

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第34卷 第6期 Vol.34 No.6 **2014**

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 34 卷 第 6 期 2014 年 3 月 (半月刊)

目 次

前沿理论与学科综述

- 全球气候变暖对凋落物分解的影响..... 宋 飘,张乃莉,马克平,等 (1327)
- 从系统到景观:区域物质流分析的景观取向 张晓刚,曾 辉 (1340)
- 论湿地生态系统服务的多维度价值评估方法..... 宋豫秦,张晓蕾 (1352)
- 保幼激素在昆虫中的分子作用机理..... 金敏娜,林欣大 (1361)
- 岩画和壁画类文物微生物病害研究进展..... 李 强,葛琴雅,潘晓轩,等 (1371)
- 基于 3S 技术的图们江流域湿地生态安全评价与预警研究 朱卫红,苗承玉,郑小军,等 (1379)
- 跨界保护区网络构建研究进展..... 王 伟,田 瑜,常 明,等 (1391)

个体与基础生态

- 速生树种尾巨桉和竹柳幼苗耗水特性和水分利用效率..... 邱 权,潘 昕,李吉跃,等 (1401)
- 三种增温情景对入侵植物空心莲子草形态可塑性的影响..... 褚延梅,杨 健,李景吉,等 (1411)
- 气象要素及土壤理化性质对不同土地利用方式下冬夏岩溶作用的影响 刘 文,张 强,贾亚男 (1418)
- 施用纳米碳对烤烟氮素吸收和利用的影响..... 梁太波,尹启生,张艳玲,等 (1429)
- 基于 Voronoi 图的林分空间模型及分布格局研究 刘 帅,吴舒辞,王 红,等 (1436)
- 近自然毛竹林空间结构动态变化..... 仇建习,汤孟平,沈利芬,等 (1444)
- 基于种实性状的无患子天然群体表型多样性研究..... 刁松峰,邵文豪,姜景民,等 (1451)
- 不同林分起源的相容性生物量模型构建..... 符利勇,雷渊才,孙 伟,等 (1461)

种群、群落和生态系统

- 毛竹材用林林下植被群落结构对多花黄精生长的影响..... 樊艳荣,陈双林,杨清平,等 (1471)
- 温度和 CO₂ 浓度升高下转 *Bt* 水稻种植对土壤活性碳氮和线虫群落的短期影响
..... 陈 婧,陈法军,刘满强,等 (1481)
- 中国东北地区近 50 年净生态系统生产力的时空动态 李 洁,张远东,顾峰雪,等 (1490)
- 遥感与 GIS 支持下的盘锦湿地水禽栖息地适宜性评价..... 董张玉,刘殿伟,王宗明,等 (1503)
- 秦岭火地塘林区土壤大孔隙分布特征及对导水性能的影响..... 陆 斌,张胜利,李 侃,等 (1512)
- 磷浓度对铜绿微囊藻、大型溞和金鱼藻三者相互作用的影响..... 马剑敏靳 萍,郭 萌,等 (1520)
- 普生轮藻浸提液对两种淡水藻类的化感抑制作用及其数学模型..... 何宗祥,刘 璐,李 诚,等 (1527)
- 北京永定河-海河干流河岸带植物的区系分析 修 晨,欧阳志云,郑 华 (1535)
- 基于河流生境调查的东河河流生境评价..... 王 强,袁兴中,刘 红,等 (1548)

景观、区域和全球生态

应用 SWAT 模型研究潮河流域土地利用和气候变化对径流的影响 郭军庭,张志强,王盛萍,等 (1559)

长白山不同海拔树木生长对气候变化的响应差异..... 陈 力,尹云鹤,赵东升,等 (1568)

石家庄市空气花粉散布规律及与气候因子的关系..... 李 英,李月丛,吕素青,等 (1575)

不同放牧梯度下呼伦贝尔草甸草原土壤碳氮变化及固碳效应..... 闫瑞瑞,辛晓平,王 旭,等 (1587)

南四湖区农田土壤有机质和微量元素空间分布特征及影响因素..... 武 婕,李玉环,李增兵,等 (1596)

资源与产业生态

跨国土地利用及其生态影响 陆小璇 (1606)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 288 * zh * P * ¥ 90.00 * 1510 * 30 * 2014-03



封面图说: 图们江河流中段——图们江位于吉林省东南边境,发源于长白山东南部的石乙水,河流的绝大部分是中国与朝鲜的界河,下游很小一段为俄罗斯与朝鲜的界河,并由这里流入日本海,我国珲春距离日本海最近的地方仅有 15km。图们江是我国重要的国际性河流之一,随着我国经济的迅速崛起,图们江地区进入到多国合作联合开发阶段,湿地生态系统处于中度预警状态,并有向重度预警发展的趋势,生态安全面临的威胁越来越严重。对该区域进行湿地生态安全评价与预警研究,可为图们江流域生态环境的可持续发展提供依据。图中河道的远方为朝鲜、河道近方为中国。

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

DOI: 10.5846/stxb201302260303

闫瑞瑞, 辛晓平, 王旭, 闫玉春, 邓钰, 杨桂霞. 不同放牧梯度下呼伦贝尔草甸草原土壤碳氮变化及固碳效应. 生态学报, 2014, 34(6): 1587-1595.
Yan R R, Xin X P, Wang X, Yan Y C, Deng Y, Yang G X. The change of soil carbon and nitrogen under different grazing gradients in Hulunber meadow steppe. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(6): 1587-1595.

不同放牧梯度下呼伦贝尔草甸草原 土壤碳氮变化及固碳效应

闫瑞瑞¹, 辛晓平^{1,*}, 王 旭¹, 闫玉春¹, 邓 钰², 杨桂霞¹

(1. 呼伦贝尔草原生态系统国家野外科学观测研究站/农业部农业信息技术重点实验室/草地科学研究所/

中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京 100081; 2. 甘肃农业大学草业科学, 兰州 730070)

摘要:放牧是内蒙古呼伦贝尔草甸草原主要的利用方式, 弄清放牧情况下草地土壤碳氮变化和固碳效应, 将为我国内蒙古地区草地碳汇管理提供重要的科学依据。通过小区控制放牧实验(放牧梯度 0.00, 0.23, 0.34, 0.46, 0.69, 0.92 Au/hm²), 探讨了不同放牧梯度下土壤碳氮变化及固碳效应, 实验结果表明:放牧梯度对土壤碳氮含量、土壤碳氮贮量的变化有明显的影响, 0—30 cm 土层碳氮贮量随着放牧梯度增加呈显著的线性下降趋势。随着放牧时间的延续, 轻度放牧利于提高草地的土壤有机碳密度和碳固持潜力, 重度放牧显著降低了土壤碳氮含量、碳氮贮量和碳氮固持潜力。不同放牧梯度下土壤碳氮含量和碳氮贮量具有明显的垂直分布特征, 随着土壤深度的增加土壤碳氮含量、碳氮贮量均呈明显的下降趋势。轻度放牧草地表现为碳固持, 重度放牧草地表现为碳流失, 对呼伦贝尔羊草草甸草原而言, 土壤碳固持/碳流失的转化阈值为 0.46 Au/hm², 通过合理控制放牧梯度能够达到增加草地土壤固碳潜力, 实现碳增汇的目的。

