

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第31卷 第20期 Vol.31 No.20 **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 20 期 2011 年 10 月 (半月刊)

目 次

- 洋山港潮间带大型底栖动物群落结构及多样性..... 王宝强,薛俊增,庄 骅,等 (5865)
- 天津近岸海域夏季大型底栖生物群落结构变化特征..... 冯剑丰,王秀明,孟伟庆,等 (5875)
- 基于景观遗传学的滇金丝猴栖息地连接度分析..... 薛亚东,李 丽,李迪强,等 (5886)
- 三江平原湿地鸟类丰富度的空间格局及热点地区保护..... 刘吉平,吕宪国 (5894)
- 江苏沿海地区耕地景观生态安全格局变化与驱动机制 王 千,金晓斌,周寅康 (5903)
- 广州市主城区树冠覆盖景观格局梯度..... 朱耀军,王 成,贾宝全,等 (5910)
- 景观结构动态变化及其土地利用生态安全——以建三江垦区为例 林 佳,宋 戈,宋思铭 (5918)
- 基于景观安全格局的香格里拉县生态用地规划..... 李 晖,易 娜,姚文璟,等 (5928)
- 苏南典型城镇耕地景观动态变化及其影响因素..... 周 锐,胡远满,苏海龙,等 (5937)
- 放牧干扰下若尔盖高原沼泽湿地植被种类组成及演替模式..... 韩大勇,杨永兴,杨 杨,等 (5946)
- 放牧胁迫下若尔盖高原沼泽退化特征及其影响因子..... 李 珂,杨永兴,杨 杨,等 (5956)
- 近 20 年广西钦州湾有机污染状况变化特征及生态影响..... 蓝文陆 (5970)
- 万仙山油松径向生长与气候因子的关系 彭剑峰,杨爱荣,田沁花 (5977)
- 50 年来山东塔山植被与物种多样性的变化 高 远,陈玉峰,董 恒,等 (5984)
- 热岛效应对植物生长的影响以及叶片形态构成的适应性..... 王亚婷,范连连 (5992)
- 遮荫对濒危植物崖柏光合作用和叶绿素荧光参数的影响..... 刘建锋,杨文娟,江泽平,等 (5999)
- 遮荫对 3 年生东北铁线莲生长特性及品质的影响..... 韩忠明,赵淑杰,刘翠晶,等 (6005)
- 云雾山铁杆蒿茎叶浸提液对封育草地四种优势植物的化感效应..... 王 辉,谢永生,杨亚利,等 (6013)
- 杭州湾滨海滩涂盐基阳离子对植物分布及多样性的影响 吴统贵,吴 明,虞木奎,等 (6022)
- 藏北高寒草原针茅属植物 AM 真菌的物种多样性..... 蔡晓布,彭岳林,杨敏娜,等 (6029)
- 成熟马占相思林的蒸腾耗水及年际变化..... 赵 平,邹绿柳,饶兴权,等 (6038)
- 荆条叶性状对野外不同光环境的表型可塑性..... 杜 宁,张秀茹,王 炜,等 (6049)
- 短期极端干旱事件干扰后退化沙质草地群落恢复力稳定性的测度与比较..... 张继义,赵哈林 (6060)
- 滨海盐碱地土壤质量指标对生态改良的响应..... 单奇华,张建锋,阮伟建,等 (6072)
- 退化草地阿尔泰针茅与狼毒种群的小尺度种间空间关联..... 赵成章,任 珩 (6080)
- 延河流域植物群落功能性状对环境梯度的响应 龚时慧,温仲明,施 宇 (6088)
- 臭氧胁迫使两优培九倒伏风险增加——FACE 研究 王云霞,王晓莹,杨连新,等 (6098)
- 甘蔗//大豆间作和减量施氮对甘蔗产量、植株及土壤氮素的影响 杨文亭,李志贤,舒 磊,等 (6108)
- 湿润持续时间对生物土壤结皮固氮活性的影响..... 张 鹏,李新荣,胡宜刚,等 (6116)
- 锌对两个品种茄子果实品质的效应..... 王小晶,王慧敏,王 菲,等 (6125)
- Cd²⁺ 胁迫对银芽柳 PS II 叶绿素荧光光响应曲线的影响 钱永强,周晓星,韩 蕾,等 (6134)
- 紫茉莉对铅胁迫生理响应的 FTIR 研究 薛生国,朱 锋,叶 晟,等 (6143)

结缕草对重金属镉的生理响应	刘俊祥,孙振元,巨关升,等 (6149)
两种大型真菌子实体对 Cd ²⁺ 的生物吸附特性	李维焕,孟凯,李俊飞,等 (6157)
富营养化山仔水库沉积物微囊藻复苏的受控因子	苏玉萍,林慧,钟厚璋,等 (6167)
一种新型的昆虫诱捕器及其对长足大竹象的诱捕作用	杨瑶君,刘超,汪淑芳,等 (6174)
光周期对梨小食心虫滞育诱导的影响	何超,孟泉科,花蕾,等 (6180)
农林复合生态系统防护林斑块边缘效应对节肢动物的影响	汪洋,王刚,杜瑛琪,等 (6186)
中国超大城市土地利用状况及其生态系统服务动态演变	程琳,李锋,邓华锋 (6194)
城市综合生态风险评价——以淮北市城区为例	张小飞,王如松,李正国,等 (6204)
唐山市域 1993—2009 年热场变化	贾宝全,邱尔发,蔡春菊 (6215)
基于投影寻踪法的武汉市“两型社会”评价模型与实证研究	王茜茜,周敬宣,李湘梅,等 (6224)
长株潭城市群生态屏障研究	夏本安,王福生,侯方舟 (6231)
基于生态绿当量的城市土地利用结构优化——以宁国市为例	赵丹,李锋,王如松 (6242)
基于 ARIMA 模型的生态足迹动态模拟和预测——以甘肃省为例	张勃,刘秀丽 (6251)
专论与综述	
孤立湿地研究进展	田学智,刘吉平 (6261)
甲藻的异养营养型	孙军,郭术津 (6270)
生态工程领域微生物菌剂研究进展	文娅,赵国柱,周传斌,等 (6287)
我国生态文明建设及其评估体系研究进展	白杨,黄宇驰,王敏,等 (6295)
期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 440 * zh * P * ¥70.00 * 1510 * 49 * 2011-10	



封面图说: 壶口瀑布是黄河中游流经秦晋大峡谷时形成的一个天然瀑布。此地两岸夹山,河底石岩上冲刷成一巨沟,宽达 30 米,深约 50 米,最大瀑面 3 万平方米。滚滚黄水奔流至此,倒悬倾注,若奔马直入河沟,波浪翻滚,惊涛怒吼,震声数里可闻。其形其声如巨壶沸腾,故名壶口。300 余米宽的滚滚黄河水至此突然收入壶口,有“千里黄河一壶收”之说。

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

韩大勇, 杨永兴, 杨杨, 李珂. 放牧干扰下若尔盖高原沼泽湿地植被种类组成及演替模式. 生态学报, 2011, 31(20): 5946-5955.

Han D Y, Yang Y X, Yang Y, Li K. Species composition and succession of swamp vegetation along grazing gradients in the Zoige Plateau, China. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(20): 5946-5955.

