

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第32卷 第15期 Vol.32 No.15 **2012**

中国生态学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 32 卷 第 15 期

2012 年 8 月 (半月刊)

目 次

放牧对青藏高原东部两种典型高寒草地类型凋落物分解的影响.....	张艳博, 罗 鹏, 孙 庚, 等 (4605)
北京地区外来入侵植物分布特征及其影响因素.....	王苏铭, 张 楠, 于琳倩, 等 (4618)
温带混交林碳水通量模拟及其对冠层分层方式的响应——耦合的气孔导度-光合作用-能量平衡模型	施婷婷, 高玉芳, 袁凤辉, 等 (4630)
洞庭湖景观格局变化及其对水文调蓄功能的影响	刘 娜, 王克林, 段亚锋 (4641)
大辽河口水环境污染生态风险评估.....	于 格, 陈 静, 张学庆, 等 (4651)
标准化方法筛选参照点构建大型底栖动物生物完整性指数	渠晓东, 刘志刚, 张 远 (4661)
不同年龄段大连群体菲律宾蛤仔 EST-SSR 多样性	虞志飞, 闫喜武, 张跃环, 等 (4673)
基于地统计分析西印度洋黄鳍金枪鱼围网渔获量的空间异质性	杨晓明, 戴小杰, 朱国平 (4682)
广东罗坑自然保护区鳄蜥生境选择的季节性差异.....	武正军, 戴冬亮, 宁加佳, 等 (4691)
甘肃兴隆山森林演替过程中的土壤理化性质.....	魏 强, 凌 雷, 柴春山, 等 (4700)
短轮伐期毛白杨不同密度林分土壤有机碳和全氮动态.....	赵雪梅, 孙向阳, 康向阳, 等 (4714)
放牧对呼伦贝尔草地植物和土壤生态化学计量学特征的影响.....	丁小慧, 官 立, 王东波, 等 (4722)
UV-B 辐射增强对抗除草剂转基因水稻 CH ₄ 排放的影响	娄运生, 周文麟 (4731)
基于核磁共振波谱的盐芥盐胁迫代谢组学分析.....	王新宇, 王丽华, 于 萍, 等 (4737)
广西甘蔗根际高效联合固氮菌的筛选及鉴定.....	胡春锦, 林 丽, 史国英, 等 (4745)
不同稻蟹生产模式对土壤活性有机碳和酶活性的影响.....	安 辉, 刘鸣达, 王耀晶, 等 (4753)
大兴安岭火烧迹地恢复初期土壤微生物群落特征.....	白爱芹, 傅伯杰, 曲来叶, 等 (4762)
川西北冷杉林恢复过程中土壤动物群落动态.....	崔丽巍, 刘世荣, 刘兴良, 等 (4772)
内生真菌角担子菌 B6 对连作西瓜土壤尖孢镰刀菌的影响	肖 逸, 戴传超, 王兴祥, 等 (4784)
西江颗粒直链藻种群生态特征.....	王 超, 赖子尼, 李跃飞, 等 (4793)
大型人工湿地生态可持续性评价.....	张依然, 王仁卿, 张 建, 等 (4803)
孢粉、炭屑揭示的黔西高原 MIS3b 期间古植被、古气候演变	赵增友, 袁道先, 石胜强, 等 (4811)
树干径流对梭梭“肥岛”和“盐岛”效应的作用机制	李从娟, 雷加强, 徐新文, 等 (4819)
豆科作物-小麦轮作方式下旱地小麦花后干物质及养分累积、转移与产量的关系	杨 宁, 赵护兵, 王朝辉, 等 (4827)
一次陆源降雨污水引起血红哈卡藻赤潮的成因.....	刘义豪, 宋秀凯, 靳 洋, 等 (4836)
盐城国家级自然保护区景观格局变化及其驱动力.....	王艳芳, 沈永明 (4844)
城市屋顶绿化资源潜力评估及绿化策略分析——以深圳市福田区为例.....	邵天然, 李超骥, 曾 辉 (4852)
黄河三角洲区域生态经济系统动态耦合过程及趋势.....	王介勇, 吴建寨 (4861)
重庆市生态功能区蝴蝶多样性参数	李爱民, 邓合黎, 马 琦 (4869)
专论与综述	
干旱半干旱区不同环境因素对土壤呼吸影响研究进展.....	王新源, 李玉霖, 赵学勇, 等 (4890)
土壤呼吸的温度敏感性——全球变暖正负反馈的不确定因素.....	栾军伟, 刘世荣 (4902)
森林土壤甲烷吸收的主控因子及其对增氮的响应研究进展.....	程淑兰, 方华军, 于贵瑞, 等 (4914)
湖泊氮素氧化及脱氮过程研究进展	范俊楠, 赵建伟, 朱端卫 (4924)
研究简报	
刈割对人工湿地风车草生长及污水净化效果的影响.....	吕改云, 何怀东, 杨丹菁, 等 (4932)
学术信息与动态	
全球气候变化与粮食安全——2012 年 Planet Under Pressure 国际会议述评	安艺明, 赵文武 (4940)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 338 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 35 * 2012-08



封面图说: 水杉是中国特有种, 国家一级保护植物, 有植物王国“活化石”之称, 是 1946 年由中国的植物学家在湖北的利川磨刀溪发现的。水杉曾广泛分布于北半球, 第四纪冰期以后, 水杉属的其他种类全部灭绝, 水杉确在中国川、鄂、湘边境地带得以幸存, 成为旷世奇珍。水杉耐水, 适应力强, 生长极为迅速, 其树干通直挺拔, 高大秀颀, 树冠呈圆锥形, 姿态优美, 枝叶繁茂, 入秋后叶色金黄。自发现后被人们在中国南方广泛种植, 成为著名的绿化观赏植物, 现在中国水杉的子孙已遍及中国和世界 50 多个国家和地区。

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

DOI: 10.5846/stxb201104200523

丁小慧, 宫立, 王东波, 伍星, 刘国华. 放牧对呼伦贝尔草地植物和土壤生态化学计量学特征的影响. 生态学报, 2012, 32(15): 4722-4730.

Ding X H, Gong L, Wang D B, Wu X, Liu G H. Grazing effects on eco-stoichiometry of plant and soil in Hulunbeir, Inner Mogolia. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(15): 4722-4730.