关键词:碳贮量; 氮贮量; 固碳潜力; 放牧梯度; 呼伦贝尔; 草甸草原

The change of soil carbon and nitrogen under different grazing gradients in Hulunber meadow steppe

YAN Ruirui¹, XIN Xiaoping^{1,*}, WANG Xu¹, YAN Yuchun¹, DENG Yu², YANG Guixia¹

1 Hulunber Grassland Ecosystem Research Station, Key Laboratory of Agri-Informatics of Ministry of Agriculture, Laboratory of Grassland Science, Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences; Beijing 100081, China

2 College of Pratacultural Science, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China

Abstract: The Hulunber grasslands in Inner Mongolia cover an area of up to 9.97×10⁶ km². Within this area, the Hulunber *Leymus chinensis* meadow steppe is located in the eastern part of the Eurasian continent grassland region. It is a very important example of a temperate grassland ecosystem. Grazing is the most common land use in the Hulunber meadow grasslands, therefore, understanding the changes of soil carbon, soil nitrogen and carbon sequestration under different grazing gradients will provide an important scientific basis for grassland carbon sink management in Inner Mongolia. Six stocking rate treatments (0, 0.23, 0.34, 0.46, 0.69 and 0.92 Au/hm²) repeated three times for each treatment, were established, with soil samples collected in early August 2011. The experimental results showed that the grazing gradient has a distinct effect on the change of soil carbon and nitrogen content and soil carbon and nitrogen storage. Soil carbon and

基金项目:国家自然科学基金资助项目(41201199); 国家高技术研究发展计划(863 计划)(2012AA102003-4); 国际科技合作项目(2012DFA31290); 内蒙古科自治区科技计划项目(呼伦贝尔草原高效固碳技术模式研究); 国家重点基础研究发展计划(973 计划)(2010CB833502); 公益性行业(农业)科研专项(201003019, 201003061, 200903060, 201303060); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(202-21); 现代农业产业技术体系建设专项资金资助

收稿日期: 2013-02-26; 修订日期: 2013-10-21

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: xinxp@sina.com

nitrogen storage and carbon sequestration potential in the top 0—30 cm soil layers had a significant linear downward trend as the grazing gradient increased.

Compared with non-grazed grassland G0.00 (107.1 t/hm^2), the soil carbon sequestration potentials are $108.61—109.67 \text{ t/hm}^2$, 107.06 t/hm^2 , $95.13—100.14 \text{ t/hm}^2$ in light grazing, moderate grazing and heavy grazing grassland, respectively. For the soil nitrogen, compared with non-grazed grassland G0.00 (9.22 t/hm^2), soil nitrogen sequestration potentials were $8.37—8.65 \text{ t/hm}^2$, 8.20 t/hm^2 , $6.74—7.35 \text{ t/hm}^2$ in light grazing, moderate grazing and heavy grazing grassland, respectively. Light grazing improved the soil carbon storage and carbon sequestration potential. With an extension of the grazing time, the soil carbon and nitrogen content, carbon and nitrogen storage, and carbon and nitrogen sequestration potential in soils of heavily grazed grasslands decreased significantly.

There were obvious vertical distributions in the soil carbon and nitrogen content and carbon and nitrogen storage under different grazing gradients. The change of soil carbon and nitrogen was higher in the 0—10 cm soil layer under different grazing gradients while soil carbon and nitrogen content and carbon and nitrogen storage significantly decreased with the increase in soil depths in different grazing gradients. About 42.26% of the soil organic carbon was distributed in the top 0—10 cm soil layer, 30.67% in the 10—20 cm layer, and 27.07% in the 20—30 cm layer. For the 0—10 cm, 10—20 cm and 20—30 cm soil layers, the total soil contents were 44.39%, 30.13% and 25.48%, respectively; the soil carbon storage were 39.60%, 31.26% and 29.14%, respectively; the soil nitrogen storage were 41.57%, 30.97% and 27.46%, respectively. The soil carbon and nitrogen content and soil carbon and nitrogen storage for the 0—10 cm soil layer were significantly higher than those for the 10—20 cm and 20—30 cm soil layer.

We found that there was an underlying transformation from soil carbon sequestration under light grazing gradient to soil carbon loss under a heavy grazing gradient, and this transformation threshold was found to be 0.46 Au/hm^2 . In short, the Hulunber meadow steppe of Inner Mongolia has a good capacity to sequester carbon in soil, and that can increase the soil carbon sequestration potential through rational control of grazing gradients to achieve carbon sinks. We can increase the soil carbon sequestration potential to achieve carbon sinks through controlling grazing gradients.

Key Words: carbon storage; nitrogen storage; carbon sequestration potential; grazing gradients; Hulunber; meadow steppe

土壤是陆地生态系统最大的碳库,其贮存的有机碳占整个陆地生态系统碳库的 2/3,约为植物碳库的 3 倍、大气碳库的 2 倍^[1],是全球碳循环非常重要的组成部分。在各种陆地生态系统中,草地生态系统是陆地生态系统的重要组成部分,全球草地面积 $3.4 \times 10^9 \text{ hm}^2$, 约占陆地面积的 26%。中国草地的面积为 $4 \times 10^9 \text{ hm}^2$, 约占世界草地面积的 11.8%, 占中国国土面积的 40% 以上,是中国最大的陆地生态系统,草地生态系统在全球碳循环和气候变化响应中发挥重要作用^[2-4]。

放牧是影响草地生态系统碳循环过程的重要因素,放牧强度和放牧方式合理与否,将直接影响我国北方草地在全球变化过程中所扮演的碳源/碳汇功能^[5]。国内外有关放牧对草地生态系统碳氮贮量影响的研究很多^[5-13],但结果不相一致。Derner 等^[6]、Zhao 等^[7]研究均表明放牧减少了碳素向土壤的输

入,从而减少了土壤有机碳含量。李凌浩等^[8-9]研究表明,近 40 年来,过度放牧致使内蒙古锡林河流羊草草原表层(0—20cm)土壤的有机碳贮量下降了约 12.4%。Li 等^[10]、Cui 等^[11]、Elmore 等^[12]和 Steffens 等^[13]认为长期过度放牧将显著降低土壤碳氮贮量。有一些研究认为,放牧对土壤有机质没有影响^[14-16],如在澳大利亚东北部两类半干旱草原的研究结果表明,重度放牧 6—8 a 后对土壤有机碳的总贮量没有显著影响,但两类草原土壤微生物中的碳贮量分别降低了 51% 和 24%。我国学者李香真和陈佐忠^[17]研究也表明,内蒙古草原放牧强度在短时期内对典型草原植被下的栗钙土有机碳含量没有显著影响。还有的研究认为放牧增加了草原土壤的碳含量^[18-20],如位于怀俄明的混合潘帕斯草原放牧 12a 和美国科罗拉多州小禾草草原放牧 56a 后,土壤碳含量都显著提高。我国高永恒等^[20]研究不同放牧

