

温性荒漠草原植被特征及初级生产力提升对策研究

傅理

宁夏师范大学

DOI:10.12238/eep.v7i8.2218

[摘要] 温性荒漠草原植被特征及初级生产力提升一直是许多学者研究的焦点。文章以内蒙古鄂托克前旗荒漠草原区家庭农牧场为研究载体,借助双向指示种分析法(TWINSPAN)、除趋势典范对应分析法、除趋势对应分析法、典范对应分析法,并与CANOCO4.5排序法相结合,划分研究区植物群落类型,分析天然草原植被与土壤关系,并结合生产实际提出初级生产力提升对策。结果如下:(1)研究区划分的18个群落通过CANOCO4.5排序图进一步验证,结果科学可信;(2)研究区14个土壤因子均对荒漠草原植物群落的分布存在一定程度的影响,以土壤含水率、容重和有效磷的影响最为明显;(3)有效磷(0-10cm)和有机质(10-20cm)是区域内对物种多样性结果起决定性作用的土壤因子;(4)18个群落的物种丰富度、均匀度、优势度及多样性指数的相关性结果表明,植被物种优势度指数对多样性的贡献率大于丰富度指数和均匀度指数;(5)18个群落中,地上生物量位居前3位的猪毛蒿+白草+黑沙蒿群落、黑沙蒿+老瓜头+猪毛蒿群落及黑沙蒿+猪毛蒿+芨芨草群落,其生态化利用可作为研究区今后可持续发展的研究重点;(6)科学利用水热、土地资源,合理配置畜群结构,制定合理的放牧制度是提高研究区初级生产力的关键所在。

[关键词] 荒漠草原; 植被特征; 初级生产力; 数量特征; 物种多样性

中图分类号: S812.8 文献标识码: A

Study on vegetation characteristics and primary productivity improvement countermeasures in temperate desert steppe

Li Fu

Ningxia Normal University

[Abstract] The vegetation characteristics and primary productivity improvement of temperate desert steppe have always been the focus of many scholars' research. In this paper, the family farms and pastures in the desert steppe area of Etoke Qianqi in Inner Mongolia were used as the research carrier, and the plant community types in the study area were divided by means of two-way indicator species analysis (TWINSPAN), model correspondence analysis method of trend removal, model correspondence analysis method and model correspondence analysis method, combined with CANOCO 4.5 sequencing method, the plant community types in the study area were divided, the relationship between natural grassland vegetation and soil was analyzed, and the primary productivity improvement countermeasures were proposed in combination with the actual production. The results were as follows: (1) The 18 communities divided into the study area were further verified by the CANOCO 4.5 ranking map, and the results were scientific and credible;(2) The 14 soil factors in the study area had a certain degree of influence on the distribution of plant communities in desert steppe, and the effects of soil moisture content, bulk density and available phosphorus were the most obvious.(3) Available phosphorus (0-10 cm) and organic matter (10-20 cm) were the soil factors that played a decisive role in the outcome of species diversity in the region. (4) The correlation results of species richness, evenness, dominance and diversity index of 18 communities showed that the contribution rate of vegetation species dominance index to diversity was greater than that of richness index and evenness index. (5) Among the 18 communities, the top 3 aboveground biomass communities of *Artemisia annua* + *Whitegrass* + *Artemisia nigra*, *Artemisia nigra* + old melon head + *Artemisia* spp., and *Artemisia nigra* + *Artemisia nigra* + *Artemisia nigra* communities can be used

as the focus of research on the sustainable development of the study area in the future. (6)The scientific utilization of water, heat and land resources, the rational allocation of herd structure, and the formulation of a reasonable grazing system are the keys to improving the primary productivity of the study area.

