

荒漠草地物种多样性的水分特征研究^{*}

徐海量^{1,2}, 乔 木¹, 艾合买提·那尤溥¹, 周生斌¹, 刘嫦娥², 孙重久²
(¹ 中国科学院新疆生态与地理研究所, 新疆 乌鲁木齐 830011; ² 新疆农业大学草业科学系, 新疆 乌鲁木齐 830053)

摘 要: 通过在伊犁河谷山前倾斜平原荒漠草地开展的不同灌溉量草地恢复试验, 对测试的试验地内草地植物物种多样性指数和灌溉水量之间的关系进行了初步的研究。结果显示: 在荒漠草地, 水分是影响草地植物长势的重要限制因子, 随着水分条件的转好, 植被盖度和蒿类的分盖度均有显著的提高, 草地植物的生物量和群丛高度均显著增加; 随着灌溉量的增加, Simpson 指数、Shannon Wiener 指数、Pielou 指数和 Margalef 指数均出现递增的趋势, 其中每增加 1 kg/d 水量, Simpson 指数将增加 0.021, 表明在温性荒漠草原生物多样性指数对水量变化的灵敏度较高。

关键词: 荒漠草地; 植物多样性; 水分特征
中图分类号: S 152.7⁺5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2006)02-0105-05

温性荒漠草地是新疆分布面积较广的一个草地类型, 主要分布从北疆山前平原到中低山带, 到南疆则上升到中山到亚高山带, 总面积 629.86×10⁴ hm², 可利用面积 580.97×10⁴ hm²。它是在干旱、半干旱气候条件下形成的, 是草原草地中最干旱的类型^[1]。随着草地退化现象的日益严重, 新疆春秋草场严重不足的问题也日益突出, 并已成为影响新疆畜牧业发展的重要瓶颈。而作为重要的春秋牧场, 以蒿类半灌木为代表的荒漠草地中草地载畜量具有较大的发展潜力^[2~5], 为此国内外许多学者对此进行了深入的研究, 如: 司马义对伊犁绢蒿的再生生物学特性进行了分析; 许鹏对天山北坡低山带复合结构的伊犁绢蒿群落演化的方向进行过研究; 汪诗平对内蒙古蒿属草地放牧强度对多样性指数的影响进行过分析等等^[6~9]。但是对针对温性荒漠草地物种多样性变化水分特征的定量试验开展得较少。本文试图通过在伊犁河谷山前倾斜平原开展的不同灌溉水量的草地生态恢复试验, 就恢复温性荒漠草地物种多样性的水分特征进行了初步的探讨, 力争为本地区草地生态恢复提供依据。

1 试验方法

在查布查尔县山前倾斜平原区典型温性荒漠草地的严重退化草场上布设不同水分条件的试验地; 选取 1×1 m² 的试验地 28 块, 采取不同水量的灌溉试验, 灌溉量以无灌水、1.2 kg/d、1.7 kg/d、2.2

kg/d、2.7 kg/d、3.2 kg/d、3.7 kg/d、4.2 kg/d、4.7 kg/d、5.2 kg/d、6.2 kg/d、7.2 kg/d、8.5 kg/d、10.2 kg/d 不等, 每个样地试验重复 1 次; 整个试验从 2004 年 3 月开始至 2004 年 10 月底结束, 定期测定土壤的水分和养分; 同时对每块试验地的植物进行定期监测, 监测内容包括: 地表生物量、植物盖度、植物种类、各类植物个数、高度、多度、密度、频度等。

2 分析方法

本文利用 SPSS 软件进行不同水分条件与生物多样性指数的回归和相关分析, 利用曲线拟合的方法进行回归模型分析, 具体为通过对曲线不同方程进行检验选取相关性和显著性最优的方程; 在对不同水分条件下的生物多样性指数计算中, 根据本文研究的内容选取优势度 Simpson 指数、多样性信息度 Shannon Wiener 指数、均匀度 Pielou 指数和丰富度 Margalef 指数进行计算^[8~10], 计算公式分别为:

Simpson 优势度指数计算公式为:

$$D_1 = 1 - \sum [N_i(N_i - 1) / (N(N - 1))] \quad \text{或} \quad D_1 = 1 - \sum P_i^2 \quad (1)$$

