

载畜率对荒漠草原灌木及半灌木土壤养分的影响

王梓晗, 吕世杰, 王悦骅, 门欣洋, 王忠武*

(内蒙古农业大学草原与资源环境学院, 内蒙古 呼和浩特 010018)

摘要:【目的】研究不同载畜率下草原土壤退化机制及载畜率对不同灌木及半灌木土壤养分含量的影响。【方法】以内蒙古自治区短花针茅荒漠草原的冷蒿(*Artemisia frigida*)、木地肤(*Kochia prostrata*)、小叶锦鸡儿(*Caragana microphylla*)和驼绒藜(*Ceratoides latens*)4种灌木的土壤为研究对象,设置4个不同的载畜率水平,分别为对照区CK(0只/hm²)、轻度放牧区LG(0.93只/hm²)、中度放牧区MG(1.82只/hm²)和重度放牧区HG(2.71只/hm²),在不同载畜率放牧小区,以选定植株为中心,采用以0.25、0.50、0.75和1.00 m为半径的同心圆样方法,使用土钻钻取0~10 cm的土壤,测定其有机碳、碱解氮、速效磷等含量,并对各指标进行双因素方差分析(载畜率和采样距离)。【结果】冷蒿和小叶锦鸡儿的有机碳含量随着载畜率增加呈现下降趋势,木地肤和驼绒藜的有机碳含量随着载畜率增加呈先增大后减小的趋势($P<0.05$)。在LG区,各个植物的土壤碱解氮含量均最低($P<0.05$)。木地肤的土壤速效钾含量在各个处理之间最大($P<0.05$)。土壤养分含量聚集在在距离灌木及半灌木0.5 m内。【结论】荒漠草原不同灌木及半灌木的土壤养分随着载畜率和距离的变化而变化,土壤养分的含量聚集在距离灌木及半灌木0.5 m内,研究灌木及半灌木土壤养分的变化,便于采取合理的放牧管理措施,促进草地畜牧业可持续发展。

关键词:土壤养分;荒漠草原;载畜率

中图分类号:S812.8 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2023)05-0022-07

DOI:10.13817/j.cnki.cycp.2023.05.004



内蒙古荒漠草原处于草原与荒漠之间的过渡地段,其作为重要的畜牧业生产基地,能够有效地保持水土、调节气候,对维护生态平衡起着不可替代的作

用^[1]。由于荒漠草原的植被种类较稀少,群落结构较单一,所以其脆弱的生态系统很容易受到其他因素的干扰,使得草地的服务功能明显下降,严重影响草地畜牧业的良性循环^[2]。人类的过度利用会直接影响草原生态系统的结构与功能。草地荒漠化和土地沙漠化的现象持续发生,土壤表层被严重破坏,通透性下降,使草原退化的现象严重^[3]。

土壤提供植物生长发育所需要的水分、能量和营养物质,是各种物质能量转化的场所,是生态系统的重要组成部分^[4]。土壤中的重要养分如碳、氮、磷、钾等元素是草原管理、养分循环的重要生态因子,影响植物的生长、生产力^[5]。土壤养分是荒漠草原土壤退化的重要指标。范国艳等^[6]表明,在内蒙古贝加尔针茅草原上,随着载畜率的增加,土壤有机碳、全氮全磷养分含量显著降低。卫智军等^[7]认为,在内蒙古短花

收稿日期:2022-04-11; **修回日期:**2022-06-25

基金项目:内蒙古自治区重大科技专项(ZDZX2018020);国家自然科学基金(31760143);内蒙古自治区科技成果转化项目(2020CG0013);国家重点研发计划项目(2016YFC0500504);内蒙古自治区自然科学基金项目(2021MS03042);内蒙古农业大学草原与资源环境学院草地资源教育部重点实验室项目

作者简介:王梓晗(1998-),女,河北省博野县人,硕士研究生。E-mail:530919415@qq.com

*通信作者。

E-mail:wangzhongwu@imau.edu.cn

针茅荒漠草原上,土壤中速效磷、碱解氮和速效钾含量均比自由放牧区高。丁莉君等^[8]对荒漠草原土壤养分和植物碳氮磷等特征进行了研究,结果表明放牧增加了速效钾、有机碳和全氮的含量,对土壤全磷、速效磷含量没有影响。Chen等^[9]的研究显示放牧和刈割均增加了土壤表层的有机碳和全氮存量,并且导致碳氮比和碳磷比下降。