[Key words] desert steppe; vegetation characteristics; primary productivity; quantitative characteristics; Species diversity

草地的净初级生产力是指单位面积的草地在一定时期内所能积累的有机干物质量,它包括草地地上部分和地下部分有机物质的数量,能够反映草地植被在自然条件下的生产能力,一直是许多学者研究的焦点问题^[1-3]。一些学者的研究表明,影响草地初级生产力的因素是多方面的,包括气候、土地利用、草地植被的特征、群落特征、管理利用等^[4-6]。要提升荒漠草原初级生产力,前提是对区域内的天然草地植被特征进行全面梳理,划分并分析每种群落类型的特征、产草质量,阐明群落类型与土壤因子间的关系,在此基础上提出初级生产力提升对策更具有针对性和可行性^[7-9]。

当前,应用最普遍的方法有双向指示种(TWINSPAN)、除趋势典范对应分析(Detrended canonical correspondence analysis, DCCA)、除趋势对应分析(Detrending correspondence analysis, DCA)、典范对应分析(Canonical correspondence analysis, CCA)^[10-13]。本研究采用 α 和 β 多样性指数相结合,借助样地内物种多样性计算结果,进行群落划分和群落间多样性的比较,进一步分析群落分布及其与环境因子间的关系。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

鄂托克前旗地处鄂尔多斯高原的毛乌素沙漠腹地,北靠鄂托克旗,东连乌审旗,南与陕西靖边、定边及宁夏盐池县毗邻,西与宁夏银川市兴庆区、平罗县接壤,总面积 $1.218 \times 10^4 \text{ km}^2$,地理坐标 $106^\circ 26' \sim 108^\circ 32' \text{ E}$, $37^\circ 44' \sim 38^\circ 44' \text{ N}$,海拔 $1161 \sim 1564 \text{ m}$,属中温带暖温型半干旱、干旱大陆性气候,日照长、辐射强,春暖快,夏热短,秋凉早,冬寒长^[14]。

1.2 研究内容

1.2.1 温性荒漠草原植物群落分类及排序

在野外调查的基础上,采用TWINSPAN 2.3和CANOCO 4.5排序相结合的方法,借助遥感影像资料,对鄂托克前旗温性荒漠草原植物群落类型进行分类,并借助ArcGIS 10.6进行群落类型的标注,研究群落类型特征,并分析群落分布与主要环境因子的关系。

1.2.2 温性荒漠草原植物群落物种多样性与土壤环境因子关系研究

在已划分出的群落类型基础上,根据不同群落物种重要值进行数据再整合计算,计算得出不同群落内物种的重要值以及群落的丰富度指数、优势度指数、香农-维纳多样性指数及均匀度指数,通过CANOCO4.5中的数据转化功能进行数据转化,通过Run As Date软件进行时间运行后再通过CanoDraw for Windows制图,借助输出结果中的表格信息和图表信息分析群落类型、群落物种多样性与土壤因子的关系。

1.3 测定项目与方法

植被取样:于6月至7月,开展研究区地上植被特征调查。生物量按照草本和灌木测定方法分别取样,在 65°C 下烘干称量;高度为自然高度,密度采用统计单位面积株数法测定,频度用样圆法测定,盖度用针刺法测定。

土壤养分测定:于野外植被调查同期采集不同采样点区域内的土壤样品,土壤取样点与植被取样点相对应。土壤有机碳采用重铬酸钾外加热法,全氮经 $\text{H}_2\text{SO}_4-\text{K}_2\text{SO}_4$: CuSO_4 : Se 催化后用全自动凯氏定氮仪(BUCHI—K360,瑞士)测定^[15]。