放牧对呼伦贝尔草地植物和土壤生态 化学计量学特征的影响

丁小慧^{1,2}, 宫立^{1,2}, 王东波³, 伍星¹, 刘国华^{1,*}

(1. 中国科学院生态环境研究中心城市与区域生态国家重点实验室, 北京 100085; 中国科学院研究生院, 北京 100049;

3. 内蒙古自治区呼伦贝尔市环境科学研究所, 呼伦贝尔 021008)

摘要:放牧通过畜体采食、践踏和排泄物归还影响草地群落组成、植物形态和土壤养分, 植物通过改变养分利用策略适应环境变化。通过分析呼伦贝尔草原放牧和围封样地中的群落植物和土壤的碳氮磷养分及化学计量比, 探讨放牧对生态系统化学计量学特征和养分循环速率的影响机制。结果如下: (1) 群落尺度上, 放牧和围封草地植物叶片 C、N 和 P 的含量没有显著差异; 但是在种群尺度上, 放牧草地植物叶片 N 含量显著高于围封草地; (2) 放牧草地土壤全 C、全 N、有机 C、速效 P 含量, 低于围封草地, 硝态 N 含量高于围封草地; 土壤全 P 和铵态 N 指标没有显著差异; (3) 放牧草地植物 C:N 比显著低于围封草地, 植物残体分解速率较快, 提高了生态系统养分循环速率。

关键词:草地生态系统; 放牧; 围封; 化学计量学; 呼伦贝尔

Grazing effects on eco-stoichiometry of plant and soil in Hulunbeir, Inner Mogolia

DING Xiaohui^{1,2}, GONG Li^{1,2}, WANG Dongbo³, WU Xing¹, LIU Guohua^{1,*}

1 State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China

2 Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

3 Institute of Environmental Science of Inner Mongolia, Hulunbeir 021008, China

Abstract: The grassland in Inner Mongolia, one of the largest remaining grassland ecosystems in the world, is extensive and covers an area of up to 68% of the entire region. Recently, with the increasing needs of livestock products, the ecological function of the grassland is severely degraded by overgrazing. The effect of grazing has become an urgent and crucial issue in the study of grassland ecology. The early researches mainly focused on the effects of grazing on the productivity, community structure and biodiversity of the grasslands through the browsing, trampling around and excretion of livestock. Focusing on C4 soil or plants, only a few studies have considered the effects of grazing on the stoichiometry traits of soil and plants. The mechanism by which grazing affects the stoichiometry traits of soil and plants is far from clear. For this issue, we carried out a study considering the role of grazing on the stoichiometry traits of soil and plant at both population and community scales. We determined the C, N, P content and the C/N ratios of plant and soil to explore how grazing affects the stoichiometry traits and nutrient cycling rates in an ecosystem. We found that: (1) On community scale, C, N, P content of the leaves had no-significant difference between the grazed and the exclosure grassland; however, on species scale, the N content in

基金项目:国家重点基础研究发展计划项目(2009CB421104); 中国科学院战略性先导科技专项(XDA05060100)

收稿日期:2011-04-20; **修订日期:**2012-04-24

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: ghliu@rcees.ac.cn

the grazed grassland was significantly higher than that in the enclosure. (2) Grazing significantly decreased soil total carbon (TC), total nitrogen(TN), soil organic carbon(SOC) and available phosphorus, increased the nitrate nitrogen, with no effects on total phosphorus (TP) and ammonium nitrogen. (3) The C/N ratio of the plant in grazed grassland was significantly lower than that in the enclosure, suggesting higher decomposition rate of litter and quicker nutrient cycling rate of the ecosystem. In conclusion, our study indicates that plants can adapt to varied environments caused by grazing through choosing suitable strategies of nutrient using.

Key Words: grassland ecosystem; grazing; enclosure; stoichiometry; hulunbeir

放牧是人类对草地资源管理和利用的主要方式之一,放牧干扰除了直接影响草地生产力、生物多样性以及导致种群特征变化以外^[1-5],还深刻影响生态系统化学计量特征,改变养分循环速率。关于放牧对草地生态系统的影响做过大量研究,一方面研究关注生物量和植物群落结构对放牧的响应^[4-17],另一方面研究关注植物和土壤养分特征变化对放牧的响应^[18-26],但关于放牧对植物和土壤养分特征的影响一直没有定论。李香真和陈佐忠^[26]通过对不同放牧率下土壤养分含量进行分析,认为重牧降低土壤有机质全氮的含量,轻牧和中牧对养分含量影响不大。Frank^[27]对黄石公园草地土壤 C 和 N 进行研究,认为放牧可以增加土壤中的有机碳的含量,重牧没有导致土壤有机质降低。而 Milchunas 和 Lauenroth^[28]认为土壤养分指标与放牧强度关系复杂,要结合植被和土壤的初始情况,环境因素和放牧历史进行综合研究。Unkovich^[29]认为放牧导致植物叶片 N 含量降低,并降低植物对土壤养分的吸收能力。但是也有观点认为,植物被去叶后,剩余叶片 N 含量增加^[30],最终降低植物残体的 C/N 比,使微生物矿化作用增强,固定作用减弱,增加土壤的净矿化量,提高养分循环速率^[31-37]。我国关于放牧对生态系统养分含量的影响的研究,通常将植物群落^[18-19]和土壤^[20-24]分开研究,对于更好地揭示和理解放牧对生态系统养分循环影响的机制具有局限性。

放牧干扰是否通过影响草地群落组成、植物形态和土壤养分状况,进而导致植物养分利用策略变化,改变草地生态系统化学计量学特征呢?本文基于上述假设,从生态化学计量学角度出发,从三方面研究放牧对呼伦贝尔草地植物和土壤 C、N 和 P 3 种元素化学计量学特征影响,第一探讨植物群落尺度和种群尺度对放牧干扰的响应,第二探讨土壤养分含量变化,第三探讨放牧对草地养分循环速率的影响,进一步分析放牧生态系统养分循环的影响机制,为草地资源管理和利用提供依据。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

研究区位于内蒙古自治区呼伦贝尔市大兴安岭山脉以西地区(48°04'02"—50°11'29"N,116°32'42"—120°18'29"E)。地处内蒙古东部,总体属于高原型地貌,是亚洲中部蒙古高原的组成部分。由于纬度偏高,远离海洋,属于温带大陆性季风气候。年均温-5—2℃,年降水量339 mm,年蒸发量950—1900 mm,无霜期40—130 d^[38]。该地区草地类型丰富,主要代表群系有日阴营(*Carex pediformis*)、糙隐子草(*Cleistogenes Keng*)、大针茅(*Stipa grandis*)、羊草(*Leymus chinensis*)、贝加尔针茅(*Stipa baicalensis*)等。草地群落类型主要为羊草草原,羊草-禾草杂草草原。放牧草地常年放牧,属于重度人类干扰;围封草地是围封后每年生长季末割草。研究区的土壤主要以黑钙土和栗钙土为主。

1.2 样地设置、调查与样品采集

本研究在呼伦贝尔草原的草甸草原保护区选取了3个样点 A(E120°18'29",N49°04'25")、B(E119°37'17.4",N50°10'52.7")、C(E119°30'4.2",N49°26'27.2"),每个样点选取放牧和围封草地作对比研究,放牧样地位于围栏外侧,多年放牧,属于重牧;围栏内侧草地为围封样地。开展草地生物量测定、群落结构和土壤调查研究。植物调查和取样时间为2009年8月5—18日。在每个样点按利用方式分成刈割和放牧样地,每个样地设置一条50 m的样线,沿样线每隔10 m设置一个1 m×1 m的样方,共5个样方,调查样方中物种组成、高度、盖度;物种地上生物量用收割法获取,随机挑选3个样方齐地面分物种将植物剪下,称量其鲜重;将叶片带