关于草地灌丛化在生态环境中的效应学者们存在着分歧。一些学者认为,受干旱或人为强烈干扰的草地生态系统,灌木下存在土壤资源的局部聚集现象,这种资源的不断聚集导致了灌木分布面积的逐步扩大,灌木的扩散又反过来加速了灌木下养分的聚集,这种灌木与土壤间的正反馈效应加速了土地荒漠化的形成过程^[10]。但另一些学者认为,荒漠草原灌木的存在更有利于枯落物的蓄积与分解,加速了土壤养分的循环与积累,促进了植物根系的生长,导致更多的土壤养分沉积;同时,灌丛下土壤微生物代谢活性增强^[11]。相比较草本植物而言,灌木的生存能力更强,草地的退化和过度的放牧更有利于灌木的生殖生长^[12]。

本文以荒漠草原灌木及半灌木的土壤为研究对象,探究不同灌木及半灌木在不同载畜率下的土壤养分的分布情况,找出其共同优点,明确放牧干扰对灌木及半灌木的土壤养分的影响机制,为维持荒漠草原生态系统的稳定性和资源的可持续利用提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 试验地概况

试验样地在内蒙古自治区四子王旗的短花针茅荒漠草原(N 41°47'17", E 111°53'46"),该区属于典型中温带大陆性气候,春季干旱多风,夏季炎热干燥,土壤类型为淡栗钙土。试验样地的主要建群种为短花针茅(*Stipa breviflora*),主要优势种是冷蒿(*Artemisia frigida*)和无芒隐子草(*Cleistogenes songorica*),常见植物有银灰旋花(*Convolvulus ammannii*)、木地肤(*Kochia prostrata*)、小叶锦鸡儿(*Caragana microphylla*)、狭叶锦鸡儿(*C. stenophylla*)和驼绒藜(*Ceratoides latens*)。其中常见的灌木及半灌木分别是冷

蒿、木地肤、小叶锦鸡儿和驼绒藜。

1.2 试验设计

该试验为随机区组设计,始于2004年,试验样地是50 hm²的天然草地,设4个载畜率水平:对照CK(0只/hm²)、轻度放牧LG(0.93只/hm²)、中度放牧MG(1.82只/hm²)和重度放牧HG(2.71只/hm²),每个处理3次重复,共计12个小区,每个小区的面积约为4.4 hm²。中度载畜率依据卫智军等研究结果推荐的当地适宜载畜率设定,轻度、重度载畜率在中度载畜率基础上减小和增加50%^[13]。放牧绵羊品种为蒙古羊。每年6—11月为放牧期。每日早晨6时放牧,傍晚18时归牧,放牧期间羊自由采食。

1.3 研究方法

为研究荒漠草原不同灌木及半灌木土壤养分对载畜率的响应,在每个试验小区随机选择冷蒿、木地肤、小叶锦鸡儿、驼绒藜,每个试验小区所选择的植株均为这4种灌木及半灌木的标准株(每种植物大小一致),以选定植株为中心,采用以0.25、0.50、0.75和1.00米为半径的同心圆样方法,每个同心圆等距离取土壤样品3次,分为4个方向,在每个同心圆共计取样12次(图1),分别用内径2 cm土钻钻取0~10 cm的土壤,带回实验室阴干,过1 mm土壤筛,从中挑出石砾和植物根系,试验时间为2017年8月15日左右。将筛过的土壤用于测定土壤有机碳(OC)、碱解氮(AN)、速效磷(AP)和速效钾(AK)含量。采用重铬酸钾外加热法测定土壤有机碳含量,碱解扩散法测定土壤碱解氮含量,碳酸氢钠浸提—钼锑抗比色法测定土壤速效磷含量,碳酸氢钠浸提—火焰光度法测定土壤速效钾含量^[14]。

为了分析载畜率和距离对不同灌木及半灌木土壤养分含量的影响,本试验结果采用SAS9.4软件进行双因素方差分析(调用GLM过程),并采用Sigma-plot 14.0进行图形绘制得到多重比较的结果。