表1 温性荒漠草原不同草地植物群落特征

群落类型	群落编号	优势种			
		重要值	盖度(%)	高度(cm)	地上生物量($\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$)
猪毛蒿+中间锦鸡儿+牛枝子群落	C1	0.25	32.80±5.45ac	20.31±4.65go	198.74±13.59b
猪毛蒿+白刺+芨芨草群落	C2	0.24	21.60±7.93b	14.89±2.23g	42.85±22.40b
猪毛蒿+苦豆子+猪毛菜群落	C3	0.39	35.14±6.53ac	22.41±4.28gm	247.57±19.95b
猪毛蒿+短花针茅+牛枝子群落	C4	0.23	12.80±2.82b	16.38±3.14gq	222.13±19.93b
猪毛蒿+白草+黑沙蒿群落	C5	0.33	24.25±6.69b	30.49±8.88g	1612.84±9.75a
猪毛蒿+牛枝子+甘草群落	C6	0.50	45.50±7.63a	23.72±4.76gm	524.27±31.52b
猪毛蒿+沙蓬+牛枝子群落	C7	0.29	23.71±5.23b	27.64±1.14gj	114.55±6.36b
黑沙蒿+猪毛蒿+芨芨草群落	C8	0.29	20.20±6.48b	64.13±3.51bcp	681.93±18.96b
黑沙蒿+老瓜头+猪毛蒿群落	C9	0.17	41.50±33.50ac	76.35±30.01abp	1098.73±83.66ab
猪毛蒿+冰草+老瓜头群落	C10	0.29	29.33±8.00ac	27.91±4.63gi	34.61±10.55b
黑沙蒿+花棒+猪毛蒿群落	C11	0.15	19.33±11.57b	62.45±7.63bep	531.64±22.42b
猪毛蒿+老瓜头+牛枝子群落	C12	0.34	29.00±5.01ac	25.42±3.89gl	563.94±29.97b
黑沙蒿+猪毛蒿+狭叶锦鸡儿群落	C13	0.29	23.00±8.50b	58.94±8.08bfp	223.19±8.97b
狭叶锦鸡儿+苦豆子+猪毛蒿群落	C14	0.22	24.60±5.11bc	101.03±20.00a	617.92±17.26b
冷蒿+早熟禾+沙葱群落	C15	0.21	28.67±7.54ac	26.94±14.14gk	377.51±9.96b
芨芨草+小针茅+猪毛蒿群落	C16	0.22	19.80±7.65b	63.40±14.81bd	637.27±58.57b
早熟禾+芦苇+黑沙蒿群落	C17	0.16	18.50±1.71b	29.43±1.80gh	40.73±24.61b
短花针茅+芦苇+盐爪爪群落	C18	0.18	29.25±5.75ac	19.26±3.63gp	19.77±9.27b

注:同列数据后不同小写字母表示群落间差异显著($p < 0.05$)。

2 结果与分析

对100个样地上的89种地上植物进行TWINSPAN分类,依据每种植物在同一样地的重要值进行整理,最终将研究区植物分为18个群落类型,分类结果图略。

2.1 植物群落数量特征

重要值作为一种综合性指标,能够较为客观地表达群落中某个物种的相对重要性,以及其在群落中的地位,通过植被盖度和地上生物量,也能够直观反映出植物的生长状况和生产水平。

由表1可知,研究区各群落间,优势种重要值差异并不显著,但各群落优势种重要值均较高,这与研究区的恶劣环境有关,致使群落内处竞争劣势的物种减少。各群落类型中,猪毛蒿和黑沙蒿作为优势种在研究区大部分群落中的地位较高。

2.2 植物群落除趋势典范对应分析(DCCA)

通过对物种数据进行DCA分析,得出四个排序轴中梯度最大值为3.168,介于3~4之间,故选择单峰模型和线性模型均可。排序结果(图1)表明,在第1排序轴上(SMC1:土壤含水率(0-10cm), SMC2:土壤含水率(10-20cm), pH1:土壤pH(0-10cm), pH2:土壤pH(10-20cm), SBD1:土壤容重(0-10cm), SBD2:土壤容重(10-20cm), STN1:土壤全氮(0-10cm), STN2:土壤全氮(10-20cm), SAK1:土壤速效钾(0-10cm), SAK2:土壤速效钾(10-20cm), SAP1:土壤有效磷(0-10cm), SAP2:土壤有效磷(10-20cm), SOM1:土壤有机质(0-10cm), SOM2:土壤有机质(10-20cm), STN1、SMC1、SMC2、pH1和pH2与该排序轴呈正相关关系,其他土壤因子与第1排序轴呈负相关关系,而在第2排序轴上,除SMC1、SMC2、SAK1、SAK2和STN2与排序轴呈负相关关系外,其余土壤因子与排序轴均呈正相关关系。

