

退化沙质草地植物群落 物种多样性与土壤肥力的关系

文海燕¹, 傅 华¹, 赵哈林²

(1. 兰州大学草地农业科技学院 甘肃草原生态研究所, 甘肃 兰州 730020;

2. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 甘肃 兰州 730000)

摘要:研究了科尔沁退化沙质草地不同沙漠化阶段物种多样性的变化,以及不同植被类型物种多样性与土壤肥力的相互关系。结果表明,沙质草地沙生植被的多样性指数很低,从固定沙丘到流动沙丘,草本层 Shannon-Wiener 多样性指数、Simpson 指数和 Margalef 丰富度指数均降低;0~10 cm 表层土壤各因子对多样性的影响不同,有机碳、全氮、全磷、有效氮与 Shannon-Wiener 多样性指数、Simpson 指数和 Margalef 丰富度指数达到显著($P < 0.05$)或极显著($P < 0.01$)相关关系,而 Pielou 均匀度指数与这几种土壤肥力指标均无显著相关关系。土壤速效磷和 pH 值与多样性指数也无显著相关关系。

关键词:植被;土壤;分布特征;多样性

中图分类号: S812.4

文献标识码: A

文章编号: 1001-0629(2008)10-0006-04

^{*} 在土壤-植被系统中,土壤和植被是相互依存的 2 个因子,植被影响土壤,土壤制约植被^[1]。土壤与植物组成性状之间的相互关系也是非常复杂的,研究结果也缺乏一致的规律性。现有这方面研究多涉及了森林群落^[1]、绿洲荒漠群落过渡带^[2]、典型草原群落^[3]以及盐渍化沙地^[4],对退化沙质草地的植物多样性与土壤肥力的研究较少。为此,以沙漠化严重的科尔沁沙地退化沙质草地为对象研究了植物群落物种多样性变化与土壤肥力的关系,旨在从土壤养分状况的角度,探讨物种多样性对土壤养分变化的响应及相互关系,为该区域的生物多样性保护和退化沙质草地的恢复提供理论指导。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况 研究区位于科尔沁沙地中南部的奈曼旗境内,地理位置为:北纬 $42^{\circ}14'$ ~ $43^{\circ}32'$,东经 $120^{\circ}19'$ ~ $121^{\circ}35'$ 。该区具有明显的大陆性温带半干旱气候的特点。年均温 6.4°C ,年均降水量 364.2 mm,年均蒸发量 1 932 mm。地貌以平缓起伏的固定沙丘、半固定沙丘、流动沙丘和平坦开阔的大片沙质草甸相间交错为特征。土壤主要为风沙土,沙质栗钙土和草甸土。其成土母质多为冲积物和风积物。土壤的主要特点是

质地粗、沙性大、养分状况差^[5]。从植被的地带性分析,奈曼旗中部处于典型草原地带,其原生植被为疏林草原。但是由于长期人为的强烈干扰和破坏,植被表现出强烈的次生性。大部分已为半隐域性的沙生植被和隐域性的草甸植被所代替。流动沙丘植被盖度 $< 15\%$,主要种为沙蓬 *Agriophyllum squarrosum*,有分散的差巴嘎蒿 *Artemisia halodendron* 分布;半固定沙丘植被盖度 $< 30\%$,优势种有小叶锦鸡儿 *Caragana microphylla* 和差巴嘎蒿,伴生有一年生的狗尾草 *Setaria viridis*、猪毛菜 *Salsola collina* 和五星蒿 *Bassia hyssopifolia* 等;固定沙丘植被盖度为 $50\% \sim 70\%$,优势种有小叶锦鸡儿,及一年生的黄蒿 *A. scoparia*、狗尾草、猪毛菜和灰绿藜 *Chenopodium glaucum* 等。

1.2 研究方法

1.2.1 植被调查 在野外选取处于流动沙丘、半固定沙丘和固定沙丘的 3 个典型群落样地进行调查。每群落样地上取互相平行的 3 条样线,样线

· 收稿日期:2008-01-11

基金项目:国家自然科学基金项目(30671485);国家重点基础研究规划资助项目(G2000048704)