2 结果与分析

2.1 有机碳对载畜率和距离的响应

在LG处理区中,驼绒藜和冷蒿的土壤有机碳含量有显著性差异($P < 0.05$)。冷蒿、木地肤和小叶锦鸡儿的土壤有机碳含量均存在显著性差异($P <$

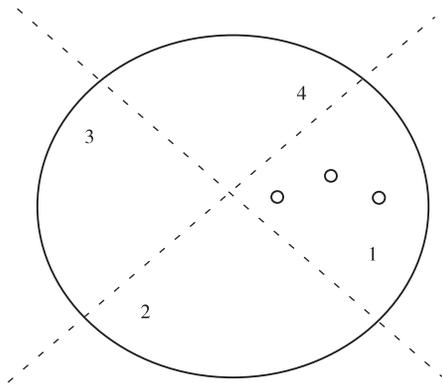


图1 固定样地取样样点分布情况

Fig. 1 Distribution of sampling points in fixed sites

注:1、2、3、4分别代表东、南、西、北四个方向,空心圆代表每个方向中土壤样品的取样点

0.05)。木地肤在CK区的误差线较长,说明木地肤的土壤有机碳含量分布较为不均匀。冷蒿和小叶锦鸡儿的有机碳含量随着载畜率增加呈现下降趋势,木地肤和驼绒藜的有机碳含量随着载畜率增加呈“先增大后减小”的趋势(图2)。

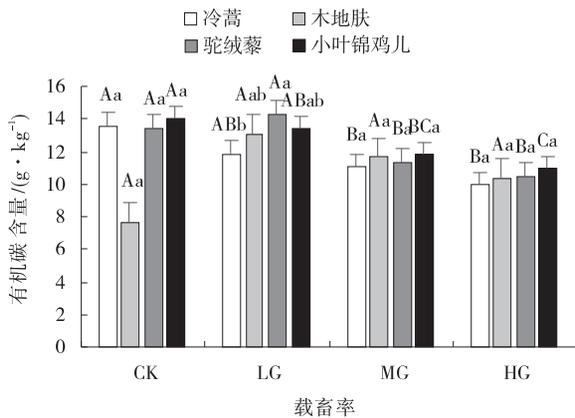


图2 载畜率对灌木及半灌木的土壤有机碳含量的影响

Fig. 2 Effects of stocking rate on soil organic carbon content in shrubs and semi-shrubs

注:不同小写字母表示不同植物间存在显著差异($P < 0.05$),不同大写字母表示载畜率间存在显著差异($P < 0.05$)。下同

当距植物距离为0.25和0.50 m时,冷蒿和驼绒藜、冷蒿和小叶锦鸡儿、木地肤和驼绒藜、木地肤和小叶锦鸡儿的土壤有机碳含量均存在显著性差异($P < 0.05$)。不同植物在不同距离下的土壤有机碳含量没有显著差异(图3)。

2.2 碱解氮对载畜率和距离的响应

在CK处理区,小叶锦鸡儿的土壤碱解氮的含量最低,且与其他3种植物之间均存在显著性差异($P <$

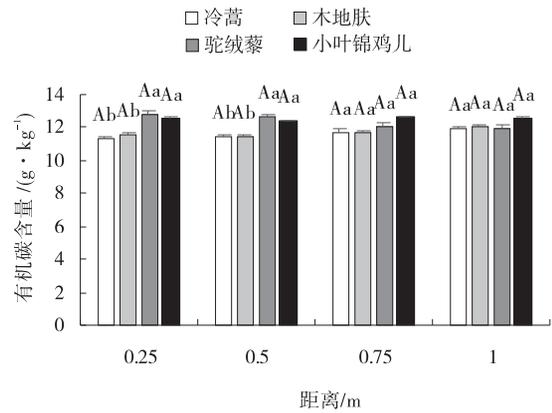


图3 采样距离对灌木及半灌木的土壤有机碳含量的影响

Fig. 3 Effects of sampling distance on soil organic carbon content in shrubs and semi-shrubs

0.05)。在MG处理区下,驼绒藜的土壤碱解氮的含量最高,且与冷蒿和木地肤之间均存在显著性差异($P < 0.05$)。CK和MG、LG和HG处理之间,冷蒿的土壤碱解氮的含量存在显著性差异($P < 0.05$)。综合来看,各个植物的土壤碱解氮含量在LG区均最低,木地肤在CK区、驼绒藜在MG区的土壤碱解氮含量最大(图4)。

