

黑龙江省西部主要草地类型土壤和植被特征

方玉凤¹, 曹志伟^{1*}, 韩勤¹, 闫敦梁¹, 任秀彬¹, 温宝阳¹, 高野¹, 汤羽佳², 邹春明³

(1. 黑龙江省林业科学院齐齐哈尔分院, 黑龙江 齐齐哈尔 161005; 2. 肇东市林业和草原局, 黑龙江 绥化 151100; 3. 林甸县林业和草原局, 黑龙江 大庆 166300)

摘要:【目的】明确松嫩平原未退化草地土壤与植被现状,为松嫩平原天然草原生态系统保护及草原可持续利用提供科学依据。【方法】在黑龙江省西部选取松嫩平原草原区域内的杜蒙、林甸和肇东等县市典型未退化围栏封育天然草原进行样地调查分析,研究草原群落组成、土壤特征变化情况,分析二者之间的关系。【结果】根据立地类型和植被特征,将未退化天然草原划分为温性草甸草原和低地草甸;温性草甸草原的群落物种数、丰富度指数、香农威纳指数均高于低地草甸,上、中、下层群落分布较均匀;低地草甸土壤pH值和电导率普遍高于温性草甸草原,土壤容重低于温性草甸草原。温性草甸草原的地上生物量、土壤全氮和有机质含量普遍低于低地草甸。土壤含水率与物种数、丰富度指数显著负相关性($P<0.05$)。【结论】松嫩平原天然未退化典型草原的群落盖度仍保持较高水平,群落密度受表层土壤养分的影响较大;地带性温性草甸草原的物种多样性要优于非地带性的低地草甸,但土壤养分状况不及低地草甸。

关键词: 松嫩平原; 温性草甸草原; 低地草甸; 群落构成; 土壤全氮; 有机质含量

中图分类号: S812 **文献标志码:** A **文章编号:** 1009-5500(2023)05-0129-08

DOI: 10.13817/j.cnki.cyycp.2023.05.017



草地是地球陆地最大的生态系统,约占全球陆地总面积的四分之一^[1]。草原是中国的主要景观,面积约占国土面积的40%^[2]。草原生态系统在地球陆地生态系统碳、氮循环和气候变化的响应中发挥着重要作用^[3],草地生物多样性是评价草地生态系统稳定性的重要特征。松嫩草原是中国最具代表性的草地类型之一,位于欧亚大陆草原的最东缘,在反映与调节全球气候变化方面具有重要作用^[4]。松嫩平原处于国际地圈—生物圈计划(IGBP)之一的中国东北样带(NECT)内^[5],生态较脆弱,受自然环境和人为活动影响变化较大,特别易受降水、放牧利用等因素影响。

该区域草地类型主要为温性草原和低地草甸,以羊草、羊草+旱生杂类草、羊草+芦苇、莎草+杂类草居多。松嫩草地作为我国重要的农牧区,属于草甸草原,近年来由于过度开发利用,草地已出现植被高度和盖度降低、杂类草和一年生植物增多、逐渐形成盐生植物群落的退化现象^[6]。基于此,在围栏封育草地进行样地调查,分析松嫩平原黑龙江区域内草原现状,研究天然未退化草原群落组成、植物多样性、土壤特征变化情况,分析群落构成与土壤特征的关系,以期明确松嫩平原未退化草地土壤与植被现状,为松嫩平原天然草原生态系统保护及草原可持续利用提供科学依据。

收稿日期:2022-03-17;修回日期:2022-05-23

基金项目:黑龙江省省属科研院所科研业务费项目(CZKYF2020C019)

作者简介:方玉凤(1988-),女,黑龙江齐齐哈尔人,硕士,工程师。主要研究方向为草原生态保护与修复。E-mail:qqhrfyf@163.com

*通信作者。E-mail:cvw898@163.com

1 材料和方法

1.1 调查区概况

调查区分布在杜尔伯特蒙古族自治县、林甸县和肇东市所辖区域, E 124°17'29"~125°54'43", N 45°55'30"~47°17'55", 属寒温带半干旱大陆性气候,年均降水量为293~656 mm,年均蒸发量1756 mm左

右,无霜期130~140 d。调查区土壤多为黑钙土型风沙土、草甸草原土、盐渍化草甸草原黑钙土。调查区植被多为以贝加尔针茅(*Stipa baicalensis*)、羊草(*Leymus chinensis*)、野古草(*Arundinella hirta*)等为主。