回实验室,在 80 ℃ 下烘至恒重,称量干重,获取每个物种生物量和群落生物量。

土壤样品取样时间为 2010 年 7 月 16 日—8 月 2 日,在每个样地沿样线随机选取 3 个土壤剖面,分 0—10 cm、10—20 cm、20—30 cm 和 30—40 cm 层次采集土壤样品 100 g 左右。共采集土壤样品 72 个,剔除石粒和草根等杂物,一部分土壤样品自然风干,另一部分鲜土样品储存在 4 ℃ 冰箱中保存。

1.3 样品的分析测定

1.3.1 植物样品的分析测定

从采回的植物样品中挑选足够的健康叶片使用研磨仪粉碎,利用 C/N 元素分析仪,进行 C、N 含量测定。植物 P 含量采用全谱直读等离子体发射光谱仪测定,用微波消解萃取系统 (CEM) 进行前处理,样品回收率 84%—90%。

1.3.2 土壤样品的分析测定

土壤样品使用研磨仪粉碎,分别过 2 目和 100 目筛,备用。利用 C/N 元素分析仪,进行 C、N 含量测定。土壤全磷使用浓硝酸、氢氟酸、高氯酸消解 ICP-OES 测定;速效磷使用 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 提取,ICP-OES 测定;有机碳使用重铬酸钾容量法测定;硝态氮和铵态氮分别采用 1:5 水土比水杨酸钠法和 1:5 水土比硫酸肼还原法测定。

1.4 数据处理

为方便与国内外参考文献比较,植物各养分含量均用百分数表示。植物群落养分含量采用的是群落植物的加权平均值,权重因子为重要值。采用 SPSS 17.0 统计软件对数据进行统计分析。对不同利用方式的群落化学计量学特征和土壤分析采用的是单因素方差分析,对于物种的比较采用的是 *t*-检验,对于群落与土壤养分含量相关关系采用的是 Pearson 相关法。

重要值计算公式:

$$\text{重要值} = (\text{相对生物量} + \text{相对高度} + \text{相对盖度}) / 3$$

$$\text{相对生物量} = \text{物种生物量} / \text{总生物量}$$

$$\text{相对高度} = \text{物种高度} / \text{总高度}$$

$$\text{相对盖度} = \text{物种盖度} / \text{总盖度}$$

2 结果和分析

2.1 放牧对群落植物养分和化学计量比影响

通过分析放牧和围封样地下植物群落养分含量发现(表 1):放牧对植物群落 C、N 和 P 养分含量没有产生显著的影响,但对养分化学计量比有一定的影响。放牧显著地降低植物群落的 C:N 比,但是对于 N:P 的影响没有达到显著水平。

表 1 放牧和围封下草地植物群落养分及化学计量比的比较

Table 1 The nutrient content and stoichiometry ratio of plant in enclosure communities and grazed communities

	C/%	N/%	P/%	N/P	C/N
围封	44.82±0.51 a	1.73±0.12 a	0.16±0.02 a	12.14±2.29 a	26.90±1.61 a
放牧	43.38±0.79 a	1.96±0.18 a	0.16±0.04 a	12.92±3.65 a	22.51±2.15 b

C:植物全碳;N:植物全氮;P:植物全磷;C:plant total carbon; N:plant total nitrogen; P:plant total phosphorus

2.2 放牧对种群的养分和化学计量比影响

重牧改变植物群落物种组成,这种群落变化是否会影响种群养分利用策略,从而引起生态化学计量学特征的变化?通过对 3 组样地里共有物种的养分含量及化学计量比进行 *t* 检验分析(图 1),得到以下结论:植物种群 C 含量没有显著的规律性变化植物种群 N 含量有规律性的变化,除了 A 样地的广布野豌豆和 B 样地的刺藜 (*Chenopodium aristatum*) 的两物种外,其他物种均表现为放牧样地的 N 含量高于围封样地。植物群落 P 含量没有表现出规律性变化,但放牧样地禾本科植物羊草、糙隐子草、贝加尔针茅 (*Stipa baicalensis*)、羽茅

(*Achnatherum sibiricum*) 叶片 P 含量高于围封样地,其中羊草、糙隐子草和贝加尔针茅三个物种 P 含量差异显著。对 C:N 比进行显著性检验,除豆科植物广布野豌豆以外,所有的物种表现出在围封样地的叶片 C:N 比高于放牧样地,并且大多数物种差异显著,但是植物叶片的 N:P 比没有显著性差异。

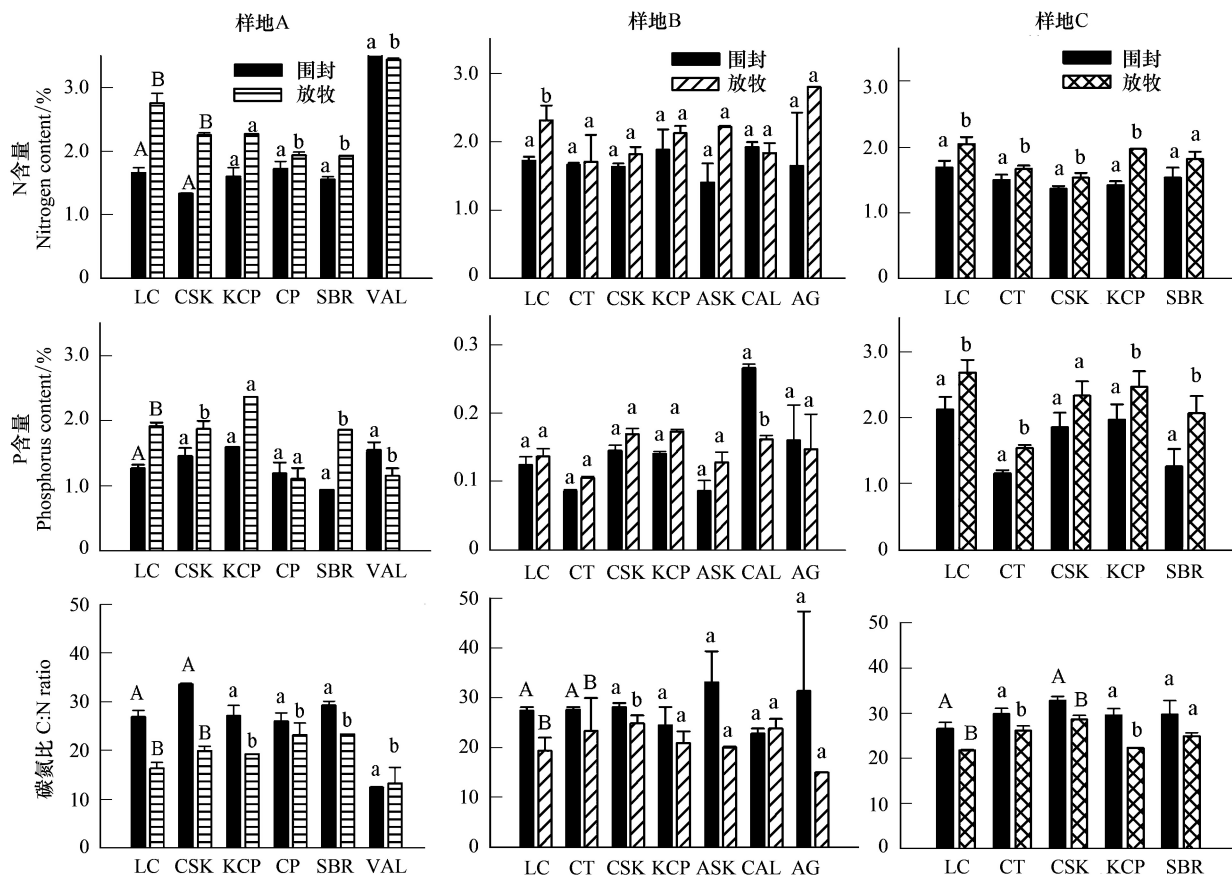


图 1 3 个对照样地中群落共有植物种 N 和 P 含量及 C:N 比

Fig. 1 The Nitrogen, Phosphorous content and C:N ratio of the same species in enclosure and grazed plot for three sites