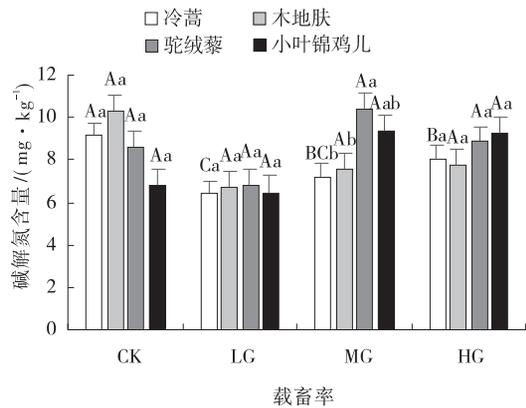


图4 载畜率对灌木及半灌木的土壤碱解氮含量的影响

Fig. 4 Effects of stocking rate on soilalkaline hydrolysis nitrogen content in shrubs and semi-shrubs

在0.25 m的距离下,驼绒藜的土壤碱解氮的含量最高,且与冷蒿、木地肤之间存在显著性差异($P < 0.05$)。在0.75 m的距离下,木地肤和驼绒藜的土壤碱解氮的含量之间存在显著性差异($P < 0.05$)。同一植物在不同距离下均无显著性差异。综合来看,驼绒藜在距离为0.25、0.75和1 m下土壤碱解氮的含量值最高。小叶锦鸡儿在距离为0.50 m下土壤碱解氮的含量最高(图5)。

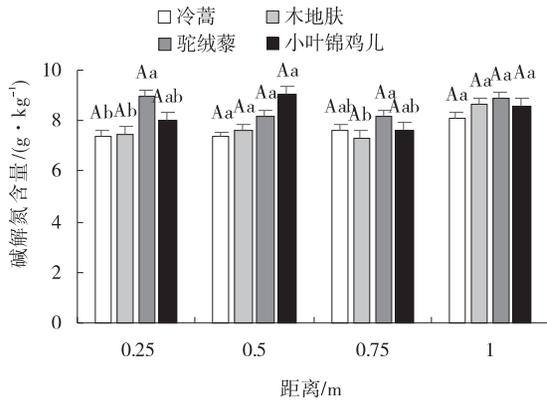


图 5 采样距离对灌木及半灌木的土壤碱解氮含量的影响

Fig. 5 Effects of sampling distance on soil alkaline hydrolysis nitrogen content in shrubs and semi-shrubs

2.3 速效磷对载畜率和距离的响应

不同载畜率下植物之间均无显著性差异。CK 区的冷蒿植物的误差延长线较长,说明冷蒿植物在 CK 区的土壤速效磷的含量分布离散。从 CK 区到 LG 区,冷蒿植物的土壤速效磷的含量下降,但木地肤植物的土壤速效磷的含量上升(图 6)。

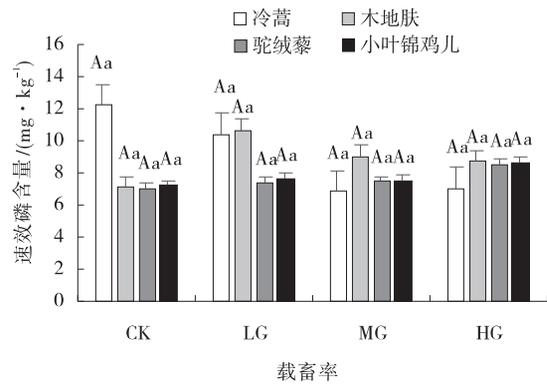


图 6 载畜率对灌木及半灌木的土壤速效磷含量的影响

Fig. 6 Effects of stocking rate on soil available phosphorus content in shrubs and semi-shrubs

在距离为 0.50 m 时,木地肤的土壤速效磷的含量最高,且与小叶锦鸡儿之间存在显著性差异($P < 0.05$)。小叶锦鸡儿在距离为 1.00 m 时土壤速效磷的含量最高,且与其他 3 个距离之间存在显著性差异($P < 0.05$)。0.75 米下的冷蒿的误差线较长,说明冷蒿的土壤速效磷的含量值不稳定。综合来看,除小叶锦鸡儿的土壤速效磷的含量随载畜率增大呈下降趋势外,其他三种植物的土壤速效磷的含量随载畜率增大均呈“先上升后下降”趋势。

