

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

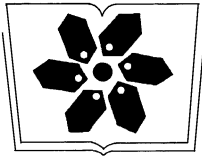
Acta Ecologica Sinica



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)
南岭小坑藜蒴栲栎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

章异平, 江源, 刘全儒, 任斐鹏. 放牧对五台山高山、亚高山草甸牧草品质的影响. 生态学报, 2011, 31(13): 3659-3667.

Zhang Y P, Jiang Y, Liu Q R, Ren F P. Impacts of grazing on herbage quality of the alpine and subalpine meadows within Wutai Mountain. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(13): 3659-3667.

放牧对五台山高山、亚高山草甸牧草品质的影响

章异平¹, 江 源^{2,*}, 刘全儒³, 任斐鹏²

(1. 河南科技大学林学院, 河南 洛阳 471003; 2. 北京师范大学地表过程与资源生态国家重点实验室, 北京 100875;

3. 北京师范大学生命学院, 北京 100875)

摘要:通过野外样地调查和室内分析,从牧草的适口性和营养成分两方面,研究了放牧对五台山高山、亚高山草甸牧草品质的影响。结果表明:放牧干扰草甸中适口性为喜食及以上的优质牧草种类为 20 种,喜食牧草在群落中的相对盖度最大,为 45.40%;与之相比,极度退化草甸中优质牧草种类为 13 种,乐食牧草的相对盖度最大,为 62.24%;喜食以上优质牧草的相对盖度最大值,出现在轻度退化草甸中,达到 65.95%。同一适口性等级牧草,在不同退化等级草甸中,种类发生变化。从放牧干扰草甸到极度退化草甸,牧草中的粗蛋白和灰分含量呈增加趋势,而中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维含量呈下降趋势。放牧压力下,五台山高山、亚高山草甸的牧草品质并未下降,但放牧造成的草甸生产力降低,制约了资源的可持续利用和保护。

关键词:五台山;放牧;牧草品质;营养成分;适口性;高山和亚高山草甸

Impacts of grazing on herbage quality of the alpine and subalpine meadows within Wutai Mountain

ZHANG Yiping¹, JIANG Yuan^{2,*}, LIU Quanru³, REN Feipeng²

1 College of Forestry, He'nan University of Science and Technology, Luoyang, He'nan, 471003, China

2 State Key Laboratory of Earth Surface Processes and Resource Ecology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China

3 College of Life Science, Beijing Normal University, Beijing 100875, China

Abstract: The subalpine and alpine meadow vegetation in Wutai Mountain, North China, distributed in altitude from about 2400 m a. s. l. through to 3061 m a. s. l. at the summit, serves as the largest summer mountainous pasture for cattle grazing around the local area. However, the degradation with different grades owing to overgrazing occurred in the meadow has been observed in both vegetation and soil. Referring to features of vegetation, five grades of meadow degradation relating to different grazing pressure have been recognized in the area through our earlier studies.

This paper, based on the analysis in nutrient composition and palatability of herbage, aimed to determine the effects of grazing intensity on herbage quality of the subalpine and alpine meadow vegetation within Wutai Mountain. In total 85 quadrat (sized in 1m×1 m) data sampled during the field survey in 2006 were involved in the analysis.

The results showed that: (1) According to animals' grazing behavior, the grass species in meadows were grouped into six herbage grades in eating-palatability as, addicted-to, delighted-in, happy-to, just-pick-at, little to and never-touch. In the meadows under conventional interference of grazing, the most palatable herbages (species in the addicted-to and the delighted-to groups) reached 20 species, while in the extremely degraded meadows, those species appeared only down to 13. Also, according to the relative cover of a meadow community, which was classified into five grades in light of meadow degradation owing to grazing, the highest relative average cover emerged at meadows under conventional interference was

基金项目:国家自然科学基金资助项目(40871055,40571001)

收稿日期:2010-10-09; 修订日期:2011-04-07

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: jiangy@bnu.edu.cn

held by the herbage group of delighted-in eating, reaching up to 45.40%, whereas the highest relative average cover in the extremely degraded meadows went to the herbage group of happy-to eating, as 62.24%. The highest relative average cover composited by herbage groups of happy-to eating and over appeared in the light degraded meadows, accounting to 65.59%.

(2) The herbage species in the same palatable level changed in different grades of degraded meadows. For example, in the meadows under conventional interference that were graded at most favorable for cattle grazing, the species composition consisted mainly of *Festuca rubra*, *Kobresia pygmaea* and *Libanotis condensate*, whereas in contrast those most unfavorable for cattle grazing due to overgrazing in the past, the extremely degraded meadows, consisted mainly of *Carum carvi*, *Koeleria cristata* and *Polygonum aviculare*, regarded as unpalatable species.

(3) The heavily-intensified grazing increased the contents of crude protein and ash in herbage, but decreased the neutral detergent fiber and acid detergent fiber. Although the herbage quality as referring to its biochemical composition was not much changed or even improved when grazing pressure was intensified, the quantity of herbage available for cattle grazing was decreased, which much reduced the economic gains and even may confine the sustainable use and natural conservation of meadow resources.