强度下高山草甸的碳氮格局时得出,随着放牧强度的增加,不同程度地增加了土壤有机碳氮的贮量。所以放牧和土壤碳氮之间存在复杂的相互关系,有时呈现正相关、有时呈负相关^[14]。由于气候因素、土壤特性、地形、植物群落组成、放牧历史等导致土壤碳氮贮量对放牧的不同响应^[21]。因此,研究合理的放牧对草原土壤碳氮变化及固碳效应的影响,不仅便于明确草地碳循环途径及其在全球碳循环中的作用,而且有助于研究草地放牧系统对于气候变化的响应。

呼伦贝尔草甸草原是我国重要的畜牧业生产基地,亦是重要的生态屏障,其功能的正常发挥对维持全球及区域性生态系统平衡有极其重要的作用。草地生态系统在全球碳循环中占有非常重要的地位。放牧是呼伦贝尔草甸草原主要的利用方式,因此,本文以呼伦贝尔羊草草甸草原为研究对象,通过对定量化放牧强度下草地碳氮变化和固碳效应进行研究,分析不同放牧利用强度对草地碳氮贮量的影响,进一步揭示草地碳氮贮量及固碳潜力对放牧强度的响应机理,将对全球碳氮循环和气候变化的研究具有重要的科学意义,同时也为正确管理和合理利用草地生态系统,使草地生态系统增加固碳减排功能提供数据参考和理论依据。

1 研究地区与研究方法

1.1 试验地概况

研究区位于内蒙古自治区呼伦贝尔市海拉尔行政区境内的谢尔塔拉种牛场场部东 3 km,是大兴安岭西麓丘陵向蒙古高原的过渡区,北纬 49°19'349"—49°20'173"、东经 119°56'521"—119°57'854",海拔

666—680 m,属温带半干旱大陆性气候,年平均降水量 350—400 mm,降水期多集中在 7—9 月且变率较大。年均气温 -5—-2 ℃,最高、最低气温分别为 36.17 ℃ 和 -48.5 ℃; ≥ 10 ℃ 年积温 1580—1800 ℃,无霜期 110 d 左右。土壤为黑钙土或栗钙土。植被类型为羊草+杂类草草甸草原,主要物种有羊草 (*Leymus chinensis*)、贝加尔针茅 (*Stipa baicalensis*)、日荫菅 (*Carex pediformis*)、蓬子菜 (*Galium verum*)、狭叶柴胡 (*Bupleurum scorzonifolium*)、线叶菊 (*Filifolium sibiricum*) 等,伴生种有斜茎黄芪 (*Astragalus adsuigens*)、山野豌豆 (*Vicia amoena*)、草地早熟禾 (*Poa pratensis*) 等。

1.2 试验设计

放牧试验设 6 个水平的放牧梯度处理(载畜率分别为 G0.00:0.00 Au.cow/hm²、G0.23:0.23 Au.cow/hm²、G0.34:0.34 Au.cow/hm²、G0.46:0.46 Au.cow/hm²、G0.69:0.69 Au.cow/hm²、G0.92:0.92 Au.cow/hm²,其中以 500 kg 肉牛为一个标准家畜肉牛单位),3 个重复,试验区围成面积相等的 15 个放牧区和 3 个对照封育区,每个小区面积 5 hm²,试验区总面积 90 hm²。在草地面积一定,放牧天数相同条件下,用 250—300 kg 的放牧肉牛头数来控制不同放牧梯度的实施,6 个放牧梯度肉牛头数分别为 0、2、3、4、6、8 头,总共肉牛数量为 69 头。放牧试验开始于 2009 年 6 月 15 日,随后每年(2010—2011 年)6 月初开始放牧,并开展了定量放牧观测,10 月初终止放牧,为期 120 d。整个放牧期放牧牛日夜均在放牧地里,肉牛饮水通过拉水供应。试验设计如图 1。不同放牧梯度土壤及植被的本底情况见表 1。

表 1 不同放牧样地的植被和土壤本底状况

Table 1 Vegetation and soil conditions in different plots

放牧梯度(G) Grazing gradient / (Au/hm ²)	土壤有机碳 Soil organic carbon/(g/kg)			全氮 Soil total nitrogen/(g/kg)			高度 Height /cm	盖度 Coverage /%	地上生物量 Aboveground- biomass /(g/m ²)
	0—10cm	10—20cm	20—30cm	0—10cm	10—20cm	20—30cm			
G0.00	36.37	23.71	19.85	3.73	2.52	2.10	7.96	41.80	81.73
G0.23	39.52	28.74	23.14	3.87	2.70	2.26	7.38	42.13	81.97
G0.34	37.84	24.63	20.61	3.87	2.54	2.12	8.18	40.36	85.96
G0.46	37.94	25.98	20.79	3.87	2.67	2.17	7.70	42.27	81.71
G0.69	39.33	26.35	21.71	4.02	2.72	2.39	7.76	38.04	77.34
G0.92	39.09	25.63	21.87	4.08	2.65	2.28	7.97	36.97	74.80

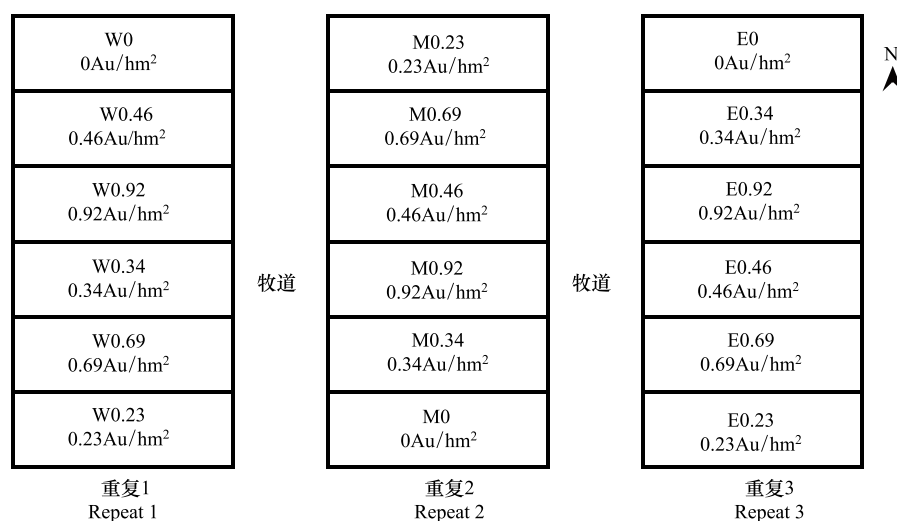


图1 肉牛不同放牧梯度试验设计图

Fig.1 Design diagram of cattle different grazing gradients

上行字母为“小区编号”,其中 W 为重复 1(西面),M 为重复 2(中间),E 为重复 3(东面);下行数字和字母为“家畜载畜率”(肉牛当量)