1.2 调查设计

分别选取围栏封育天然草地进行初步调查,根据《草地分类》(NY/T 2997-2016)^[7]将拟观测草原分为两类:典型温性草甸草原(Temperate meadow steppe)与典型低地草甸(Low-land meadow),属于目前黑龙江省松嫩平原草地中未退化草地的主要类型。根据代表性植物群落类型、利用特征一致性原则,在各样地内随机设置样方,每个样地布设3个样方,样方面积1 m×1 m,重复样方之间的距离不超过100 m直径范围,记录每个样方点的位置坐标。

温性草甸草原是地带性天然草地(用处理T表示),草原亚类为平原丘陵草甸草原,土壤主要为沙壤质黑钙土;而低地草甸是非地带性植被类型(用处理L表示),草原亚类为低湿地草甸草原亚类和盐化低地草甸亚类,土壤为草甸草原黑钙土、周期性地表积水的草甸草原土以及沙质草甸草原土。

1.3 植被特征测定方法

根据松嫩平原气候特征,2021年8月末至9月初在牧草生长的旺盛期进行调查。清查1 m²样方内的所有植物种类、数量、高度、盖度,牧草产量采用齐地面刈割法,立即称量鲜重,后带回实验室进行烘干测定干重。

高度:指清查1 m²样方内所有种类植物(营养枝或生殖枝)所处的平均高度,并根据每种植物的高度对群落进行上中下层次的划分;

盖度:指样方内所有植物垂直投影面积占样方面积的百分比,采用目测法。

1.4 土壤特征测定方法

样方地下部挖土壤剖面,分0~10、10~20、20~30 cm土层,用环刀在不同土层的剖面进行取土,称重后用水洗法分离出根系,烘干测定根系重量,将3个土层的根系换算成地下部生物量。用土钻分层取土样,同一土层、3次重复样方的土样进行混合,带回实验室进行土壤理化性质分析,3次重复取平均值。测定指标:土壤含水率、pH值、电导率、全氮含量、有机质含量,测定方法均参照鲍士旦《土壤农化分析》^[8],具体方

法分别为:

土壤含水率:烘干法;

土壤pH值、电导率:液土比5:1,pH仪、电导率仪测定;

土壤全氮:凯氏定氮法;

土壤有机质:4 mol/L盐酸浸提,碳氮分析仪。

1.5 相关指标计算公式

$$\text{土壤容重 } rs = \frac{g}{V(1+w)}$$

式中:rs为土壤容重(g·cm⁻³);g这环刀内土壤鲜重(g);V为环刀容积(cm³);w为土壤含水率(%)

$$\text{丰富度指数 } D = \frac{S-1}{\ln N}$$

$$\text{香农威纳多样性指数 } H = \sum (P_i)(\ln P_i)$$

$$\text{Pielou均匀度指数 } E = \frac{H}{\ln S}$$

式中:S为群落中物种数目;N为观察到的个体总数; P_i 为第*i*个物种占总数的比例^[9]。

1.6 数据统计方法

采用WPS Office Excel进行数据处理和绘图,使用IBM SPSS Statistics 22.0的单样本K-S检验进行正态分布检验,对于呈正态分布的数据采用Pearson法进行相关性分析。

2 结果与分析

2.1 植物群落组成、结构、多样性及生物量特征

2.1.1 植物群落组成、结构及多样性特征 调查的10个温性草甸草原、4个低地草甸的群落物种组成见表1,可以发现处理T的群落物种数、丰富度指数、香农威纳指数均高于处理L,均匀度指数整体上较高。两种草原类型的上层主要是贝加尔针茅、野古草、拂子茅(*Calamagrostis epigeios*)、羊草等禾本科植物;中层主要是豆科、菊科等植物;下层植物主要是葡枝委陵菜(*Potentilla flagellaris*)。

2.1.2 植物群落地上生物量及根生物量特征 群落物种数较多的温性草甸草原,地上生物量最小为106.82 g(T₈),最大为402.19 g(T₁₀);群落物种数较少的低地草甸地上生物量最小为662.83 g(L₃),最大为1 640.53 g(L₁)。根系主要分布在0~10 cm土层中,并且随着土壤深度的增加,根系干重逐渐减小(表2)。