2.4 速效钾对载畜率和距离的响应

CK 处理区下木地肤的土壤速效钾含量最高,且

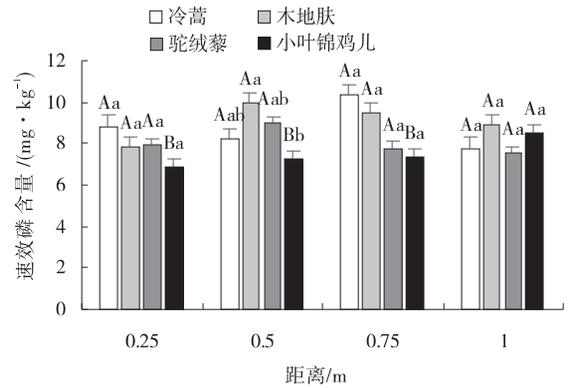


图 7 采样距离对灌木及半灌木的土壤速效磷含量的影响

Fig. 7 Effects of sampling distance on soil available phosphorus content in shrubs and semi-shrubs

与冷蒿、驼绒藜、小叶锦鸡儿之间差异性显著($P < 0.05$)。除 LG 和 HG 之间的处理外,冷蒿植物种群的土壤速效钾含量在其他处理之间均存在差异性显著($P < 0.05$),且在 MG 区出现最大值。与其他 3 个植物相比,木地肤的土壤速效钾含量在各个处理之间最大,且 CK、LG、MG 与 HG 处理区之间均存在差异性显著($P < 0.05$)。驼绒藜的土壤速效钾含量在 MG 区出现最大值,且 LG、MG、HG 与 CK 处理区之间均存在差异性显著($P < 0.05$)(图 8)。

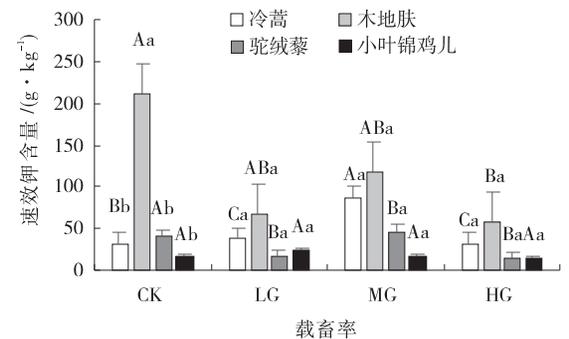


图 8 载畜率对灌木及半灌木的土壤速效钾含量的影响

Fig. 8 Effects of stocking rate on soil available potassium content in shrubs and semi-shrubs

木地肤土壤速效钾的含量在各个处理区的值最高,且与冷蒿、驼绒藜、小叶锦鸡儿之间存在差异性显著($P < 0.05$)。每种植物在不同距离下均不存在显著性差异(图 9)。

3 讨论

灌木的存在使草地土壤形成了土壤肥力资源聚集区和匮乏区,这可能会改变营养元素的循环过程。灌木能增加地上凋落物,使得有机质分解速率缓慢,

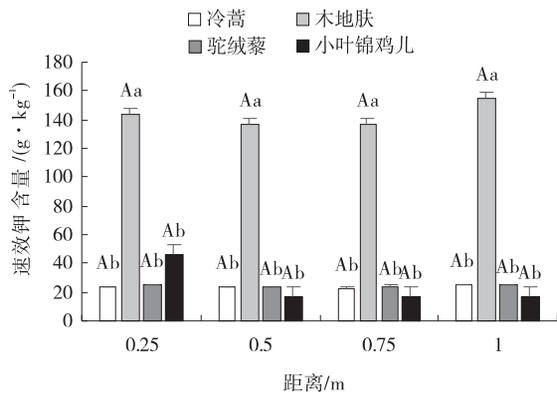


图9 采样距离对灌木及半灌木的土壤速效钾含量的影响
Fig. 9 Effects of sampling distance on soil available potassium content in shrubs and semi-shrubs