放牧干扰下若尔盖高原沼泽湿地植被 种类组成及演替模式

韩大勇¹, 杨永兴^{1,*}, 杨 杨², 李 珂¹

(1. 同济大学环境科学与工程学院污染控制与资源化国家重点实验室, 长江水环境教育部重点实验室, 上海 200092;

2. 同济大学生命科学与技术学院, 上海 200092)

摘要:以若尔盖高原退化沼泽植被为研究对象,应用多重比较、双因素方差分析、物种累积曲线、PCA 排序、方差分解等方法分析了不同放牧压力、放牧季节下物种丰富度、多度、生活型组成、群落演替的变化。结果表明:不同放牧季节物种丰富度格局不尽相同,其中 6、9、10 月在各牧压梯度间无显著差异,7、8 月均以极重度和极度阶段(中生草甸)的最高,原生沼泽的最低。在物种累积速率上,沿牧压梯度以极重度和极度阶段的最高,沿放牧季节以 7、8 月最高;双因素方差分析结果进一步表明物种丰富度与放牧季节无显著关系,但与放牧压力关系显著。放牧压力和放牧季节共解释了物种多度总方差的 47.6%,其中放牧压力解释了 50.1%,放牧季节以及二者方差交集均为负值;沿牧压梯度,沼泽植被逆向演替模式倾向于沼泽→草甸,沼泽化草甸阶段不明显,但是演替方向未发生变化,建群种替代规律为:乌拉草→木里苔草→栗褐苔草,生活型组成中直立型植物比例较少,莲座型和匍匐型植物增加。总之,放牧季节对物种丰富度无显著影响,但在一定程度上改变了其牧压梯度格局,降低了物种累积速率。放牧压力改变了群落物种丰富度、生活型组成和演替模式,但放牧可能仅为沼泽植物群落物种多样性格局和演替的驱动力之一。

关键词:放牧; 物种丰富度; 群落演替; 生活型; 若尔盖高原沼泽

Species composition and succession of swamp vegetation along grazing gradients in the Zoige Plateau, China

HAN Dayong¹, YANG Yongxing^{1,*}, YANG Yang², LI Ke¹

1 Key Laboratory of Yangtze River Water Environment, Ministry of Education, State Key Laboratory of Pollution Control and Resources Reuse, College of Environmental Science and Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China

2 School of Life Science and Technology, Tongji University, Shanghai 200092, China

Abstract: Grazing is the most common forms of human disturbance that caused the degradation of swamp vegetation. In the past decades, there were few studied on vegetation changes under the combined impact of grazing season and intensity. In this study, six plots were selected along grazing gradients based on the distance to settlement in a degraded swamp. The field survey were conducted from the beginning (1st June) to the end (31th October) across entirely growing season. Duncan's multiple comparison, univariate GLM analysis, species accumulation curves, PCA ordination and variance partitioning were employed to analyze the plant species richness and abundance, life form and plant community succession in the process of swamp vegetation degradation. The results showed that: A total of 46 vascular plant species across all seasons and plots were recorded. There were no significant difference between the spatial patterns of mean species richness within single sample across grazing gradients in June, September and October, and the mean species richness within single

基金项目:国家自然科学基金资助项目(40771013,41171074, U0933601, 40971285);2004 年上海市科学技术委员会重大攻关项目(04DZ19302)

收稿日期:2011-06-23; **修订日期:**2011-08-01

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: yxyang56@126.com

sample was highest in extreme and severe degradation stages and lowest in pristine swamp in July and August. The rates of species accumulation were highest in extreme and severe degradation stages along grazing gradients and highest in July and August along grazing season. The mean species richness within single sample had no significant correlation to grazing season, but had significant correlation to grazing pressure. The variance partitioning results indicated that the variation of species abundance with grazing intensity is much higher than that with grazing season, the variation explained by grazing intensity was 50.1%, explained by season and intersection were all negative. The total variation explained by grazing intensity and season was 47.6%. The mode of regressive succession tended to swamp→meadow and the transitory stage, namely swamp meadow, was atypical. The succession of constructive species followed the order of *Carex meyeriana*→*C. muliensis*→*C. brunea*, but the direction of plant community succession remained stable. In terms of the composition of life form, the species richness in endlong decreased and that in bottom of lotus seed and stolon with great trample tolerance increased dramatically. In general, grazing season had no significant impact on species richness and abundance, but modified the patterns of species along grazing gradients and decreased the rates of species accumulation to some extent. As well as the grazing pressure changed the species richness, life form composition and the succession mode of swamp vegetation. But grazing may be served as one driving factors that determined the species richness patterns and succession of swamp vegetation.

Key Words: grazing; species richness; plant succession; life form; Zoige Plateau swamp

人为活动干扰是湿地生态系统退化的关键诱因之一^[1-3],放牧则是湿地植被最主要的人为干扰方式^[4-5]。放牧过程通过动物的选择性采食、践踏作用直接或间接地改变群落特征和种类组成结构,改变群落的固有特性,对此国内外已有大量研究报道,放牧类群包括禽类^[6]、有蹄类^[7-8]和昆虫类^[9]等,时间跨度从几年至几十年不等^[10-11]。从不同方面探讨湿地植物群落对放牧干扰的响应,包括植物响应策略、物种多样性以及植物群落演替的内在推动力,一直是湿地生态学术界关注和研究的重要问题^[8, 12-13]。目前普遍被接受的是“中度干扰假说”,以中等放牧强度下植物群落具有最高的物种多样性。植物生活型和营养繁殖方式决定其对放牧压力的响应策略,并构成不同放牧率下群落演替的基础^[5, 14],但放牧可能仅作为植被演替的一种驱动力,而不是决定因素^[15-16]。此外,放牧季节也被认为是影响植物群落种类组成的关键因素,在其他生态系统中的研究已表明放牧季节比放牧压力对植物群落种类构成影响更大^[17]。

若尔盖高原位于青藏高原的东缘,是世界上面积最大的高原泥炭沼泽分布区,具有储量丰富的泥炭资源^[18],被誉为“高原之肾”、“黄河蓄水池”,对于保护生物多样性、维持区域乃至全球 C 循环平衡以及保障地区社会经济可持续发展具有重要作用。随着 20 世纪 60 年代末、70 年代初的大规模挖沟排水,大片沼泽被疏干成放牧场,草场严重超载,引发一系列严重的环境问题,如植被退化,土壤沙化,鼠害肆虐,沼泽生态环境出现恶性循环^[1, 19]。本区已就沼泽退化过程、沼泽植被类型分布等方面开展一些基础研究^[20-23],但尚缺乏人为干扰下的沼泽退化过程与机理的深刻认识,尤其缺乏放牧干扰下沼泽植被退化过程的认识。本研究通过不同放牧季节和放牧压力下植物群落种类组成和生活型结构的变化,以揭示放牧干扰对沼泽植物群落物种多样性和群落演替的影响,为退化沼泽植被恢复与建立合理放牧制度提供科学依据。

1 研究区概况和研究方法

1.1 研究区概况

研究区位于青藏高原东缘若尔盖高原,海拔 3400—3900 m,地理位置介于 102°15′—103°50′E,32°20′—34°10′N 之间。行政上隶属于四川省阿坝州红原县与若尔盖县,以及甘肃省玛曲县东南部与碌曲县南部以及青海省久治县西南角。本区为第四纪新构造抬升运动强烈隆起区的相对沉降区之一^[24],地质构造为刚性较强、稳定的若尔盖地块,主要地层为三迭统的砂、页岩互层,夹有薄层灰岩^[1, 20]。地貌类型为平坦的高原地貌,地势起伏和缓,相对高度 50—100m,谷地宽广,有相当多曲流和牛轭湖发育^[25]。主要气候特点为长冬无

夏,春秋短促。霜冻期长,植物生长期短,阴雨日多,蒸发力弱。年平均气温 0.6—1.2 °C,最热月 7 月,平均气温 10.9 °C,最冷月 1 月,平均气温 -10 °C。土壤冻结期长(从 9 月至翌年 6 月),无霜期仅 25—30 d。 ≥ 10 °C 积温仅 600—900 °C。年平均降水量 560—860 mm,主要集中在 6—8 月,约占年降水量的 1/2^[1]。该区水热等条件对沼泽的发育非常有利,因此,广泛发育了沼泽,成为我国最大的高原沼泽区。

根据 2006 年数据统计,若尔盖高原沼泽草场面积约 6500 km²。20 世纪 50 年代该区牲畜折合 85 万羊单位,至 2000 年,发展至 285.5 万羊单位,超载 99 万羊单位,超载率达 531%^[26],严重的过度放牧导致该区草场沙漠化土地面积不断增加,沼泽植物群落发生逆向演替,种类组成改变,草场矮化、沙化严重。