Key Words: Wutai Mountain; grazing; herbage quality; nutrient composition; palatability; alpine and subalpine meadow

草甸是非常重要的自然资源,其组成植物种类丰富,牧草资源品质优良,是理想的放牧地。高山、亚高山草甸位于海拔较高,温度较低的山地,由于生长季短、地形复杂、土壤条件特殊,使得高山、亚高山草甸植被受到破坏以后的恢复能力受到限制^[1],因而其资源的保育与合理利用问题更需格外关注。

牧草品质直接体现草地资源的质量和可利用性。放牧通过牲畜的啃食、践踏、排泄干扰草地环境,对牧草品质产生影响。放牧草地中各种植物的比例、同一种植物不同的物候期以及放牧牲畜的选择性采食,使得不同放牧强度下,不同的植物结构产生不同的营养等级^[2]。一般认为,放牧压力加重使得优质牧草的数量减少,草地营养价值降低,适口性变差,牧草品质下降^[2-3]。但也有研究发现,放牧压力下,牧草品质变化不大或并未下降^[4-9]。

五台山具有较为完好的高山、亚高山草甸生态系统,是华北地区重要的高山夏季牧场。每年的放牧期集中在端午至立秋时节的 70—90d 内。樊文华等的研究表明,按五台山草甸的面积、产草量和放牧量来说,应该不会出现超载现象^[10]。但近年来,五台山草甸却出现了严重的退化现象,究其原因主要是不合理的放牧方式造成的。夏季放牧期,为便于放养管理,大量牲畜被高密度集中在一起,白天在搭建的石圈附近活动,晚上或暴雨天集中于石圈内,致使局部草甸负荷过重,破坏严重,形成退化斑块,有些地段甚至出现裸地,凡山地相对平坦之处,几乎都有这种现象发生。

目前,学者对五台山草甸的植物区系^[11]、生态格局^[12-13]、生物多样性^[10]、植物资源^[14]等方面做了许多研究,五台山放牧影响的研究则主要集中在植被退化和植被-土壤耦合方面^[15-16],而有关放牧活动对五台山草甸牧草品质影响的研究尚未见报道。结合野外样方和室内分析的第一手数据,本文从牧草的适口性和营养成分两方面,对五台山不同退化程度的牧草资源进行研究,探讨放牧压力下草甸牧草品质的变化规律,期望对五台山草甸的保护和可持续利用提供依据。

1 研究区概况

五台山位于山西省东北部,介于 38°27'—39°15'N, 112°48'—113°55'E 之间,最高峰北台海拔 3061 m,也是华北最高峰,号称“华北屋脊”。年均温 -4.2 °C, 1 月份均温 -18.9 °C, 7 月份均温 9.6 °C, 无霜期 50—70 d, 年平均降水 966.3 mm, 年均相对湿度 67%。

五台山山地草甸面积为 84391 hm², 包括高山草甸、亚高山草甸、山地五花草甸、杂类草草甸等类型,其中高山及亚高山草甸主要分布于 2400—3061 m 的山顶及缓坡地段。高山草甸主要分布在海拔 2800 m 以上的山地,仅见于北台、中台和西台,占山地草甸面积的 1.79%。植被以冷中生多年生草本植物为主,以高山嵩草 (*Kobresia pygmaea*) 为优势种,直梗高山唐松草 (*Thalictrum alpinum* var. *elatum*)、珠芽蓼 (*Polygonum*

viviparum) 为主要伴生种。由于昼夜温差大,植被干物质积累多,牧草营养成分丰富,家畜食后增膘快,被称为“油草”;海拔 2800 m 以下主要分布着以高原嵩草(*K. pusilla*)和嵩草(*K. myosuroides*)为优势种,珠芽蓼、雪白委陵菜(*Potentilla nivea*)、苔草(*Carex* spp.)等为亚优势种的亚高山草甸群落,占山地草甸面积的 59.95%,牧草适口性好,营养价值高,是理想的夏季牧场^[17-18]。

2 研究方法

2.1 野外调查

本研究以五台山 2500 m 以上高山、亚高山草甸集中分布的地段为研究区域,以高山嵩草、嵩草、高原嵩草草甸为研究对象。选择放牧活动集中的地段作为调查地,获取草甸退化特征数据,共设置 9 个调查地。每个调查地以放牧干扰最严重的斑块为中心,沿放牧影响梯度由强及弱的方向,布设 3—4 条样带(图 1),每条样带长度约 100—150 m。依据放牧对草甸影响强度变化,在每条样带上设 2—5 个 1 m × 1 m 的小样方,共调查样方 85 个。调查时间 2006 年 7—8 月。

每个样方调查内容包括群落特征因子(物种种类组成、盖度等)和环境因子^[15-16]。

2.2 不同退化等级草甸的划分

应用排序分析方法中的典范对应分析(Canonical Correspondence Analysis,简称 CCA)对群落在经历放牧后的退化状况进行数量化评价,对比每组样方中优势种变化规律及环境特征,分析不同放牧压力下草甸退化特征,划分出 5 个退化等级,分别是放牧干扰草甸、轻度退化草甸、中度退化草甸、重度退化草甸和极度退化草甸^[15]。