1.3 研究内容与方法

(1) 土壤容重

用容积为 100 cm³ 的土壤环刀于各放牧处理分别随机取 0—5 cm、5—10 cm、10—20 cm、20—30 cm 深度的土样,并装入小铝盒,带回室内立即称重,再将土样放至 105 ℃ 烘箱烘至恒重,测定土壤容重,重复 3 次。计算公式如下:

$$\text{土壤容重} = (W_1 - W_0) / V$$

式中, W_1 为烘干土 + 铝盒重量 (g); W_0 为铝盒重量 (g); V 为环刀容积。

(2) 土壤养分

土壤取样于 2011 年 8 月上旬进行,在各放牧处理分别随机取 0—5 cm、5—10 cm、10—20 cm、20—30 cm 深度的土样,5 次重复,其中各重复以土钻分别取 5 个样点,取回的土样置于室内风干,混合均匀后,去除细根及杂质,研磨后分别过 1.00 mm 和 0.25 mm 土壤筛,用四分法取土 1 kg 左右,带回实验室进行养分分析。土壤有机质采用重铬酸钾容量法-外加热法;土壤全氮采用半微量凯氏定氮法。

(3) 土壤有机碳

根据监测到的不同放牧梯度下的土壤有机质含量数据,计算出各处理小区土壤有机碳的数据,由于土壤有机质碳含量大致范围在 55%—65% 之间,因而国际上采用 58% 作为土壤有机质碳含量转换系数^[22],计算公式为:

$$\text{土壤有机碳} = \text{土壤有机质} \times 0.58$$

(4) 土壤有机碳贮量

本研究中不同放牧梯度不同土层土壤有机碳贮量的计算公式如下:

$$\text{SOCD} = H \times Bi \times \text{SOC} \times 0.1$$

式中, SOCD 是不同放牧梯度不同土层土壤的有机碳贮量 (t/hm²), H 是土层土壤的厚度 (cm), Bi 是土层土壤的容重 (g/cm³), SOC 是土壤有机碳含量 (g/kg)。

土壤氮贮量

$$\text{TND} = H \times Bi \times \text{TN} \times 0.1$$

式中, TND 是不同放牧梯度不同土层土壤氮贮量 (t/hm²), H 是土层土壤的厚度 (cm), Bi 是土层土壤的容重 (g/cm³), TN 是土壤全氮含量 (g/kg)。

1.4 试验数据处理方法

通过 Excel2003 及 SAS9.0 统计软件进行方差分析。用最小显著性差异方法检验各处理间的差异显著性 ($P < 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 不同放牧梯度下土壤碳氮含量变化

与土壤有机碳本底情况相比较,土壤有机碳含量变化呈现出随着放牧梯度的增加而降低的趋势,土壤表层 0—10 cm 由大到小增量的排列顺序为 G0.00 (7.42 g/kg) > G0.34 (5.35 g/kg) > G0.46 (3.03 g/kg) > G0.23 (2.76 g/kg) > G0.69 (1.21 g/kg) > G0.92 (-1.45 g/kg); 10—20 cm 和 20—30 cm 呈现出不放

牧和轻度放牧(低载畜率)增量较大,达 6.92—6.95 g/kg 和 5.04—8.05 g/kg,重度放牧增量(高载畜率)较低,分别为 2.59 g/kg 和 2.42 g/kg。

经过 3a 连续放牧,不同放牧梯度下土壤有机碳含量见图 2,方差分析表明,0—10cm, 10—20cm 和 20—30 cm 土壤有机碳含量载畜率 G0.00、G0.23、G0.34、G0.46 和 G0.69 相互之间无显著差异($P > 0.05$),但 0—10 cm 土层载畜率 G0.00、G0.23 和 G0.34 均显著高于 G0.92($P < 0.05$);10—20cm 土层载畜率 G0.23 显著高于 G0.92($P < 0.05$);20—30 cm 土层载畜率 G0.34 显著高于 G0.92($P < 0.05$);总之,随放牧时间的延续,当载畜率超过 G0.69 时,不同土层土壤有机碳含量均开始显著降低,载畜率为 G0.92 呈现为最低。0—10 cm、10—20 cm 和 20—30 cm 土壤有机碳含量载畜率 G0.00 分别是 G0.92 的 1.16、1.09 倍和 1.10 倍,载畜率 G0.34 分别是 G0.92 的 1.15、1.05 倍和 1.20 倍,这表明对于草原生态系统来说,不同土层土壤有机碳含量对放牧梯度的响应不同,随着放牧梯度的增加,降低了草地的初级生产力和凋落物的积累,从而使进入土壤的有机碳减少。

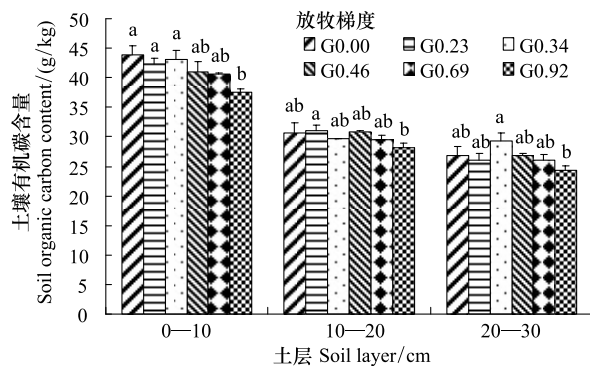


图2 土壤有机碳含量对放牧梯度的响应

Fig.2 Response of soil organic carbon content in grazing grasslands to increasing grazing gradient

土壤全氮含量由图 3 表明,经过 3a 的放牧试验,0—10 cm 土层全氮含量 G0.00、G0.23 和 G0.34 显著高于 G0.92($P < 0.05$);10—20cm 土层 G0.00、G0.34 和 G0.46 显著高于 G0.92($P < 0.05$);20—30 cm 土层不放牧 G0.00 显著高于其他放牧梯度($P < 0.05$)。与土壤全氮本底相比较,不同土层土壤全氮有所下降,随着放牧梯度的增加,减缓速度增加,高载畜率 G0.92 下降达最低,分别为 1.32、0.67、0.63 g/kg,重度放牧导致了土壤氮素含量的显著降低,不放

牧和轻度放牧减缓了土壤氮素含量的降低。

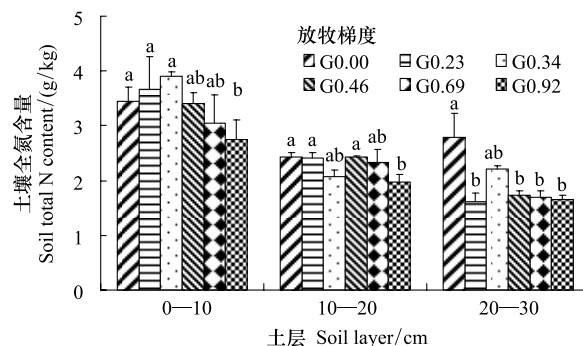


图3 土壤全氮含量对放牧梯度的响应

Fig.3 Response of soil total nitrogen content in grazing grasslands to increasing grazing gradient