作者简介:文海燕(1979-),女,江西永新人,助教,硕士,主要从事土壤学和恢复生态学的研究。

长度 150 m,样线间距 50 m。在每条样线上间隔 20 m 设立一个 5 m×5 m 的灌木样方。在灌木样方内,沿相同方向和距离设立一个 1 m×1 m 的草本样方。每群落类型包括灌木样方 21 个,草本样方 21 个。在 2002 年 8 月进行植被调查,详细记录每个样方出现的植物种,并测定盖度和每种植物的个体高度、盖度、密度,然后采用收获法测定草本样方的地上生物量(沿地面剪下植物鲜样,在 80 ℃下烘干 24 h 后的干质量)。

1.2.2 土壤取样分析 在草本样方内采用土钻法采集 0~10 cm 层土样 3 个,将其充分混合后,取适量土样进行室内分析。有机碳用重铬酸钾氧化—外加热法,全氮用凯氏法(意大利产 DK6,UDK140 分析仪);全磷用高氯酸,硫酸消化—钼锑抗比色法(日产 UV-1601 分光光度计);水解氮用碱解扩散法;速效磷用 0.5 mol/L 碳酸氢钠浸提—钼锑抗比色法^[6,7];土壤 pH 值用德产 MultilineF/SET-3 分析仪直接测定(1:1 水土比悬液)。

1.2.3 数据分析

1)重要值(IV)=(相对高度+相对盖度+相对密度+相对质量)

2)α 多样性指数

Shannon-Wiener 信息指数:

$$H=-\sum_{i=1}^s P_i \ln P_i$$

Simpson 指数: $D=1-\sum_{i=1}^s P_i^2$

Margalef 丰富度指数: $D_{Ma}=\frac{S-1}{\ln N}$

Pielow 均匀度指数: $J=\frac{H}{\ln S}$

其中,S 代表物种数目, $P_i=n_i/N$ 代表第 i 种的相对个体数, n_i 为第 i 种的个体数, N 为群落中所有种的个体数之和。研究中, P_i 采用各个种的重

要值来代替。

3)用 Spearman's 秩相关分析描述草本植物与土壤性状的关系。

Spearman's 秩相关系数是相关分析中应用最为广泛的非参数方法,Spearman's 秩相关系数 r_s 显著性检验的统计量的计算公式为:

$$r_s=1.0-\frac{6\sum d^2}{n^3-n}$$

$$t=r_s\sqrt{\frac{n-2}{1.0-r_s^2}}$$

式中, d 为两组变量对应值的差, n 为两组变量对应的观测值数目。

2 结果与分析

2.1 退化沙质草地土壤养分变化 表 1 是退化沙质草地不同沙漠化阶段的土壤(0~10 cm)养分含量分析结果。从表中可以看出,从固定沙丘到流动沙丘,全量养分依次下降,从固定沙丘到半固定沙丘、从半固定沙丘到流动沙丘,表层土壤中有机碳含量的降幅为 36%和 72%;全氮含量的降幅为 30%和 59%;全磷含量的降幅为 11%和 42%;其中从半固定沙丘到流动沙丘的过程中,全量养分的降幅最大。

2.2 退化沙质草地植物群落的物种多样性

群落的物种多样性直接或间接体现了群落结构类型、组织水平、发展阶段、稳定程度、生境差异等^[2],从表 2 可看出,从固定沙丘到流动沙丘,草本层 Shannon-Wiener 多样性指数、Simpson 指数和 Margalef 丰富度指数均降低,说明群落组成逐渐趋于简单化;其中草本层的多样性指数在固定沙丘达到最大。从多样性指数来看,沙生植被的多样性指数较低,这就说明群落的物种结构相对简单,群落的稳定性低,对外界干扰反映敏感。Pielou 均匀度指数无明显变化。

表 1 退化沙质草地土壤养分含量

生境	有机碳(g/kg)	全氮(g/kg)	全磷(g/kg)	速氮(mg/kg)	速磷(mg/kg)	pH 值(H ₂ O)
固定沙丘	2.13 ^a ±0.95	0.240 ^a ±0.109	0.148 ^a ±0.270	14.5 ^a ±4.9	8.6 ^a ±5.4	7.25 ^a ±0.19
半固定沙丘	1.36 ^b ±0.69	0.169 ^b ±0.072	0.132 ^{ab} ±0.035	11.0 ^b ±4.2	7.0 ^a ±2.7	7.24 ^a ±0.17
流动沙丘	0.38 ^c ±0.07	0.070 ^c ±0.013	0.076 ^c ±0.018	6.7 ^c ±2.1	5.1 ^b ±1.3	7.45 ^b ±0.19