2.3 牧草品质的评价指标

牧草品质的评价研究始于最初的草原饲用植物评述和调查,主要是对牧草营养特性、适口性、生物学特性等方面的评价^[19]。任继周等将牧草品质评价分为两个方面,即牧草的生物学评价和牧草的植物-动物相关性评价。前者主要指牧草的生存阈限值、生物量、营养成分等,后者指牧草的取食价(适口性、嗜食性、难易程度)、营养价(消化率、生物学效率)、均衡价和持久价四方面^[20]。

因此,牧草品质评价选取营养成分和适口性两个指标进行分析。营养成分测定 4 个指标,包括粗蛋白(Crude Protein,简称 CP)、中性洗涤纤维(Neutral detergent fiber,简称 NDF)、酸性洗涤纤维(Acid detergent fiber,简称 ADF)和灰分(Ash),测定方法参见文献^[21];根据牧草种质描述规范^[22],将牧草适口性划分为 6 个等级,分别为嗜食、喜食、乐食、采食、少食和不食,并根据《中国饲用植物志》和《山西草地饲用植物资源》,进一步确定每个物种的适口性等级^[23-24]。

2.4 数据分析

为更直接体现不同放牧压力下,牧草盖度的变化趋势,鉴于绝对值难以解释这种变化趋势,而采用相对盖度来表示,计算公式如下:

$$\text{相对盖度}(C) = [C(\text{某个种的盖度}) / \sum C(\text{该样方中全部种的总盖度})] \times 100(\%)$$

数据分析采用 SPSS13 软件完成。

3 结果与分析

3.1 不同退化等级草甸的植被特征

随着放牧压力的加大,五台山草甸植被出现不同程度的退化。放牧导致群落总盖度、地上生物量、多样性指数等群落数量指标降低,1、2 年生植物所占比例升高,草甸原生优势物种受到抑制,并且群落环境因子之间

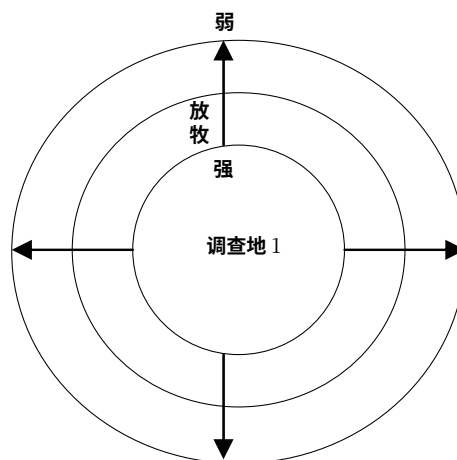


图 1 调查地示意图

Fig. 1 Design of the sampling plot

差异显著。在放牧干扰草甸中,嵩草、高原嵩草和直梗高山唐松草为优势种,轻度干扰草甸中嵩草、高原嵩草(亚高山草甸)或珠芽蓼、高山嵩草、发草(*Deschampsia caespitosa*)(高山草甸)为优势种,中度退化草甸高原嵩草依然为优势种,重度和极度干扰草甸中优势种被鹅绒委陵菜(*P. anserina*)和平车前(*Plantago depressa*)取代^[15]。

分析不同牧压下的植物生态经济类群可知(表1),在不同牧压下,禾本科和菊科一直占有重要优势,这与五台山的植被类型有关^[25]。随着放牧压力加大,莎草科的比例下降,而蔷薇科的变化趋势与之相反。豆科优质牧草在调查区内数量有限。

表1 不同牧压下植物生态经济类群的相对盖度/%

Table 1 Relative coverage of eco-economic categories of herbage under different grazing intensities

科名 Family	放牧干扰草甸 Conventional interference meadow	轻度退化草甸 Lightly degraded meadow	中度退化草甸 Moderately degraded meadow	重度退化草甸 Heavily degraded meadow	极度退化草甸 Extremely degraded meadow
禾本科 Gramineae	8.69	14.32	17.10	18.38	19.91
莎草科 Cyperaceae	34.31	33.95	14.83	8.98	0.42
豆科 Leguminosae	3.51	1.89	1.17		
菊科 Compositae	13.93	10.63	18.42	15.87	18.69
蔷薇科 Rosaceae	7.05	5.47	10.09	24.18	33.72
其他 Others	32.51	33.74	38.39	32.59	27.26

3.2 不同退化等级草甸的牧草适口性特征

3.2.1 各适口性植物种的构成

调查区内适口性为乐食及以上的优良牧草数量有54种,比例达到了54%,说明五台山高山、亚高山草甸的牧草资源十分丰富。其中不食的牧草集中在毛茛科毛茛属,该属植物具有毒性而牲畜不食。五台山的优质饲用植物主要分属于禾本科、莎草科和部分杂类草(表2),这与前人^[25]调查结果一致。

表2 牧草适口性的种类组成特征

Table 2 Species composition of herbage in different level of palatability

适口性 Level of palatability	禾本科/% Gramineae	莎草科/% Cyperaceae	豆科/% Leguminosae	菊科/% Compositae	蔷薇科/% Rosaceae	其他/% Others
嗜食 Addicted-to eating	40	20				40
喜食 Delighted-in eating	40	27	7		7	19
乐食 Happy-to eating	3		10	21	21	45
采食 Just-pick-at eating				12	3	85
少食 Little to eating	10			20		70
不食 Never touch						100