2.2 不同放牧梯度对土壤碳固持潜力的影响

不同放牧梯度下土壤碳贮量见图 4, 10—20 cm 土层的土壤碳贮量 G0.23 显著高于 G0.69 和 G0.92 ($P < 0.05$), 20—30 cm 土层的土壤碳贮量 G0.34 显著高于 G0.92 ($P < 0.05$); 土壤表层 0—10 cm 碳贮量尽管在不同放牧梯度之间无显著性差异,但呈现出随着放牧梯度的增加而逐渐降低的趋势,在重度放牧 G0.69—G0.92 状况下,0—10 cm 土层土壤碳贮量

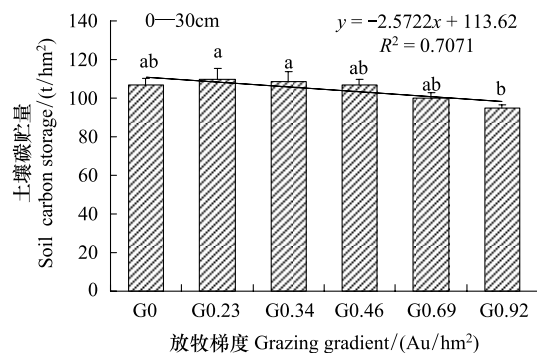
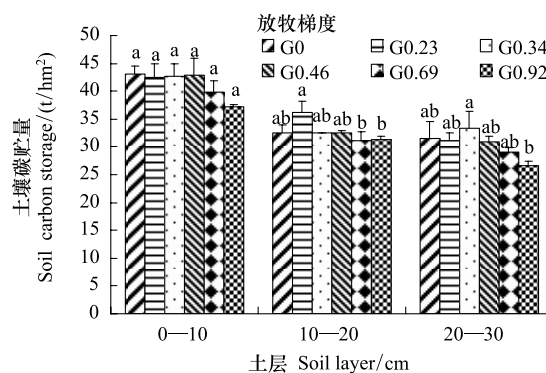


图4 草地土壤碳贮量对放牧梯度的响应

Fig.4 Response of soil carbon storage in grazing grasslands to increasing grazing gradient

有所下降。

0—30 cm 土层重度放牧草地显著降低了土壤碳贮量和碳固持潜力,并转化为碳流失(图 4),随着放牧梯度增加呈显著的线性下降趋势(0—30 cm; $R^2 = 0.7071$, $P < 0.05$),与不放牧 G0.00 草地相比(107.1 t/hm^2),轻度放牧草地土壤碳固持潜力约为 $108.61\text{—}109.67 \text{ t/hm}^2$,中度放牧草地的土壤碳固持潜力约为 107.06 t/hm^2 ,重度放牧草地的土壤碳固持潜力约为 $95.13\text{—}100.14 \text{ t/hm}^2$,轻度放牧利于提高草地的土壤碳贮量和土壤碳固持潜力,长期重度放牧降低草地的土壤碳贮量和土壤碳固持潜力。

2.3 不同放牧梯度对土壤氮固持潜力的影响

土壤氮贮量由图 5 表明,0—10cm 土层的土壤氮贮量 G0.34 显著高于 G0.92($P < 0.05$);10—20 cm 土层 G0.23 显著高于 G0.34 和 G0.92($P < 0.05$);20—30 cm 土层 G0.00 显著高于 G0.23、G0.46、G0.69 和 G0.92($P < 0.05$),而其他放牧梯度相互之间无显著性差异($P > 0.05$);随放牧时间的延续,不同土层呈现出 G0.92 土壤氮贮量最低,0—10 cm、10—20 cm 和 20—30 cm 土壤氮贮量分别为 2.73 、 2.19 t/hm^2 和 1.82 t/hm^2 ,重度放牧导致了土壤氮贮量显著下降。

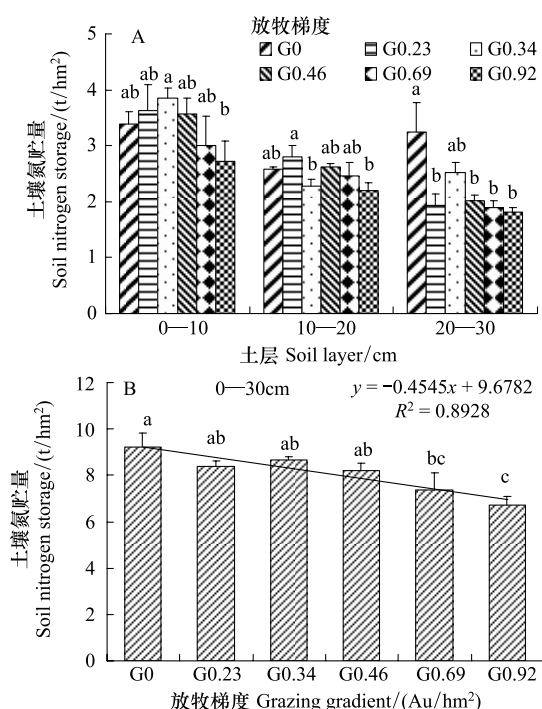


图 5 草地土壤氮贮量对放牧梯度的响应

Fig.5 Response of soil nitrogen storage in grazing grasslands to increasing grazing gradient

0—30 cm 土层氮贮量随着放牧梯度增加呈显著的线性下降趋势(0—30 cm; $R^2 = 0.8928$, $P < 0.05$) (图 5),随放牧时间的延续,逐渐呈现出不放牧和轻度放牧>中度放牧>重度放牧,G0.00 显著高于 G0.69 和 G0.92($P < 0.05$),G0.23、G0.34 和 G0.46 显著高于 G0.92($P < 0.05$),轻度放牧 G0.23、G0.34 和中度放牧 G0.46 之间差异不显著($P > 0.05$)。与不放牧 G0.00 草地相比(9.22 t/hm^2),轻度放牧草地土壤氮固持潜力约为 $8.37\text{—}8.65 \text{ t/hm}^2$,下降 6%—9%;中度放牧草地的土壤氮固持潜力约为 8.20 t/hm^2 ,下降 11%;重度放牧草地的土壤氮固持潜力约为 $6.74\text{—}7.35 \text{ t/hm}^2$,下降 20%—27%。随着放牧时间的延续,土壤氮固持潜力随着放牧梯度增加而呈逐渐降低的趋势,且长期重度放牧显著降低草地的土壤氮贮量和土壤氮固持潜力。

2.4 土壤碳氮垂直分布

不同放牧梯度下土壤碳氮含量和碳氮贮量具有明显的垂直分布特征(表 2),随着土壤深度的增加土壤有机碳含量、全氮含量、碳贮量和氮贮量均呈明显的下降。不同放牧梯度土壤有机碳含量平均有 42.26%左右分布在 0—10 cm 土层内,有 30.67%分布在 10—20 cm 土层内,有 27.07%分布在 20—30 cm 土层内;土壤全氮含量在 0—10 cm、10—20 cm 和 20—30 cm 土层分布分别为 44.39%、30.13% 和 25.48%;土壤碳贮量分别为 39.60%、31.26% 和 29.14%;土壤氮贮量分别为 41.57%、30.97% 和 27.46%;