表 1 植物群落优势种及多样性特征

Table 1 Dominant species in plant community and characteristics of plant community diversity

处理	上中下层主要优势植物	科	属	种	总盖度/%	丰富度指数 DMG	香农威纳指数	Pielou 均匀度 指数
T ₁	野古草、羊草、黄芩 <i>Scutellaria baicalensis</i>	10	20	21	85	3.97	2.76	0.91
T ₂	兴安胡枝子 <i>Lespedeza daurica</i> 、棉团铁线莲 <i>Clematis hexa-</i> <i>petala</i> 、显脉百里香 <i>Thymus nervulosus</i>	13	18	20	80	4.53	2.84	0.95
T ₃	野古草、线叶菊 <i>Filifolium sibiricum</i> 、兴安胡枝子	12	18	20	75	4.52	1.83	0.61
T ₄	野古草、苔草 <i>Carex korshinskyi</i> 、葡枝委陵菜	8	13	15	85	2.41	1.91	0.71
T ₅	根茎冰草 <i>Agropyron michnoi</i> 、溲草 <i>Koeleria cristata</i> 、葡枝委陵菜	6	9	9	90	1.78	1.99	0.91
T ₆	根茎冰草、溲草、葡枝委陵菜	6	9	9	80	1.63	2.00	0.91
T ₇	羊草、斜茎黄芪 <i>Astragalus adsurgens</i> 、葡枝委陵菜	8	12	13	85	2.32	2.14	0.83
T ₈	大油芒 <i>Spodiopogon sibiricus</i> 、棉团铁线莲、葡枝委陵菜	6	11	13	95	2.11	2.13	0.83
T ₉	羊草、斜茎黄芪、葡枝委陵菜	6	10	11	85	2.04	2.12	0.88
T ₁₀	拂子茅、兴安胡枝子、葡枝委陵菜	7	11	13	95	2.36	1.98	0.77
L ₁	羊草、葡枝委陵菜	3	4	4	85	0.52	1.04	0.75
L ₂	羊草、蒙古蒿 <i>Artemisia mongolica</i> 、葡枝委陵菜	5	6	6	75	0.89	1.34	0.75
L ₃	拂子茅、山野豌豆 <i>Vicia amoena</i> 、葡枝委陵菜	4	5	5	75	0.81	0.85	0.53
L ₄	香蒲 <i>Typha orientalis</i> 、大牛鞭草 <i>Hemarthria altissima</i> 、马蔺 <i>Iris</i> <i>lactea var. chinensis</i>	4	5	5	90	0.73	0.56	0.35

2.2 土壤理化性质及肥力特征

2.2.1 土壤水分和容重特征

由于取样地点跨度较大,土壤含水率差异较大,0~10 cm 土层含水率为 12.72%~66.07%,10~20 cm 土层含水率为 10.56%~49.75%,20~30 cm 土层含水率为 10.25%~43.37%,总体来看,各处理土壤含水率随着土层深度的增加呈现降低的趋

势,表层土壤含水率高,下层土壤含水率较低。低地草甸的表层土壤相对含水率较高,随着土层深度的增加,土壤含水率的下降幅度明显高于温性草甸草原。土壤容重的变化趋势与土壤含水率相反,整体表现为随着土层深度的增加,土壤容重呈现增加的趋势。温性草甸草原各土层土壤容重普遍高于低地草甸(表 3)。

表 2 植物群落地上生物量及根生物量特征

Table 2 Characteristics of aboveground and root biomass of community

处理	地上生物量干重/(g·m ⁻²)	根烘干重/(g·m ⁻²)			总重/g
		0~10 cm	10~20 cm	20~30 cm	
T ₁	189.72	490	60	70	620
T ₂	185.00	410	130	0	540
T ₃	137.60	740	140	30	910
T ₄	334.02	760	60	0	820
T ₅	377.00	390	110	150	650
T ₆	275.84	890	410	100	1400
T ₇	257.85	870	220	150	1240
T ₈	106.82	740	430	20	1190
T ₉	336.39	980	450	30	1460
T ₁₀	402.19	680	420	110	1210
L ₁	1 640.53	780	330	0	1110
L ₂	676.52	480	30	30	540
L ₃	662.83	920	300	0	1220
L ₄	751.74	720	400	40	1160

