

放牧对植物群落特征和土壤微生物及酶活性的影响

高明华^{1,2}, 乌仁其其格^{1,2}, 巴特尔¹, 穆艳红¹, 王金¹, 赵慧如¹, 孟庆涛¹

(1. 呼伦贝尔学院 生命与环境科学学院, 内蒙古 呼伦贝尔 021008;

2. 内蒙古自治区草甸草原生态系统与全球变化重点实验室, 内蒙古 呼伦贝尔 021008)

摘要: [目的] 探讨放牧对羊草群落和贝加尔针茅群落的影响, 为草原土壤的保护和草原自然保护区建设提供科学依据。[方法] 以呼伦贝尔草甸草原为样地, 采用野外调查和实验室分析相结合的方法。[结果] 在放牧干扰下, 以羊草为建群种的群落所受的影响比贝加尔针茅群落小, 植物群落盖度、高度和 Simpson 指数明显高于贝加尔针茅群, 物种多样性更丰富, 生长情况相对更好。羊草草原土壤全氮、全磷和有机质含量高于贝加尔针茅草原土壤。各放牧区土壤微生物数量均表现为: 细菌 > 放线菌 > 真菌; 垂直分布为 0—10 cm > 10—20 cm; 土壤脲酶、过氧化氢酶、转化酶活性、全 N、全 P 和有机质等 0—10 cm 土层的均高于 10—20 cm。相关分析表明, 植物群落 α 多样性与土壤微生物数量、土壤酶活性、全 N、全 P 和有机质等呈显著正相关。[结论] 适度放牧有助于提高草甸草原羊草群落和贝加尔针茅群落 α 多样性、土壤微生物数量和土壤酶活性。两个群落相比较, 羊草群落更适合放牧。

关键词: 草甸草原; 放牧; 群落特征; 土壤微生物; 土壤酶活性

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2016)05-0062-04

中图分类号: S812.8, S821.4⁺3

文献参数: 高明华, 乌仁其其格, 巴特尔, 等. 放牧对植物群落特征和土壤微生物及酶活性的影响[J]. 水土保持通报, 2016, 36(5):062-065. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2016.05.018

Influences of Grazing on Plant Community Characteristics, Soil Microorganism and Soil Enzyme Activity

GAO Minghua^{1,2}, Wurenqiqige^{1,2}, Bateer¹, MU Yanhong¹, WANG Jin¹, ZHAO Huiru¹, MENG Qingtao¹

(1. School of Life Science and Environment, Hulunbeier College, Hulunbeier, Inner Mongolia 021008, China;

2. Inner Mongolia Key Laboratory of Meadow Steppa Ecosystem and Global Change, Hulunbeier, Inner Mongolia 021008, China)

Abstract: [Objective] The objective of this study is to explore the effects of grazing on the *Leymus chinensis* and *Stipa baicalensis* communities under the grazing disturbance in Hulunbeier meadow steppe, in order to provide the scientific basis for the protection of grassland soil and construction of grassland nature reserve. [Methods] Taking the Hulunbeier meadow steppe as sample plot, the field investigation was conducted and laboratory analysis was used. [Results] The influences of grazing on *L. chinensis* communities were less than that on *Stipa baicalensis* communities. Under the disturbance of grazing, coverage, height and the Simpson index of plant community was significantly higher, the species diversity was greater and the growth situation was relatively better in *L. chinensis* communities. The soil total nitrogen, soil total phosphorus and soil organic matter contents in *L. chinensis* was higher than that in *S. baicalensis*. The amount of microorganisms in two grazing areas showed the same changing trend as: bacteria > actinomyces > fungi. The number of microbes in 0—10 cm soil layer was higher than that in 10—20 cm soil layer. Similarly, soil urease, catalase, invertase in 0—10 cm was greater than that in 10—20 cm soil layer. Correlation analysis indicated that the α diversity of plant community were positively related to soil microorganisms, soil enzyme activities, soil total nitrogen, soil total phosphorus and soil organic matter. [Conclusion] Moderate grazing could improve community α diversity, soil microbial quantity and soil enzyme activity of *L. chinensis* and *S. baicalensis* communities. For two communities, *L. chinensis* is more suitable for grazing than *S. baicalensis*.