误差线代表标准误 (SE); 采用字母标记法表示统计差异,大写字母表示置信水平为 0.01,小写字母表示置信水平为 0.05; LC 羊草: *Leymus chinensis*; CSK 糙隐子草: *Cleistogenes squarrosa*; KCP 治草: *Koeleria cristata*; CP 日阴菅: *Carex pediformis*; SBR 贝加尔针茅: *Stipa baicalensis*; VCL 广布野豌豆: *Vicia cracca*; CT 苔草: *Carex tristachya*; CAL 刺藜: *Chenopodium aristatum*; ASK 羽茅: *Achnatherum sibiricum*; AG 狭叶沙参: *Adenophora gmelinii*

2.3 放牧对群落土壤养分和化学计量比影响

呼伦贝尔草地不同土层的土壤养分含量指标具有规律性差异(图 2),土壤全 C、全 N、有机 C、速效 P 以及铵态 N 和硝态 N 含量由上层到下层逐渐降低,成“倒梯形”分布,差异显著,0—10 cm 土层的养分含量显著高于底层土壤,呈现出表层富集现象;不同土层全磷含量差异不显著,成“圆柱形”分布。对放牧和围封样地的所有土层的养分含量进行比较,围封样地土壤全 C、全 N、有机 C 和速效 P 4 个指标高于放牧样地,除了 0—10 cm 与 30—40 cm 的全 N 含量差异不显著外,其他土层的指标均差异显著;但是放牧样地的土壤硝态氮显著高于围封样地。所有土壤的 N:P 比主要受 N 的控制,随着土壤深度的增加,N:P 比降低。

3 讨论

3.1 放牧对植物碳氮磷养分特征的影响

本文研究结果表明,群落尺度上,放牧干扰对植物群落叶片 C、N 和 P 含量没有显著影响;种群尺度上,对植物种群叶片 N 含量有显著影响,除了豆科植物广布野豌豆和藜科植物刺藜以外,绝大多数物种在放牧样地的 N 含量显著高于围封样地。放牧和围封样地植物群落养分含量没有差异,可能是群落对放牧的响应存在

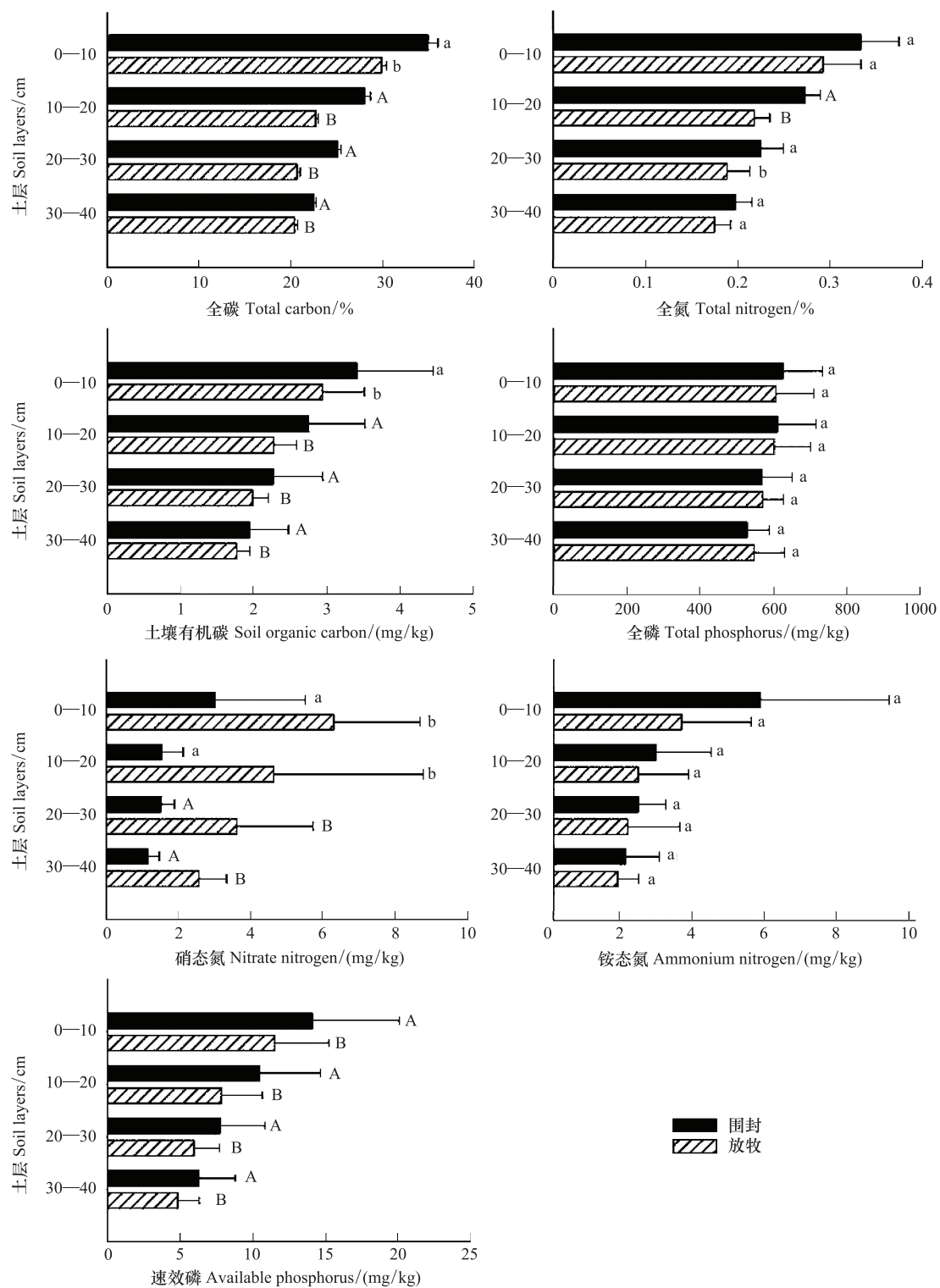


图2 放牧和围封对不同土层土壤养分含量的影响

Fig. 2 Nutrient content of different soil layers under enclosure and grazed

采用字母标记法表示统计差异,大写字母表示置信水平为 0.01,小写字母表示置信水平为 0.05

弹性的导致,群落作为一个整体需要在很长的时间尺度上才会做出响应^[39-40];其次本文中群落养分含量根据物种重要值对其养分指标进行加权计算所得,群落中不同的物种元素含量高低不同,群落结构也存在差异^[12, 41-42],可能导致加权后的计算结果没有差异。但物种尺度上,本研究证实了放牧会显著增加某些物种的