延缓了营养元素的循环,并且这有利于土壤养分的保护^[15]。

土壤养分的指标随植物种类的不同存在差异。碳是植物生长发育所需要的生命元素,土壤有机碳主要来源于陆地植物产生的枯枝落叶、根系分泌物和无机碳库的转变^[16]。Altesor等^[17]发现,在亚湿润区的草原上,未放牧区域的土壤有机碳含量较低,放牧使得土壤有机碳含量增加并且增幅高达8%。本研究的实验样地是荒漠草原,气候干旱,水分缺乏,土壤基质极不稳定,两者所处的环境不同,有机碳的动态过程也不同,研究结果也不尽相同。Dlamini等^[18]在研究全球范围内的628个土壤样品后发现,相比较气候湿润的地区而言,气候干燥的区域的退化草地土壤有机碳含量较退化前减少的比例更大。在本研究中,冷蒿和小叶锦鸡儿的土壤有机碳含量随着载畜率增加呈现下降趋势,木地肤和驼绒藜的土壤有机碳含量随着载畜率增加呈“先增大后减小”的趋势,这主要是因为长期放牧降低植被覆盖率,减少了凋落物和地下根系生物量。凋落物和地下根系是土壤碳的主要输入源,导致放牧区土壤有机碳含量显著降低。也有学者的研究表明短草群落的未放牧样地与中高草群落的放牧样地的碳储量低8%^[19]。荒漠草原的植被稀少,草层低矮,不能及时转化和循环土壤养分,使得土壤肥力不能及时恢复,无法通过自身脆弱的生态系统来缓冲碳通量,从而破坏了土壤有机碳的释固平衡,不利于生态系统平衡。

氮是植物生长所必须的矿质性营养元素,自然土壤中氮素的输入主要源于动植物残体,土壤氮的输出

主要来自于有机质的分解,分解物大部分被植物吸收利用,小部分会释放到大气中^[20]。孙宗玖等^[21]在研究放牧强度对昭苏草甸草原土壤有机质的影响中发现,同一年度放牧强度间20~30 cm的土壤碱解氮含量和放牧强度呈正相关。随着载畜率增加,土壤碱解氮含量增大,由于家畜采食量增大,会排泄更多的粪尿,使土壤中氮大量归还,导致土壤中氮含量上升。刘红梅等^[22]的研究结果表明,划区轮牧区的土壤碱解氮含量显著低于对照区和自由放牧区。在本研究中LG区,各种植物的土壤碱解氮含量均最低,家畜对植被和土壤的践踏和其尿粪撒落的离散程度不同,导致碱解氮含量受植被土壤性质和放牧家畜本身性质的双重影响。

土壤中的速效养分是草地上植物最直接、快捷的营养来源^[23]。潘嘉琛等^[24]的研究表明,速效磷在LG处理区达到峰值,在HG处理区值最小。Johnston等^[25]的研究结果显示,速效磷的含量随着载畜率的增加而增大。也有研究表明重度载畜率下土壤速效钾和速效磷的含量显著低于对照,并随着载畜率的增加而降低^[26]。在本研究中,不同植物种群下速效磷的变化有差异,可能与家畜的采食行为有关。钾是植物的主要营养元素,其主要功能与植物的新陈代谢有关。载畜率对速效钾的影响与放牧强度、放牧方式、放牧时间等有关,导致放牧对速效钾含量影响的研究结果不同^[27]。有学者认为与未封育和完全封育相比,季节封育草地的速效钾含量最高^[28]。牛钰杰等^[29]的研究表明,在高寒草甸草原上,土壤速效钾的含量随放牧强度增加而增加。在本试验中,木地肤的土壤速效钾含量在各个处理之间的值最大,有较好的饲用价值。

从灌木及半灌木的土壤养分的距离来看,主要表现在半径为0.5 m的范围内,由于灌木个体的大小,截获和累积凋落物等营养元素,吸收大量的水分和养分并不断积累,然后释放到周围的环境中,形成以灌木及半灌木为中心的异质性斑块。

由于载畜率对土壤养分的影响过程较为复杂,草地生态系统的滞后性和弹性以及草地类型和气候的差异都会导致载畜率对土壤养分含量的影响的研究结果不同^[30]。考虑载畜率的同时也需要考虑家畜的践踏作用,荒漠草原的土壤水分匮乏,家畜对土壤产

生的“蹄耕”效应会使得土壤表层紧实度下降,这对植物、土壤和个生态系统都产生负面影响^[31]。维持草地资源的发展的可持续利用,要实施合理的放牧管理方式。因此,在未来的研究中,还应考虑多重因素对草地生态系统的响应。

4 结论

荒漠草原不同灌木及半灌木的土壤养分随着载畜率和距离的变化而变化。本研究表明冷蒿和小叶锦鸡儿的有机碳含量随着载畜率增加呈现下降趋势,木地肤和驼绒藜的有机碳含量随着载畜率增加呈“先增大后减小”的趋势。在LG区下,各个植物的的土壤碱解氮含量均最低。木地肤的土壤速效钾含量在各个处理之间最大。土壤养分的含量聚集在在距离灌木及半灌木0.5 m内。