方差分析表明,不同放牧梯度土壤有机碳含量、全氮含量、碳贮量和氮贮量均呈现出 0—10 cm 土层显著高于 10—20 和 20—30 cm 土层($P < 0.05$)。其中,载畜率为 G0.23、G0.69 和 G0.92 土壤有机碳含量、G0.23、G0.46 和 G0.69 土壤全氮含量呈现出 10—20 cm 土层显著高于 20—30 cm 土层($P < 0.05$);载畜率 G0.92 土壤碳贮量 10—20 cm 土层显著高于 20—30 cm 土层($P < 0.05$);其他情况下土壤有机碳含量、全氮含量、碳贮量和氮贮量 10—20 cm 土层与 20—30 cm 土层之间没有显著性差异($P > 0.05$);总体来看,不同放牧梯度下 0—30 cm 土层土壤碳氮变化呈现出均在土壤表层较高,说明表层土壤是土壤碳氮变化的主要发生区,土壤碳氮固持潜力随着土壤增加而逐渐降低。

表 2 同一放牧梯度不同土层土壤碳氮含量及碳氮贮量变化

Table 2 The change of soil carbon/nitrogen content and carbon/nitrogen storage of different soil layer in the same grazing gradient							
指标	土层/cm	G0.00	G0.23	G0.34	G0.46	G0.69	G0.92
土壤有机碳	0—10	43.78±1.54A	42.28±1.01A	43.19±1.50A	40.97±1.80A	40.54±0.36A	37.64±0.44A
Soilorganic carbon	10—20	30.66±1.70B	31.11±0.85B	29.66±0.04B	30.93±0.11B	29.53±0.75B	28.23±0.74B
/(g/kg)	20—30	26.77±1.53B	26.04±1.11C	29.26±1.48B	26.76±0.50B	26.02±0.99C	24.30±0.83C
土壤全氮	0—10	3.45±0.26A	3.67±0.60A	3.90±0.08A	3.41±0.19A	3.05±0.52A	2.76±0.36A
Soiltotal nitrogen	10—20	2.43±0.08B	2.41±0.09B	2.08±0.11B	2.43±0.01B	2.34±0.24B	1.98±0.14B
/(g/kg)	20—30	2.78±0.45B	1.62±0.16C	2.21±0.06B	1.74±0.07C	1.69±0.12C	1.66±0.08B
土壤碳贮量	0—10	43.09±1.47A	42.39±2.45A	42.75±2.08A	42.81±3.11A	39.90±2.01A	37.23±0.47A
Soilcarbon storage	10—20	32.47±1.38B	36.11±2.17B	32.42±0.19B	32.42±0.55B	31.16±1.66B	31.20±0.80B
/(t/hm ²)	20—30	31.54±2.99B	31.18±1.35B	33.40±3.02B	30.83±1.11B	29.08±0.83B	26.70±0.76C
土壤氮贮量	0—10	3.39±0.22A	3.63±0.46A	3.86±0.17A	3.56±0.29A	3.00±0.52A	2.73±0.36A
Soilnitrogen storage	10—20	2.58±0.04B	2.80±0.20B	2.28±0.11B	2.63±0.06B	2.46±0.25B	2.19±0.14B
/(t/hm ²)	20—30	3.25±0.52A	1.94±0.19B	2.52±0.18B	2.01±0.11B	1.89±0.12B	1.82±0.08B

3 结论与讨论

从土壤的碳氮含量变化和土壤碳氮贮量的比较来看,放牧梯度对土壤的碳氮变化有明显的影响。轻度放牧(低载畜率)提高草地的土壤碳贮量和土壤碳固持潜力,重度放牧(高载畜率)降低草地的土壤碳贮量和土壤碳固持潜力,可能因为重度放牧显著降低草地生产力,降低土壤通透性和养分可利用,降低新的有机质输入^[23],严重破坏了土壤团聚体和地表结皮,提高了土壤有机质分解速率^[14,23];这与一些研究结果认为长期过度放牧将显著降低土壤碳氮贮量^[10-13],轻度或中度放牧对草地土壤的影响相对较小,利于草地干物质生产、营养循环和碳氮贮存^[10,24-26]相一致。放牧对草地土壤氮素养分循环主要受土壤碳的有效性的影响,重度放牧降低了土壤有机碳,减少碳向地下部分的分配,使微生物碳减少^[27],提高了土壤净氮矿化^[5];同时,放牧草地通过动物采食,提高了凋落物分解速率,加之动物排泄物,使放牧草地对氮周转速率加快^[28]。但是,当放牧引起植物群落显著变化时,又能抑制氮矿化和氮有效性^[5]。在碳的垂直分布上,放牧有使土壤碳向表层集聚的趋势^[20,29-31],导致土壤有机碳容易流失。随着放牧时间的延续,连续重度放牧使呼伦贝尔草甸草原植物群落高度、密度、盖度和生物量显著降低^[32],导致土壤氮固持潜力随着放牧梯度增加而呈逐渐降低,且长期重度放牧显著降低了草地的土壤氮贮量。所以,放牧对土壤碳氮贮量的影响受放牧方式、土壤特性和植物群落组成多种因素的影响。

不同放牧梯度下 0—30 cm 土层土壤碳氮变化呈现出均在土壤表层较高,随着土壤深度的增加土壤有机碳含量、全氮含量、碳贮量和氮贮量均呈明显的下降,说明表层土壤是土壤碳氮变化的主要发生区,土壤碳氮固持潜力随着土层增加而逐渐降低。

轻度放牧有利于实现呼伦贝尔草甸草原土壤碳固持,随着放牧梯度的增加,重度放牧导致草地土壤碳氮贮量下降,并转化为碳流失^[11,24,33],结果与何念鹏等在研究内蒙古典型草地土壤碳固持速率时得出轻度放牧时表现为碳固持,而重度放牧时表现为碳流失,随着放牧强度的增加,草地具有从碳汇/碳源的转化过程和阈值这一规律相吻合^[5]。本文定量地揭示了不同放牧梯度对内蒙古呼伦贝尔草甸草原土壤碳固持潜力的影响,呼伦贝尔羊草草甸草原土壤碳固持与碳流失的转化阈值为 0.46Au.cow/hm²(放牧时间 6—10 月),研究从提高碳贮量角度为草地适应性管理提供了重要的理论依据,内蒙古呼伦贝尔草甸草原通过合理控制放牧梯度能够达到增加草地土壤固碳潜力,实现碳增汇的目的。

References:

- [1] Gruber N, Keeling C D. An improved estimate of the isotopic air-sea disequilibrium of CO₂: Implications for the oceanic uptake of anthropogenic CO₂. *Geophysical Research Letters*, 2001, 28(3): 555-558.
- [2] Scurlock J, Hall D O. The global carbon sink: A grassland perspective. *Global Change Biology*, 1998, 4(2): 229-233.
- [3] Huang Y, Sun W J, Zhang W, Yu Y O. Changes in soil organic carbon of terrestrial ecosystems in China: A mini-review. *Science*