表3 土壤水分、容重特征

Table 3 Characteristics of soil moisture and bulk density

处理	土壤含水率/%			土壤容重/(g·cm ⁻³)		
	0~10 cm	10~20 cm	20~30 cm	0~10 cm	10~20 cm	20~30 cm
T ₁	14.18	13.65	12.19	1.36	1.39	1.48
T ₂	12.72	10.56	10.25	1.54	1.56	1.50
T ₃	20.22	18.39	16.36	1.19	1.33	1.41
T ₄	34.10	31.72	23.35	1.25	1.29	1.52
T ₅	14.08	12.39	11.88	1.46	1.48	1.48
T ₆	17.70	13.80	13.17	1.40	1.44	1.42
T ₇	40.37	28.93	25.22	1.09	1.17	1.20
T ₈	66.07	49.75	43.37	0.86	1.07	1.10
T ₉	36.86	33.62	32.48	1.21	1.07	1.28
T ₁₀	47.27	46.82	42.94	1.12	1.09	1.13
L ₁	49.74	18.60	14.32	1.12	1.21	1.29
L ₂	45.54	37.59	36.13	1.02	1.11	1.20
L ₃	49.10	41.00	39.46	1.02	1.04	1.13
L ₄	61.82	59.85	29.34	0.89	0.97	1.29

2.2.2 土壤pH值和电导率 各土层pH值和电导率的变化整体上均呈现出随着土层深度的增加,土壤pH值和电导率逐渐增大的趋势。温性草甸草原的土壤pH值为7.67~8.93,低地草甸的土壤pH值为8.34~9.14。10个温性草甸草原样方中,有5个

样方的土壤电导率低于100 $\mu\text{s}/\text{cm}$,高于100 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 的电导率范围为133.7~275 $\mu\text{s}/\text{cm}$,低地草甸的电导率为171.2~298 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 。整体特征表现为低地草甸的土壤pH值和电导率普遍高于温性草甸草原(图1)。

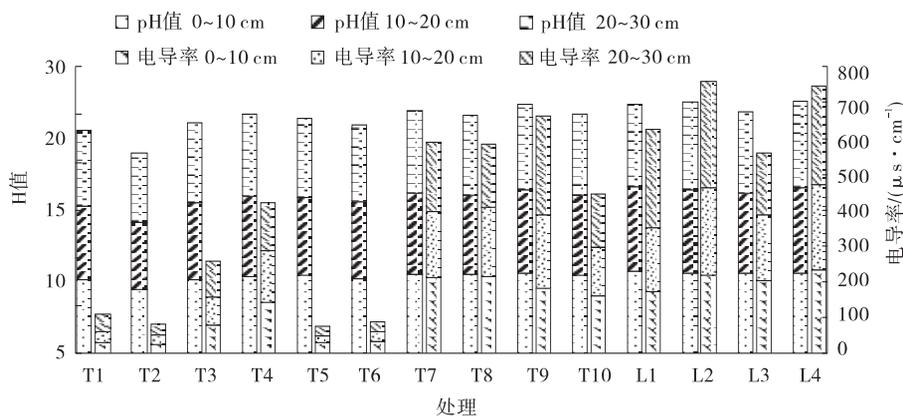


图1 各土层pH值和电导率

Fig. 1 pH value and electrical conductivity of each soil layer

2.2.3 土壤全氮和有机质含量 土壤全氮和有机质含量的变化趋势整体表现为随着土层深度的增加,全氮和有机质含量逐渐下降。温性草甸草原0~10 cm土层的全氮含量为0.808~3.907 g/kg,10~20 cm土层的全氮含量为0.489~2.521 g/kg,20~30 cm土层的全氮含量为0.493~2.598 g/kg;低地草甸0~10 cm土层的全氮含量为2.651~3.276 g/kg,10~20 cm土层的全氮含量为2.489~3.217 g/kg,20~30 cm土层的全氮含量为2.051~2.388 g/kg。温性草甸草原

0~10 cm土层的有机质含量为1.25%~4.32%,10~20 cm土层的有机质含量为1.03%~3.11%,20~30 cm土层的有机质含量为0.927%~2.53%;低地草甸0~10 cm土层的有机质含量为3.07%~3.94%,10~20 cm土层的有机质含量为2.39%~3.18%,20~30 cm土层的有机质含量为2.27%~2.5%,温性草甸草原土壤全氮和有机质含量的变化范围较大,综合来看,低地草甸土壤全氮和有机质含量整体高于温性草甸草原(图2)。