参考文献:

- [1] 通乐嘎,赵斌,吴玲敏. 放牧对内蒙古荒漠草原土壤理化性质和有机碳组分的影响[J]. 生态环境学报, 2018, 27(9):1602-1609.
- [2] 刘红梅,卫智军,杨静,等. 不同放牧制度对荒漠草原短花针茅空间异质性的影响[J]. 干旱区资源与环境, 2011, 25(8):138-143.
- [3] 杨红善,刘瑞凤,张俊平,等. PAAM-atta复合保水剂对土壤持水性及其物理性能的影响[J]. 水土保持学报, 2005, 19(3):38-41.
- [4] 邓媛,李坤鹏,陈中明,等. 祁连山乌鞘岭东段农田与草原土壤养分的差异性研究[J]. 环境生态学, 2021, 3(4): 93-98.
- [5] 李素英,白雪,郑宁,等. 内蒙古锡林浩特典型草原地区的土壤碳氮相关性研究[J]. 环境生态学, 2021, 3(3): 89-92.
- [6] 范国艳,张静妮,张永生,等. 放牧对贝加尔针茅草原植被根系分布和土壤理化特征的影响[J]. 生态学杂志, 2010, 29(9):1715-1721.
- [7] 卫智军,韩国栋,杨静,等. 短花针茅荒漠草原植物群落特征对不同载畜率水平的响应(英文)[J]. 中国草地, 2000(6):2-6.
- [8] 丁莉君,卫智军,张爽,等. 放牧强度季节调控对荒漠草原土壤和植物养分的影响[J]. 草原与草业, 2019, 31(1): 53-59.
- [9] Chen L L, Wang K X, Baoyin T T. Effects of grazing and mowing on vertical distribution of soil nutrients and their stoichiometry (C:N:P) in a semi-arid grassland of North China[J]. Catena, 2021, 206:105507.
- [10] Schlesinger W H, Raikes J A, Hartley A E, et al. On the spatial pattern of soil nutrients in desert ecosystems: ecological archives E077-002 [J]. Ecology, 1996, 77(2): 364-374.
- [11] Cotroneo S M, Jacobo E J, Brassiolo M M, et al. Restoration ability of seasonal exclosures under different woodland degradation stages in semiarid Chaco rangelands of Argentina[J]. Journal of Arid Environments, 2018, 158: 28-34.
- [12] 王古文. 荒漠草原不同载畜率下主要灌木种群对近邻草本植物的影响[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学, 2020.
- [13] 卫智军,韩国栋,杨静,等. 短花针茅荒漠草原植物群落特征对不同载畜率水平的响应[J]. 中国草地, 2000(6): 2-6.
- [14] 鲍士旦. 土壤农化分析(第三版)[M]. 北京:中国农业出版社, 2000.
- [15] 瞿王龙,杨小鹏,张存涛,等. 干旱、半干旱地区天然草原灌木及其肥岛效应研究进展[J]. 草业学报, 2015, 24(4):201-207.
- [16] 刘晨,闫宝龙,王悦骅,等. 短花针茅荒漠草原土壤养分对不同载畜率的响应[C]//2018中国草学会年会论文集. 北京:中国草学会, 2018:4.
- [17] Altesor A, Pineiro G, Lezama F, et al. Ecosystem changes associated with grazing in subhumid South American grasslands[J]. Journal of Vegetation Science, 2006, 17(3):323-332.
- [18] Phesheya D, Pauline C, Vincent C. Overgrazing decreases soil organic carbon stocks the most under dry climates and low soil pH: A meta-analysis shows[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2016, 221: 258-269.
- [19] Denner J D, Boutton T W, et al. Grazing and ecosystem carbon storage in the North American Great Plains[J]. Plant and Soil, 2006, 280(1):77-90.
- [20] 吕国红,周莉,赵先丽,等. 芦苇湿地土壤有机碳和全氮含量的垂直分布特征[J]. 应用生态学报, 2006, 17(3): 384-389.
- [21] 孙宗玖,朱进忠,张鲜花,等. 放牧强度对昭苏草甸草原土壤有机质及速效养分的影响[J]. 草业科学, 2013, 30(7):987-993.
- [22] 刘红梅,卫智军,杨静,等. 不同放牧制度对荒漠草原表层土壤氮素空间异质性的影响[J]. 中国草地学报, 2011, 33(2):51-56+74.
- [23] 潘洁,王立艳,肖辉,等. 滨海盐碱地不同耐盐草本植物