Shannon-Wiener 指数:

$$H' = - \sum P_i \ln P_i \quad (2)$$

Pielou 均匀度指数:

$$J = (- \sum P_i \ln P_i) / \ln S \quad (3)$$

Margalef 丰富度指数: $M = \frac{S - 1}{\ln N} \quad (4)$

^{*} 收稿日期: 2005-04-12
基金项目: 国家自然科学基金(30470329); 新疆维吾尔自治区计委伊犁林业科技生态示范项目。
作者简介: 徐海量(1971-), 男, 江苏宝应人, 博士, 副研究员, 主要从事干旱区生态环境研究。E-mail: xuhaili1001@sohu.com。
(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

式中, P_i —种 i 的相对重要值(相对高度 + 相对盖度); S —种 i 所在样方的物种总数; N —样方中记录的个体总数, N_i —第 i 种的个体总数;

3 结果与分析

伊犁河谷的山前倾斜平原分布有大量温性荒漠天然草场, 其中在查布查尔县附近主要是以蒿类半灌木丛生禾草组为主要草地类型, 建群植物以伊犁绢蒿(*Seriphidium transilense*)、短柱苔草(*Carex turkestanica*)、木地肤(*Kochia prostrata*)、反枝苋(*Amaranthus retroflexus*) 等, 生态经济类群属蒿类

半灌木 + 小莎草型。
3.1 退化草地物种多样性调查

大面积巢式样方被认为是草地群落多样性调查的有效方法, 李永宏等认为 8m^2 是内蒙古草原特征分析的表现面积, 而阳含熙等则认为研究较多的样地而不是增大样地的大小, 对于提高取样的准确性将更为有益。因此, 本试验根据伊犁河谷山前倾斜平原的特点, 采用在 $2\,000\times 2\,000\text{m}^2$ 大小范围内, 用 $1\times 1\text{m}^2$ 的样圈随机扔 40 次, 记录圈中植物名称, 统计出现过的植物与种类, 并对数据进行数理统计处理(见表 1)

表 1 草场生物多样性基本状况调查表
Table 1 The investigate to diversity in desert grassland

项 目 Item	盖度 Coverage	蒿子分盖度 Coverage of <i>Seriphidium</i>	种类数 Number of species	多样性指数 Biodiversity index			
				辛普森指数 Simpson index	香农 威纳指数 Shannon Wiener index	Pielou 指数 Pielou index	Margalf 指数 Margalf index
平均 Average	0.193	0.140	3.333	0.303	0.512	0.368	0.641
标准差 Sd	0.043	0.022	0.577	0.085	0.167	0.105	0.180
偏差系数 Deviation coefficient	0.830	1.190	1.732	1.143	— 0.748	0.250	1.213
离异系数 Variability	0.226	0.154	0.173	0.279	0.326	0.286	0.280
置信区间 Confidence(0.95)	± 0.069	± 0.034	± 0.857	± 0.105	± 0.207	± 0.131	± 0.223

从表 1 看, 本地区由于气候干燥、降水稀少, 加之土壤瘠薄(一般土层厚度在 50~ 90 cm), 保水性较差, 草地退化现象非常严重。草从平均高度不足 18 cm, 平均盖度 19.3%, 鲜草产量 $785.75\text{kg}/\text{hm}^2$; 植物种类稀少, 一般样圈内只有 3~ 5 种植物, 主要建群植物以早生的伊犁绢蒿、木地肤和短柱苔草为主, 其中伊犁绢蒿的分盖度平均为 14.0%, 生殖枝长度一般在 10 cm 以下, 而通过对 40 个样圈调查的植物生物多样性指数的统计结果看, 4 个多样性指数都处在一个较低的水平上。

3.2 不同灌溉水量后的草地植被的变化

从上面的分析看, 目前在查布查尔山前倾斜平原面积广阔的温性荒漠草原草地退化严重, 考虑到当地特殊的生态环境条件, 我们采取了不同灌溉水量的草地生态恢复试验, 通过试验后, 不同水分梯度的样地内草地植物出现了明显的变化(见图 1)。