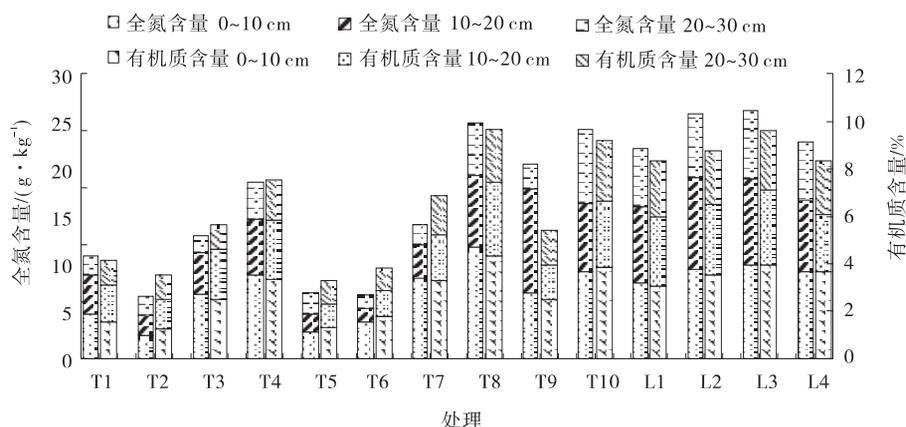


图2 各土层全氮和有机质含量

Fig. 2 Total nitrogen and organic matter contents in each soil layer

2.2.4 土壤养分与植物群落的相关性 土壤全氮和有机质含量随着土层深度的增加逐渐减少,0~10 cm 土层的土壤养分含量对植被影响较大。0~10 cm 土层全氮、有机质含量、含水率与群落个体总数存在显

著正相关性($P < 0.05$),与香农威纳多样性指数、均匀度指数存在显著负相关性($P < 0.05$),0~10 cm 土层含水率与物种数、丰富度指数的相关性达到显著水平($P < 0.05$)(表4)。

表4 0~10 cm 土层养分与植被群落的相关系数

Table 4 Correlation coefficient between nutrients in 0~10 cm soil layer and vegetation community

	个体总数	物种数	丰富度指数DMG	香农威纳指数	Pielou均匀度指数
0~10 cm 土层全氮	0.656*	-0.368	-0.465	-0.538*	-0.567*
0~10 cm 有机质	0.620*	-0.428	-0.512	-0.581*	-0.593*
0~10 cm 土层含水率	0.672**	-0.577*	-0.645*	-0.640*	-0.564*

注:*表示具有显著相关性($P < 0.05$)

3 讨论

3.1 典型草原植物群落特征

植被盖度及其变化是全球变化与陆地生态系统研究中最复杂的内容之一,是衡量草地退化的有效指标^[10],通过对草原植被盖度、群落组成的分析,能够直观地判断草原状况,调查发现典型温性草甸草原的群落物种数、丰富度指数、香农威纳指数均高于低地草甸,上、中、下层群落的盖度分布较均匀。所调查松嫩平原三个市县的天然未退化典型草原显示,植被盖度在75%~95%,多数集中于80%~85%。

牧草产量可判断草地生产状况和潜力,是评价草地资源价值的重要指标^[11-12],调查发现温性草甸草原的地上生物量普遍低于低地草甸。温性草甸草原的群落物种数较多,群落丰富度指数高,群落中层主要是豆科、菊科、毛茛科等单株冠幅较大的植物,所以群落盖度较高,但多度相对较低。低地草甸物种数较少,群落上、中层优势种基本为单株冠幅小的禾本科

植物,中层分布的豆科、菊科等冠幅较大的植物少,时有出现禾草+杂类草的群落类型,相邻植物之间的竞争强度相对较小,群落整体盖度较低,但是多度较高^[14],在本调查中表现为物种数相对较少的低地草甸的地上生物量较高。有研究认为水分胁迫限制了土壤养分的作用效果,表现为群落地上生物量增幅较小^[14]。这也解释了含水率较低的温性草甸草原地上部生物量低于含水率较高的低地草甸。

