

长期放牧对短花针茅荒漠草原不同功能群植物重要值的影响

朱爱民, 韩国栋, 康静, 赵坤, 朱毅, 王忠武

(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/农业部饲草栽培、加工与高效利用
重点实验室/内蒙古自治区草地管理与利用重点实验室, 内蒙古 呼和浩特 010019)

摘要:为探究长期放牧对短花针茅(*Stipa breviflora*)荒漠草原植物功能群结构特征的影响,以内蒙古四子王旗短花针茅荒漠草原为研究对象,于2018年5月至9月对围封14年(2004~2018年)、不同放牧处理样地的物种组成、植物高度、盖度、密度进行测定,并对植物群落重要值进行分析。结果表明:5月、6月和9月对照区和放牧区多年生丛生禾草重要值明显大于其他功能群植物;5月至9月放牧区优势功能群多年生丛生禾草重要值呈增加—降低—增加的变化趋势,而对照区则是呈先降低后升高的变化趋势;除多年生杂类草外,其他功能群植物重要值与载畜率存在显著的线性相关关系,其中多年生丛生禾草重要值随放牧强度的增加而增加,其他功能群植物重要值均随放牧强度的增加而降低。研究认为,短花针茅荒漠草原随着放牧强度的增加多年生丛生禾草的优势度逐渐增强,而其他功能群的植物优势度逐渐被削弱,尤其是多年生根茎禾草、灌木和半灌木功能群。灌木和半灌木功能群植物特征对于衡量草地生态系统稳定性具有重要指导意义,拟合方程得出短花针茅荒漠草原实现可持续利用的最佳载畜率为1.268 4羊单位/($\text{hm}^2 \cdot \text{a}$)。

关键词:放牧;荒漠草原;植物功能群;重要值

中图分类号:S812 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2020)05-0059-09

DOI: 10.13817/j.cnki.cyycp.2020.05.009

放牧是草地管理的重要措施,然而,随着人类活动的加剧,放牧对草地的扰动也越来越大^[1]。放牧干扰可以通过增加生境异质性和改变资源的有效性影响植物群落内环境因子的变化和限制植物的生长与存活^[2-3],从而影响草地植物群落的组成和多样性^[4],最终改变群落演替进程和方向^[5]。科学地评价草地群落

的健康状况,以免过度利用造成草地退化,是草地可持续管理战略的重要组成部分^[6]。植物功能群的组成、多样性和生产力是评价草地群落健康状况的重要测度指标^[7-8]。研究表明^[9],植物功能群多样性和组成是影响草地生产力和群落结构的主要因子。因此,探究放牧干扰对草地植物功能群特征的影响对于维持草地生态系统稳定具有重要意义。

重要值是反映植物在群落中地位、优势度以及物种组成变化的重要指标。自从Curtis等^[10]在研究森林群落时首次提出重要值以来,Lindsey^[11]将重要值用于草原的研究,并采用相对重要值指标构建重要值公式。除采用经典Curtis公式外,许多研究者在实际应用中更趋向于自己构建重要值公式,且依据植物群落的分层情况分别进行统计分析。杨勇等^[12]研究表明,内蒙古典型草原休牧处理下灌木、半灌木和多年生禾草功能群的重要值显著高于其他放牧干扰方式,多年生杂类草功能群的重要值显著低于其他放牧干扰方

收稿日期:2019-12-06; **修回日期:**2020-06-08

基金项目:国家自然科学基金(31560140,31260124);“西部之光”人才培养计划;内蒙古科技重大科技专项(2016YFC0500500);教育部创新团队——草地资源可持续利用的研究(IRT-17R59)

作者简介:朱爱民(1992-),男,安徽省宿州市人,博士,主要从事草地可持续利用与管理研究。

E-mail:m15344081730@163.com

韩国栋为通讯作者。

E-mail:nmganguodong@163.com

式。包秀霞等^[13]指出植物重要值是评价植物种在群落中的作用的综合性数量指标,群落重要值是评价群落在植被中作用的重要指标。本研究以内蒙古四子王旗短花针茅(*Stipa breviflora*)荒漠草原为研究对象,2018年5~9月对围封14年(2004~2018年)、不同放牧处理样地的物种组成、植物高度、盖度、密度进行观测,将植物划分为多年生丛生禾草、多年生根茎禾草、灌木和半灌木、一、二年生植物和多年生杂类草5个功能群,对不同放牧强度下短花针茅荒漠草原植物群落重要值进行分析,以期揭示短花针茅荒漠草原植物功能群结构特征对长期放牧的响应机制,为荒漠草原可持续利用提供理论依据。