Keywords: meadow steppe; grazing; community characteristics; soil microorganism; soil enzyme activity

收稿日期: 2015-05-28

修回日期: 2015-12-27

资助项目: 农业部公益性行业项目“半干旱牧区天然打草场培育及利用技术研究与示范”(201303060)

第一作者: 高明华(1963—), 男(汉族), 内蒙古自治区通辽市人, 博士, 教授, 主要从事土壤微生物生态学研究。E-mail: gmhjl@163.com。

通讯作者: 乌仁其其格(1963—), 女(蒙古族), 内蒙古自治区通辽市人, 博士, 教授, 主要从事草原生态学研究。E-mail: wuren2004@163.com。

草地生态系统由植被系统、土壤系统和土壤微生物系统部分组成,因其分布广泛、面积巨大,一直被人类作为一个重要的自然资源所利用。不论是天然草地,人工草地还是退耕后新建的草地,除发挥其生态功能外,其主要目的在于利用。草地的利用方式主要有放牧和割草2种。对于中国北方内蒙古呼伦贝尔温带草原而言,放牧和刈割是草场利用和管理的主要方式,同时也是两个主要的人为干扰因素。放牧是最普遍、最便捷的草地利用方式,也是国内外普遍运用的土地管理手段,全球大约半数以上草地处于放牧管理之下^[1]。研究放牧对不同类型草原植物群落特征的影响,有助于探讨人类行为与草地植被健康状况间的关系,研究土壤微生物与酶活性的变化规律。

国内外许多学者就放牧制度对草地的影响进行了一定研究,Ralphs等^[2]报导,短期轮牧可以增加牧草产量,提高草地利用率和单位面积草地载畜量。Koerner等^[3]研究表明,放牧可以有效调控草地生态系统,增加植物的多样性,减少草盖。Lingorisk等^[4]的试验结果表明,羊草在轮牧制度中比自由放牧制度优越。李永宏、卫智军等^[5-6]对内蒙古典型草原不同放牧制度和呼伦贝尔草甸草原群落特征对不同放牧制度的响应等方面都进行了研究。不放牧不能持续维持草地的健康状况,但健康的草地状况可以有效地缓冲放牧和气候干扰,并能够维持较高的草地生产能力和生物物种多样性^[7]。闫瑞瑞等研究表明,适度的放牧对土壤微生物和土壤酶的活性也会产生一定的积极影响^[8]。

本研究拟在放牧干扰下比较分析呼伦贝尔草甸草原羊草和贝加尔针茅群落特征、土壤微生物、土壤酶活性与土壤养分的变化,确定在放牧条件下,羊草群落和贝加尔针茅群落中生长情况更好,产量更高,更适合放牧的植物群落,以期对草原的保护和合理利用,草原土壤的保持和草原自然保护区的建设等提供科学依据。

1 研究区概况

样地位于呼伦贝尔市陈巴尔虎旗草甸草原,49°33′—49°43′N,118°50′—118°58′E,海拔696~789 m。属于中温带半干旱大陆性气候,冬季严寒漫长,夏季温暖短促,年均气温-2.6℃,最高、最低气温分别为38.3和-49℃;年积温1580~1800℃,无霜期110 d;年平均降水量350~450 mm,且多集中在7—9月且变率较大。草原类型是以羊草(*Leymus chinense*)、贝加尔针茅(*Stipa baicalensis*)分别为建群种的草甸草原。地带性土壤类型为暗栗钙土。

2 材料与方法

2.1 材料采集与测定

(1) 放牧区根据建群种不同将每个区划分为羊草群落和贝加尔针茅群落。每个群落各设一个样带,每个样带长100 m,宽2 m,在每个样带中随机取面积为1.0 m×1.0 m的样方,重复10次。放牧程度为适度放牧。

(2) 植物调查与取样。野外植被调查采用常规调查法^[9]。调查时间为2012年8月中旬,此时草原植物群落生物量已达到高峰期。

(3) 土壤样品采集。在采取植物样本的同时采取土壤样本。每个样地内用直径7 cm土钻随机选10个样点,每个取样点间隔10 m,分层取0—10,10—20 cm土壤样品,同层土样混合均匀,试验设3次重复。将土样保鲜带回实验室立即进行试验。