1.2 研究地点与样地设置

在对本区沼泽进行系统考察的基础上,根据典型性、代表性的原则,在若尔盖高原著名的日干乔湿地自然保护区内确定了研究地点,设置了研究样线与研究样点(图 1),行政上隶属四川省红原县瓦切乡。该保护区呈东西走向,西侧为黄河一级支流白河,其余三侧均为丘状山原,日干乔沼泽为白河支流形成的宽谷沼泽,山原冰雪融水和大气降水为沼泽主要补给水源。研究地点设置在过度放牧严重的夏草场,该草场总面积约 7.5 hm²,放牧家畜为牦牛,载畜量 267 个牛单位(每个牛单位折合为 3 个羊单位,合计 801 个羊单位)。按照距离居民点的远近,沿坡麓中生草甸向谷地中心沼泽的方向,根据群落种类组成和家畜采食时间划分出 6 个牧压梯度。总体上从样地 6(相对原生沼泽,无放牧)至样地 1(中生草甸)地势略有升高,相对高程变化范围 1—1.5 m。其中样地 1 为栗褐苔草(*Carex brunnea*)-发草(*Deschampsia casepitosa*)群落,样地 2 为栗褐苔草-华扁穗草(*Blysmus sinocompressus*)群落,样地 3 为木里苔草(*Carex muliensis*)群落,样地 4 为乌拉草(*C. meyeriana*)-褐毛垂头菊(*Cremanthodium brunneo-pilosum*)群落,样地 5 为乌拉草-矮地榆(*Sanguisorba filiformis*)群落,样地 6 为乌拉草群落。据野外观察,从样地 1 至样地 6 家畜采食时间为 5.3、5.1、3.1、1.2、1.1 和 0.2 h,折合放牧率为 23.6、22.7、13.8、5.3、4.9 和 0.9 羊单位·hm⁻²·d⁻¹。各样地概况具体见表 1。

表 1 六个样地的环境指标特征

Table 1 The environmental characteristics in the six plots

样地 Plot	放牧强度 Grazing intensity	地表水位 Surface water table	土壤类型 Soil type	地貌 Geomorphy	距居民点距离/m Distance to settlement
1	极度	无积水,仅地表湿润	草甸土	坡麓	0—50
2	极重度	无积水,仅地表过湿	草甸土	坡麓	40—140
3	重度	季节性积水,水深 5—8cm	泥炭土	谷地边缘	180—270
4	中度	季节性积水,水深 8—12cm	泥炭土	谷地边缘	240—310
5	轻度	常年积水,水深 16—20cm	泥炭土	谷地中心	280—350
6	相对原生沼泽	常年积水,水深 18—25cm	泥炭土	谷地中心	350—410

1.3 植被调查

本研究样地实行轮牧制,即夏—冬轮流放牧,本年度作为夏草场使用。在 2010 年 6 月 1 日至 10 月 30 日从生长季初期直至生长季末期开展野外植物群落调查,持续时间总计 5 个月。在整个实验期内,每个月均有放牧活动。根据野外现场初步估算的种面积关系(巢式样方法),每个放牧梯度设置 3 个 1 m²的植物群落调查样方,以保证调查到 85% 以上的种类。并且在设置样方时避开群落片段边缘和单优无性系聚块,使样方尽可能包含更多的植物种类。每月开展以下内容的群落调查:按直立型(E)、分枝型(L)、莲座型(BL)和匍匐型(S)4 种生活型分别统计植物盖度^[27-28],盖度采用目测法。生活型划分依据在野外期间的实地观察以及查阅相关资料确定。5 个月份内总计调查 90 个植物样方,每月调查样方合计(所有样地合计)为 18 个,每个样地内样方合计(所有月份合计)则为 15 个。另外在每月每个放牧梯度采取随机抛样方法调查群落频度特征,样方面积 0.25 m²,数量为 30 个。

1.4 数据分析

为便于对放牧季节和放牧梯度进行量化分析,按原生沼泽、轻度、中度、重度、极重度和极度退化,各牧压

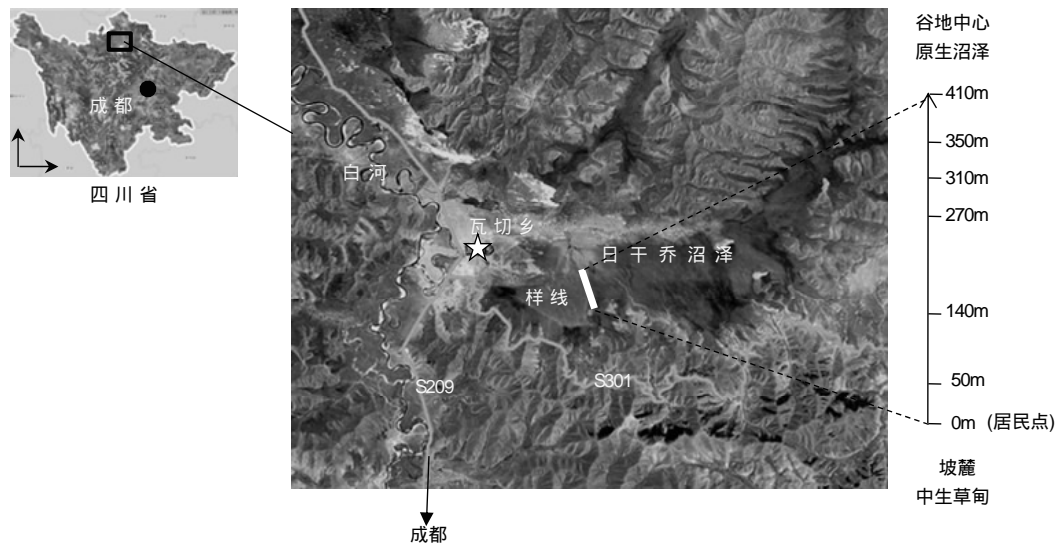


图1 研究区地理位置及样地设置

Fig. 1 Geographic position of study area and plot establishment

梯度以载畜率 0.9、4.9、5.3、13.8、22.7 和 23.6 作为量化指标,对于时间梯度,以 6 月 1 日作为基点,按照发育累积天数,6、7、8、9、10 月份分别赋值 30、60、90、120 d 和 150 d。物种丰富度划分出以下 3 个层次:样方内的物种丰富度 SR_s ;同一月份不同样地的物种丰富度 SR_M (合计 18 个样方的总物种数)和同一样地不同月份的物种丰富度 SR_p (合计 15 个样方的总物种数);所有月份全部样地的物种丰富度 SR_T (合计 90 个样方的总物种数)。对 SR_s 做不同月份和不同样地间的多重比较分析,并采用双因素方差分析时空因子对其影响的显著性。采用一阶折刀指数(Jackknife1)^[29]获得 SR_M 和 SR_p 期望物种丰富度 $SR_M(J)$ 和 $SR_p(J)$,折刀指数 $SR(J) = SR(obs) + axn/(n-1)$,其中 $SR(obs)$ 为 SR_M 和 SR_p 的观测物种数, a 为出现在 1 个样方的种数, n 为样方数。对于 SR_M 和 SR_p ,按样方进行物种累积速率分析,物种累积曲线为 100 次随机累加的结果;采用 PCA 排序分析植物群落的物种组成和演替对时空因子的响应,排序使用样地内 3 个样方的物种数据,放牧压力和放牧季节作为环境影响因子,并进行 Hellinger 转换以满足线性要求,物种多度使用的是盖度和频度的均值。频度 = 某种出现的样方数/30。方差分解^[30]基于 RDA 排序结果,通过物种-放牧压力、物种-放牧季节和物种-放牧压力-放牧季节的 RDA 排序,获得典范决定系数 (Ra^2),以 Ra^2 作为自变量(放牧压力和放牧季节)对因变量(物种多度)贡献率的无偏估计,计算各方差组分贡献率,对各因子的方差贡献率的显著性检验首先获得 F 统计量,并以残差置换方法检验 F 显著性,残差置换 1000 次。初步数据统计处理在 Microsoft Excel 2007 软件上完成,以 SPSS 13.0 软件进行多重比较分析和双因素方差分析,以 Canoco 4.5 for Windows 软件和 R 2.13.0 软件 (Vegan 包)^[31]完成物种累积曲线、多元排序和方差分解分析。