叶片 N 含量,这主要因为放牧有利于消除植物地上部分衰老的组织,幼嫩组织通常含有较高的养分含量,提高养分吸收效率,迅速提高叶片中的叶绿素含量,促进光合作用,补偿放牧减少的生物量,N 元素是叶绿素的主要组成成分,所以导致放牧干扰下物种 N 含量高,这也是草原植物超补偿生长的一种表现^[30, 43-46]。在放牧干扰下植物叶片 C 含量差异很小,是因为碳素是组成生物量的基本元素,与其他在植物体的养分含量相比占得比例很大(平均为 45% 左右),而放牧对植物叶片 C 的影响较小在统计上并没有表现出显著的差异。植物叶片 P 素分布没有规律,这可能与植物之间对 P 的吸收和利用能力差异大有关,因此没有表现出明显的规律。

3.2 放牧对土壤碳氮磷养分特征的影响

关于放牧对土壤的元素的影响一直没有定论^[26-28, 47-50],一种观点认为放牧可以增加土壤有机质等元素含量,第二种观点则反之,第三观点认为放牧与土壤养分含量之间的关系复杂,不能从单一因素角度考虑。本文的研究表明呼伦贝尔草地放牧样地的土壤全 C、有机 C、速效 P 含量显著低于围封样地,表层的全 N 并没有显著变化,但是硝态 N 含量高于围封样地。土壤中全 C、有机 C 来源于地上生物量和根系生物量的归还,放牧引起的地上生物量降低和根系生物量降低^[5, 7, 14, 17],使得归还到土壤中的全碳和有机碳降低。由于牲畜的排泄物中含有大量 N 素,使得土壤表层增加了部分 N 素,缓解了地上生物量和根系生物量的归还减少带来的全 N 降低,因此表层土壤中的土壤全 N 并没有显著变化。而牲畜的排泄物中含有的硝态 N 使得放牧样地中硝态 N 来源增加。相对于放牧样地,围封样地硝态 N 只通过 N 素的硝化过程获得,因此放牧样地中硝态 N 呈现显著增加的趋势。目前关于速效 P 的研究较少,放牧使得土壤速效 P 含量降低可能是由于牲畜的采食将磷元素转移出草地生态系统导致的^[24],也可能由于放牧使得土壤有机质含量降低导致土壤中的磷含量降低的原因^[51]。

3.3 放牧对草地群落养分循环速率的影响

放牧主要通过畜体的采食,践踏和排泄物归还对草地养分循环产生影响。关于采食作用到底是加速还是延缓养分循环持有两种观点^[35, 52-55]。一种观点认为,食草作用加速养分循环速率^[31-37],采食作用可以提高养分含量高的植物组织的损失速率,这些植物为了弥补采食损失从而具有更快的养分吸收速率、相对生长速率和提高植物组织的养分含量。另一种观点认为采食作用降低养分循环速率^[33, 55-59],采食作用使养分含量高的植物组织降低,从而是养分含量低的优势植物种大量的存留,导致凋落物品质低下,养分循环速度减慢。本文研究结果表明,放牧增加了生态系统的养分循环速率。放牧样地的植物和土壤具有较低的 C:N 比,使微生物的矿化作用加强,CO₂/N 的净矿化率降低,固定作用减弱,导致了土壤 N 净矿化量的增加^[35]。然而,由于畜体采食作用,从放牧系统中移出了大量的碳素和磷素,即使放牧样地植物地下生物量高于围封样地,地下生物量增加的土壤有机 C 的量也不能弥补系统中损失的那部分碳素所产生的土壤有机质的量。由于植物体的 C:N 较低,植物生长速率较快,需要吸收大量的氮素和磷素。牲畜的排泄物提供了速效的氮素在一定程度上满足了植物对氮素的需要,使得养分周转的周期变短,最终导致放牧草地养分循环速率高于围封草地。

本研究在一定程度上揭示了放牧对草地生态系统化学计量学特征的影响,但放牧对于生态系统的影响是一个长期的过程,同时受到气象条件和其他因素的影响,只有通过多年的连续观测才能完整地揭示生态系统对于放牧干扰的响应。

致谢:张霜,胡婵娟对文章写作给予帮助,张玉刚、赵家明和李魁对工作给予支持,周建华,白晓宇、陈丽协助野外调查,特此致谢。

References:

- [1] Collins S L, Knapp A K, Briggs J M, Blair J M, Steinauer E M. Modulation of diversity by grazing and mowing in native tallgrass prairie. *Science*, 1998, 280(5364): 745-747.
- [2] Wang R Z. A study on the effects of grazing and mowing disturbances in *Leymus Chinensis* grassland in Songnen Plain. *Acta Ecologica Sinica*, 1998, 18(2): 210-213.