注:同列不同字母表示差异显著($P<0.05$),相同字母表示差异不显著。

表 2 退化沙质草地植物群落 α 多样性特征

生境	群落分层	α 多样性指数			
		<i>H</i>	<i>D</i>	<i>J</i>	<i>D</i> _{Mh}
固定沙丘	草本层	1.98±0.16	0.85±0.02	0.78±0.06	1.20±0.18
	灌木层	0.72±0.39	0.52±0.12	0.82±0.36	0.49±0.21
半固定沙丘	草本层	1.84±0.22	0.81±0.05	0.81±0.09	0.99±0.15
	灌木层	0.62±0.32	0.47±0.11	0.78±0.35	0.38±0.21
流动沙丘	草本层	0.88±0.25	0.63±0.10	0.83±0.08	0.57±0.18
	灌木层	0.44±0.38	0.38±0.15	0.56±0.46	0.25±0.23

2.3 草本层物种多样性与土壤肥力多元相关分析 草本层物种多样性指数和土壤 0~10 cm 表层肥力的相关分析表明,退化沙质草地草本层植物物种多样性和土壤肥力之间的关系密切,除速效磷和 pH 值外,Shannon-Wiener 多样性指

数、Simpson 指数和 Margalef 丰富度指数与有机质、全氮、全磷和有效氮达显著($P<0.05$)或极显著($P<0.01$)相关关系;Pielou 均匀度指数与土壤肥力之间无显著相关关系(见表 3)。

表 3 草本层物种多样性与土壤肥力的 Spearman's 秩相关系数(双尾 *t* 检验概率)

α 多样性指数	有机碳	全氮	全磷	有效氮	速效磷	pH 值
Shannon-Wiener 指数	0.453**	0.441**	0.393**	0.392**	0.160	-0.211
Simpson 指数	0.360**	0.349**	0.290*	0.309*	0.122	-0.152
Pielou 指数	-0.072	-0.050	-0.093	-0.072	0.049	0.137
Margalef 指数	0.384**	0.395**	0.354**	0.347**	0.086	-0.186

注: * 表示差异显著($P<0.05$), * * 表示差异极显著($P<0.01$)。

3 讨论和结论

3.1 关于物种多样性 与温带其它植被类型的物种多样性相比较,科尔沁沙地植物群落多样性较低。就 Shannon-Wiener 指数 *H* 而言,北京东灵山地区森林群落为 1.916 5~3.284 4^[8],华北落叶松群落为 2.860~4.576^[9],暖温带落叶阔叶林为 3.66~4.35^[10],原生榆树疏林为 2.10~5.20^[11],等等。而科尔沁沙地植物群落 Shannon-Wiener 指数为 1.32~2.70,这与科尔沁沙地沙漠化已严重发展有关。但是与其它地区相比,科尔沁沙地植物群落 Shannon-Wiener 指数明显高于新疆绿洲过渡荒漠带^[2],毛乌素沙地不同生境灌丛群落^[12]与内蒙古锡林河流域草原群落相当^[3],这可能是由于科尔沁沙地水热条件好,其自然条件比较优越。

Pielou 均匀度指数是指群落内各物种的相对多度。群落内各物种的个体数(或重要值等)越接近,均匀度越大,反之越小。较高的均匀度指数应该说是群落发展(进展演替)到一定阶段的结果,群落的均匀度指数越高,各层次相互的差异越不

显著,说明群落的稳定性越高^[13-15]。从表 2 中看出,从固定沙丘到流动沙丘,Pielou 均匀度指数无明显变化,说明沙质草地植物群落的稳定性差,生态系统脆弱。

3.2 物种多样性与土壤肥力的关系 有关物种多样性指数与土壤肥力的关系,存在不同看法。白永飞等^[3]和李新荣等^[16]对锡林河流域和沙坡头人工植被植物群落的研究表明,物种丰富度和多样性指数与土壤有机碳及全氮含量呈正相关。张林静^[2]对新疆阜康荒漠过渡带植物群落物种多样性与土壤环境因子的耦合关系的研究结果表明新疆阜康荒漠过渡带植物群落物种多样性在土壤有机质含量约 0.28%时最高,处在梯度的中间水平。而本文的结果仅表明沙质草地草本植物物种多样性与土壤有机碳、全氮、全磷和有效氮呈正相关。