由表3可知,从牧草适口性角度看,嗜食牧草在中度退化草甸中种类最多,达到9种,但不同退化等级之间差异不大;喜食牧草在极度退化草甸中的种类只有5种,明显低于其它4个等级草甸;适口性为乐食及以下的牧草,随着放牧程度加重,种类减少。

从群落角度看,牧草种类随着放牧的加重而减少,极度退化草甸中牧草种类只有26种,远远低于其他等级草甸。喜食及以上优质牧草的种类数,放牧干扰草甸(20种)高于极度退化草甸(13种),但由于劣质牧草的减少,极度退化草甸中适口性为喜食及以上的优质牧草的种类比例(50%)高于放牧干扰草甸(28.17%)。

3.2.2 主要植物种相对盖度的构成特性

盖度是反映牧草面积的有效指标,可以用于说明草甸资源质量。从表4可知,在放牧干扰草甸中,喜食牧草的相对盖度最大,达到45.40%;而在极度退化草甸中,乐食牧草的相对盖度最大,为62.24%;喜食以上优

质牧草的相对盖度最大值,出现在轻度退化草甸中,达到 65.95%,说明轻度退化草甸的牧草适口性最高。随着放牧的加剧,不同退化等级草甸中,嗜食牧草的相对盖度变化不大,在 15% 左右波动,乐食牧草的相对盖度增加明显,从低于 20% 上升到 50% 以上,而喜食牧草的比例减少,少食及不食牧草消失。

表 3 各适口性牧草在不同退化等级草甸中的种类数及其比例

Table 3 Amount of herbage in different level of palatability under different grazing intensities

适口性 Level of palatability	放牧干扰草甸 Conventional interference meadow	轻度退化草甸 Lightly degraded meadow	中度退化草甸 Moderately degraded meadow	重度退化草甸 Heavily degraded meadow	极度退化草甸 Extremely degraded meadow
嗜食 Addicted-to eating	8(11.27%)	7(8.97%)	9(11.69%)	8(14.55%)	8(30.77%)
喜食 Delighted-in eating	12(16.90%)	13(16.67%)	13(16.88%)	9(16.36%)	5(19.23%)
乐食 Happy-to eating	22(30.99%)	22(28.21%)	20(25.97%)	15(27.27%)	8(30.77%)
采食 Just-pick-at eating	17(23.94%)	25(32.05%)	27(35.07%)	16(29.09%)	5(19.23%)
少食 Little to eating	8(11.27%)	7(8.97%)	5(6.49%)	3(5.46%)	
不食 Never touch	4(5.63%)	4(5.13%)	3(3.90%)	4(7.27%)	
合计 Sum	71(100%)	78(100%)	77(100%)	55(100%)	26(100%)

从单个物种角度入手,可以更清晰的揭示群落中牧草适口性的变化。按适口性的不同,将各群落中前 3 位的主要优势牧草及其在群落中的相对盖度特征的变化进行分析(表 4)。在不同退化等级草甸中,虽然嗜食牧草的数量相近,但种类已经发生了变化,从紫羊茅(*Festuca rubra*)、高山嵩草、密花岩风(*Libanotis condensata*)取代为葛缕子(*Carum carvi*)、洽草(*Koeleria cristata*)、扁蓄(*Polygonum aviculare*),在其他适口性等级中也存在这一替代现象。

表 4 不同牧压下主要优势牧草* 及其相对盖度/%

Table 4 Dominant species and their averaged coverage in different grazing intensities divided by different level of palatability

适口性 Level of palatability	物种 Species	放牧干扰 草甸 Conventional interference meadow	轻度退化 草甸 Lightly degraded meadow	中度退化 草甸 Moderately degraded meadow	重度退化 草甸 Heavily degraded meadow	极度退化 草甸 Extremely degraded meadow
嗜食	紫羊茅 <i>Festuca rubra</i>	3.41	4.49	3.61	0.40	0.01
Addicted-to eating	高山嵩草 <i>Kobresia pygmaea</i>	2.90	6.21	0.34		
	密花岩风 <i>Libanotis condensata</i>	2.40	0.87	4.45	3.74	0.01
	葛缕子 <i>Carum carvi</i>	1.72	2.31	6.17	3.53	3.09
	洽草 <i>Koeleria cristata</i>	0.73	1.28	3.23	5.57	7.00
	扁蓄 <i>Polygonum aviculare</i>			0.38	4.16	5.39
	其他 Others	0.36	0.58	1.29	2.32	0.46
	合计 Total	11.51	15.73	19.46	19.72	15.96
喜食	嵩草 <i>Kobresia myosuroides</i>	17.48	4.65	1.71	0.35	
Delighted-in eating	高原嵩草 <i>Kobresia pusilla</i>	13.56	20.97	10.98	7.89	0.02
	珠芽蓼 <i>Polygonum viviparum</i>	5.93	12.36	6.59	0.24	
	百花山鹅观草 <i>Roegneria turczaninoviivar. pohnashanensis</i>	3.17	2.54	5.75	3.36	4.21
	早熟禾 <i>Poa annua</i>	0.23	0.70	2.40	2.59	3.47
	碱茅 <i>Puccinellia distans</i>		0.04	0.64	5.60	9.20
	其他	5.02	8.95	3.48	0.91	