2 结果与分析

2.1 物种丰富度

本研究中总计调查到 46 种高等维管植物(SR_T),其中直立型植物最多占 45.65%,其次分枝型 23.91%,莲座型和匍匐型各占 15.22%。就样地物种丰富度(SR_p)而言,无论观测物种数和折刀指数均以样地 1 的最高,样地 3 和样地 6 的最低。在月份物种丰富度(SR_M)上,观测物种数和折刀指数均以 7 和 8 月的最高,6 和 10 月的最低。从平均样方物种丰富度的变化看,各月份的牧压梯度格局不尽相同,其中 6、9、10 月各放牧梯度的丰富度无显著差异,7 月和 8 月的则均以样地 1 和样地 2 的最高,样地 5 和样地 6 的最低。从物种累积速率看,在不同样地间,以样地 1 和样地 2 的最高,其他 4 个样地差异不明显,在不同月份间,以 7 月和 8 月的最高,其他 3 个月份差异不明显。方差分析结果进一步表明,物种丰富度与放牧季节无显著关系($F=2.176, P=$

0.109),但是与放牧压力关系显著($F=4.359, P=0.008$)。综上所述,放牧压力对物种丰富度具有显著影响,而放牧季节对物种丰富度无显著影响,但是在一定程度上改变了其牧压梯度格局,并降低物种累积速率(表2、表3,图2)。

表2 不同放牧季节和放牧压力下物种丰富度的变化

Table 2 The variation of species richness under the impact of season and pressure of grazing

样地 Plots	SR_s					$SR_p(obs)$	$SR_p(J)$
	6月 June	7月 July	8月 August	9月 September	10月 October		
1	7.67±1.15b(a)	15.33±4.51a(a)	11.00±1.00b(a)	10.00±1.73a(a)	8.67±1.53b(a)	30	37.5
2	8.33±1.53a(a)	11.67±2.08ab(ab)	12.67±2.08abc(a)	10.00±1.00a(a)	8.67±1.53c(a)	22	26.7
3	8.33±1.53a(a)	5.67±1.53b(c)	7.00±0.00abc(b)	2.33±1.15c(a)	3.00±1.00c(a)	15	18.7
4	8.67±1.15ab(a)	9.33±0.58a(bc)	7.67±2.08ab(b)	6.67±0.58bc(a)	7.33±1.53ab(a)	17	20.7
5	8.67±0.58a(a)	7.33±1.53a(c)	7.33±1.53a(b)	8.00±1.00b(a)	7.00±0.00a(a)	18	22.7
6	8.00±1.73a(a)	9.00±1.00a(bc)	7.33±0.58a(b)	7.33±0.58b(a)	6.67±2.52a(a)	16	18.8
$SR_M(obs)$	27	41	37	29	26	SR_T 46	
$SR_M(J)$	33.6	50.4	47.4	34.7	33.6		

括号外为横向比较,括号内为纵向比较,不同字母代表达到0.05显著水平

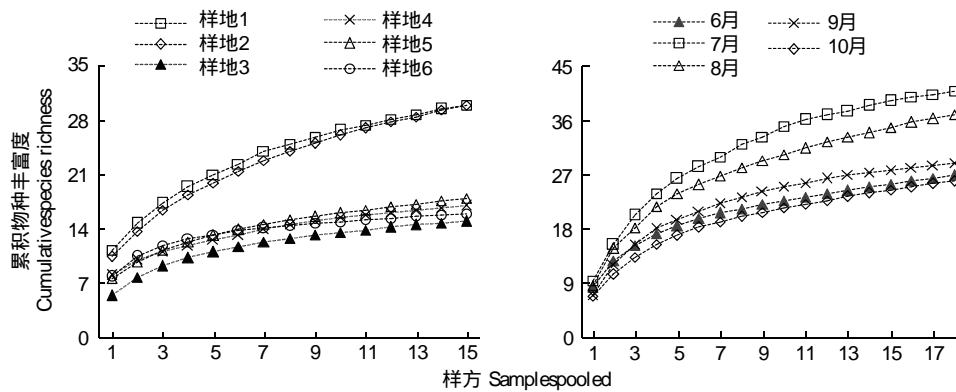


图2 不同放牧季节和放牧压力下的物种累积曲线

Fig. 2 The species accumulation curves across season and pressure of grazing

表3 SR_s 与放牧季节和放牧压力的双因素方差分析

Table 3 The univariate GLM analysis between SR_s and season and pressure of grazing

方差来源 Variation source	自由度 df	均方 Mean square	F	P
放牧季节 Grazing season	4	22.800	2.176	0.109 NS
放牧压力 Grazing intensity	5	45.680	4.359	0.008 * *
误差 Error	20	10.480		

NS 未达到显著水平, $P>0.05$; * * 极显著水平, $P<0.01$

2.2 放牧季节和放牧压力对物种多度的影响

为进一步了解放牧季节和放牧压力对物种多度的影响,应用方差分解的方法对其进行了分析。放牧压力实际上通过家畜的啃食、践踏作用直接或通过改变土壤 pH, 营养元素含量、土壤容重、孔隙度等一系列环境因子,间接影响物种多度分布。同样放牧季节变化也是通过改变光照和水热条件而产生作用。方差分解结果表明放牧压力和放牧季节总共解释了 47.6% 物种多度的变化。将季节因素固定为协变量,则放牧压力可解释总方差中的 50.1% ($F=14.1296 > F_{0.01}(30, 27)=2.47$),这是未被放牧季节解释的部分。季节变量以及两个变量交叉部分的典范决定系数均为负值,可以将之解释为 0,即放牧季节对物种多度分布没有影响。两个变量未能解释的部分可能来源于其他生态变量的作用(图3)。

2.3 群落演替

以前 27 种盖度和频度均较高的植物以及植物样方进行 PCA 排序,排序结果较好的反映出各样地的生态关系和种类组成的变化(图 4)。图中 I 为草甸植物群落,包括栗褐苔草-发草群落和栗褐苔草-华扁穗草群落,II 和 III 均为沼泽植物群落,其中 II 为木里苔草群落,III 为乌拉草群落;每个符号代表一个样地,不同的符号代表不同的放牧压力,其中空心圆形代表样地 1,右三角形代表样地 2,菱形代表样地 3,长方形代表样地 4,上三角形代表样地 5,x 符号代表样地 6;不同线型代表不同的生活型,其中点线为分枝型,细实线为直立型,折线为莲座型,粗实线为匍匐型。图中左侧的为减少种,右侧的为增加种。

从第一排序轴看,在不同放牧压力下,6 个样地明显划分为 3 个区域,对应 3 个演替阶段,每个阶段均有与之相关性较高的优势植物,其中样地 1 和样地 2 均为中生草甸植物群落,与之相关性最高的植物包括华扁穗草、鹅绒委陵菜(*Potentilla anserina*)和车前(*Plantago asiatica*),为重度放牧下的优势植物,样地 3 为木里苔草群落,物种组成简单,与之相关性最高的仅云生毛茛一种(*Ranunculus longicaulis* var. *nephelogenes*),样地 4、5 和 6 均为乌拉草群落,与之相关性最高的植物包括褐毛垂头菊、水木贼(*Equisetum heleocharis*)、灯心草(*Juncus knowii*)、木里苔草和矮地榆。可见,在放牧压力下,植被逆向演替模式倾向于沼泽→草甸,而以华扁穗草为建群种的沼泽化草甸阶段发育不明显。

