics of the soil environment of Dongting Lake wetlands and its response to the converting farmland to lake project	LIU Na, WANG Kelin, XIE Yonghong, et al (3758)
Modeling the changes of yield and deep soil water in apple orchards in Weibei rainfed highland	ZHANG Shehong, LI Jun, WANG Xuechun, et al (3767)
Potential soil N_2O emissions and its controlling factors under different land use patterns on hilly-gully loess plateau	QI Jinhua, HUANG Yimei, ZHANG Hong, et al (3778)
Comparison between physiological properties and cold tolerance under low temperature treatment during different growing stages of rice in northeast central region of China	SONG Guangshu, SUN Zhongfu, SUN Lei, et al (3788)
Effect of sulfur on chlorophyll fluorescence of flue-cured tobacco at maturation stage	ZHU Yinghua, TU Naimei, XIAO Hanqian, et al (3796)
Effects of high temperature and strong light on chlorophyll fluorescence, the D1 protein, and Deg1 protease in Satsuma mandarin, and the protective role of salicylic acid	QIU Cuihua, JI Weiwei, GUO Yanping (3802)
Effect of plastic film mulching on the distribution and translocation of nitrogen in soil-lettuce system	LI Lili, LI Feili, LIU Qiuya, et al (3811)
An analysis on spatio-temporal dynamics of suitable habitats for waterbirds based on spatial zonation at Chongming Dongtan, Shanghai	FAN Xuezhong, ZHANG Liquan, YUAN Lin, et al (3820)
The bryophyte consumed by reindeers and species diversity of bryophyte in reindeer habitats	FENG Chao, BAI Xueliang (3830)
Evaluation of rainwater runoff storage by urban green spaces in Beijing	ZHANG Biao, XIE Gaodi, XUE Kang, et al (3839)
Review and Monograph	
Advances in methane-cycling microbial communities of permafrost and their response to global change	NI Yongqing, SHI Xuwei, ZHENG Xiaoji, et al (3846)
Heat transfer property of mammal pelage and its influencing factors	ZHENG Lei, ZHANG Wei, HUA Yan (3856)

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 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 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 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 13 期 (2011 年 7 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 31 No. 13 2011

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@csppg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 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 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