续表

适口性 Level of palatability	物种 Species	放牧干扰 草甸 Conventional interference meadow	轻度退化 草甸 Lightly degraded meadow	中度退化 草甸 Moderately degraded meadow	重度退化 草甸 Heavily degraded meadow	极度退化 草甸 Extremely degraded meadow
乐食 Happy-to eating	合计	45.40	50.22	31.56	20.93	16.90
	白缘蒲公英 <i>Taraxacum platyepidum</i>	7.74	4.80	10.95	10.50	14.87
	雪白委陵菜 <i>Potentilla nivea</i>	5.17	4.02	2.63	3.02	
	丛生钉柱委陵菜 <i>Potentilla saundersianavar. caespitosa</i>	1.82	2.15	1.51	0.18	
	平车前 <i>Plantago depressa</i>	0.07	1.25	6.48	13.71	15.50
	鹅绒委陵菜 <i>Potentilla anserine</i>			4.83	18.11	25.17
	其他	3.13	3.00	7.52	3.90	6.69
	合计	17.93	15.23	33.91	49.42	62.24
采食 Just-pick-at eating	直梗高山唐松草 <i>Thalictrum alpinum var. Elatum</i>	11.46	4.87	1.91	1.26	
	大叶龙胆 <i>Gentiana macrophylla</i>	2.24	0.63	0.21		
	岩茴香 <i>Ligusticum tachiroei</i>	2.23	1.90	1.19	2.51	0.01
	紫苞风毛菊 <i>Saussurea purpurascens</i>	1.36	2.37	0.26	0.10	
	轴藜 <i>Axyris amaranthoides</i>			0.06	0.18	3.74
	魁薊 <i>Cirsium leo</i>			0.60		1.14
	其他	4.69	3.40	3.51	1.56	0.01
	合计	21.98	13.18	7.74	5.61	4.90
少食 Little to eating	铃铃香青 <i>Anaphalis hancockii</i>	1.45	0.66		0.23	
	亚中兔耳草 <i>Lagotis integrifolia</i>	0.05	2.30			
	野罂粟 <i>Papaver nudicaule</i>	0.51	0.49	2.11	0.15	
	狭苞橐吾 <i>Ligularia intermediai</i>			2.97	3.44	
	其他	0.10	0.15	0.32		
不食 Never touch	合计	2.11	3.06	5.40	3.82	
	毛茛 <i>Ranunculus japonicus</i>	0.50	1.55	1.06	0.34	
	其他	0.57	0.49	0.87	0.16	
	合计	1.07	2.04	1.93	0.50	

* 各群落中相对盖度前 3 位且相对盖度大于 1% 的牧草确定为优势牧草

3.3 不同退化等级草甸的牧草营养成分特征

由表 5 可知,不同退化等级草甸的牧草营养成分存在差异性,其中粗蛋白(CP)和中性洗涤纤维(NDF)的含量差异性比较显著。从放牧干扰草甸到极度退化草甸,牧草中的粗蛋白(CP)和灰分(Ash)呈增加趋势,而纤维组分(NDF 和 ADF)呈降低趋势。极度退化草甸的牧草营养成分具有高粗蛋白(CP)、高灰分(Ash)和低纤维的特征。

表 5 不同退化等级草甸的牧草营养成分比较

Table 5 Comparison of nutrient composition under different grazing intensities

营养成分/% Nutrient composition	放牧干扰草甸 Conventional interference meadow	轻度退化草甸 Lightly degraded meadow	中度退化草甸 Moderately degraded meadow	重度退化草甸 Heavily degraded meadow	极度退化草甸 Extremely degraded meadow
CP	14.89 ^A	15.60 ^{AB}	16.93 ^B	20.54 ^C	23.43 ^D
NDF	61.39 ^A	59.20 ^A	58.86 ^A	54.92 ^B	50.14 ^B
ADF	31.76 ^{AB}	32.55 ^A	31.53 ^{AB}	30.39 ^B	29.99 ^{AB}
Ash	1.46 ^A	2.10 ^A	1.67 ^A	5.13 ^B	3.48 ^{AB}

表中字母表示不同样地组之间的多重比较结果; 两两之间若有一个字母相同, 表示两者差异不显著 ($P>0.05$)

4 讨论

(1) 放牧对牧草适口性的影响

在放牧生态系统中,食草动物的食性选择对群落组成及组成种在群落中优势度的变化影响很大^[26]。在牲畜自由采食的情况下,牧草适口性越高,被采食的频率也越高,因此一般认为强度放牧有利于适口性差的物种^[27]。

但本研究显示,在极度退化草甸中,适口性较好的鹅绒委陵菜在群落中优势度明显(表4),并且嗜食的牧草种类数目与放牧干扰草甸中相比,并未有减少趋势。说明放牧强度增大并不一定会显著降低牧草的适口性,适口性仅能解释部分牧草在放牧群落中优势度的变化。