各放牧阶段种类构成变化表明,在放牧压力下,各阶段的建群种替代规律为乌拉草→木里苔草→栗褐苔草。极度放牧下以栗褐苔草为建群种,伴生鹅绒委陵菜、藏嵩草(*Kobresia tibetica*)、华扁穗草、发草以及一定比例的扁蓄蓼(*Polygonum aviculare*)、葶苈(*Draba nemorosa*)等 1 年生植物;在中度放牧压力下以木里苔草为建群种,群落伴生种极少,几乎变成纯种群落。群落层片结构显著改变;在轻度放牧阶段,以乌拉草为建群种,草丛高度较高,群落伴生种相对丰富。由于乌拉草为丛生根蘖型植物,常形成草丘,构成相对湿润的小生境,为湿生植物侵入创造了条件,因此经常伴生矮地榆、花葶驴蹄草(*Caltha scaposa*)等。但是受放牧影响,沼生植物如水木贼、矮泽芹(*Chamaesium paradoxum*)等相对较少。可见无论在演替模式上,还是种类构成上,均受到放牧压力的显著影响。但从第二排序轴反映的信息看,无论样地间的演替,还是物种多度均与放牧季节无明显关系(图 4)。

2.4 生活型构成

以上述 27 种植物为对象,分析了其生活型组成的变化。27 种植物分属 4 种生活型,其中 12 种的多度随放牧压力增加,为增加种,是重度和极度放牧干扰下的优势种类;15 种降低,为减少种,是轻度放牧干扰下的优势种类。由图 5 可见,无论增加种,还是减少种均以直立型植物最多。在增加种中,莲座型和匍匐型植物比例明显较减少种增加,增加比例分别为 33.34% 和 16.67%,直立型植物比例降低了 25%,但分枝型植物比例无明显变化。因此,在重度放牧干扰下群落中耐践踏的植物生活型比例增加,直立型减少。在本研究中,直立型植物主要包括莎草科和其他典型沼生植物,是构成沼泽植物群落的主要生活型,属逃避型放牧响应策略,而莲座型和匍匐型多为双子叶杂类草,常构成五花草甸,属忍受型放牧响应策略(表 4)。该结果也从侧面反映出群落种类组成的变化,即杂类草比例增加,而莎草和禾草比例减少。

3 讨论

3.1 放牧压力和放牧季节对物种丰富度和多度的影响

放牧季节被认为是影响植物群落种类组成的关键因素^[18]。本研究结果表明,尽管不同放牧季节降低了放牧压力对植物多样性的影响,但无论双因素方差分析还是方差分解的分析结果,均表明物种丰富度和多度

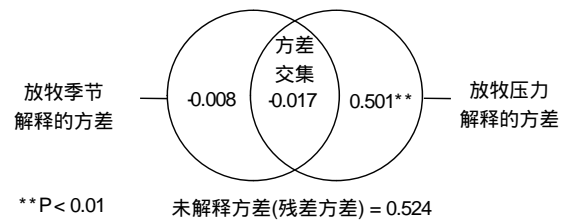


图 3 放牧季节和放牧压力解释物种多度总方差的 Venn 图

Fig. 3 Venn diagram representing the partition of the total variation (Ra^2) in species abundance

方差交集和残差方差未作显著性检验

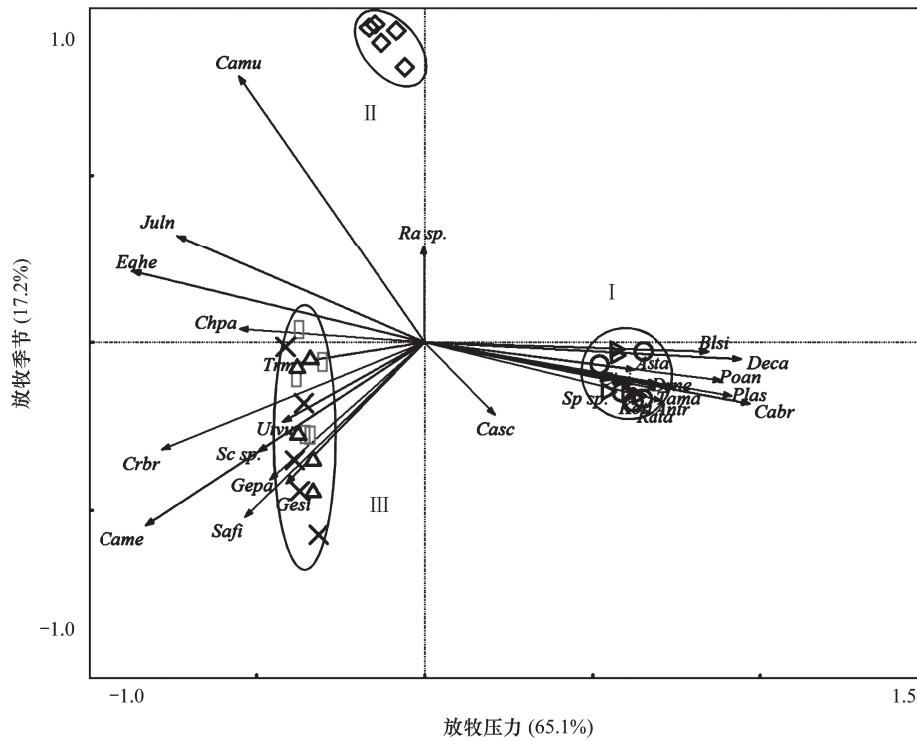


图4 样方和物种 PCA 排序结果

Fig. 4 PCA ordination of samples and species

与放牧季节无显著关系,这可能与本研究的尺度有关,不同放牧季节内光照、水热条件的变化尚不足以对物种丰富度和多度分布产生影响,还需要开展更长生态时间尺度研究。

表4 盖度和频度最高的 27 种植物的生活型

Table 4 Life form of plant species with the highest coverage and frequency

减少种 Decreasing species	生活型 Life form	增加种 Increasing species	生活型 Life form
海韭菜 <i>Triglochin maritimum</i>	E	藏嵩草 <i>K. tibetica</i>	E
华丽龙胆 <i>Gentiana sino-ornata</i>	E	高原毛茛 <i>R. tanguticus</i>	L
湿生扁蕾 <i>G. paludosa</i>	L	栗褐苔草 <i>C. brunnea</i>	E
莎草属 <i>Scirpus</i> sp.	E	川藏蒲公英 <i>Taraxacum maurocarpum</i>	BL
木里苔草 <i>C. muliensis</i>	E	毒芹 <i>Cicuta virosa</i>	L
水木贼 <i>E. heleocharis</i>	E	发草 <i>D. casepitosa</i>	E
乌拉草 <i>C. meyeriana</i>	E	条叶银莲花 <i>Anemone trullifolia</i> var. <i>linearis</i>	BL
灯心草 <i>J. inowii</i>	E	车前 <i>P. asiatica</i>	BL
矮地榆 <i>S. filiformis</i>	BL	鹅绒委陵菜 <i>P. anserina</i>	S
褐毛垂头菊 <i>C. brunneo-pilosum</i>	L	华扁穗草 <i>B. sinocompressus</i>	E
黄花狸藻 <i>Utricularia vulgaris</i>	E	花葶驴蹄草 <i>C. scaposa</i>	BL
矮泽芹 <i>C. paradoxum</i>	L	云生毛茛 <i>R. longicaulis</i> var. <i>nephelegenes</i>	S
		当归属 <i>Angelica</i> sp.	L
		葶苈 <i>D. nemorosa</i>	E
		紫菀属 <i>Aster</i> sp.	BL