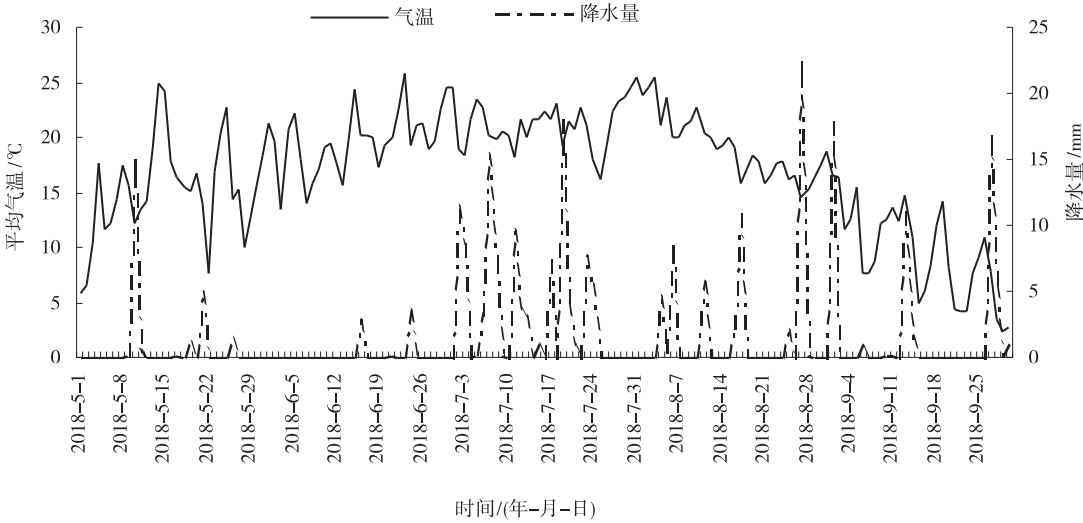


图1 降水量和温度的动态变化

Fig. 1 The monthly dynamic change of precipitation and temperature

注:降水量和气温数据来源于气象站

表1 2018年生长季每月降水量和平均气温

Table 1 Monthly rainfall and average temperature in the growth season in 2018

	5月	6月	7月	8月	9月
平均气温/℃	15.12	19.69	21.25	19.15	9.44
降水量/mm	22.50	6.30	106.10	56.20	54.30

1.2 试验设计

该试验为随机区组试验,试验样地是50 hm²的天然草地,围封14 a(2004~2018),小区分成3个区组,每个区组设4个处理样地:不放牧(no grazing, CK)、轻度放牧(light grazing, LG)、中度放牧(moderate grazing, MG)和重度放牧(heavy grazing, HG),每个处理3次重复,每个试验小区面积为4.4 hm²。各处理的载畜率为:0、0.91、1.82、2.71羊单位/(hm²·a),

1 材料和方法

1.1 试验区概况

研究区位于内蒙古农牧业科学院综合试验示范中心四子王基地(N 41°47′17″, 111°53′46″, 海拔1 450 m)。该区属于典型中温带大陆性气候,短花针茅荒漠草原地带。年均降水量为280 mm,其中80%以上的降水量集中在5~9月。年均温3.4℃,≥10℃年积温2 200~2 500℃,无霜期90~120 d。年蒸发量2 300 mm,年均风速4~5 m/s,年日照时数3 117.7 h,土壤类型为淡栗钙土。2018年5月1日至9月30日为植物生长季,该地区降水量、温度变化见图1和表1。

载畜率依据卫智军等研究的结果设定^[14]。试验选用四子王旗当地的成年2岁羯羊,每年6~11月为放牧期。试验期间放牧小区的管理措施均一致,每天早晨6:00将羊赶入放牧区,下午6:00赶回棚圈,期间羊自由采食。每日早晚2次饮水,以盐砖定期补盐。

1.3 观测记录方法及植物物种划分

2018年5~9月每月末取样,在各放牧小区随机布设10个样方,样方不固定,样方面积0.5 m×0.5 m,记录样方内每种植物的高度、密度、盖度。按照物种生活型差异,将群落中出现的物种划分为5个功能群^[9,12]:多年生根茎禾草(Perennial rhizome grasses)、多年生丛生禾草(Perennial bunch grasses)、多年生杂类草(Perennial forbs)、一二年生草(Annual and biennials)、灌木和半灌木(Shrubs and semi-shrubs)。

$$\text{植物相对高度}(\%) = \frac{\text{某一植物种的株高}}{\text{全部植物种的株高之和}} \times 100\%$$

100%

$$\text{植物相对盖度}(\%) = \frac{\text{某一植物种的盖度}}{\text{全部植物种的盖度之和}} \times 100\%$$

100%

$$\text{植物相对密度}(\%) = \frac{\text{某一植物种的个体数}}{\text{全部植物种的个体数之和}} \times 100\%$$

100%

$$\text{重要值} = \frac{\text{相对高度} + \text{相对盖度} + \text{相对密度}}{3}$$

不同功能群重要值为各功能群的植物重要值之和。

1.4 数据分析

用 Microsoft Excel 软件处理观测数据、制作图和表格,用 SPSS17.0 软件对载畜率和不同功能群植物重要值模拟曲线相关性进行分析。

2 结果与分析

2.1 长期放牧处理下不同功能群植物重要值分配

5月,试验地不同功能群植物重要值变化差异明显(图2)。随着放牧强度的增加,多年生丛生禾草重要值呈增加的趋势,在重度放牧区多年生丛生禾草重要值达80.9%。对照区和轻度放牧区多年生杂类草和一、二年生植物重要值差异不明显,但远高于中度放牧区和重度放牧区。灌木和半灌木重要值对照区和轻度放牧区分别为6.3%和3.4%,在中度放牧区和重度放牧区仅为0.7%、1.8%。多年生根茎禾草在对照区、轻度放牧区 and 中度放牧区均分布较少,而重度放牧区重要值为0。

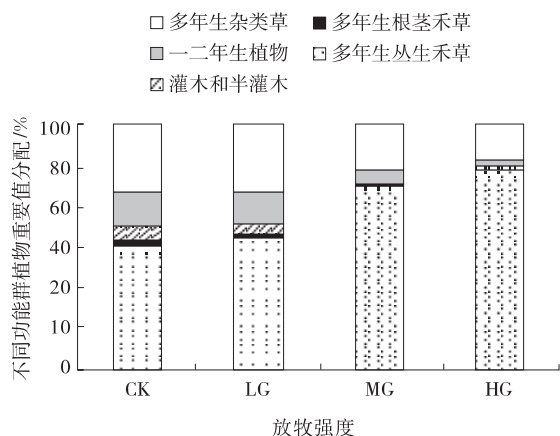


图2 5月长期放牧处理下不同功能群植物重要值

Fig. 2 Important values of different functional groups under long-term grazing in May