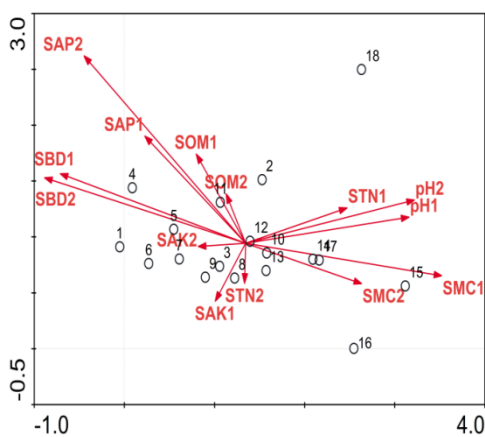


图1 不同群落与土壤环境因子的DCCA排序图

2.3 植物群落物种多样性与土壤性状的典范对应分析

通过对物种数据进行DCA分析,得出4个排序轴中梯度最大值为0.929,小于3,故选择线性模型即可。将18个群落物种的重要值、多样性指数与14个土壤因子测定值进行典范对应分析(CCA),排序结果表明(图2),SMC1、SMC2、SAK1和SAK2与第1排序轴呈负相关关系,其他土壤因子与该轴呈正相关关系; SMC2、

SAK1、SAK2和SAP1与第2排序轴呈负相关关系,其他因子与该轴呈正相关关系。在多样性指数方面,Ma 与SAP1相关性最小,但与SMC1 和SAK2相关性最大。分析图2可知,第1排序轴方向上,SAP1箭头最长,相关系数最高,第2排序轴方向SOM2箭头最长,系数最高,表明SAP1和SOM2是研究区内,对物种多样性结果起决定性作用的土壤环境因子。

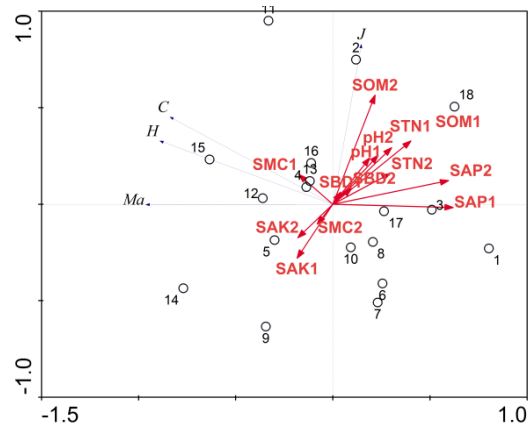


图2 不同群落物种多样性与群落和土壤环境因子CCA排序图

3 初级生产力提升对策

3.1 科学利用水热资源

可选择地下水资源较为丰沛的敖勒召其镇和城川镇地势平坦区域,借助现代高效节水灌溉技术,引种蒸腾系数小而水分利用效率高的牧草品种(如紫花苜蓿),通过施肥、松土等措施,生产出高产优质的人工饲草料,用以家畜在禁牧期(3月20日至6月20日)和冷季(10月20日至来年3月20日)补饲或舍饲,置换出一定面积的天然草地,减轻其载牧压力,使其休养生息。

3.2 科学利用土地资源

研究区地表有效土层厚度几乎为零,因此,出于保水保肥和防止过牧退化考虑,对于坡度10°以下的草地,只要具备灌溉条件,可以建立饲草料轮作地或人工草地以获高产;对于10°~30°的土地不宜开垦,即便开垦也不宜作为农田,生产成本很高,而应当培育成多年生草地用于放牧;对于坡度大于30°以上的土地,应以水土保持为主,以轻牧利用为主。

3.3 科学配置畜群结构

在划分的18个群落里,家畜的种类不同,喜采食的牧草种类也不同,对群落结构和演替的影响程度也有区别。因此在以家庭牧场为基本生产单元内,需要根据现有植物群落类型合理搭配畜种,既要防止过度放牧,也要降低牧草资源浪费,还要防止植物群落偏途演替。