(4) 土壤的理化性质测定。测定土壤含水量,土壤容重,全N,全P和有机质等。含水率采用烘干称重法测定,容重采用称重法测定。全N采用半微量凯氏法,全P采用钼锑抗比色法,有机质含量采用重铬酸钾—氧化外加加热法等。

(5) 土壤微生物种群数量测定——CFU法。细菌、放线菌和真菌的活菌计数培养基分别为牛肉膏蛋白胨培养基、高氏1号培养基、孟加拉红培养基,方法见参考文献^[10]。

(6) 土壤酶活性的测定^[11]。脲酶用靛酚蓝比色法测定,酶活性以培养24 h后每克干土经尿素水解释出的NH₄⁺-N的毫克数表示;转化酶采用3,5-二硝基水杨酸比色法测定,酶活性以24 h后1 g干土中葡萄糖的毫克数表示;过氧化氢酶采用高锰酸钾滴定法,酶活性以每克干土滴定所需0.1 mol/L KMnO₄的毫升数来表示。

2.2 数据处理

(1) 重要值。在选定的样方中,分种测定植物高度、盖度、密度及鲜重,装入纸袋中在(105℃)恒温下烘干12 h,称其干重。植物群落物种重要值计算公式为:

$$\text{重要值} = (\text{相对高度} + \text{相对密度} + \text{相对盖度}) / 3 \quad (1)$$

(2) 植物群落 α 多样性根据描述样方内植物种数目、所有植物种的个体数和重要值,利用公式计算群落 α 多样性。

Margarlef 丰富度指数(M_a):

$$M_a = (S - 1) / \ln N \quad (2)$$

Shannon—Wiener 多样性指数(H):

$$H = - \sum P_i \ln(P_i) \quad (3)$$

Simpson 多样性指数(D): $D = 1 - \sum (P_i)^2$ (4)

Pielou 均匀度指数 (J_p): $J_p = \sum P_i \ln(P_i) / \ln(S)$ (5)

式中: S ——物种数目; N ——所有物种个体数目; P_i —— $N / \sum N$ (N :重要值)。

(3) 数据分析采用 Excel 2012 和 SAS 9.2 软件进行数据分析和作图。

3 结果与分析

3.1 土壤的理化性质

由表 1 得出, 2 个放牧区土壤含水量和土壤容重

表 1 不同放牧草地类型土壤的理化性质

草地类型	深度/cm	土壤含水量/%	土壤容重/ ($g \cdot cm^{-3}$)	全 N/ ($g \cdot kg^{-1}$)	全 P/ ($g \cdot kg^{-1}$)	有机质/ ($g \cdot kg^{-1}$)
羊草草原	0—10	9.63±0.23	1.16±0.12	3.33±0.08	0.65±0.07	39.11±0.61
	10—20	9.81±0.16	1.33±0.11	2.49±0.15	0.55±0.02	34.30±1.72
贝加尔针茅草原	0—10	9.66±0.21	1.26±0.18	3.04±0.10	0.50±0.11	30.67±0.33
	10—20	9.86±0.19	1.47±0.16	2.12±0.06	0.50±0.02	26.21±1.03

3.2 植物群落数量特征分析

从图 1 可知, 羊草群落群落盖度比贝加尔针茅群落高 12.82%, 差异显著。羊草群落群落高度比贝加尔针茅群落高出 12.34%, 差异显著。两个群落的密度比较与群落高度和盖度有所不同, 贝加尔针茅群落的群落密度高于羊草群落的群落密度 7.98%, 但差异不显著。

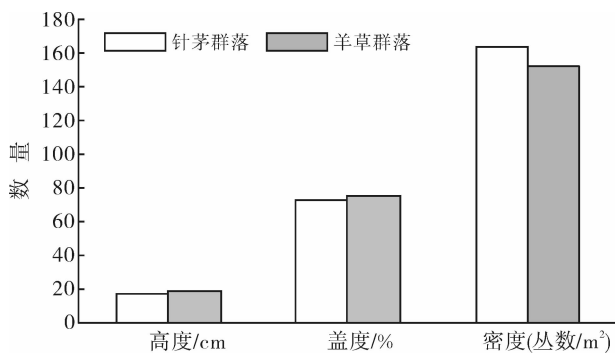


图 1 不同群落植被数量特征变化

3.3 植物群落 α 多样性变化

不同群落在放牧干扰下, Margalef 物种丰富度指数、Shannon-Wiener 多样性指数, 贝加尔针茅群落显著高于羊草群落, Simpson 优势度指数羊草群落显著高于贝加尔针茅群落, Pielou 均匀度指数, 不同群落间没有显著差异, 相差不大。结果见表 2。