6月,多年生丛生禾草重要值在中度放牧区达到84.3%,而在对照区和轻度放牧区则分别为46.5%和66.3%。多年生杂类草重要值在轻度放牧区最高,在中度放牧区最低。一、二年生植物、灌木和半灌木两大功能群重要值均为对照区较大,分别为12.8%、11.6%,在中度放牧区和重度放牧区重要值较小,而中度放牧区多年生根茎禾草重要值为0(图3)。

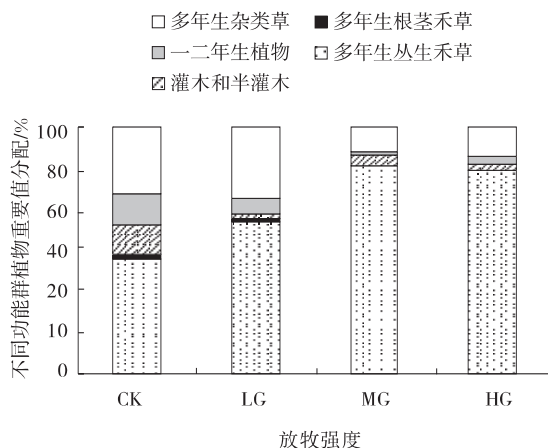


图3 6月长期放牧处理下不同功能群植物重要值

Fig. 3 Important values of different functional groups under long-term grazing in June

7月,多年生丛生禾草重要值在轻度放牧区最高,但较对照区、中度放牧区和重度放牧区差异较小。一、二年生植物在轻度放牧区的重要值最小,但多年生杂类草重要值较大,而这两个功能群重要值在对照区、MG区和HG区差异较小。灌木和半灌木重要值在对照区较大,而在放牧区则较小。多年生根茎禾草重要值在轻度放牧区为1.2%,而在中度放牧区和重度放牧区较小(图4)。

8月,各功能群植物优势度在不同放牧小区差异较大(图5)。重度放牧区多年生丛生禾草重要值最高,达到58.9%,而在对照区、轻度放牧区和中度放牧区其重要值变化较小。一、二年生植物重要值在中度放牧区最高,其次是轻度放牧区,而对照区最小。对照区多年生杂类草重要值最大,达到19.1%,其次是中度放牧区。灌木和半灌木重要值在对照区和轻度放牧区分别为9.2%、4.1%,而在中度和重度放牧区均不足1.0%。多年生根茎禾草重要值在中度放牧区为1.0%,而在其他处理小区较小。

9月,随着放牧强度的增加多年生丛生禾草重要值呈逐渐增加的趋势,在重度放牧区达到87.0%。一二年生植物、多年生杂类草重要值随放牧

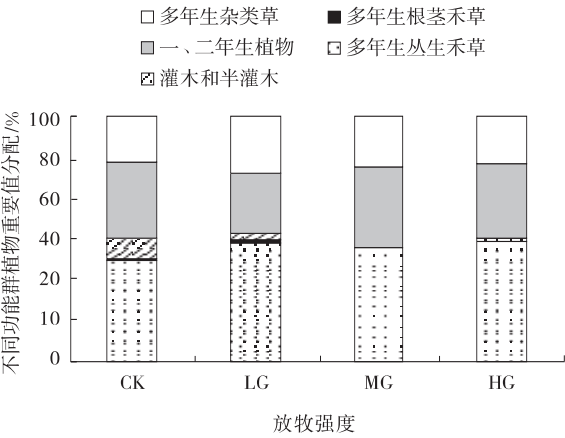


图 4 7 月长期放牧处理下不同功能群植物重要值
Fig. 4 Important values of different functional groups under long-term grazing in July

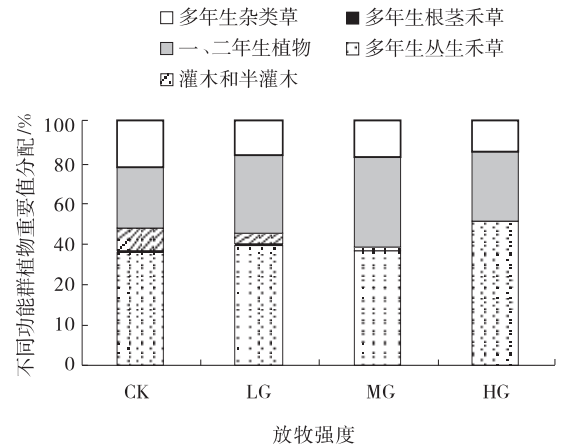


图 5 8 月长期放牧处理下不同功能群植物重要值
Fig. 5 Important values of different functional groups under long-term grazing in August

强度的增加均呈降低的趋势。灌木和半灌木重要值在对照区和轻度放牧区分别为 8.8%、3.4%，而在中度和重度放牧区均不足 1.0%。对照区多年生根茎杂草重要值为 1.7%，在其他放牧区较小(图 6)。