Fan等^[15]对中国草地17个类型的群落进行分析显示:大部分地下部生物量是集中在0~10 cm土层中的,调查结果显示随着土层深度的增加,地下部生物量逐渐减少。这与本调查结果一致:两种类型草原的植物根系主要分布在0~10 cm土层,并且随着土壤深度的增加,根系干重逐渐减小。MILCHUNAS等^[16]根据全球236个地点的数据进行回归分析,显示物种构成和根生物量之间没有关系。也与本调查结果具有相似性:分析得到0~30 cm根生物量与群落构成之间的相关性未达到显著水平。

3.2 典型草原土壤养分特征

石岳等^[17]对中国草地 131 个采样点共计 177 个样地进行分析,认为气候和土壤因子通过改变植被类型而影响牧草品质,对地上植被群落的调查是判断草原状况的直观方法,结合土壤状况的分析则更能说明草原现状。由于低地草甸是非地带性植被类型,土壤含水率相对较高,随着土层深度的增加,土壤含水率的下降幅度高于温性草甸草原。土壤中的水分通过促进土壤中养分的溶解,影响根系的延展,从而促进植被对土壤养分的吸收能力,低地草甸的 0~10 cm 土层含水率较高,可以促进浅层根系对养分的吸收利用,Li 等^[18]研究了 1982—2015 年气候变化对内蒙古草原净初级生产力的影响,结果表明:ANPP 与降水量呈正相关,表明降水量是影响草地恢复的主要气候因子。温性草甸草原各土层土壤容重普遍高于低地草甸,而土壤容重是土壤退化的指标之一^[19],土壤含水率的降低和容重的增加会导致生产力的降低和土壤化学性质的恶化,是高寒草地土壤物理性质对退化草地的主要响应^[20]。说明调查选取的地带性天然未退化温性草甸草原有退化的趋势。

随着土层深度的增加,各土层土壤 pH 值和电导率整体上均呈逐渐增大的趋势。在土壤含水率一定的情况下,电导率随着含盐量的增加而增加,二者符合线性函数关系^[21],低地草甸与温性草甸草原相比,其电导率偏高,土壤 pH 值变化范围为 8.34~9.14,已呈现碱性,说明低地草甸的土壤盐碱化程度较高。

土壤全氮和有机质含量的变化趋势整体表现为随着土层深度的增加,全氮和有机质含量逐渐下降,表层土壤养分含量较深层高,结果与于铁峰^[22]的研究相一致。低地草甸土壤全氮和有机质含量整体高于温性草甸草原,这也许与温性草甸草原较低含水率造成的水分胁迫有一定关系,温性草甸草原中处理 T₈、T₁₀ 的 0~30 cm 土层含水率较其他处理高,其全氮和有机质含量相对也高,说明水分对土壤养分影响很大。

3.3 植物群落特征与土壤养分的关系

氮在影响物种丰富度上扮演了最重要的角色^[23],0~10 cm 土层全氮、有机质含量、含水率与群落个体总数存在显著正相关性($P < 0.05$),说明群落密度受表层土壤养分的影响较大,植物种群内部个体的差异

在很大程度上是通过群落物种之间的密度相互制约作用而发生变化的^[24],土壤中氮素和有机质的含量直接影响着物种构成,喜氮种群在氮含量较低时演替退化,群落中豆科植物的存在可以提高土壤氮素利用率,从而使喜氮种群生物量增加,有助于增加群落植物多样性,但是多样性的增加又可能导致种间、种内竞争强度的增加,抑制多样性的增加,从而导致物种丰富度下降^[25],调查分析发现 0~10 cm 土层全氮、有机质含量与群落香农威纳多样性指数、均匀度指数均存在显著负相关性($P < 0.05$),多样性指数是反映群落物种丰富度和均匀度的综合性指标,说明群落物种多样性的增加会减少表层土壤全氮、有机质含量,这与白可喻等人的研究结论一致^[26]。含水率与物种数、丰富度指数、香农威纳多样性指数、均匀度指数均存在显著负相关性($P < 0.05$),有研究认为,土壤含水量是影响群落丰富度以及多样性最为关键的生态因子^[27]。含水量较高时,禾本科植物成为优势种,这些处于群落上层的禾本科植物成为优势种后,处于群落中层的豆科植物、群落下层的莎草科、杂类草等植物得不到有效光照,导致群落物种数、植物多样性下降。