- China Life Sciences, 2010, 53(7): 766-775.
- [4] Feller C, Bernoux M. Historical advances in the study of global terrestrial soil organic carbon sequestration. *Waste Management*, 2008, 28(4): 734-740.
- [5] He N P, Han X G, Yu G R. Soil carbon sequestration rates and potential in the grazing grasslands of Inner Mongolia. *Acta Ecologica Sinica*, 2012, 32(3): 844-851.
- [6] Derner J D, Boutton T W, Briske D D. Grazing and ecosystem carbon storage in the North American great plains. *Plant and Soil*, 2006, 280(1/2): 77-90.
- [7] Zhao H L, He Y H, Zhou R L, Su Y Z, Li Y Q, Drake S. Effects of desertification on soil organic C and N content in sandy farmland and grassland of Inner Mongolia. *Catena*, 2009, 77(3): 187-191.
- [8] Li L H. Effects of land-use change on soil carbon storage in grassland ecosystems. *Acta Phytocologica Sinica*, 1998, 22(4): 300-302.
- [9] Li L H, Chen Z Z, Wang Q B, Liu X H, Li Y H. Changes in soil carbon storage due to over-grazing in *Leymus chinensis* steppe in the Xilinriver basin of Inner Mongolia. *Journal of Environmental Sciences*, 1997, 9(4): 486-490.
- [10] Li C L, Hao X Y, Zhao M L, Han G D, Willms W D. Influence of historic sheep grazing on vegetation and soil properties of a desert steppe in Inner Mongolia. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2008, 128(1/2): 109-116.
- [11] Cui X Y, Wang Y F, Niu H S, Wu J, Wang S P, Schnug E, Rogasik J, Fleckenstein J, Tang Y H. Effect of long-term grazing on soil organic carbon content in semiarid steppes in Inner Mongolia. *Ecological Research*, 2005, 20(5): 519-527.
- [12] Elmore A J, Asner G P. Effects of grazing intensity on soil carbon stocks following deforestation of a hawaiian dry tropical forest. *Global Change Biology*, 2006, 12(9): 1761-1772.
- [13] Steffens M, Kehl A, Giese M, Hoffmann C, Totsche K U, Breuer L, Kgel-Knabner I. Spatial variability of topsoils and vegetation in a grazed steppe ecosystem in Inner Mongolia (PR China). *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 2009, 172(1): 78-90.
- [14] Milchunas D G, Laurenroth W K. Quantitative effects of grazing on vegetation and soils over a global range of environments. *Ecological Monographs*, 1993, 63(4): 327-366.
- [15] Holt J A. Grazing pressure and soil carbon, microbial biomass and enzyme activities in semi-arid northeastern Australia. *Applied Soil Ecology*, 1997, 5(2): 143-149.
- [16] Milchunas D G, Laurenroth W K, Burke I C. Livestock grazing: animal and plant biodiversity of shortgrass steppe and the relationship to ecosystem function. *Oikos*, 1998, 83: 65-74.
- [17] 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.
- [18] Schuman G E, Reeder J D, Manley J T, Hart R H, Manley W A. Impact of grazing management on the carbon and nitrogen balance of a mixed-grass rangeland. *Ecological Application*, 1999, 9(1): 65-71.
- [19] Weinhold B J, Henndrickson J R, Karn J F. Pasture management influences on soil properties in the Northern Great plains. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2001, 56(1): 27-31.
- [20] Gao Y H. Study on Carbon and Nitrogen Distribution Pattern and Cycling Process in An Alpine Meadow Ecosystem Under Different Grazing Intensity [D]. Beijing: Chinese Academy of Science, 2007.
- [21] Reeder J D, Schuman G E. Influence of livestock grazing on C sequestration in semi-arid mixed-grass and short-grass rangelands. *Environmental Pollution*, 2002, 116(3): 457-463.
- [22] Post W M, Emanuel W R, Zinke P J, Stangenberger A G. Soil carbon Pools and world life zones. *Natuure*, 1982, 298(5870): 156-159.
- [23] Savadogo P, Savadogo L, Tiveau D. Effects of grazing intensity and prescribed fire on soil physical and hydrological properties and pasture yield in the savanna woodlands of Burkina Faso. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2007, 118(1/4): 80-92.
- [24] He N P, Zhang Y H, Yu Q, Cheng Q S, Pan Q M, Zhang G M, Han X G. Grazing intensity impacts soil carbon and nitrogen storage of continental steppe. *Ecosphere*, 2011, 2(1): art8, doi: 10.1890/ES1810-00017.00011.
- [25] Han G D, Hao X Y, Zhao M L, Wang J R, Ellert B H, Willms W, Wang M J. Effect of grazing intensity on carbon and nitrogen in soil and vegetation in a meadow steppe in Inner Mongolia. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2008, 125(1/4): 21-32.
- [26] Chen Y P, Li Y Q, Zhao X Y, Luo Y Q, Shang W. Light fraction and total organic carbon and nitrogen stores in desertified sandy grassland soil as affected by grazing and livestock exclusion. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2010, 24(4): 182-186.
- [27] Yan R R, Yan Y C, Xin X P, Yang G X, Wang X, Zhang B H. Changes in microorganisms and enzyme activities in soil under different grazing intensities in meadow steppe, Inner Mongolia. *Ecology and Environmental Sciences*, 2011, 20(2): 259-265.
- [28] McNaughton S J. Ecology of a grazing ecosystem: the Serengeti. *Ecological Monographs*, 1985, 53(3): 259-294.
- [29] Liu J Y, Wang S Q, Chen J M, Liu M L, Zhuang D F. Storages of soil organic carbon and nitrogen and land use changes in China: 1990—2000. *Acta Geographica Sinica*, 2004, 59(4): 483-496.
- [30] Zhang L, Sun X Y, Qiao Y, Gao C D, Cao J X, A L T, Baoyin H X G. Distribution characteristics of soil organic carbon and its stable carbon isotope composition in desertification grassland under different grazing intensities. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2009, 23(6): 149-153.
- [31] Qu W L, Pei S F, Zhou Z G, Zhang B L, Fu H. Influences of

overgrazing and enclosure on carbon of soils and characteristics of vegetation in desert steppe, Inner Mongolia, North China. Journal of Gansu Forestry Science and Technology, 2004, 29(2): 4-6, 40-40.

- [32] Yan R R, Xin X P, Zhang B H, Yan Y C, Yang G X. Influence of cattle grazing gradient on plant community characteristics in Hulunber meadow steppe. Chinese Journal of Grassland, 2010, 32(3): 62-67.
- [33] He N P, Yu Q, Wu L, Wang Y S, Han X G. Carbon and nitrogen store and storage potential as affected by land-use in a *Leymus chinensis* grassland of northern China. Soil Biology and Biochemistry, 2008, 40(12): 2952-2959.