图 1 是对监测的 14 个试验地内不同灌溉水量条件下草地植被盖度的变化趋势, 从试验结果看, 随着水分条件的好转, 草地盖度明显升高, 其中样地总盖度与灌溉水量之间表现出很好的相关性, 植被盖度随水分的增加呈现指数的递增趋势, 回归方程为 $Y = 0.1906e^{0.118x}$, $R^2 = 0.6483$, $P < 0.001$; 而代表性植物伊犁绢蒿的分盖度与试验地总盖度的变化趋

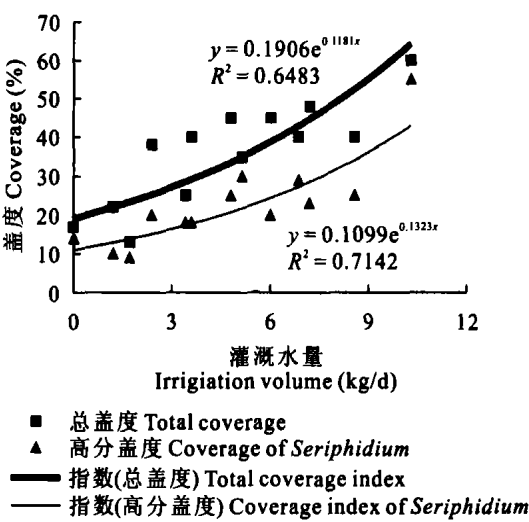


图 1 不同灌溉水量条件下植被盖度和蒿子分盖度变化趋势

势基本一致, 并且显著性水平也满足极显著水平。另外, 草地生物量也出现随水分条件的变化明显增加的趋势, 鲜草产量从 $785.75\text{kg}/\text{hm}^2$ 增加到 $1\,593.04\text{kg}/\text{hm}^2$, 伊犁绢蒿的生殖枝长度也分别增加到从 $8.75\pm 2.765\text{cm}$ 增加到最多样地的 $22.34\pm 4.334\text{cm}$ (0.05 显著性水平)。而从试验地草地植物

变化看,最突出的是植物种类的大量增加和物种多样性指数的变化上。

3.3 不同水分条件植物物种多样性的变化

对于旱、半干旱地区植物物种多样性随水分条件变化的现象,国内外很多学者都开展了深入的研究^[10~15],其中Chris B J 等^[16]从恢复退化草地的试

验中提出通过灌溉的方式来恢复草地植物的多样性从而实现草地恢复的目标等等;本项试验也正是基于这一思路开展的。从试验结果看,随着灌溉水量的增加,草地植物的多样性指数发生了明显的递增变化(见图 2)。