Margalef 物种丰富度指数: 贝加尔针茅群落显著高于羊草群落 21.13%, 群落间有显著差异 ($p < 0.05$)。Margalef 丰富度指数贝加尔针茅群落

测定结果表明, 贝加尔针茅群落土壤稍高于羊草群落的土壤, 但无显著差异。由于试验样地的放牧程度均为适度放牧, 家畜的践踏对土壤紧实度影响很小, 二者的差异只是贝加尔针茅群落的群落密度稍高于羊草群落的群落密度所致。在全 N, 全 P 方面, 羊草群落的土壤稍高于贝加尔针茅群落土壤, 但无显著差异。在有机质含量方面, 羊草群落的土壤高于贝加尔针茅群落土壤, 差异显著。

高于羊草群落 ($p < 0.05$), 说明羊草群落放牧区内的可食性牧草啃食程度明显超过了针茅群落放牧区, 而导致其失去了再生能力, 逐渐在群落中消失, 使得群落多样性下降。所以有利于使草原群落物种丰富度减少。

表 2 不同物种 α 多样性指数变化

群落类型	物种丰富度指数	物种多样性指数	优势度指数	均匀度指数
贝加尔针茅草原	1.84 ^b	1.97 ^a	0.52 ^a	0.63 ^a
羊草草原	1.45 ^a	1.32 ^b	0.69 ^a	0.57 ^a

Shannon-Wiener 多样性指数: 贝加尔针茅群落显著高于羊草群落 32.99%, 群落间有显著差异 ($p < 0.05$)。可见同等放牧条件干扰下, 在提高群落多样性指数方面, 贝加尔针茅放牧区明显由于羊草群落放牧区。

Simpson 优势度指数: 羊草群落高于贝加尔针茅群落 24.84%, 群落间有显著差异 ($p < 0.05$)。可见羊草群落放牧区可以有效降低群落优势种排斥其他物种的能力, 从而提高群落的优势度指数。

Pielou 均匀度指数: 贝加尔针茅群落高出羊草群落 9.44%, 但两放牧区间无显著差异 ($p > 0.05$)。这可能由于针茅群落放牧区采食率, 植物群落中主要物种相对单一, 并且同一物种差异不显著, 使其物种成分的重要值差异较小, 使针茅群落放牧区的均匀度指数高于羊草群落放牧区。

3.4 放牧条件下土壤微生物数量变化

由表 3 可知, 在土壤微生物中, 无论是羊草草原

还是贝加尔针茅草原土壤,细菌的数量基本上较放线菌高1个数量级,放线菌较真菌高2个数量级。细菌与放线菌和真菌均呈显著差异($p < 0.01$),说明细菌占优势,放线菌次之,真菌最少。不同土层微生物数量比较:0—10 cm > 10—20 cm,但其差异不显著

($p > 0.05$)。两类型草原相比较,在0—10和10—20 cm土层中,细菌和放线菌的数量贝加尔针茅草原的都高于羊草草原的,但差异不显著($p > 0.05$);而真菌的数量羊草草原要高于贝加尔针茅草原的,且差异显著($p < 0.01$)。

表3 放牧对羊草和贝加尔针茅草原土壤微生物数量和酶活性的影响

草地类型	深度/cm	微生物数量/(个·g ⁻¹)			土壤酶活性测定		
		细菌/10 ⁶	放线菌/10 ⁵	真菌/10 ³	脲酶	过氧化氢酶	转化酶
羊草草原	0—10	5.68 ^b	4.98 ^a	4.14 ^a	0.015 ^a	5.35 ^a	40.6 ^a
	10—20	3.99 ^b	3.63 ^a	5.19 ^a	0.014 ^a	4.92 ^a	26.1 ^a
贝加尔针茅草原	0—10	7.71 ^a	5.17 ^a	2.40 ^b	0.019 ^a	6.05 ^a	35.4 ^a
	10—20	6.90 ^a	4.39 ^a	1.95 ^b	0.015 ^a	4.20 ^a	22.3 ^a