0~10 cm 表层不同土壤指征对多样性的影响不同,有机碳、全氮、全磷、有效氮与 Shannon-Wiener 多样性指数、Simpson 指数和 Margalef 丰富度指数达到显著($P<0.05$)或极显著($P<0.01$)正相关水平,而 Pielou 均匀度指数与这几种

土壤肥力指标均无显著相关关系。

土壤与植被作为一个整体系统,各种因子之间相互联系、共同作用。本文仅分析了 0~10 cm 土壤表层单个土壤因素与草本植物多样性的关系,土壤各种盐分离子、土壤含水量、10 cm 以下土层的土壤与植物的相互作用有待进一步研究。

参考文献

- [1] 安树青,王峥峰,朱学雷. 土壤因子对次生森林群落物种多样性的影响[J]. 武汉植物学研究, 1997, 15(2): 143-150.
- [2] 张林静,岳明,顾峰雪,等. 新疆阜康绿洲荒漠过渡带植物群落物种多样性与土壤环境因子的耦合关系[J]. 应用生态学报, 2002, 13(6): 658-662.
- [3] 白永飞,李陵浩,王其兵,等. 锡林河流域草原群落植物多样性和初级生产力沿水热梯度变化的研究[J]. 植物生态学报, 2000, 24(6): 667-673.
- [4] 刘克彪. 盐渍化沙地土壤旱化过程中植被的变化[J]. 草业科学, 2005, 22(10): 7-10.
- [5] 赵存玉,王涛,董治宝,等. 科尔沁沙地草场物种多样性特征及其与生境的关系[J]. 草业科学, 2007, 24(10): 11-18.
- [6] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海: 上海科技出版社, 1978. 7-59.
- [7] 严昶升. 土壤肥力研究方法[M]. 北京: 农业出版社, 1988.
- [8] 马克平,黄建辉,于顺利,等. 北京东灵山地区植物群落多样性的研究 II 丰富度,均匀度和物种多样性指数[J]. 生态学报, 1995, 15(3): 268-277.
- [9] 侯庸,王桂青,张良. 华北落叶松群落与土壤肥力的关系[J]. 河北大学学报(自然科学版), 2001, 21(3): 310-315.
- [10] 谢晋阳,陈灵芝. 暖温带落叶阔叶林的物种多样性特征[J]. 生态学报, 1994, 14(4): 337-344.
- [11] 杨利民,周广胜,王国宏,等. 人类活动对榆树疏林土壤环境和植物多样性的影响[J]. 应用生态学报, 2003, 14(3): 321-325.
- [12] 陈仲新,谢海生. 毛乌素沙地景观生态类型与灌丛生物多样性初步研究[J]. 生态学报, 1994, 14(4): 345-354.
- [13] 高贤明,马克平,陈灵芝. 暖温带若干落叶阔叶林群落物种多样性及其与群落动态的关系[J]. 植物生态学报, 2001, 25(3): 283-290.
- [14] 王长庭,龙瑞军,丁路明,等. 草地生态系统中物种多样性,群落稳定性和生态系统功能的关系[J]. 草业科学, 2005, 22(6): 1-7.
- [15] 郑华平,陈子萱,王生荣,等. 施肥对玛曲高寒沙化草地植物多样性和生产力的影响[J]. 草业学报, 2007, 16(5): 34-39.
- [16] 李新荣,张景光,刘立超,等. 我国干旱沙漠地区人工植被与环境演变过程中植物多样性的研究[J]. 植物生态学报, 2000, 14(3): 257-261.

The relationship between plant species biodiversity and soil fertility in degraded sandy grassland

WEN Hai-yan¹, FU Hua¹, ZHAO Ha-lin²

(1. College of Pastoral Agricultural Science and Technology, Lanzhou University, Lanzhou 730020, China; 2. Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China)

Abstract: Based on a series of field investigation into psammophytic vegetation in Horqin sandy land and laboratory analysis of soil properties, the relationship between biodiversity and soil fertility characteristics were analyzed. The results showed that plant diversity indices were low in Horqin sandy grassland. There was different effect of soil fertility (0~10 cm layer) on species diversity. Soil organic C, total N, total P, available N had significant or very significant positive correlation with Shannon-Wiener, Simpson, Margalef diversity indices, but no significant relation with Pielou diversity index. Available P and pH had no significant correlation with diversity indices.

Key words: vegetation; soil; distribution characteristics; diversity