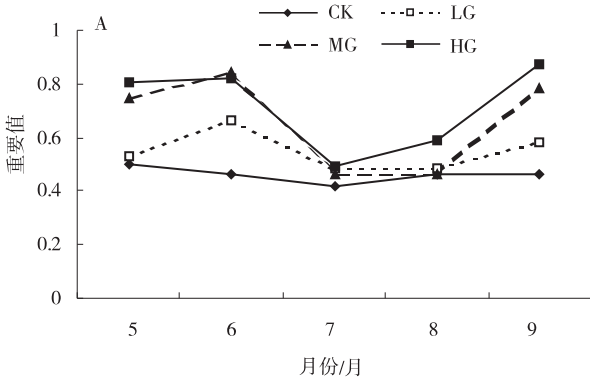


图 7 不同放牧强度下多年生丛生禾草重要值及其与载畜率的模拟趋势线

Fig. 7 Important values of perennial bunch grasses under different grazing intensities and the simulation trend line to stocking rate

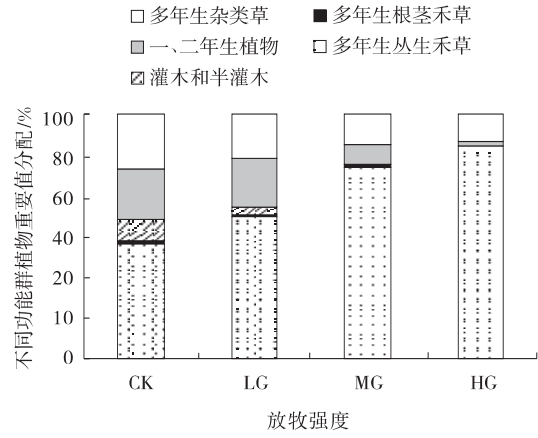
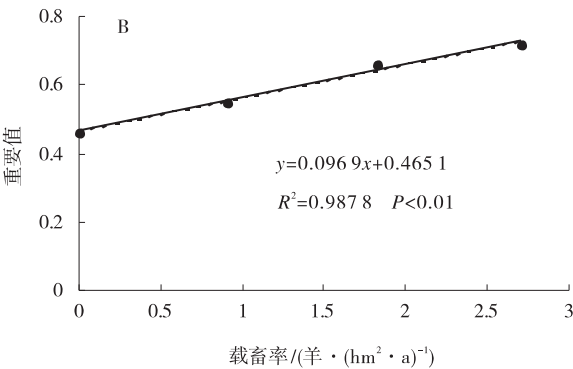


图 6 9 月长期放牧处理下不同功能群植物重要值变化
Fig. 6 Important values of different functional groups under long-term grazing in September

2.2 长期放牧处理下多年生丛生禾草重要值月动态变化

多年生丛生禾草重要值在不同放牧强度下月动态变化不同,CK 区多年生丛生禾草重要值呈先降低后增长的趋势,而放牧区则呈增加—降低—增加的变化趋势(图 7A)。5 月至 9 月观测,HG 区多年生丛生禾草重要值均大于 LG 区、MG 区和对照,而 CK 区多年生丛生禾草重要值则明显小于放牧区,说明长期放牧会增加多年生丛生禾草的优势度。载畜率与多年生丛生禾草重要值平均值呈极显著的正相关关系,即随着放牧强度的增加多年生丛生禾草重要值呈显著增加的变化趋势,且符合线型模型 $Y=0.096\ 9X+0.465\ 1$ ($R^2=0.987\ 8, P<0.01$)(图 7B)。

多年生根茎禾草重要值在不同放牧强度下月动态变化不同,CK 区多年生根茎禾草呈增加—降低—增加的变化趋势(图 8A),在 6 月重要值最高。LG 区的多年生根茎禾草重要值呈降低—增加—降低,在 5 月



重要值最高, MG 区多年生根茎禾草重要值呈先降低后升高的变化趋势, HG 区多年生根茎禾草重要值呈先升高后降低的变化趋势。5 月至 9 月, CK 区多年生根茎禾草重要值明显大于 MG 区和 HG 区, 7 月和 8 月, LG 区多年生根茎禾草重要值明显大于 CK 区。载

畜率与多年生根茎禾草重要值平均值呈显著的负相关关系, 表明随着放牧强度的增加, 多年生根茎禾草重要值呈显著降低的变化趋势, 且符合线型模型 $Y = -0.0052X + 0.0144$ ($R^2 = 0.9651, P < 0.05$) (图 8B)。

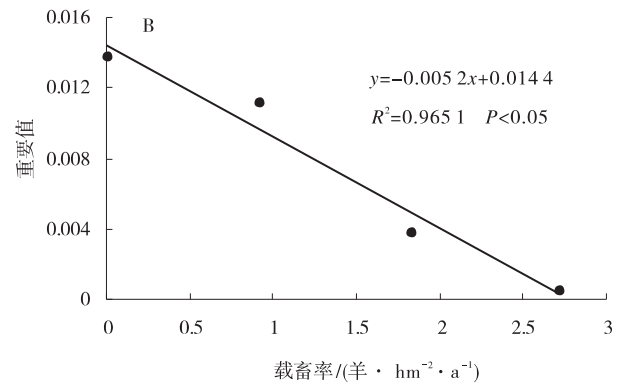
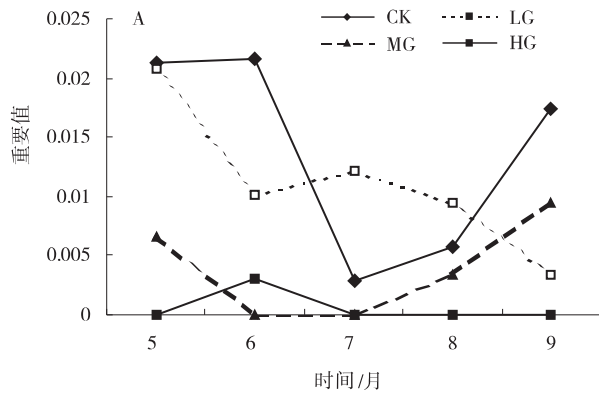