- [3] Du G Z, Tan G L, Li Z Z, Liu Z H, Dong G S. Relationship between species richness and productivity in an alpine meadow plant community. *Acta Phytoecologica Sinica*, 2003, 27(1): 125-132.
- [4] Bao Y J, Li Z H, Liu H. The effects of mowing and grazing on energy fixation and allocation of steppe community in Xilinguole, Inner Mongolia. *Journal of Dalian Nationalities University*, 2006, 8(1): 9-12.
- [5] Zheng X X, Wang R D, Jin T T, Mu L F, Liu G H. Relationships between biodiversity and biomass under different regimes of grassland use in Hulunbeir, Inner Mongolia. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(11): 5392-5400.
- [6] Yi R H, Lin Y L, Hayashi I, Nakamura T. Relationship between the botanical composition and grazing intensities in Xilingou grasslands, Inner Mongolia. *Ecologic Science*, 2004, 23(1): 12-15.
- [7] Ren H Y, Zheng S X, Bai Y F. Effects of grazing on foliage biomass allocation of grass-land communities in Xilin river basin, Inner Mongolia. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 2009, 33(6): 1065-1074.
- [8] Hou F J, Yang Z Y. Effects of grazing of livestock on grassland. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(1): 244-264.
- [9] Wei Z J, Li X, Liu H M, Wu Q Q, Lü S J. Response of meadow steppe community characteristics to different grazing systems in Hulunbeir. *Chinese Journal of Grassland*, 2011, 33(1): 65-70.
- [10] An Y, Li B, Yang C, Xu Z, Yan Z J, Han G D. *Stipa grandis* grassland productivity and utilization in Inner Mongolia: I. Dynamics of standing crop of pastures in grazing system. *Acta Pratacultural Science*, 2001, 10(2): 22-27.
- [11] Yang H, Bai Y F, Li Y H, Han X G. Response of plant species composition and community structure to long-term grazing in typical steppe of Inner Mongolia. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 2009, 33(3): 499-507.
- [12] Wang S P, Li Y H, Wang Y F, Chen Z Z. Influence of different stocking rates on plant diversity of *Artemisia frigida* community in Inner Mongolia steppe. *Acta Botanica Sinica*, 2001, 43(1): 89-96.
- [13] Wang G J, Wang S P, Hao Y B, Cai X C. Effect of grazing on the plant functional group diversity and community biomass and their relationship along a precipitation gradient in Inner Mongolia Steppe. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(7): 1649-1656.
- [14] Xue R, Zheng S X, Bai Y F. Impacts of grazing intensity and management regimes on aboveground primary productivity and compensatory growth of grassland ecosystems in Inner Mongolia. *Biodiversity Science*, 2010, 18(3): 300-311.
- [15] Zhao X Y, Wang S P. Responses of the anatomical characteristics of plant leaf to long-term grazing under different stocking rates in Inner Mongolia steppe. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(6): 2906-1918.
- [16] Xilin T Y, Xu Z, Zheng Y. Influence of different stocking rates on underground biomass and net primary productivity on *Stipa krylovii* steppe in Inner Mongolia. *Chinese Journal of Grassland*, 2009, 31(3): 26-29.
- [17] Wang Y F, Wang S P. Influence of different stocking rates on belowground biomass in Inner Mongolia steppe. *Acta Agrestia Sinica*, 1999, 7(3): 198-203.
- [18] Zhang S Y, Li D X, Xu G Z. Effects of grazing on distribution and dynamics of nitrogen reserve of *stipa breviflora* desert steppe communities. *Grassland of China*, 1998, (3): 13-16.
- [19] Dong X Y, Fu H, Li X D, Niu D C, Guo D, Li X D. Effects on plant biomass and CNP contents of plants in grazed and fenced steppe grasslands of the Loess Plateau. *Acta Pratacultural Sinica*, 2010, 19(2): 175-182.
- [20] Wang B, Sun G, Luo P, Wang M, Wu N. Labile and recalcitrant carbon and nitrogen pools of an alpine meadow soil from the eastern Qinghai-Tibetan Plateau subjected to experimental warming and grazing. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31(6): 1506-1514.
- [21] Xilin T Y, Xu Z, Zheng Y. Effects of grazing intensity on soil physical and chemical properties of Inner Mongolia grassland. *Prataculture and Animal Husbandry*, 2009, (6): 17-21.
- [22] Ma X Z, Wang Y F, Wang S P, Wang J Z, Li C S. Impacts of grazing on soil carbon fractions in the grasslands of Xilin river basin, Inner Mongolia. *Acta Phytoecologica Sinica*, 2005, 29(4): 569-576.
- [23] Gao Y Z, Han X G, Wang S P. The effects of grazing on grassland soils. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(4): 790-797.
- [24] Rong Y P, Han J G, Wang P, Mao P S. The effects of grazing intensity on soil physics and chemical properties. *Grassland of China*, 2001, 23(4): 41-47.
- [25] Wu T X, Huang J H. Effects of grazing on the $\delta^{15}\text{N}$ values of foliage and soil in a typical steppe ecosystem in Inner Mongolia, China. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 2010, 34(2): 160-169.
- [26] Li X Z, Chen Z Z. Influences of stocking rates on C, N, P contents in plant-soil system. *Acta Agrestia Sinica*, 1998, 6(2): 90-98.
- [27] Frank D A. Ungulate and topographic control of nitrogen; phosphorus stoichiometry in a temperate grassland; soils, plants and mineralization rates. *Oikos*, 2008, 117(4): 591-601.
- [28] Milchunas D G, Lauenroth W K. Quantitative effects of grazing on vegetation and soils over a global range of environments. *Ecological Monographs*, 1993, 63(4): 327-366.

- [29] Unkovich M, Sanford P, Pate J, Hyder M. Effects of grazing on plant and soil nitrogen relations of pasture-crop rotations. *Australian Journal of Agricultural Research*, 1998, 49(3): 475-486.
- [30] Martens B, Trumble J T. Structural and photosynthetic compensation for leafminer (Diptera: Agromyzidae) injury in lima beans. *Environmental Entomology*, 1987, 16(2): 374-378.
- [31] McNaughton S J. Serengeti migratory wildebeest: facilitation of energy flow by grazing. *Science*, 1976, 191(4222): 92-94.
- [32] Tilman D. Resource Competition and Community Structure. Vol. 17. Princeton: Princeton University Press, 1982.
- [33] Tilman D. Plant Strategies and the Dynamics and Structure of Plant Communities. Vol. 26. Princeton: Princeton University Press, 1988.
- [34] Ruess R W, Hik D S, Jefferies R L. The role of lesser snow geese as nitrogen processors in a sub-arctic salt marsh. *Oecologia*, 1989, 79(1): 23-29.
- [35] Holland E A, Parton W J, Detling J K, Coppock D L. Physiological responses of plant populations to herbivory and their consequences for ecosystem nutrient flow. *The American Naturalist*, 1992, 140(4): 685-706.
- [36] Sterner R W. Elemental stoichiometry of species in ecosystems // Jones C G, Lawton J H, eds. *Linking Species and Ecosystems*. New York: Chapman and Hall, 1995: 240-252.
- [37] McNaughton S J. Ecology of a grazing ecosystem: the Serengeti. *Ecological Monographs*, 1985, 55(3): 259-294.
- [38] Hulunbeier Grassland, China. Changchun: Jilin Sciences Press, 1992.
- [39] Coffin D P, Laycock W A, Lauenroth W K. Disturbance intensity and above-and belowground herbivory effects on long-term (14 y) recovery of a semiarid grassland. *Plant Ecology*, 1998, 139(2): 221-233.
- [40] Milchunas D G, Lauenroth W K, Burke I C. Livestock grazing: animal and plant biodiversity of shortgrass steppe and the relationship to ecosystem function. *Oikos*, 1998, 83(1): 65-74.
- [41] Huntly N. Herbivores and the dynamics of communities and ecosystems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1991, 22(1): 477-503.
- [42] Davidson D W. The effects of herbivory and granivory on terrestrial plant succession. *Oikos*, 1993, 68(1): 23-35.
- [43] Bassman J H, Dickmann D I. Effects of defoliation in the developing leaf zone on young *Populus x euramericana* plants. I. Photosynthetic physiology, growth, and dry weight partitioning. *Forest Science*, 1982, 28(3): 599-612.
- [44] Belovsky G E. Generalist herbivore foraging and its role in competitive interactions. *American Zoologist*, 1986, 26(1): 51-69.
- [45] Welter S C. Arthropod impact on plant gas exchange // Bernays EA, ed. *Insect-Plant Interactions*. Boca Raton: CRC Press, 1989, 1: 135-150.
- [46] Noy-Meir I. Compensating growth of grazed plants and its relevance to the use of rangelands. *Ecological Applications*, 1993, 3(1): 32-34.
- [47] Johnston A, Dormaar J F, Smoliak S. Long-term grazing effects on fescue grassland soils. *Journal of Range Management*, 1971, 24(3): 185-188.
- [48] Smoliak S, Dormaar J F, Johnston A. Long-term grazing effects on *Stipa-Bouteloua* prairie soils. *Journal of Range Management*, 1972, 25(4): 246-250.
- [49] Bauer A, Cole C V, Black A L. Soil property comparisons in virgin grasslands between grazed and nongrazed management systems. *Soil Science Society of America Journal*, 1986, 51(1): 176-182.
- [50] Greene R S B, Kinnell P I A, Wood J T. Role of plant cover and stock trampling on runoff and soil-erosion from semi-arid wooded rangelands. *Australian Journal of Soil Research*, 1994, 32(5): 953-973.
- [51] Li X Z. Effects of grazing on phosphorus stock and forms in chestnut soil. *Acta Prataculturae Sinica*, 2001, 10(2): 28-32.
- [52] Crawley M J. Herbivory: The Dynamics of Animal-Plant Interactions; Studies in Ecology. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1983.
- [53] Coley P D, Bryant J P, Chapin F S III. Resource availability and plant antiherbivore defense. *Science*, 1985, 230(4728): 895-899.
- [54] Chapin F S III, Vitousek P M, van Cleve K. The nature of nutrient limitation in plant communities. *The American Naturalist*, 1986, 127(1): 48-58.
- [55] Pastor J, Naiman R J. Selective foraging and ecosystem processes in boreal forests. *The American Naturalist*, 1992, 139(4): 690-705.
- [56] Naiman R J, Melillo J M, Hobbie J E. Ecosystem alteration of boreal forest streams by beaver (*Castor canadensis*). *Ecology*, 1986, 67(5): 1254-1269.
- [57] Leibold M A. Resource edibility and the effects of predators and productivity on the outcome of trophic interactions. *The American Naturalist*, 1989, 134(6): 922-949.
- [58] Wilson J B, Agnew D Q. Positive-feedback switches in plant communities. *Advances in Ecological Research*, 1992, 23(3): 263-336.
- [59] Wedin D A. Species, nitrogen and grassland dynamics: the constraint of stuff // Jones C G, Lawton J H, eds. *Linking Species and Ecosystems*. New York: Linking Species and Ecosystems, 1995: 253-253.