4 结论

典型温性草甸草原的群落物种数、丰富度指数、香农威纳指数均高于低地草甸,上、中、下层群落分布较均匀。地上部生物量表现为低地草甸高于温性草甸草原。低地草甸的土壤 pH 值和电导率、全氮和有机质含量整体普遍高于温性草甸草原,土壤容重普遍低于温性草甸草原。0~10 cm 土层全氮、有机质含量、含水率与群落个体总数存在显著正相关性($P < 0.05$),与多样性指数、均匀度指数显著负相关($P < 0.05$)。调查的松嫩平原天然未退化典型草原的群落盖度仍保持较高水平,群落密度受表层土壤养分的影响较大;地带性温性草甸草原的物种多样性要优于非地带性的低地草甸,但土壤养分状况不及低地草甸。本研究明确了松嫩平原天然未退化典型草原的群落特征与土壤养分的关系,为今后针对不同类型草原选取适宜开发利用方式提供了科学依据。

参考文献:

[1] 李建东,方精云. 中国草地生态保障与食物安全战略研究

- (第三卷)[M]. 北京:科学出版社,2017.
- [2] Kang Le, Han Xingguo, Zhang Zhibin, *et al.* Grassland ecosystems in China: review of current knowledge and research advancement [J]. Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences, 2007, 362(1482): 997–1008.
- [3] Kim M K, Henry H A L. Net ecosystem CO₂ exchange and plant biomass responses to warming and N addition in a grass-dominated system during two years of net CO₂ efflux [J]. Plant and Soil, 2013, 371: 409–421.
- [4] 高嵩. 增温和氮素添加对松嫩草原羊草群落结构和功能的影响[D]. 长春:东北师范大学, 2012.
- [5] 张新时, 高琼, 杨奠安, 等. 全球变化研究的中国东北样带 (NECT) 分析及模拟 [J]. 中国科学院院刊, 1997(3): 195–199.
- [6] 邹雪辉. 松嫩盐碱化草地景观植被斑块的生态效应与动态机制[D]. 长春:东北师范大学, 2015.
- [7] 中华人民共和国农业部. NY/T 2997–2016 草地分类 [S]. 北京:中国农业出版社, 2016.
- [8] 鲍士旦. 土壤农化分析(第三版)[M]. 北京:中国农业出版社, 2000.
- [9] 杨利民, 韩梅, 李建东. 中国东北样带草地群落放牧干扰植物多样性的变化 [J]. 植物生态学报, 2001, 25(1): 110–114.
- [10] 潘耀忠, 李晓兵, 何春阳. 中国土地覆盖综合分类研究——基于 NOAA/AVHRR 和 Holdridge PE [J]. 第四纪研究, 2000(3): 270–281.
- [11] Kawamura K, Watanabe N, Sakanoue S, *et al.* Estimating forage biomass and quality in a mixed sown pasture based on partial least squares regression with waveband selection [J]. Grassland Science, 2008, 54(3): 131–145.
- [12] Yu L, Zhou L, Liu W, *et al.* Using Remote Sensing and GIS Technologies to Estimate Grass Yield and Livestock Carrying Capacity of Alpine Grasslands in Golog Prefecture, China [J]. Pedosphere, 2010, 20(3): 342–351.
- [13] 邓燕, 李钊, 姚树冉, 等. 不同程度退化草地的植被土壤特征及其相互间的关系 [J]. 草业科学, 2021, 38(7): 1260–1269.
- [14] 王洪义, 常继方, 王正文. 退化草地恢复过程中群落物种多样性及生产力对氮磷养分的响应 [J]. 中国农业科学, 2020, 53(13): 2604–2613.
- [15] Fan Jiangwen, Zhong Huaping, Warwick H, *et al.* Carbon storage in the grasslands of China based on field measurements of above- and below-ground biomass [J]. Climatic Change, 2008, 86(3/4): 375–396.
- [16] Milchunas D G, Lauenroth W K. Quantitative Effects of Grazing on Vegetation and Soils Over a Global Range of Environments [J]. Ecological Monographs, 1993, 63(4): 327–366.
- [17] 石岳, 马殷雷, 马文红, 等. 中国草地的产草量和牧草品质: 格局及其与环境因子之间的关系 [J]. 科学通报, 2013, 58(3): 226–239.
- [18] Li Hui, Hong Ying, Deng Guorong, *et al.* Impacts of climate change and human activities on net primary productivity of grasslands in Inner Mongolia, China during 1982–2015. [J]. The Journal of Applied Ecology, 2021, 32(2): 415–424.
- [19] Feng, Rui Zhang, Long, *et al.* Establishment of *Elymus natans* improves soil quality of a heavily degraded alpine meadow in Qinghai–Tibetan Plateau, China [J]. Plant & Soil, 2010, 327(1/2): 403–411.
- [20] 詹天宇, 侯阁, 刘苗, 等. 青藏高原不同退化梯度高寒草地植被与土壤属性分异特征 [J]. 草业科学, 2019, 36(4): 1010–1021.
- [21] 徐志闻, 刘亚斌, 胡夏嵩, 等. 基于水分和原位电导率的西宁盆地盐渍土含盐量估算模型 [J]. 农业工程学报, 2019, 35(5): 148–154.
- [22] 于铁峰, 郝凤, 张永亮, 等. 沙地豆禾混播草地土壤酶与土壤养分对混播比例的响应 [J]. 草地学报, 2021, 29(6): 1217–1223.
- [23] Ren Zhengwei, Li Qi, Chu Chengjin, *et al.* Effects of resource additions on species richness and ANPP in an alpine meadow community [J]. Journal of Plant Ecology, 2010, 3(1): 25–31.
- [24] 李雪林, 张爱峰, 吴忠祥, 等. 老芒麦种群密度制约特性初探 [J]. 青海草业, 2001(2): 9–11+16.
- [25] 杨路存, 刘何春, 李长斌, 等. 氮磷钾不同施肥配方对退化高寒草原植物群落结构的影响 [J]. 生态学杂志, 2015, 34(1): 25–32.
- [26] 白可喻, 戎郁萍, 杨云卉, 等. 北方农牧交错带草地生物多样性与草地生产力和土壤状况的关系 [J]. 生态学杂志, 2013, 32(1): 22–26.
- [27] 郝文芳, 杜峰, 陈小燕, 等. 黄土丘陵区天然群落的植物组成、植物多样性及其与环境因子的关系 [J]. 草地学报, 2012, 20(4): 609–615.