图 8 不同放牧强度下多年生根茎禾草重要值及其与载畜率的模拟趋势线

Fig. 8 Important values of perennial rhizome grasses under different grazing intensities and the simulation trend line to stocking rate

灌木和半灌木重要值在不同放牧强度下的月动态变化情况也不同, 5 月至 9 月, CK 区和 MG 区灌木和半灌木重要值呈增加—降低—增加—降低的变化趋势, LG 区灌木和半灌木重要值呈降低—增加—降低的趋势, HG 区灌木和半灌木重要值呈先增加后降低的变化(图 9A)。其中, 整个生长季, CK 区灌木和半灌木重要值均明显大于其他放牧小区。6 月观测, MG 区灌木和半灌木重要值明显大于 LG 区和 HG 区。7 月至 9 月观测, LG 区灌木和半灌木重要值明显大于 MG 区和 HG 区。载畜率与灌木和半灌木重要值平均值呈显著的负相关关系, 即随着放牧强度的增加灌木和半灌木重要值呈降低的变化趋势, 且符合线型模型

$Y = 0.0740e^{-0.801X}$ ($R^2 = 0.9475, P < 0.05$) (图 9B)。

5 月至 9 月, CK 区、LG 区和 MG 区的一二年生植物重要值呈降低—增加—降低的变化趋势, HG 区一、二年生植物重要值呈先增加后降低的变化趋势(图 10A)。其中, 7 月和 8 月观测一、二年生植物重要值明显大于 5 月、6 月和 9 月观测。载畜率与一、二年生植物重要值平均值呈显著的负相关关系, 即随着放牧强度的增加一、二年生植物重要值呈显著降低的变化趋势, 且符合线型模型 $Y = -0.0281X + 0.2125$ ($R^2 = 0.9602, P < 0.05$) (图 10B)。

5~9 月, CK 区多年生杂类草重要值呈增加—降低—增加的变化趋势, LG 区多年生杂类草重要值呈

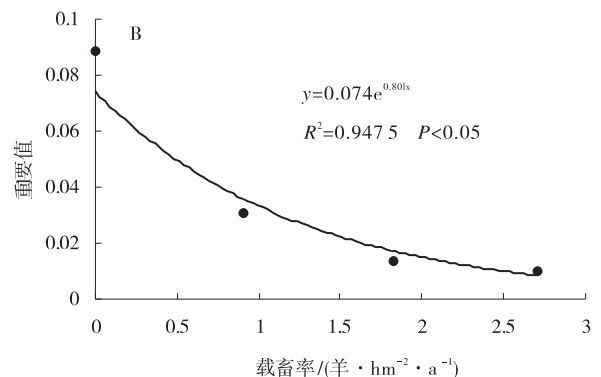
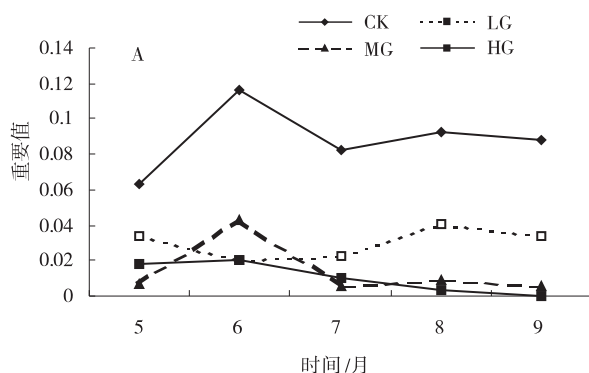


图 9 不同放牧强度下灌木和半灌木重要值及其与载畜率的模拟趋势线

Fig. 9 Important values of shrubs and semi-shrubs under different grazing intensities and the simulation trend line to stocking rate

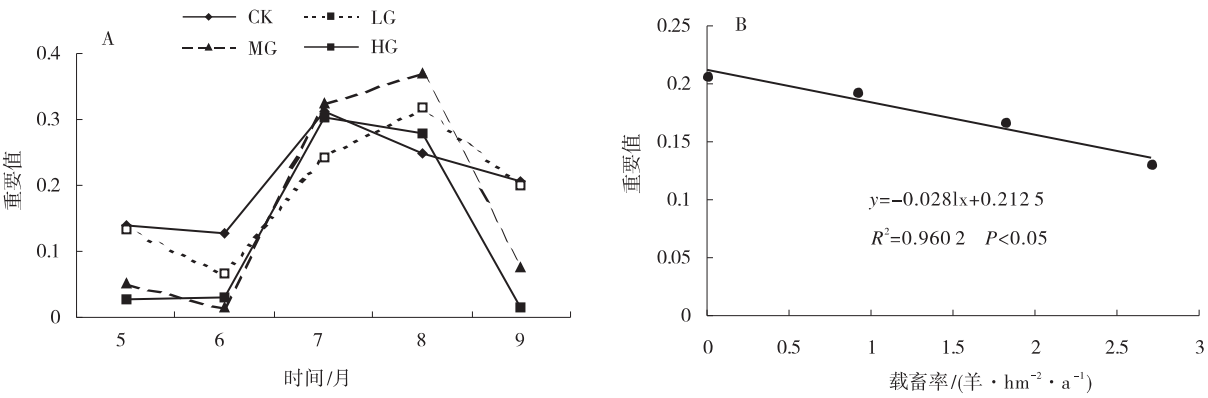


图 10 不同放牧强度下一二年生植物重要值及其与载畜率的模拟趋势线

Fig. 10 Important values of annual and biennials under different grazing intensities and the simulation trend line to stocking rate