3.4 制定科学合理的放牧制度

研究区常年干旱少雨,产草量很低,但植被类型丰富多样,放牧地轮换较划区轮牧更为适宜,既符合当地的冷暖季节草地利用现状,也可减少牧户因选择划区轮牧而产生的围栏建设费用负担,当地农牧民更易接受。

4 结论

研究区划分的18个群落通过CANOCO4.5排序图进一步验证,结果科学可信。样地中14个土壤因子均对荒漠草原植物群落的分布存在一定程度的影响,土壤含水率、容重和有效磷的影响最为明显;研究区海拔、坡度梯度不明显,而影响区域植被类型分布的是地下水位,这与野外调查结果吻合;有效磷(0-10cm)和有机质(10-20cm)是区域内对物种多样性结果起决定性作用的土壤因子;科学利用水热、土地资源,合理配置畜群结构,制定合理的放牧制度是提高研究区初级生产力的关键所在。

[课题项目]

本论文为2023年度宁夏自然科学基金项目“不同生态恢复措施下宁南典型草原植被-土壤协同机制研究”研究成果,项目编号: 2023AAC03345。

[参考文献]

[1]任继周.草地农业生态系统通论.合肥:安徽教育出版社,2004:103-106.

[2]SUN W,LI M,WANG J H, et al.Driving mechanism of gross primary production changes and implications for grassland management on the Tibetan Plateau. *Journal of Resources and Ecology*,2019,10(5):472-480.

[3]刘洋洋,王倩,杨悦,等.黄土高原草地净初级生产力时空动态及其影响因素[J].应用生态学报,2019,30(7):2309-2319.

[4]黄露,周伟,李佳慧,等.内蒙古不同类型草地NPP时空动态特征及其气候影响因素分析[J].草原与草坪,2019,39(2):1-9.

[5]张美玲,陈全功,闫培洁.中国天然草地净初级生产力时空分布[J].草地学报,2018,26(5):1124-1131.

[6]杜金燊,于德永.气候变化和人类活动对中国北方农牧交错区草地净初级生产力的影响[J].北京师范大学学报(自然科学版),2018,54(3):365-372.

[7]杜梦洁,郑江华,任璇,等.地形对新疆昌吉州草地净初级生产力分布格局的影响[J].生态学报,2018,38(13):4789-4799.

[8]王晓楠,王成杰,高翠萍,等.混合放牧对荒漠草原群落生物量及地下净初级生产力的影响[J].黑龙江畜牧兽医,2020,(4):77-81.

[9]Md Lokman Hossain,Md Humayain Kabir,Mst Umme Salma Nila,etal.Response of grassland net primary productivity to dry and wet climatic events in four grassland types in Inner Mongolia.*Plant-Environment Interactions*,2021,2:250-262.

[10]SUN Y F,FENG Y H,WANG Y P,etal.Field-Based Estimation of Net Primary Productivity and Its Above- and Belowground Partitioning in Global Grasslands.*Journal of Geophysical Research:Biogeosciences*,2021,126(11):1-24.

[11]Eda Addicott, Susan G.W.Laurance. Supervised versus un-supervised classification: A quantitative comparison of plant communities in savanna vegetation. *Applied Vegetation Science*,2019,22(3):373-382.

[12]Christian Berg, Jörg Ewald, Carsten Hobohm, et al. The whole and its parts: why and how to disentangle plant communities and synusia in vegetation classification. *Applied Vegetation Science*, 2020,23(1):127-135.

[13]Genevieve Alexander, John Almendinger, Peter White. The long-term effects of invasive earthworms on plant community composition and diversity in a hardwood forest in northern Minnesota.*Plant-Environment Interactions*, 2022,00:1-14.

[14]《鄂托克前旗志》编纂委员.鄂托克前旗志.内蒙古:内蒙古人民出版社,1995:1-2.

[15]张韫.土壤·水·植物理化分析教程.北京:中国林业出版社,2011:40-81.

作者简介:

傅理(1981--),男,宁夏固原人,博士,副教授,研究方向:草地生态与草地资源管理。