- 土壤养分动态变化[J]. 中国农学通报, 2015, 31(18): 168–172.
- [24] 潘嘉琛,董智,李红丽,等. 短花针茅荒漠草原土壤颗粒多重分形及理化性质对放牧强度的响应[J]. 干旱区资源与环境, 2021, 35(8):93–99.
- [25] Johnston A, Dormaar J F, Smoliak S. Long-term grazing effects on fescue grassland soils[J]. Journal of Range Management, 1971, 24(3):185–188.
- [26] 宋晓辉,康慧,刘晨,等. 不同载畜率和模拟降水对荒漠草原土壤养分的影响[J]. 草学, 2019 (5):44–48.
- [27] Yang X J, Huang Z Y, Zhang K L, *et al.* C:N:P stoichiometry of *Artemisia* species and close relatives across northern China: unravelling effects of climate, soil and taxonomy [J]. Journal of Ecology, 2015, 103 (4) : 1020–1031.
- [28] 张晓娜,蒙仲举,杨振奇. 不同封育措施下希拉穆仁荒漠草原土壤质量评价[J]. 土壤通报, 2018, 49 (4) : 788–793.
- [29] 牛钰杰,杨思维,王贵珍,等. 放牧强度对高寒草甸土壤理化性状和植物功能群的影响[J]. 生态学报, 2018, 38 (14):5006–5016.
- [30] Cline L C, Zak D R, Upchurch R A, *et al.* Soil microbial communities and elk foraging intensity: implications for soil biogeochemical cycling in the sagebrush steppe [J]. Ecology letters, 2017, 20(2):202–211.
- [31] Hou F J, Chang S H, Yu Y W, *et al.* A review on trampling by grazed livestock [J]. Acta Ecologica Sinica, 2004, 24(4):133–139.

Effects of different stocking rates on soil nutrients of shrub and semi-shrub in desert steppe

WANG Zi-han, LV Shi-jie, WANG Yue-hua, MEN Xin-yang, WANG Zhong-wu*

(College of Grassland, Resources and Environmental Science, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, China)

Abstract: [Objective] The investigation of dynamic changes in the soil nutrient content of dominant shrub populations in the desert steppe is critical for elucidating the mechanism of grassland ecosystem stability. [Method] *Stipa breviflora* desert steppe was used as the research object, Inner Mongolia, to investigate the mechanism of grassland soil degradation under different stocking rates. The effect of stocking rate on the soil nutrient content of different shrubs and semi-shrubs was also studied in this paper. The soil of *Artemisia frigida*, *Kochia prostrata*, *Caragana microphylla* and *Ceratoides latens* in *Stipa breviflora* desert steppe was taken as the research objects, and four different stocking rates were set (CK, 0 sheep/hm²; LG, 0.93 sheep/hm²; MG, 1.82 sheep/hm²; and HG, 2.71 sheep/hm²). The soil of the four main shrubs and semi-shrub communities was collected by soil drilling in grazing plots with different stocking rates. The contents of organic carbon, alkali-hydrolyzable nitrogen, and available phosphorus were determined in the laboratory, and the two-factor variance analysis was performed on each index. [Result] The results showed that the organic carbon content of *A. frigida* and *C. microphylla* showed a downward trend with the increase of stocking rate, and the organic carbon content of *K. prostrata* and *C. latens* showed a trend of first increase and then decrease with the increase of stocking rate ($P < 0.05$). In the LG plot, soil alkali-hydrolyzed nitrogen content of all plants was the lowest ($P < 0.05$). The content of available potassium in soil of *Kochia prostrata* was the highest among all treatments ($P < 0.05$). The soil nutrient content was concentrated within 0.5 m from shrubs and semi-shrubs. [Conclusion] The soil nutrients of different shrubs and semi-shrubs change with changes in stocking rate and distance in desert steppe. The soil nutrient content was concentrated within 0.5 m from shrubs and semi-shrubs. The study aims to investigate the changes in soil nutrients of shrubs and semi-shrubs in order to adopt reasonable grazing management measures and promote the sustainable development of grassland animal husbandry.

Key words: soil nutrients; desert steppe; stocking rate