先降低后增加的变化, MG 区和 HG 区多年生杂类草重要值呈降低—增加—降低的变化(图 11A)。其中 5 月、6 月和 9 月, CK 区和 LG 区多年生杂类草重要值明显小于 MG 区和 HG 区, 7 月和 8 月, 不同放牧区多

年生杂类草重要值变化差异较小。载畜率与多年生杂类草重要值平均值呈负相关关系, 但相关性未达到显著水平, 回归曲线模型为 $Y = -0.0368X + 0.2385$ ($R^2 = 0.8595, P > 0.05$) (图 11B)。

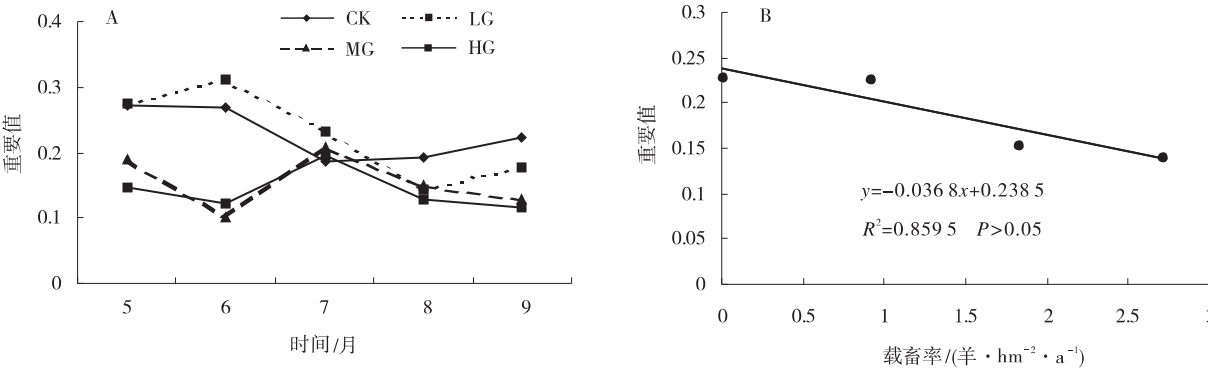


图 11 不同放牧强度下多年生杂类草重要值及其与载畜率的模拟趋势线

Fig. 11 Important values of perennial forbs under different grazing intensities and the simulation trend line to stocking rate

2.3 短花针茅荒漠草原最适载畜率评估

通过方程对多年生丛生禾草、多年生根茎禾草、灌木和半灌木、一、二年生植物、多年生杂类草重要值均值计算, 得载畜率均值为 1.2684 羊单位 / ($\text{hm}^2 \cdot \text{a}$)

(表 2)。回归方程除灌木和半灌木重要值与载畜率呈指数相关关系外, 其他方程均呈线型相关关系, 说明灌木和半灌木植物功能群特征变化在评价放牧对荒漠草原的干扰中具有重要指导作用。

表 2 短花针茅荒漠草原最适载畜率评估

Table 2 Evaluation of the optimum stocking rate of *Stipa Breviflora* desert grassland

指标	模拟方程	显著性	R^2	重要值 均值(Y') _e	载畜率(X) /(羊单位· $\text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)	最适载畜率(X') /(羊单位· $\text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)
多年生丛生禾草	$Y = 0.0969X + 0.4651$	0.006	0.9878	0.5970	1.3608	
多年生根茎禾草	$Y = -0.0052X + 0.0144$	0.018	0.9651	0.0074	1.3506	
灌木和半灌木	$Y = 0.0740e^{-0.801X}$	0.027	0.9475	0.0357	0.9085	1.2684
一二年生植物	$Y = -0.0281X + 0.2125$	0.020	0.9602	0.1742	1.3619	
多年生杂类草	$Y = -0.0368X + 0.2385$	0.073	0.8595	0.1884	1.3601	

3 讨论

放牧对草地生态系统的影响是复杂的^[15-16],而植物功能群可以作为一个相对统一的整体对生态因子的波动或外界干扰做出反应^[17]。植物功能群重要值可以反映放牧对草地生态系统健康的影响状况。本研究表明,整个生长季不同月份,长期放牧对不同功能群植物重要值影响较大。5月、6月和9月在中度和重度放牧区多年生丛生禾草重要值大于对照区和轻度放牧区,而多年生杂类草和一、二年生植物则随放牧强度的增加重要值呈减小的趋势,且灌木和半灌木、多年生根茎禾草重要值在中度和重度放牧区亦较小,中度和重度放牧处理增加了多年生丛生禾草优势度。此结果与张小红等^[18]、白云飞等^[19]、马建军等^[20]研究不同。白云飞等^[19]研究表明,适度放牧干扰下多年生禾草的优势地位降低,多年生杂类草的优势度增加,重度放牧下多年生非禾草的优势度较其他功能群植物会明显提高,而多年生禾草的优势地位降低较明显。马建军等^[20]研究表明,放牧降低了多年生禾草和灌木、半灌木功能群的优势度,但多年生非禾草的优势度增加。研究结果差异的原因可能是研究的草地类型、区域、测度时间和方式不同。本研究表明,中度和重度放牧区多年生丛生禾草重要值7月和8月较5月、6月和9月小,而一、二年生植物和多年生杂类草重要值则明显增大,多年生根茎禾草在对照区和放牧区重要值均较小。出现这种情况的原因是,7月和8月降水量大、且温度高,能够满足各种植物正常生长的基本条件,因此一、二年植物和多年生杂类草重要值较高。