3.5 放牧对羊草和贝加尔针茅草原土壤酶活性的影响

放牧对羊草和贝加尔针茅草原土壤酶活性的影响情况见表3。2种类型草原土壤酶活性的垂直分布情况为0—10 cm > 10—20 cm,放牧干扰下2个土层中土壤脲酶和过氧化氢酶活性相比较,贝加尔针茅草原的要高于羊草草原的($p > 0.05$),而转化酶的活性羊草草原要高于贝加尔针茅草原的($p > 0.05$)。

3.6 土壤微生物、土壤酶活性与植物群落数量的关系

相关性分析表明,植物群落 α 多样性与土壤微生物数量、土壤酶活性呈显著正相关($p < 0.05$)。放牧条件下,贝加尔针茅草原和羊草草原有助于微生物种群数量的增加与酶活性的提高。不同类型草原土壤酶活性的垂直分布情况与微生物的数量呈正相关。结果表明,不同植物群落土壤对放牧的响应有所不同,影响草地植物生长及其微生物的生存和繁衍,同时对土壤酶活性也产生了一定的间接影响。

4 讨论与结论

草原生态系统的本质是草原地境与其赖以生存的生物的耦合。其间,草原植物与草原动物间的营养级转化是草原生态必经之路。放牧作为草甸草原重要的利用和管理方式之一,对天然草地生态系统而言,是一种人为干扰机制,对草地生态系统及其各组分产生一定的影响。对于放牧干扰下的草甸草原,有研究表明,放牧可以增加群落的物种数、群落密度以及羊草群落盖度^[12],同时,随着放牧强度的增加,群落的地上生物量和地下生物量都有所减少。适量的

放牧可以刺激植物的生长,但过度放牧会严重影响植物的生长,符合Connell中度干扰假说,即适度干扰能增加群落和景观的多样性。适度的放牧也有助于改善土壤微生物和土壤酶的活性。放牧能够维持较高的草地生产能力和生物物种多样性。所以研究放牧对草原的影响对于合理利用草地具有重要意义。

本试验研究表明,植物群落与数量特征在放牧条件下,羊草群落所受的影响比贝加尔针茅群落小,生长情况相对更好,在全N,全P和有机质含量方面,羊草群落土壤高于贝加尔针茅群落土壤,羊草草原更适合放牧,利于草原生态保护。而在植物群落 α 多样性方面,贝加尔针茅群落受影响则较羊草群落小。

分析原因,由于针茅个体比羊草大,便于牛羊大量采食,在高度和盖度2个指标中低于羊草。可是同一大小的样方中羊草数量多,导致密度指标上羊草要大于针茅,这与汪诗平的研究结果一致^[13]。而且,由于针茅个体大,对其他物种的竞争排斥作用强,导致同一群落的种间竞争中,针茅会优于羊草,这会使针茅群落的现存量和枯落物量要小于羊草群落。另外这可能也是导致羊草群落 α 多样性比针茅群落高,因为种间竞争小,就能允许更多的物种共同生存,生物多样性就高,反之就低。

总之,在放牧干扰条件下,草甸草原羊草群落普遍生长情况相对更好,生物多样性也更高,而且由于枯落物的量高于贝加尔针茅,转化酶活性也高,对土壤肥力的作用也比贝加尔针茅群落好;而贝加尔针茅群落个体大,生物量高于羊草,在放牧上贡献也很大,因此,在草甸草原的建设中,可以适当调整2个群落的放牧强度,以便达到最合理的利用效果,对此还有待进一步的研究。

(下转第72页)