参考文献:

- [2] 王仁忠. 放牧和刘割干扰对松嫩草原羊草草地影响的研究. *生态学报*, 1998, 18(2): 210-213.

- [3] 杜国祯, 覃光莲, 李自珍, 刘正恒, 董高生. 高寒草甸植物群落中物种丰富度与生产力的关系研究. 植物生态学报, 2003, 27(1): 125-132.
- [4] 鲍雅静, 李政海, 刘惠. 放牧与割草影响下羊草草原植物与群落能量固定及分配规律的比较. 大连民族学院学报, 2006, 8(1): 9-12.
- [5] 郑晓翹, 王瑞东, 靳甜甜, 木丽芬, 刘国华. 呼伦贝尔草原不同草地利用方式下生物多样性与生物量的关系. 生态学报, 2008, 28(11): 5392-5400.
- [6] 亦如瀚, 林一六, 中村辙, 盐见正卫. 内蒙古锡林郭勒草地的草种组分与放牧压的关系研究. 生态科学, 2004, 23(1): 12-15.
- [7] 任海彦, 郑淑霞, 白永飞. 放牧对内蒙古锡林河流域草地群落植物茎叶生物量资源分配的影响. 植物生态学报, 2009, 33(6): 1065-1074.
- [8] 侯扶江, 杨中艺. 放牧对草地的作用. 生态学报, 2006, 26(1): 244-264.
- [9] 卫智军, 李霞, 刘红梅, 吴青青, 吕世杰. 呼伦贝尔草甸草原群落特征对不同放牧制度的响应. 中国草地学报, 2011, 33(1): 65-70.
- [10] 安渊, 李博, 扬持, 徐柱, 阎志坚, 韩国栋. 内蒙古大针茅草原草地生产力及其可持续利用研究 I. 放牧系统植物地上现存量动态研究. 草业学报, 2001, 10(2): 22-27.
- [11] 杨浩, 白永飞, 李永宏, 韩兴国. 内蒙古典型草原物种组成和群落结构对长期放牧的响应. 植物生态学报, 2009, 33(3): 499-507.
- [12] 汪诗平, 李永宏, 王艳芬, 陈佐忠. 不同放牧率对内蒙古冷蒿草原植物多样性的影响. 植物学报, 2001, 43(1): 89-96.
- [13] 王国杰, 汪诗平, 郝彦宾, 蔡学彩. 水分梯度上放牧对内蒙古主要草原群落功能群多样性与生产力关系的影响. 生态学报, 2005, 25(7): 1649-1656.
- [14] 薛睿, 郑淑霞, 白永飞. 不同利用方式和载畜率对内蒙古典型草原群落初级生产力和植物补偿性生长的影响. 生物多样性, 2010, 18(3): 300-311.
- [15] 赵雪艳, 汪诗平. 不同放牧率对内蒙古典型草原植物叶片解剖结构的影响. 生态学报, 2009, 29(6): 2906-2918.
- [16] 锡林图雅, 徐柱, 郑阳. 不同放牧率对内蒙古克氏针茅草原地下生物量及地上净初级生产量的影响. 中国草地学报, 2009, 31(3): 26-29.
- [17] 王艳芬, 汪诗平. 不同放牧率对内蒙古典型草原地下生物量的影响. 草地学报, 1999, 7(3): 198-203.
- [18] 张淑艳, 李德新, 徐光珍. 放牧对短花针茅荒漠草原草群氮量分配及动态的影响. 中国草地, 1998, (3): 13-16.
- [19] 董晓玉, 傅华, 李旭东, 牛得草, 郭丁, 李晓东. 放牧与围封对黄土高原典型草原植物生物量及其碳氮磷贮量的影响. 草业学报, 2010, 19(2): 175-182.
- [20] 王蓓, 孙庚, 罗鹏, 王萌, 吴宁. 模拟升温 and 放牧对高寒草甸土壤有机碳氮组分和微生物生物量的影响. 生态学报, 2011, 31(6): 1506-1514.
- [21] 锡林图雅, 徐柱, 郑阳. 不同放牧率对内蒙古草地土壤理化性质的影响. 草业与畜牧, 2009, (6): 17-21.
- [22] 马秀枝, 王艳芬, 汪诗平, 王金枝, 李长生. 放牧对内蒙古锡林河流域草原土壤碳组分的影响. 植物生态学报, 2005, 29(4): 569-576.
- [23] 高英志, 韩兴国, 汪诗平. 放牧对草原土壤的影响. 生态学报, 2004, 24(4): 790-797.
- [24] 戎郁萍, 韩建国, 王培, 毛培胜. 放牧强度对草地土壤理化性质的影响. 中国草地, 2001, 23(4): 41-47.
- [25] 吴田乡, 黄建辉. 放牧对内蒙古典型草原生态系统植物及土壤 $\delta^{15}\text{N}$ 的影响. 植物生态学报, 2010, 34(2): 160-169.
- [26] 李香真, 陈佐忠. 不同放牧率对草原植物与土壤 C、N、P 含量的影响. 草地学报, 1998, 6(2): 90-98.
- [38] 中国呼伦贝尔草地编委会. 中国呼伦贝尔草地. 长春: 吉林科学技术出版社, 1992.
- [51] 李香真. 放牧对暗栗钙土磷的贮量和形态的影响. 草业学报, 2001, 10(2): 28-32.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.32 ,No.15 August ,2012(Semimonthly)