5月至9月不同功能群植物重要值与载畜率显著相关,其中多年生丛生禾草重要值随放牧强度的增加而增加,且与载畜率存在极显著的线性关系;多年生根茎禾草、灌木和半灌木、一、二年生植物、多年生杂类草重要值均随放牧强度的增加而降低,其中仅灌木和半灌木重要值与载畜率呈指数变化的关系,其他功能群植物重要值与载畜率呈线性相关关系,因此,研究灌木和半灌木功能群植物特征对于衡量放牧草地生态系统稳定性具有重要指导意义。此结果与郑伟等^[21]研究结果一致,其研究结果表明,随着放牧干扰强度的增加,多年生丛生禾草和一、二年生杂草优势度增加,多年生根茎禾草和豆科牧草功能群逐渐消失。本研究中,多年生根茎禾草重要值在对照区最高,但月平均值

仅为0.013 8%,中度放牧区为0.003 9%,而在重度放牧区低至0.000 6。Naeem^[22]和Walke^[23]研究认为,在生态系统中如果功能群中一个或多个物种由于干扰而消失,但不显著影响群落的生态过程,那么留下的物种可以补偿他们的作用,这些消失的物种是被冗余的,而这种冗余又被认为是抵御放牧伤害、增加系统恢复力的一种方法,可以对群落的剧烈变化起到良好的缓冲作用。

本研究将短花针茅荒漠草原植物群落归为5个功能群是参考白云飞等^[19]、韩梦琪等^[24]的划分标准,由于5月及9月期间观测对照区和放牧区多年生根茎禾草重要值均较小,因此本研究认为,将多年生根茎禾草与多年生丛生禾草归为多年生禾草更为科学合理,这种归类方法与张小红等^[18]的划分一致。5月至9月,对照区和轻度放牧区不同功能群植物重要值波动不明显,且对照区多年生丛生禾草相对多度均不足50%,保持稳定,而重度和中度放牧区多年生丛生禾草优势度在不同月份观测波动较大,说明长期放牧对荒漠草原不同功能群优势度季节性影响明显。当然,放牧干扰对群落植物的多样性及其稳定性的影响不是完全同步的。然而,诸多研究表明,适度放牧可以维持或优化草地群落植物多样性^[25-26]、草地群落结构^[27-28]和草地功能多样性^[29],而过度放牧则会造成草地功能下降,导致草地退化^[30]。因此,在探究放牧干扰对草地生态系统影响的过程中,应从不同时间尺度、放牧管理(过程和方式)、区域尺度等方面综合评估,才能更合理地揭示草原演替过程中群落分布和功能群对放牧响应互补作用的内在机理。

4 结论

短花针茅荒漠草原随着放牧强度的增加,多年生丛生禾草的优势度逐渐增强,而其他功能群植物优势度逐渐被削弱,尤其是多年生根茎禾草、灌木和半灌木功能群;灌木和半灌木功能群植物特征对于衡量放牧草地生态系统稳定性具有重要指导意义;拟合方程得出短花针茅荒漠草原实现可持续利用的最佳载畜率为1.268 4羊单位/($\text{hm}^2 \cdot \text{a}$)。

参考文献:

- [1] Hickman K R, Hartnett D C. Effects of grazing intensity on growth, reproduction, and abundance of three palatable forbs in Kansas tallgrass prairie[J]. Plant Ecology, 2002,