Study on soil and vegetation characteristics of main grassland types in western Heilongjiang Province

FANG Yu-feng¹, CAO Zhi-wei^{1*}, HAN Qin¹, YAN Dun-liang¹, REN Xiu-bin¹, WEN Bao-yang¹, GAO Ye¹, TANG Yu-jia², ZOU Chun-ming³

(1. Qiqihar Branch Heilongjiang Academy of Forestry Sciences, Qiqihar 161000, China; 2. Forestry and Grassland Administration of Zhaodong, Suihua 151100, China; 3. Forestry and Grassland Administration of Lindian, Daqing 166300, China)

Abstract: **[Objective]** The aim of the study is to clarify the soil and vegetation status of undegraded grassland in Songnen Plain, and provide scientific basis for the protection of natural grassland ecosystem and sustainable use of grassland in Songnen Plain. **[Method]** In this study, the typical natural grassland of enclosure in Dumeng, Lindian and Zhaodong of the Songnen Plain in western Heilongjiang province was selected for sampling analysis within the quadrat, The community composition, changes of soil characteristics were also investigated and, the relationship between community composition and soil characteristics were analyzed. **[Result]** According to the site type and vegetation characteristics, the undegraded natural grassland was divided into temperate meadow grassland and low-land meadow. The results showed that species number, richness index and Shannon-Wiener index of temperate meadow grassland were higher than those of low-land meadow. The distribution of upper, middle and lower communities was uniform. The soil pH value and conductivity of low-land meadow were generally higher than those of temperate meadow grassland. Soil bulk density was lower than that of temperate meadow grassland. The aboveground biomass, the contents of total nitrogen and organic matter of temperate meadow grassland were generally lower than those of low-land meadow. Soil moisture content was negatively correlated with species number and richness index. **[Conclusion]** The community coverage of natural non-degraded typical steppe in Songnen Plain was still at a high level, and the community density was greatly affected by surface soil nutrients. The species diversity of zonal temperate meadow grassland was better than that of non-zonal low-land meadow, but the soil nutrient status was lower than that of low-land meadow.

Key words: Songnen Plain; temperate meadow grassland; low-land meadow; community composition; total nitrogen; content of organic matter