参考文献:

- [5] 何念鹏, 韩兴国, 于贵瑞. 内蒙古放牧草地土壤碳固持速率和潜力. 生态学报, 2012, 32(3): 844-851.
- [8] 李凌浩. 土地利用变化对草原生态系统土壤碳贮量的影响. 植物生态学报, 1998, 22(4): 300-302.
- [17] 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.
- [20] 高永恒. 不同放牧强度下高山草甸生态系统碳氮分布格局和循环过程研究 [D]. 北京: 中国科学院, 2007.
- [27] 闫瑞瑞, 闫玉春, 辛晓平, 杨桂霞, 王旭, 张保辉. 不同放牧梯度下草甸草原土壤微生物和酶活性研究. 生态环境, 2011, 20(2): 259-265.
- [29] 刘纪远, 王绍强, 陈镜明, 刘明亮, 庄大方. 1990—2000 年中国土壤碳氮蓄积量与土地利用变化. 地理学报, 2004, 59(4): 483-496.
- [30] 张林, 孙向阳, 乔永, 高程达, 曹吉鑫, 阿拉塔, 宝音贺希格. 不同放牧强度下荒漠草原土壤有机碳及其 $\delta^{13}\text{C}$ 值分布特征. 水土保持学报, 2009, 23(6): 149-153.
- [31] 瞿王龙, 裴世芳, 周志刚, 张宝林, 傅华. 放牧与围封对阿拉善荒漠草地土壤有机碳和植被特征的影响. 甘肃林业科技, 2004, 29(2): 4-6, 40-40.
- [32] 闫瑞瑞, 辛晓平, 张保辉, 闫玉春, 杨桂霞. 肉牛放牧梯度对呼伦贝尔草甸草原植物群落特征的影响. 中国草地学报, 2010, 32(3): 62-67.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.34, No.6 Mar., 2014 (Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- Impacts of global warming on litter decomposition SONG Piao, ZHANG Naili, MA Keping, et al (1327)
- From system to landscape: the other orientation of regional material flow analysis ZHANG Xiaogang, ZENG Hui (1340)
- A multi-dimensional approach for wetland ecosystem service valuation SONG Yuqin, ZHANG Xiaolei (1352)
- Molecular mechanisms of the insect juvenile hormone JIN Minna, LIN Xinda (1361)
- Microbial deterioration in ancient cave and wall paintings LI Qiang, GE Qinya, PAN Xiaoxuan, et al (1371)
- Study on ecological safety evaluation and warning of wetlands in Tumen River watershed based on 3S technology
..... ZHU Weihong, MIAO Chengyu, ZHENG Xiaojun, et al (1379)
- A review of transboundary protected areas network establishment WANG Wei, TIAN Yu, CHANG Ming, et al (1391)

Autecology & Fundamentals

- Water consumption characteristics and water use efficiency of *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus grandis* and bamboo-willow
seedlings QIU Quan, PAN Xin, LI Jiyue, et al (1401)
- Three warming scenarios differentially affect the morphological plasticity of an invasive herb *Alternanthera philoxeroides*
..... CHU Yanmei, YANG Jian, LI Jingji, et al (1411)
- The influence of meteorological factors and soil physicochemical properties on karst processes in six land-use patterns in summer
and winter in a typical karst valley LIU Wen, ZHANG Qiang, JIA Yanan (1418)
- Effects of nanocarbon application on nitrogen absorption and utilization of flue-cured tobacco
..... LIANG Taibo, YIN Qisheng, ZHANG Yanling, et al (1429)
- The stand spatial model and pattern based on voronoi diagram LIU Shuai, WU Shuci, WANG Hong, et al (1436)
- Dynamic analysis of spatial structure in a close-to-nature *Phyllostachys edulis* stands
..... QIU Jianxi, TANG Mengping, SHEN Lifen, et al (1444)
- Phenotypic diversity in natural populations of *Sapindus mukorossi* based on fruit and seed traits
..... DIAO Songfeng, SHAO Wenhao, JIANG Jingmin, et al (1451)
- Development of compatible biomass models for trees from different stand origin ... FU Liyong, LEI Yuancai, SUN Wei, et al (1461)

Population, Community and Ecosystem

- The impact of understory vegetation structure on growth of *Polygonatum cyrtoneura* in extensively managed *Phyllostachys edulis*
plantation FAN Yanrong, CHEN Shuanglin, YANG Qingping, et al (1471)
- Short-term effects of CO₂ concentration elevation, warming and transgenic *Bt* rice cropping on soil labile organic carbon and
nitrogen, and nematode communities CHEN Jing, CHEN Fajun, LIU Manqiang, et al (1481)
- Temporospatial variations in net ecosystem productivity in Northeast China since 1961
..... LI Jie, ZHANG Yuandong, GU Fengxue, et al (1490)
- Assessment of the habitat suitability for waterfowls in the Panjin, Liaoning with GIS and remote sensing
..... DONG Zhangyu, LIU Dianwei, WANG Zongming, et al (1503)
- Distribution of soil macropores and their influence on saturated hydraulic conductivity in the Huoditang forest region of the
Qinling Mountains LU Bin, ZHANG Shengli, LI Kan, et al (1512)

- Influences of phosphorus concentration on interactions among *Microcystis aeruginosa*, *Daphnia magna* and *Ceratophyllum demersum* ...
 MA Jianmin, JIN Ping, GUO Meng, et al (1520)
- Allelopathic inhibition and mathematical models of *Chara vulgaris* extracts on two freshwater algae species
 HE Zongxiang, LIU Lu, LI Cheng, et al (1527)
- Flora analysis of riparian vegetation in Yongding-Haihe river system, China XIU Chen, OUYANG Zhiyun, ZHENG Hua (1535)
- Stream habitat assessment of Dong River, China, using *River Habitat Survey* method
 WANG Qiang, YUAN Xingzhong, LIU Hong, et al (1548)

Landscape, Regional and Global Ecology

- Applying SWAT model to explore the impact of changes in land use and climate on the streamflow in a Watershed of Northern
 China GUO Juntong, ZHANG Zhiqiang, WANG Shengping, et al (1559)
- Climate response of tree growth along an altitudinal gradient in the Changbai Mountains, Northeast China
 CHEN Li, YIN Yunhe, ZHAO Dongsheng, et al (1568)
- The dispersion of airborne pollen and its relationship with major climatic parameters in Shijiazhuang
 LI Ying, LI Yuecong, LÜ Suqing, et al (1575)
- The change of soil carbon and nitrogen under different grazing gradients in Hulunber meadow steppe
 YAN Ruirui, XIN Xiaoping, WANG Xu, et al (1587)
- Spatial distribution and influencing factors of farmland soil organic matter and trace elements in the nansihu region
 WU Jie, LI Yuhuan, LI Zengbing, et al (1596)

Resource and Industrial Ecology

- Transnational land use and its potential environmental consequence LU Xiaoxuan (1606)

《生态学报》2014 年征订启事

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

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

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

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

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

本期责任副主编 薛建辉

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 34 卷 第 6 期 (2014 年 3 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 34 No. 6 (March, 2014)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel: (010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail: journal@ cspg. net	Distributed by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel: (010)64034563 E-mail: journal@ cspg. net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add: P.O.Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元