- 159;23—33.
- [2] Belsky A J. Regeneration of artificial disturbance in grasslands of the Serengeti National Park, Tanzania. II. Five years of successional change[J]. *Journal of Ecology*, 1986, 74(4):937—951.
- [3] Acker S A. Vegetation as a component of a non-nested hierarchy: A conceptual model[J]. *Journal of Vegetation Science*, 1990, 1(5):683—690.
- [4] Santangeli A, Wistbacka R, Hanski I K, *et al.* Ineffective enforced legislation for nature conservation: A case study with Siberian flying squirrel and forestry in a boreal landscape[J]. *Biological Conservation*, 2013, 157:237—244.
- [5] Anitha K, Joseph S, Chandran R J, *et al.* Tree species diversity and community composition in a human-dominated tropical forest of Western Chats biodiversity hotspot, India[J]. *Ecological Complexity*, 2010, 7(2):217—224.
- [6] McNaughton S J, Oesterheld M, Frank D A, *et al.* Ecosystem-level patterns of primaty productivity and herbivory in terrestrial habitats[J]. *Nature*, 1989, 341(6238):142—144.
- [7] Grime J P. Benefits of plant diversity to ecosystems; immediate, fliter and founder effects[J]. *Journal of Ecology*, 1998, 86:902—910.
- [8] Lanta V, Lep J. Effect of functional group richness and species richness in manipulated productivity-diversity studies: a glasshouse pot experiment[J]. *Acta Oecologica*, 2006, 29(1):85—96.
- [9] Tilman D. Functional diversity[M] // *Encyclopedia of biodiversity*. Academic Press, 2001:109—120.
- [10] Curtis J T, McIntosh R P. An upland forest continuum in the prairie-forest border region of wiseonsin[J]. *Ecology*, 1951, 32(3):476—496.
- [11] Lindsey A A. Sampling methods and community attributes in forest ecology[J]. *Forest Science*, 1956, 2:287—296.
- [12] 杨勇, 刘爱军, 李兰花, 等. 不同干扰方式对内蒙古典型草原植物种组成和功能群特征的影响[J]. *应用生态学报*, 2016, 27(3):794—802.
- [13] 包秀霞, 廉勇, 易津, 等. 放牧方式对中国和蒙古小针茅荒漠草原植物功能群特征的影响[J]. *生态学杂志*, 2014, 33(11):2966—2972.
- [14] 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):1—5.
- [15] 李文怀, 郑淑霞, 白永飞. 放牧强度和地形对内蒙古典型草原物种多度分布的影响[J]. *植物生态学报*, 2014, 38(2):178—187.
- [16] 焦树英, 韩国栋, 李永强, 等. 不同载畜率对荒漠草原群落结构和功能群生产力的影响[J]. *西北植物学报*, 2006, 26(3):0564—0571.
- [17] 李博. 中国北方草地退化及其防治对策[J]. *中国农业科学*, 1997, 30(4):1—9.
- [18] 王志鹏, 张兆杰, 花立民. 不同放牧强度对高寒草甸有毒植物多样性的影响[J]. *草原与草坪*, 2019, 39(5):75—81.
- [19] 白永飞, 张丽霞, 张焱, 等. 内蒙古锡林河流域草原群落植物功能群组成沿水热梯度变化的样带研究[J]. *植物生态学报*, 2002, 26(3):308—316.
- [20] 马建军, 姚虹, 冯朝阳, 等. 内蒙古典型草原区 3 种不同草地利用模式下植物功能群及其多样性变化[J]. *植物生态学报*, 2012, 36(1):1—9.
- [21] 郑伟, 朱进忠, 潘存德. 放牧干扰对喀纳斯草地植物功能群及群落结构的影响[J]. *中国草地学报*, 2010, 32(1):92—98.
- [22] Naeem S. Species redundancy and ecosystem reliability[J]. *Conserv Biol*, 1998, 12(1):39—45.
- [23] Walker B H. Conserving biological diversity through ecosystem resiliency[J]. *Conserv BioL*, 1995, 9:747—752.
- [24] 韩梦琪, 王忠武, 靳宇曦, 等. 短花针茅荒漠草原物种多样性及生产力对长期不同放牧强度的响应[J]. *西北植物学报*, 2017, 37(11):2273—2281.
- [25] 李永宏. 草原生态系统持续管理原则: 生物多样性与生产力的维持[M] // *现代生态学讲座*, 北京: 科学出版社, 1995:79—88.
- [26] West N E. Biodiversity of rangelands[J]. *Journal of Range Management*, 1993, 46:2—13.
- [27] Tilman D, Downing J A. Biodiversity and stability in grasslands[J]. *Nature*, 1994, 367(6461):363—365.
- [28] Hobbs R J, Huenneke L F. Disturbance, diversity and invasion; implications for conservation[J]. *Conservation Biology*, 1992, 6(3):324—337.
- [29] Collins S L, Knapp A K, Briggs J M, Blair J M, *et al.* Modulation of diversity by grazing and mowing in native tallgrass prairie[J]. *Science*, 1998, 280:745—747.
- [30] Zhang W. Changes in species diversity and canopy cover in steppe vegetation in Inner Mongolia under protection from grazing[J]. *Biodiversity and Conservation*, 1998, 7(10):1365—1381.

Effects of long-term grazing on the important values of different plant functional groups in *Stipa breviflora* desert steppe

ZHU Ai-min, HAN Guo-dong, KANG Jing, ZHAO Kun, ZHU Yi,
WANG Zhong-wu

(Key Laboratory of Grassland Resources, Ministry of Education/College of Grassland, Resources and Environment/Key Laboratory of Forage Cultivation, Processing and High Efficient Utilization of Ministry of Agriculture/Inner Mongolia Key Laboratory of Grassland Management and Utilization, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010019, China)

Abstract: The effect of long-term grazing on community structure of plant functional groups in *Stipa breviflora* desert steppe under different grazing treatments was studied in Siziwangqi, Inner Mongolia. The species composition, plant height, coverage and density of desert steppe which was enclosed for 14 years (2004-2018) were investigated, and the important value of plant community was analyzed from May to September 2018. The results showed that in May, June and September, the important values of perennial cespitose grasses in control and treatment were significantly higher than those of other functional groups; From May to September, the important value of the perennial cespitose grasses in grazing area showed an increase-decrease-increase trend, while that in control was a decreasing first and then increasing trend; Except for the perennial forbs, there was a significant linear correlation between the important values of other plant functional groups and the stocking rate, among which the important values of perennial cespitose grasses increased with the increase of grazing intensity, but it was opposite for other functional groups. In conclusion, with the increase of grazing intensity, the dominance of perennial cespitose grasses gradually increased, while that of other functional groups gradually reduced, especially the functional groups of perennial rhizome grasses, shrubs and semi-shrubs. The characteristics of shrubs and semi-shrubs were of great significance to evaluate the stability of grassland ecosystem. The best stocking rate for *S. breviflora* desert grassland was 1.268 4 sheep units/(ha · a).

Key words: grazing; desert steppe; plant functional group; important value