E: 直立型; L: 分枝型; BL: 莲座型; S: 匍匐型

“中度干扰假说”是 Connell 在 1978 年研究热带地区生物群落物种多样性时提出来的,认为中度干扰下

的群落具有较高的物种丰富度^[32]。在植物群落放牧干扰研究中,该假说被引申为中等放牧强度下的植物群落具有较高的物种丰富度。本研究中,以极度放牧阶段具有最高的物种丰富度(SR_s 和 SR_p),而中度放牧和原生沼泽的最低,该结果并未支持“中度干扰假说”,而且方差分解结果也表明放牧压力和放牧季节仅解释了物种多度总方差的 47.6%,而有 52.4% 来自于其他生态变量的作用,这可能与研究对象有关。在以往有关中度放牧干扰假说研究中,研究对象大多为草原植物群落,各牧压梯度具有较一致的水文条件,均为旱生或中生生境^[33-34],牧压对群落施加的影响可以超越不同地段其它环境因子的影响,成为控制植物群落结构的主导因子。而本研究对象为沼泽植物群落,在所设置的 6 个样地中,整体上从样地 6 至样地 1 地势略有上升,其中样地 1 位于坡麓地带,接受坡面径流和地下径流补给,而沼泽植被除以上水源补给外,还接受河水补给,因此各牧压梯度间的地形和水文条件的差异,可能就是本研究中的关键生态变量。当然该推论还需进一步数据支持。无论如何,本研究表明放牧对物种丰富度具有显著影响,但仅作为驱动力之一,或者说放牧并没有从根本上改变植物群落物种丰富度的固有格局,据此,有理由相信,在维持适宜的地形和水文条件的前提下,随着放牧干扰的去除,沼泽植被就有可能依靠自身恢复力实现自我恢复,这也说明制定科学合理的放牧制度的重要性。

3.2 放牧压力对群落演替的影响

在放牧干扰下,植物的生态适应对策决定植物能否忍耐或适应放牧生境而维持生存并进行种群更新。由于植物的生活型和营养繁殖方式对放牧具有不同的响应策略,决定了植物群落的物种组成和替代变化,从而构成了不同放牧率下群落演替的基础^[14]。多项研究表明,在放牧干扰下,群落生活型组成具有由多年生植物向一年生植物转变,由直立植株向匍匐型或莲座型植株转变的倾向^[5, 21],从而影响群落的演替方向和速度,但与植被固有的变化速度和演替方向上的区域变化相比是次要的,放牧只是加快了演替的速度^[16]。在本研究尺度上,尽管六个梯度分属不同的生境类型,但是结果与上述研究基本一致。在过度放牧干扰下,群落中鹅绒委陵菜、车前等莲座型和匍匐型等耐践踏的植物增加,木里苔草、水木贼等直立型植物减少。因此,在过度放牧作用下,由莲座型和匍匐型植物构成了群落中的基本层片,显著影响群落外貌和种类组成,是群落发生演替的内在因素。但在演替模式上,本区沼泽化草甸建群种之一的直立型植物华扁穗草的区域分布和局域多度降低,成为中生草甸的伴生种,被更耐旱、耐牧的栗褐苔草取代,放牧干扰严重制约沼泽化草甸的发育。可以预见,随放牧压力的进一步增加,中生草甸植被将退化为荒漠植被,栗褐苔草将被适应流动沙丘生境的粗壮嵩草(*K. robusta*)和沙生苔草(*C. praeclara*)取代。因此,过度放牧干扰了本区植被逆向演替模式,显示出由沼泽→沼泽化草甸→草甸向沼泽→草甸转变的趋势,沼泽化草甸阶段不明显,草甸植被以栗褐苔草、发草为优势,沼泽植被以木里苔草、乌拉草为优势,但在演替方向上未发生变化,放牧仅起到加速沼泽植被逆向演替的作用。

4 结论

(1) 放牧季节对物种丰富度和多度无显著影响,但不同季节间物种丰富度沿放牧梯度的变化格局并不一致,具有不同的物种累积速率。

(2) 放牧压力对沼泽植物群落物种丰富度和多度具有显著影响,但仅为驱动力之一。

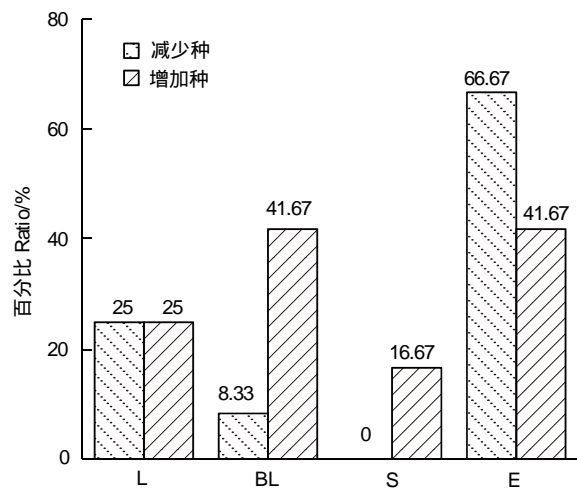


图5 放牧压力下增加种和减少种的生活型组成

Fig. 5 The life form composition of increasing species and decreasing species along grazing gradients

(3)放牧压力改变了群落生活型组成。随放牧压力增加,群落中莲座型和匍匐型等耐践踏的植物增加,而分枝型植物减少。

(4)在本研究尺度上,放牧活动干扰了群落固有的演替模式,在由沼泽向草甸逆向演替过程中,沼泽化草甸阶段不明显,但没有改变群落的演替方向,仅起到加速作用。

References:

- [1] Yang Y X. Ecological environment deterioration, mire degeneration and their formation mechanism in the Zoige Plateau. *Journal of Mountain Science*, 1999, 17(4): 318-323.
- [2] Yang Y X. Main characteristics, progress and prospect of international wetland science research. *Progress in Geography*, 2002, 21(2): 111-120.
- [3] Yang Y X. The 21st century hot point and forward position field of international wetland research from Quebec 2000-Millennium Wetland Event. *Scientia Geographica Sinica*, 2002, 22(2): 150-155.
- [4] Steinman A D. Effects of grazers on freshwater benthic algae//Stevenson R J, Bothwell M L, Lowe R L, eds. *Algal Ecology*. New York: Academic Press, 1996: 341-373.
- [5] Diza S, Lavorel S, McIntyre S, Falczuk V, Casanoves F, Milchunas D G, Skarpe C, Rusch G, Sternberg M, Noy-Meir I, Landsber J, Zhang W, Clark H, Campbell B D. Plant trait responses to grazing — A global synthesis. *Global Change Biology*, 2007, 13(2): 313-341.
- [6] Jasmin Jean-Nicolas, Rochefort L, Gauthier G. Goose grazing influences the fine-scale structure of a bryophyte community in arctic wetlands. *Polar Biology*, 2008, 31(9):1043-1049.
- [7] Kitti H, Forbes B C, Oksanen J. Long- and short-term effects of reindeer grazing on tundra wetland vegetation. *Polar Biology*, 2008, 32(2): 253-261.
- [8] Marty J T. Effects of cattle grazing on diversity in ephemeral wetlands. *Conservation Biology*, 2005, 19(5): 1626-1632.
- [9] Foote A L, Hornung C L R. Odonates as biological indicators of grazing effects on Canadian prairie wetlands. *Ecological Entomology*, 2005, 30(3): 273-283.
- [10] Miličić T, Erfanzadeh R, Pétilion J, Maelfait J P, Hoffmann M. Short-term impact of grazing by sheep on vegetation dynamics in a newly created salt-marsh site. *Grass and Forage Science*, 2010, 65(1): 121-132.
- [11] Wahren C H A, Past W A, Williams R J. Long-term vegetation change in relation to cattle grazing in subalpine grassland and heathland on the Bogong High Plains: An analysis of vegetation records from 1945 to 1994. *Australian Journal of Botany*, 1994, 42(6): 607-639.
- [12] Hickman K R, Hartnett D C. Effects of grazing intensity on growth, reproduction, and abundance of three palatable forbs in Kansas tallgrass prairie. *Plant Ecology*, 2002, 159(1): 23-33.
- [13] Hillhouse H L, Tunnell S J, Stubbendieck J. Spring grazing impacts on the vegetation of reed canarygrass-invaded wetlands. *Rangeland Ecology & Management*, 2010, 63(5): 581-587.
- [14] Wang S P, Li Y H. Degradation mechanism of typical grassland in Inner Mongolia. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1999, 10(4): 437-441.
- [15] Ren J Z, Zhu X Y. The pattern of agro-grassland systems and system discordance in Hexi Corridor of China: The mechanism of grassland degradation. *Acta Prataculturae Sinica*, 1995, 4(1): 69-80.
- [16] Esselink P, Fresco L F M, Dukema K S. Vegetation change in a man-made salt marsh affected by a reduction in both grazing and drainage. *Applied Vegetation Science*, 2002, 5(1):17-32.
- [17] Whisenant S G, Wagstaff F J. Successional trajectories of a grazed salt desert shrubland. *Plant Ecology*, 1991, 93(2): 133-140.
- [18] Chai X, Lang H Q, Jin S R, Zu W C, Ma X H, Zhang Z Y, Wang X Y, Hou K, Zhao C N. The swamp in the Zoige Plateau. Beijing: Science Press, 1965: 43-55.
- [19] Yang Y X, Wang S Y. Human disturbances on mire and peat soils in the Zoige Plateau. *Resources Science*, 2001, 23(2): 37-41.
- [20] Lang H Q, Jin S R, Niu H G. The vegetation type and succession in the Zoige Plateau in the western Sichuan Province. *Acta Phytocologica et Geobotanica Sinica*, 1964, 2(1): 40-56.
- [21] Gan Y M, Li Z D, Wang Q, Ze B, Luo G R, Ren Y K, Chen Y. Study on grazing degenerating succession of subalpine meadow in Northwestern of Sichuan Province. *Acta Agrestia Sinica*, 2005, 13(Supp.): 48-52.
- [22] He C Q, Zhao K Y, Zhao Z C. Wetlands pasture degeneration mechanism and its sustainable utilization countermeasure in Roige Plateau. *Grassland of China*, 2000, (6):11-16.
- [23] Tian Y B. The vegetation type and its distribution regularity under different habitats in Ruergai Plateau. *Journal of Yangze University (Natural Science Edition)*, 2005, 2(2): 1-6.
- [24] Bai J H, Ou Y H, Wang Q G, Gao H F, Ding Q W. Changes in landscape patterns of alpine wetlands in Roige Plateau before and after drainage.