放牧群落中,牧草优势度的变化除受自身适口性影响外,也与其补偿能力、株型有一定的关系^[28-29]。鹅绒委陵菜是典型的多年生匍匐茎植物^[30],是高山草甸的主要伴生种。不少研究证明,放牧强度增大时,鹅绒委陵菜随之大量出现。因为其植株匍匐株型矮小,克隆能力强,牧压生境中,上层植物的竞争抑制作用减弱,同时群落下层的光照资源量增加,使得鹅绒委陵菜无性繁殖能力增强,呈现出典型的生态适应策略^[31-32];平车前株型较小、适口性良好,牛、马、羊乐食,被啃食的风险大,但再生能力强,在群落中的优势度较稳定^[24,33];高山嵩草的株型与鹅绒委陵菜相近,适口性好,但克隆能力相对较弱,在重牧压力下,优势度降低;有毒的毛茛(*Ranunculus japonicus*)在重牧压力下,数量不仅没有增加,反而消失,是因为毛茛不耐践踏,再生能力弱。

由此可见,由于不同植物对放牧的响应策略不同,重牧草甸中的优势种其适口性未必下降,将牧草的株型、补偿能力、适口性等因素结合起来考虑,能较好的解释放牧对牧草优势度及草甸牧草品质的影响。

(2) 放牧对牧草营养成分的影响

放牧时牲畜优先选择优质牧草,而优质牧草一般具有高粗蛋白、高灰分和低纤维的特点。放牧的加重会降低牧草的品质,使得牧草中粗蛋白、灰分含量降低,而纤维含量增多,以往研究对此有较多共识^[2-3]。但也有研究显示,放牧对一些牧草的营养成分未产生影响^[4-5];一些研究表明,牧草中粗蛋白、灰分和纤维含量随放牧率增大而增加^[6];Heitsehmidt^[7]等认为重牧草地的质量较适牧的高,因为较少的凋落物,牧草生物量的增加会降低牧草质量和消化率^[34];Bryan^[8]和 Fales^[9]等也认为,放牧干扰过低会降低牧草质量,表现为粗蛋白含量降低,中性洗涤纤维含量增加。

放牧对牧草营养成分的影响主要是通过改变了牧草种类组成及其比例而实现的,不同的牧草种类构成、盖度等综合因素都会影响到群落营养成分。从物种角度入手分析,期许可以更好的解释牧草营养成分的变化。由于未对单个物种进行营养成分分析,故参考《中国饲用植物志》和《山西草地饲用植物资源》中的数据,得到主要优势牧草的营养成分表(表6)。草甸退化最严重的群落中,优势种鹅绒委陵菜的粗蛋白含量17.54%,灰分18.40%,含量略高于嵩草和高山嵩草;而与牧草品质成反比的营养指标——粗纤维(CF)含量12.59%,低于嵩草的24.33%和高山嵩草的21.20%。同样,与平车前相比,嵩草和高山嵩草的营养品质也并不占优。因此,根据优势牧草的营养成分变化,可以较好的解释放牧压力加大时,牧草的营养成分没有降低,反而表现为高粗蛋白、高灰分和低纤维(表5)。此外,由于放牧动物的啃食,使得植物组织始终保持比较幼嫩状态,进一步提高了牧草的蛋白质,降低了纤维素含量。

表6 主要优势牧草的营养成分表^[22-23]

Table 6 Nutrient composition of several dominant species

牧草种类 Dominant species	CP/%	Ash/%	CF/%
嵩草 <i>Kobresia myosuroides</i>	12.43	7.51	24.33
高山嵩草 <i>Kobresia pygmaea</i>	14.48	8.40	21.20
鹅绒委陵菜 <i>Potentilla anserine</i>	17.54	8.40	12.59
平车前 <i>Plantago depressa</i>	10.68	8.73	21.74

从适口性和营养成分两方面,分析放牧对牧草品质的影响,研究表明:放牧对草地品质的影响主要是通过

改变了牧草种类组成及其比例而实现的,而对牧草营养成分和适口性的影响并非简单的增加或减少的线性变化。牧草适口性和营养成分很大程度上取决于群落中的优势牧草,而优势牧草的更替,除受放牧影响外,与牧草的株型、补偿能力等因素密切相关。因此,建议在进行草甸牧草资源品质评价时,综合考虑牧草的生态、经济及社会效益,在饲用价值分析的基础上,结合群落的生态效益,如盖度、高度、生物量等生态因子,采用草场质量指数^[35]等相关生态指标。

目前,虽然五台山的放牧活动并未造成牧草品质的下降,但是牧草生物量已经显著减少,群落生产力降低,放牧活动已经限制了五台山草甸资源的可持续利用和保护。因此必须调整放牧制度、降低放牧强度以及控制放牧时间,确保五台山高山、亚高山草甸资源的科学管理。

References:

- [1] Murray M P. High elevation meadows and grazing. *International Journal of Wilderness*, 1997, 3(4): 24-27.
- [2] Dong Q M, Zhao X Q, Ma Y S. Effects of grazing intensity and time on forage nutrition contents in alpine mixed-sown grassland. *Chinese Journal of Grassland*, 2007, 29(4): 67-73.
- [3] Glindemann T, Wang C, Tas B M, Schiborra A, Gierus M, Taube F, Susenbeth A. Impact of grazing intensity on herbage intake, composition, and digestibility and on live weight gain of sheep on the inner mongolian steppe. *Livestock Science*, 2009, 124(1/3): 142-147.
- [4] Jerez I. Evaluation of three tropical grasses effect of stocking rate on DM production and some quality indicators. *Agriculture Science*, 1985, 21(3): 229-239.
- [5] Schlegel M L, Wachenheim C J, Benson M E, Ames N K, Rus S R. Grazing methods and stocking rates for direct-seeded alfalfa pastures: II. Pasture quality and diet selection. *Journal of Animal Science*, 2000, 78(8): 2202-2208.
- [6] Wang Y F, Wang S P. Influence of different stocking rates on aboveground present biomass and herbage quality in Inner Mongolia steppe. *Acta Pratacultural Science*, 1999, 8(1): 15-20.
- [7] Heitschmidt R K, Dowhower S L, Pinchak W E, Canon S K. Effects of stocking rate on quantity and quality of available forage in a southern mixed grass prairie. *Journal of Range Management*, 1989, 42(6): 468-473.
- [8] Bryan W B, Prigge E C. Grazing initiation date and stocking rate effects on pasture productivity. *Agronomy Journal*, 1992, 86(1): 55-58.
- [9] Fales S L, Muller L D, Ford S A, O'Sullivan M, Hoover R J, Holden L A, Lanyon L E, Buckmaster D R. Stocking rate affects production and profitability in a rotationally grazed pasture system. *Journal of Production Agriculture*, 1995, 8(1): 88-96.
- [10] Fan W H, Guo X L, Chi B L, Ma B Z. Development and utilization of grassland resources in grassland natural reserve of Wutai Mountain. *Grassland of China*, 1999, (2): 13-16.
- [11] Ru W M, Zhang F. Analysis on the flora of seed plants of Wutai Mountains, Shanxi. *Bulletin of Botanical Research*, 2000, 20(1): 36-47.
- [12] Zhang J T, Mi X C, Zheng F Y, Zhang F, Shangguan T L. Analysis of ecological relations of subalpine meadow Wutai Mountains. *Acta Agrestia Sinica*, 1997, 5(3): 181-186.
- [13] Zhang J T, Mi X C, Zhang F, Shangguan T L, Zheng F Y. Study on small-scale pattern of subalpine meadow on the Wutai Mountains. *Journal of Applied Environment Biology of China*, 1998, 4(1): 20-23.
- [14] Zhang J T. A preliminary study on *Kobresia* meadow on Wutai Mountains in Shanxi Province, China. *Journal of Shanxi University (Nature Science Edition)*, 1989, 12(3): 353-360.
- [15] Zhang Y P, Jiang Y, Liu Q R, Tao Y, Wang G R. Degradation features of alpine and subalpine meadows under grazing pressure in Mt. Wutai. *Resources Science*, 2008, 30(10): 1555-1563.
- [16] Jiang Y, Zhang Y P, Yang Y G, Xu J L, Li Y P. Impacts of grazing on the system coupling between vegetation and soil in the alpine and subalpine meadows of Wutai Mountain. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(4): 837-846.
- [17] Dong K H, Wang Y K, Zhang J Q. Resources and utilization of mountain meadow on the Wutai Mount. *Grassland of China*, 1994, (3): 29-32.
- [18] Liu T W. Flora of Shanxi. Beijing: Chinese Science and Technology Press, 2004: 141-165.
- [19] Wang D L, Zhu T C. Approach to quantitative multifactorial evaluation method of forage value. *Acta Pratacultural Science*, 1993, 2(1): 33-38.
- [20] Ren J Z. Research Methods of Grassland Science. Beijing: China Agriculture Press, 1998: 127-129.
- [21] Yang S. Feed Analysis and Detection Technique of Feed Quality. Beijing: Beijing Agricultural University Press, 1993.
- [22] Li Z Y. Descriptors and Data Standard for Forage Germplasm Resources. Beijing: China Agriculture Press, 2005: 46-46.
- [23] Dong K H, Zhang J Q, Wang Y K. Resources of Fodder Plant in Shanxi Grassland. Beijing: Agricultural Science and Technology Press of China, 1998.
- [24] Committee of Fodder Used Flora China eds. Fodder Used Flora China (First File—Sixth File). Beijing: Chinese Agriculture Press, 1989.
- [25] Zhang J T. The vegetation types and their distribution on Wutai Mountains in Shanxi Province. *Journal of Shanxi University: Natural Science Edition*, 1986, 9(2): 87-91.

- [26] Wang L, Wang D L. Research advances in diet selection mechanisms of grazing herbivores. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2007, 18(1): 205-211.
- [27] Diaz S, Ford M A. Can plant palatability traits be used to predict the effect of rabbit grazing on the flora of ex-arable land? *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2000, 78(3): 249-259.
- [28] Järemo J, Tuomi J, Nilsson P, Lennartsson T. Plant adaptations to herbivory: mutualistic versus antagonistic coevolution. *Oikos*, 1999, 84(2): 312-320.
- [29] Pan S W, Wang H Y, Du G Z, Lei S Q, Wei S Q. Effects of compensation capacity and palatability on the dominance of plant species in grazing community. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2008, 19(8): 1682-1687.
- [30] Zhou H K, Zhou X L, Zhou L, Shen Z X, Li Y N. The clonal growing characteristic in the stoloniferous herb, *Potentilla anserina*. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2002, 22(1): 9-17.
- [31] Liu J X, Zhu Z H, Zheng W. Responses of two plant species to grazing practice in alpine and cold meadow under grazing and grazing-suspension. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2005, 25(10): 2043-2047.
- [32] Zhou H K, Zhao X Q, Zhou L, Zhao L, Han F. Effects of different grazing intensities on growth of *Potentilla anserine* clones. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2006, 26(5): 1021-1029.
- [33] Tang H, Sun J X, Li F Y, Hu W Z, Chen J N. Studies on traffic tolerance of natural recreational turf in Qinghai Province. *Pratacultural Science*, 2008, 25(11): 103-110.
- [34] Burns J C, Lippke H, Fisher D S. The relationship of herbage mass and characteristics to animal responses in grazing experiments // Marten G C, ed. *Grazing Research: Design, Methodology, and Analysis*. Madison: Crop Science Society of America and American Society of Agronomy, 1989: 7-19.
- [35] Zhang D Y, Wang G, Du G Z. Succession of the artificial grasslands in the mountain grassland area of Gannan district Gansu. *Acta Phytocologica et Geobotanica Sinica*, 1990, 14(2): 103-109.