- [4] 单俊杰,张常书,张江川.利用生物技术开发生化黄腐酸新肥源[J].腐植酸,2005(2):1-3.
- [5] 张常书,彭红梅,刘媛媛,等.煤炭黄腐酸和生化黄腐酸界定研究[J].腐植酸,2008(2):12-34.
- [6] 王森,韩思训,耿兵,等.不同施肥条件下生物腐植酸对磷的转化效果分析[J].中国农业气象,2013,34(5):551-556.
- [7] 于学胜.生物腐植酸对矿区废弃地土壤微生物重建作用的研究[D],北京:中国农业科学院,2013.
- [8] 陈静,黄占斌.腐植酸在土壤修复中的作用[J].腐植酸,2014(4):30-34.
- [9] 于江,朱昌雄,郭萍,等.生物腐植酸对新疆甘草产地沙退化土壤修复效果评价:以土壤养分指标为例[J].中国农业气象,2010,31(3):369-373.
- [10] 高英旭,刘红民,刘阳,等.海州露天矿排土场不同林分土壤理化性质对植被生物量的影响[J].中南林业科技大学学报,2014,34(1):78-83.
- [11] 王凯,刘锋,祝畅,等.阜新露天矿排土场边坡植物多样性与生产力特征[J].水土保持通报,2015,35(1):338-343.
- [12] 鲍士旦.土壤农化分析[M].3版.北京:中国农业出版社,2005.
- [13] 叶倩,朱昌雄.腐植酸与沙化退化土壤修复[C]//第九届全国绿色环保肥料(农药)新技术、新产品交流会文集,2010.
- [14] 方勇,章红兵.南方红壤区种植黑麦草的效应研究[J].草业科学,2005,22(4):69-71.
- [15] 张卫国,江小雷,杨振宇,等.多花黑麦草在高寒牧区的引种研究[J].草业学报,2004,13(2):50-55.
- [16] 张磊,刘东燕,邵涛.黑麦草的饲用价值及其应用前景[J].草地科学,2008,25(4):64-69.
- [17] 王凯,袁喆,罗根华,等.粉煤灰添加对草地早熟禾种子发芽和幼苗生长的影响[J].中国草地学报,2015,37(1):70-75.
- [18] Carter M R. Soil quality for sustainable land management: Organic matter and aggregation interactions that maintain soil functions [J]. Journal of Agronomy, 2000,94(1):38-47.
- [19] Dominy C, Haynes R. Influence of agricultural land management on organic matter content, microbial activity and aggregate stability in the profiles of two Oxisols[J]. Biology and Fertility of Soils, 2002,36(4):298-305.
- [20] Mylonas V A, McCants C B. Effects of humic acids and fulvic acids on growth of tobacco[J]. Plant and Soil, 1980(54):485-490.

(上接第 65 页)

[参 考 文 献]

- [1] 任继周.放牧,草原生态系统存在的基本方式:兼论放牧的转型[J].自然资源学报,2012,27(8):1259-1275.
- [2] Ralphs M H. Influence of short duration and high intensity grazing on rangeland vegetation[J]. Range Manage, 1990,43(2):104-108.
- [3] Koerner S E, Collins S L. Interactive effects of grazing, drought, and fire on grassland plant communities in North America and South Africa[J]. Ecology, 2014,95(1):98-109.
- [4] Lingorisk V. Effect of enclosed and unrestricted grazing on the herbage characteristics of a sown sward [J]. Herbage Abstract, 1992,62(10):290.
- [5] 李永宏,汪诗平.放牧对草原植物的影响[J].中国草地,1999,21(3):11-19.
- [6] 卫智军,李霞,刘红梅,等.呼伦贝尔草甸草原群落特征对不同放牧制度的响应[J].中国草地学报,2011,33(1):65-70.
- [7] 王明君,韩国栋,崔国文,等.放牧强度对草甸草原生产力和多样性的影响[J].生态学杂志,2010,29(5):862-868.
- [8] 闫瑞瑞,闫玉春,辛晓平,等.不同放牧梯度下草甸草原土壤微生物和酶活性研究[J].生态环境学报,2011,20(2):259-265.
- [9] 姜恕,李博,王义凤.草地生态研究方法[M].北京:农业出版社,1988,15-22.
- [10] 李振高,骆永明,滕应.土壤与环境微生物研究法[M].北京:科学出版社,2008:71-94.
- [11] 林先贵.土壤微生物研究原理与方法[M].北京:高等教育出版社,2010:243-265.
- [12] 桂花,乌仁其其格,袁伟.呼伦贝尔草甸草原自然保护区不同干扰下植物群落特征研究[J].广东农业科学,2012,39(15):181-183.
- [13] 汪诗平.刈牧对草原植物的影响[J].生态学杂志,2000,19(6):34-39.