- Transactions of the CSAE, 2009, 25(Supp. 1): 64-68.
- [25] Sun G Y, Zhang W F, Zhang J J, Yi F K, Zhao K Y, Yang F M, Luo J. The mire and peatland of the Hengduan Mountain region. Beijing: Science Press, 1998: 77-78.
- [26] Zhou G J, Li H. Desertification reasons of grassland and its prevent countermeasures in Ruoergai. Sichuan Grassland, 2003, (1): 35-36.
- [27] Li J D. Classification on life forms of herbal species in the Northeast steppe, China. Journal of Northeast Normal University (Natural Science Edition), 1979, (2): 143-155.
- [28] Han D Y, Li H Y, Yang Y F. β -diversity patterns of plant community in fragmented habitat in a degenerated meadow in Songnen Plain, China. Chinese Geographic Science, 2009, 19(4): 375-381.
- [29] Heltshe J F, Forrester N E. Estimating species richness using the jackknife procedure. Biometrics. 1983, 39(1): 1-11.
- [30] Borcard D, Legendre P, Drapeau P. Partialling out the spatial component of ecological variation. Ecology, 1992, 73(3): 1045-1055.
- [31] Oksanen J, Blanchet F G, Kindt R, Legendre P, O'Hara R B, Simpson G L, Solymos P, Stevens M H R, Wagner H. Vegan: community ecology package version 1.17-9. (2011-06-22) [2011-03-31]. <http://vegan.r-forge.r-project.org/>.
- [32] Connell J H. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. Science, 1978, 199(4335): 1302-1310.
- [33] Yang L M, Wang R Z, Li J D. Effect of grazing disturbance gradient on plant diversity of main grassland communities in the Songnen Plain of China. Acta Agrestia Sinica, 1999, 7(1): 8-16.
- [34] Li Y H. Grazing dynamics of the species diversity in *Aneurolepidium chinensis* steppe and *Stipa grandis* steppe. Acta Botanica Sinica, 1993, 35(11): 877-884.

参考文献:

- [1] 杨永兴. 若尔盖高原生态环境恶化与沼泽退化及其形成机制. 山地学报, 1999, 17(4): 318-323.
- [2] 杨永兴. 国际湿地科学研究的主要特点、进展与展望. 地理科学进展, 2002, 21(2): 111-120.
- [3] 杨永兴. 从魁北克 2000-世纪湿地大事件活动看 21 世纪国际湿地科学研究的热点与前沿. 地理科学, 2002, 22(2): 150-155.
- [14] 汪诗平, 李永宏. 内蒙古典型草原退化机理的研究. 应用生态学报, 1999, 10(4): 437-441.
- [15] 任继周, 朱兴运. 中国河西走廊草地农业的基本格局和它的系统相悖——草原退化的机理初探. 草业学报, 1995, 4(1): 69-80.
- [18] 柴岫, 郎惠卿, 金树仁, 祖文辰, 马学慧, 张则有, 王新元, 侯奎, 赵楚年. 若尔盖高原的沼泽. 北京: 科学出版社, 1965: 43-55.
- [19] 杨永兴, 王世岩. 人类活动干扰对若尔盖高原沼泽土、泥炭土资源影响的研究. 资源科学, 2001, 23(2): 37-41.
- [20] 郎惠卿, 金树仁, 牛焕光. 川西高原若尔盖地区的沼泽植被类型及其演替. 植物生态学与地植物学丛刊, 1964, 2(1): 40-56.
- [21] 干友民, 李志丹, 王钦, 泽柏, 罗光荣, 任永宽, 陈愉. 川西北亚高山草甸放牧退化演替研究. 草地学报, 2005, 13(增刊): 48-52.
- [22] 何池全, 赵魁义, 赵志春. 若尔盖高原湿地草场退化成因分析及其保护利用. 中国草地, 2000, (6): 11-16.
- [23] 田应兵. 若尔盖高原湿地不同生境下植被类型及其分布规律. 长江大学学报(自然科学版), 2005, 2(2): 1-6.
- [24] 白军红, 欧阳华, 王庆改, 高海峰, 丁秋祎. 大规模排水前后若尔盖高原湿地景观格局特征变化. 农业工程学报, 2009, 25(增刊 1): 64-68.
- [25] 孙广友, 张文芬, 张家驹, 易富科, 赵魁义, 杨福明, 罗佳. 横断山区沼泽与泥炭. 北京: 科学出版社, 1998: 77-78.
- [26] 周国军, 李华. 若尔盖草原沙化成因及治理对策研讨. 四川草原, 2003, (1): 35-36.
- [27] 李建东. 东北草原草本植物基本生活型的探讨. 吉林师大学报(自然科学版), 1979, 2(2): 143-155.
- [33] 杨利民, 王仁忠, 李建东. 松嫩平原主要草原群落放牧干扰梯度对植物多样性的影响. 草地学报, 1999, 7(1): 8-16.
- [34] 李永宏. 放牧响应下羊草草原和大针茅草原植物多样性的变化. 植物学报, 1993, 35(11): 877-884.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 20 October, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