参考文献:

- [2] 董全民, 赵新全, 马玉寿. 放牧强度和放牧时间对高寒混播草地牧草营养含量的影响. *中国草地学报*, 2007, 29(4): 67-73.
- [6] 王艳芬, 汪诗平. 不同放牧率对内蒙古典型草原牧草地上现存量和净初级生产力及品质的影响. *草业学报*, 1999, 8(1): 15-20.
- [10] 樊文华, 郭先龙, 池宝亮, 马步洲. 五台山草地自然保护区草地资源的开发利用. *中国草地*, 1999, (2): 13-16.
- [11] 茹文明, 张峰. 山西五台山种子植物区系分析. *植物研究*, 2000, 20(1): 36-47.
- [12] 张金屯, 米湘成, 郑凤英, 张峰, 上官铁梁. 五台山亚高山草甸群落生态关系分析. *草地学报*, 1997, 5(3): 181-186.
- [13] 张金屯, 米湘成, 张峰, 上官铁梁, 郑凤英. 五台山亚高山草甸小格局分析. *应用与环境生物学报*, 1998, 4(1): 20-23.
- [14] 张金屯. 山西五台山嵩草 (*Kobresia*) 草甸的初步研究. *山西大学学报(自然科学版)*, 1989, 12(3): 353-360.
- [15] 章异平, 江源, 刘全儒, 陶岩, 王耿锐. 放牧压力下五台山高山、亚高山草甸的退化特征. *资源科学*, 2008, 30(10): 1555-1563.
- [16] 江源, 章异平, 杨艳刚, 徐军亮, 李俞萍. 放牧对五台山高山、亚高山草甸植被-土壤系统耦合的影响. *生态学报*, 2010, 30(4): 837-846.
- [17] 董宽虎, 王印魁, 张建强. 五台山山地草甸资源及其利用. *中国草地*, 1994, (3): 29-32.
- [18] 刘天尉. *山西植物志*. 北京: 中国科学技术出版社, 2004: 141-165.
- [19] 王德利, 祝廷成. 牧草价值综合评价的定量方法探讨. *草业学报*, 1993, 2(1): 33-38.
- [20] 任继周. *草业科学研究方法*. 北京: 中国农业出版社, 1998: 127-129.
- [21] 杨胜. *饲料分析及饲料质量检测技术*. 北京: 北京农业大学出版社, 1993.
- [22] 李志勇. *牧草种质资源描述规范和数据标准*. 北京: 中国农业出版社, 2005: 46-46.
- [23] 董宽虎, 张建强, 王印魁. *山西草地饲用植物资源*. 北京: 中国农业科技出版社, 1998.
- [24] 中国饲用植物志编委. *中国饲用植物志(第一册—第六册)*. 北京: 农业出版社, 1989.
- [25] 张金屯. 五台山植被类型及分布. *山西大学学报: 自然科学版*, 1986, 9(2): 87-91.
- [26] 王岭, 王德利. 放牧家畜食性选择机制研究进展. *应用生态学报*, 2007, 18(1): 205-211.
- [29] 潘声旺, 王海洋, 杜国祯, 雷抒情, 魏世强. 补偿能力和适口性对放牧群落植物优势度的影响. *应用生态学报*, 2008, 19(8): 1682-1687.
- [30] 周华坤, 周兴民, 周立, 沈振西, 李英年. 鹅绒委陵菜 (*Potentilla anserine*) 生长特征. *西北植物学报*, 2002, 22(1): 9-17.
- [31] 刘建秀, 朱志红, 郑伟. 高寒草甸放牧扰动与两种植物的反应研究. *西北植物学报*, 2005, 25(10): 2043-2047.
- [32] 周华坤, 赵新全, 周立, 赵亮, 韩发. 不同放牧强度对鹅绒委陵菜克隆生长特征的影响. *西北植物学报*, 2006, 26(5): 1021-1029.
- [33] 唐红, 孙吉雄, 李福源, 胡文忠, 陈建宁. 青海省天然游憩草地耐践踏性研究. *草业科学*, 2008, 25(11): 103-110.
- [35] 张大勇, 王刚, 杜国祯. 甘南山地草原人工草场的演替. *植物生态学与地植物学学报*, 1990, 14(2): 103-109.

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 fabii</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@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元