CONTENTS

Effects of grazing on litter decomposition in two alpine meadow on the eastern Qinghai-Tibet Plateau	ZHANG Yanbo, LUO Peng, SUN Geng, et al (4605)
Distribution pattern and their influencing factors of invasive alien plants in Beijing	WANG Suming, ZHANG Nan, YU Linqian, et al (4618)
Simulation of CO ₂ and H ₂ O fluxes over temperate mixed forest and sensitivity analysis of layered methods: stomatal conductance-photosynthesis-energy balance coupled model	SHI Tingting, GAO Yufang, YUAN Fenghui, et al (4630)
Analysis on the responses of flood storage capacity of Dongting Lake to the changes of landscape patterns in Dongting Lake area	LIU Na, WANG KeLin, DUAN Yafeng (4641)
Integrated water risk assessment in Daliao River estuary area	YU Ge, CHEN Jing, ZHANG Xueqing, et al (4651)
Discussion on the standardized method of reference sites selection for establishing the Benthic-Index of Biotic Integrity	QU Xiaodong, LIU Zhigang, ZHANG Yuan (4661)
Genetic diversity analysis of different age of a Dalian population of the Manila clam <i>Ruditapes philippinarum</i> by EST-SSR	YU Zhifei, YAN Xiwu, ZHANG Yuehuan, et al (4673)
Geostatistical analysis of spatial heterogeneity of yellowfin tuna (<i>Thunnus albacares</i>) purse seine catch in the western Indian Ocean	YANG Xiaoming, DAI Xiaojie, ZHU Guoping (4682)
Seasonal differences in habitat selection of the Crocodile lizard (<i>Shinisaurus crocodilurus</i>) in Luokeng Nature Reserve, Guangdong	WU Zhengjun, DAI Dongliang, NIN Jiajia, et al (4691)
Soil physical and chemical properties in forest succession process in Xinglong Mountain of Gansu	WEI Qiang, LING Lei, CHAI Chunshan, et al (4700)
Dynamics of soil organic carbon and total nitrogen contents in short-rotation triploid <i>Populus tomentosa</i> plantations	ZHAO Xuemei, SUN Xiangyang, KANG Xiangyang, et al (4714)
Grazing effects on eco-stoichiometry of plant and soil in Hulunbeir, Inner Mongolia	DING Xiaohui, GONG Li, WANG Dongbo, et al (4722)
Effect of elevated ultraviolet-B (UV-B) radiation on CH ₄ emission in herbicide resistant transgenic rice from a paddy soil	LOU Yunsheng, ZHOU Wenlin (4731)
NMR spectroscopy based metabolomic analysis of <i>Thellungiella salsuginea</i> under salt stress	WANG Xinyu, WANG Lihua, YU Ping, et al (4737)
Screening and identification of associative nitrogen fixation bacteria in rhizosphere of sugarcane in Guangxi	HU Chunjin, LIN Li, SHI Guoying, et al (4745)
Effects of different rice-crab production modes on soil labile organic carbon and enzyme activities	AN Hui, LIU Mingda, WANG Yaojing, et al (4753)
The characteristics of soil microbial communities at burned forest sites for the Great Xingan Mountains	BAI Aiqin, FU Bojie, QU Laiye, et al (4762)
Changes of soil faunal communities during the restoration progress of <i>Abies faxoniana</i> Forests in Northwestern Sichuan	CUI Liwei, LIU Shirong, LIU Xingliang, et al (4772)
The effects of the endophytic fungus <i>Ceratobasidium stevensii</i> B6 on <i>Fusarium oxysporum</i> in a continuously cropped watermelon field	XIAO Yi, DAI Chuanchao, WANG Xingxiang, et al (4784)
Population ecology of <i>Aulacoseira granulata</i> in Xijiang River	WANG Chao, LAI Zini, LI Yuefei, et al (4793)
Evaluation of ecosystem sustainability for large-scale constructed wetlands	ZHANG Yiran, WANG Renqing, ZHANG Jian, et al (4803)
MIS3b vegetation and climate changes based on pollen and charcoal on Qianxi Plateau	ZHAO Zengyou, YUAN Daoxian, SHI Shengqiang, et al (4811)
The effects of stemflow on the formation of "Fertile Island" and "Salt Island" for <i>Haloxylon ammodendron</i> Bge	LI Congjuan, LEI Jiaqiang, XU Xinwen, et al (4819)
Accumulation and translocation of dry matter and nutrients of wheat rotated with legumes and its relation to grain yield in a dryland area	YANG Ning, ZHAO Hubing, WANG Zhaohui, et al (4827)
Occurrence characteristics of <i>akashiwo sanguinea</i> bloom caused by land source rainwater	LIU Yihao, SONG Xiukai, JIN Yang, et al (4836)
Analysis on landscape pattern change and its driving forces of Yancheng National Natural Reserve	WANG Yanfang, SHEN Yongming (4844)
Resource potential assessment of urban roof greening and development strategies: a case study in Futian central district, Shenzhen, China	SHAO Tianran, LI Chaosu, ZENG Hui (4852)
Analysis of the dynamic coupling processes and trend of regional eco-economic system development in the Yellow River Delta	WANG Jieyong, WU Jianzhai (4861)
The diversity parameters of butterfly for ecological function divisions in Chongqing	LI Aimin, DENG Heli, MA Qi (4869)
Review and Monograph	
Responses of soil respiration to different environment factors in semi-arid and arid areas	WANG Xinyuan, LI Yulin, ZHAO Xueyong, et al (4890)
Temperature sensitivity of soil respiration: uncertainties of global warming positive or negative feedback	LUAN Junwei, LIU Shirong (4902)
The primary factors controlling methane uptake from forest soils and their responses to increased atmospheric nitrogen deposition: a review	CHENG Shulan, FANG Huajun, YU Guirui, et al (4914)
The research progresses on biological oxidation and removal of nitrogen in lakes	FAN Junnan, ZHAO Jianwei, ZHU Duanwei (4924)
Scientific Note	
Cutting effects on growth and wastewater purification of <i>Cyperus alternifolius</i> in constructed wetland	LÜ Gaiyun, HE Huaidong, YANG Danjing, et al (4932)

《生态学报》2012 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的自然科学高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究原始创新性科研成果,特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 70 元/册,全年定价 1680 元。

国内邮发代号:82-7 国外邮发代号:M670 标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

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 32 卷 第 15 期 (2012 年 8 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 15 (August, 2012)

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:100071	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