- Community structure and diversity of macrobenthos in the intertidal zones of Yangshan Port WANG Baoqiang, XUE Junzeng, ZHUANG Hua, et al (5865)
- Variation characteristics of macrobenthic communities structure in tianjin coastal region in summer FENG Jianfeng, WANG Xiuming, MENG Weiqing, et al (5875)
- Analysis of habitat connectivity of the Yunnan snub-nosed monkeys (*Rhinopithecus bieti*) using landscape genetics XUE Yadong, LI Li, LI Diqiang, WU Gongsheng, et al (5886)
- Study on the spatial pattern of wetland bird richness and hotspots in Sanjiang Plain LIU Jiping, LÜ Xianguo (5894)
- Dynamic analysis of coastal region cultivated land landscape ecological security and its driving factors in Jiangsu WANG Qian, JIN Xiaobin, ZHOU Yinkang (5903)
- Landscape pattern gradient on tree canopy in the central city of Guangzhou, China ZHU Yaojun, WANG Cheng, JIA Baoquan, et al (5910)
- Research on dynamic changes of landscape structure and land use eco-security: a case study of Jiansanjiang land reclamation area LIN Jia, SONG Ge, SONG Siming (5918)
- Shangri-La county ecological land use planning based on landscape security pattern LI Hui, YI Na, YAO Wenjing, WANG Siqi, et al (5928)
- Changes of paddy field landscape and its influence factors in a typical town of south Jiangsu Province ZHOU Rui, HU Yuanman, SU Hailong, et al (5937)
- Species composition and succession of swamp vegetation along grazing gradients in the Zoige Plateau, China HAN Dayong, YANG Yongxing, YANG Yang, et al (5946)
- Characteristics and influence factors of the swamp degradation under the stress of grazing in the Zoige Plateau LI Ke, YANG Yongxing, YANG Yang, et al (5956)
- Variation of organic pollution in the last twenty years in the Qinzhou bay and its potential ecological impacts LAN Wenlu (5970)
- Response of radial growth Chinese pine (*Pinus tabulaeformis*) to climate factors in Wanxian Mountain of He'nan Province PENG Jianfeng, YANG Airong, TIAN Qinhua (5977)
- Vegetation and species diversity change analysis in 50 years in Tashan Mountain, Shandong Province, China GAO Yuan, CHEN Yufeng, DONG Heng, et al (5984)
- Effect of urban heat island on plant growth and adaptability of leaf morphology constitute WANG Yating, FAN Lianlian (5992)
- Effects of shading on photosynthetic characteristics and chlorophyll fluorescence parameters in leaves of the endangered plant *Thuja sutchuenensis* LIU Jianfeng, YANG Wenjuan, JIANG Zeping, et al (5999)
- Effects of shading on growth and quality of triennial *Clematis manshurica* Rupr. HAN Zhongming, ZHAO Shujie, LIU Cuijing, et al (6005)
- Allelopathic effect of extracts from *Artemisia sacrorum* leaf and stem on four dominant plants of enclosed grassland on Yunwu Mountain WANG Hui, XIE Yongsheng, YANG Yali, et al (6013)
- Effects of soil base cation composition on plant distribution and diversity in coastal wetlands of Hangzhou Bay, East China WU Tonggui, WU Ming, YU Mukui, et al (6022)
- Species diversity of arbuscular mycorrhizal fungi of *Stipa* L. in alpine grassland in northern Tibet in China CAI Xiaobu, PENG Yuelin, YANG Minna, et al (6029)
- Water consumption and annual variation of transpiration in mature *Acacia mangium* Plantation ZHAO Ping, ZOU Lvliu, RAO Xingquan, et al (6038)
- Foliar phenotypic plasticity of a warm-temperate shrub, *Vitex negundo* var. *heterophylla*, to different light environments in the field DU Ning, ZHANG Xiuru, WANG Wei, et al (6049)

An case study on vegetation stability in sandy desertification land; determination and comparison of the resilience among communities after a short period of extremely aridity disturbanc	ZHANG Jiyi, ZHAO Halin (6060)
Response of soil quality indicators to comprehensive amelioration measures in coastal salt-affected land	SHAN Qihua, ZHANG Jianfeng, RUAN Weijian, et al (6072)
Fine-scale spatial associations of <i>Stipa krylovii</i> and <i>Stellera chamaejasme</i> population in alpine degraded grassland	ZHAO Chengzhang, REN Heng (6080)
The response of community-weighted mean plant functional traits to environmental gradients in Yanhe river catchment	GONG Shihui, WEN Zhongming, SHI Yu (6088)
Ozone stress increases lodging risk of rice cultivar Liangyoupeijiu; a FACE study	WANG Yunxia, WANG Xiaoying, YANG Lianxin, et al (6098)
Effect of sugarcane//soybean intercropping and reduced nitrogen rates on sugarcane yield, plant and soil nitrogen	YANG Wenting, LI Zhixian, SHU Lei, et al (6108)
Effect of wetting duration on nitrogen fixation of biological soil crusts in Shapotou, Northern China	ZHANG Peng, LI Xinrong, HU Yigang, et al (6116)
Effects of zinc on the fruits' quality of two eggplant varieties	WANG Xiaojing, WANG Huimin, WANG Fei, et al (6125)
Rapid light-response curves of PS II chlorophyll fluorescence parameters in leaves of <i>Salix leucopithecia</i> subjected to cadmium-ion stress	QIAN Yongqiang, ZHOU Xiaoxing, HAN Lei, et al (6134)
Physiological Response of <i>Mirabilis jalapa</i> Linn. to Lead Stress by FTIR Spectroscopy	XUE Shengguo, ZHU Feng, YE Sheng, et al (6143)
Physiological response of <i>Zoysia japonica</i> to Cd ²⁺	LIU Junxiang, SUN Zhenyuan, JU Guansheng, et al (6149)
Biosorption of Cd ²⁺ using the fruiting bodies of two macrofungi	LI Weihuan, MENG Kai, LI Junfei, et al (6157)
Factors regulating recruitment of <i>Microcystis</i> from the sediments of the eutrophic Shanzai Reservoir	SU Yuping, LIN Hui, ZHONG Houzhang, et al (6167)
A new type of insect trap and its trapping effect on <i>Cyrtotrachelus buqueti</i>	YANG Yaojun, LIU Chao, WANG Shufang, et al (6174)
Photoperiod influences diapause induction of Oriental Fruit Moth(Lepidoptera: Tortricidae)	HE Chao, MENG Quanke, HUA Lei, et al (6180)
Influence of edge effects on arthropods communities in agroforestry ecological systems	WANG Yang, WANG Gang, DU Yingqi, et al (6186)
Dynamics of land use and its ecosystem services in China's megacities	CHENG Lin, LI Feng, DENG Huafeng (6194)
Comprehensive assessment of urban ecological risks; the case of Huaibei City	CHANG Hsiaoifei, WANG Rusong, LI Zhengguo, et al (6204)
The dynamics of surface heat status of Tangshan City in 1993—2009	JIA Baoquan, QIU Erfa, CAI Chunju (6215)
A projection-pursuit based model for evaluating the resource-saving and environment-friendly society and its application to a case in Wuhan	WANG Qianqian, ZHOU Jingxuan, LI Xiangmei, et al (6224)
Research on ecological barrier to Chang-Zhu-Tan metropolitan area	XIA Benan, WANG Fusheng, HOU Fangzhou (6231)
Optimization of urban land structure based on ecological green equivalent; a case study in Ningguo City, China	ZHAO Dan, LI Feng, WANG Rusong (6242)
Dynamic ecological footprint simulation and prediction based on ARIMA Model; a case study of Gansu Province, China	ZHANG Bo, LIU Xiuli (6251)
Review and Monograph	
A prospect for study on isolated wetland	TIAN Xuezhi, LIU Jiping (6261)
Dinoflagellate heterotrophy	SUN Jun, GUO Shujin (6270)
Research progress of microbial agents in ecological engineering	WEN Ya, ZHAO Guozhu, ZHOU Chuanbin, et al (6287)
The progress of ecological civilization construction and its indicator system in China	BAI Yang, HUANG Yuchi, WANG Min, et al (6295)

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 20 期 (2011 年 10 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 31 No. 20 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
主 管 中国科学技术协会
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

Editor-in-chief FENG Zong-Wei
Supervised by China Association for Science and Technology
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
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@espg.net

Printed by Beijing Bei Lin Printing House,
Beijing 100083, China
Distributed by Science Press
Add:16 Donghuangchenggen North
Street, Beijing 100717, China
Tel:(010)64034563
E-mail:journal@espg.net

订 购 全国各地邮局
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

Domestic All Local Post Offices in China
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