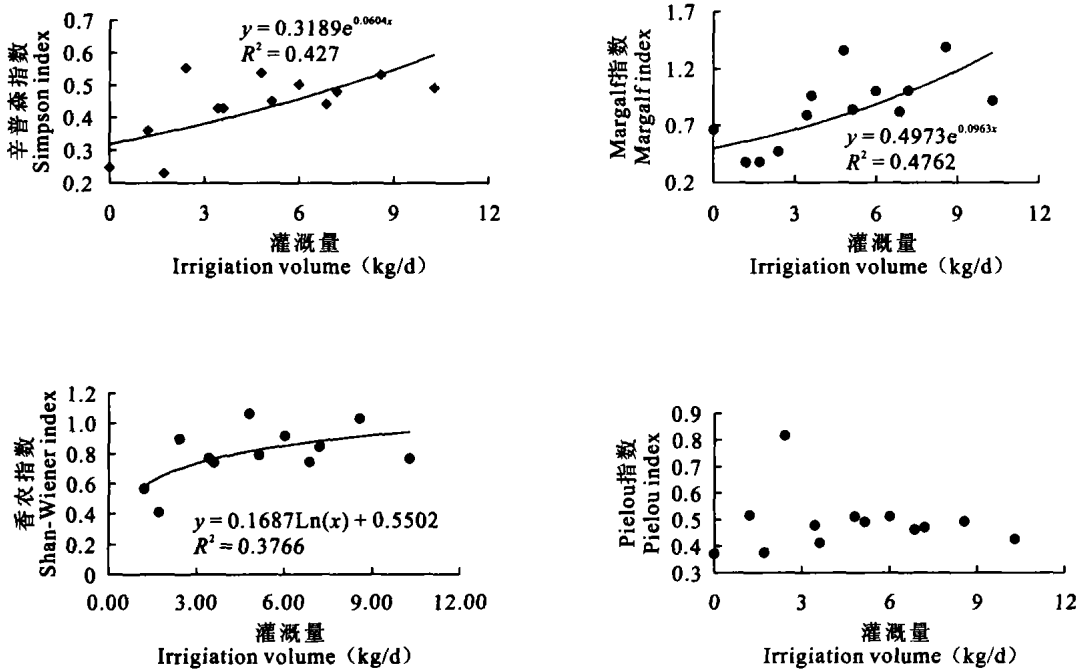


图 2 不同灌溉水量条件下植物多样性指数的变化

Fig. 2 The change of plant diversity index under different water conditions

从图 2 看,随着灌溉水量的增加,优势度 Simpson 指数、多样性信息度 Shannon Wiener 指数、均匀度 Pielou 指数和丰富度 Margalef 指数均出现递增的趋势,其中 Simpson 指数从对照的 0.248 随水量的增加最高达到 0.538 增加了 1.4 倍;其中每增加 1 kg/d 水量,指数增加 0.021;类似地,Shannon Wiener 指数、Pielou 指数和 Margalef 指数也分别从对照的 0.253、0.231 和 0.479 增加到最高的 1.066、0.818 和 1.388。但是,从试验结果看,当补给水量最大时并不是生物多样性指数出现最高的

点,这是草地土壤种子库分布差异造成的还是水量过多对一些旱生植物反而起到抑制作用值得我们今后开展更深入的研究。但从总趋势看,随水分条件的好转,生物多样性指数增加的趋势是明确的,为此,我们对变化的总趋势用 SPSS 软件进行了曲线拟合,除均匀度 Pielou 指数的趋势不能达到显著要求而没画趋势线外,其余 3 个指数的曲线回归方程均满足 $P < 0.05$ 检验的显著性要求。其中 Simpson 指数曲线拟合的显著性检验结果见表 2 表 3。

表 2 Simpson 指数曲线拟合的参数
Table 2 Parameters in simulated Simpson index curve

变 量 Variable	斜率 B	方程斜率 SE B	标准化回归系数 Beta	T 值 T	显著性水平 Significance T
变量 1 Variable 1	0.060311	0.021068	0.653405	2.863	0.0154
参数 Constant	0.319038	0.037215		8.573	0.0000

< 0.05 (Margalef 指数的显著性水平为 0.0122和 Shannon Wiener 指数的显著性水平为 0.0344), 这说明随着水分条件增加这 3个多样性指数增加的总趋势在 $P < 0.05$ 水平上是显著的。而随着补给水量

的增加,草地植物物种数量也随之增加,这对于草地功能和结构的恢复是非常有利的,同时也说明在本地区通过改变温性荒漠草地的水分条件来实现草地的生态恢复是可行的。

表 3 Simpson 指数曲线拟合的参数检验
Table 3 Test of parameters in simulated simpson index curve

变量 Variable	相关性 <i>R</i>	相关平方 <i>R</i> square	调整 R^2 Adjusted R^2	标准误 Standard error	<i>F</i> 检验 <i>F</i>	显著性 <i>F</i> 值 Significance <i>F</i>
变量 1 Variable	0.65340	0.42694	0.37484	0.22139	8.19512	0.0154

从不同样地草地的结构类型看,随着灌溉水量的增加,草地类型也出现一定的变化,归纳可以发现,从对照的伊犁绢蒿+木地肤或伊犁绢蒿+短柱苔草亚型逐步向伊犁绢蒿+羊茅亚型再向伊犁绢蒿+猪毛菜亚型转变的特点,而在试验地外因跑水而出现的大片湿草地中出现了以甘草+小樟茅+猪毛菜亚型的其它结构类型,虽然试验只进行了 1a,还无法就得出因水分的变化出现群落演替的结论,但是从试验进程看,与许鹏先生在天山北坡低山带对于不同坡度水分条件变化后群落复合结构变化的方向极为相似^[7]。说明这一变化是有其内在的规律,而如何揭示这一规律也为今后开展试验提出了研究的方向。

4 初步结论

1) 对于温性荒漠草地,水分条件是草地植物长势的一个重要限制因素,通过改善草地的水分条件来实现退化草地的生态恢复是可行的。

2) 通过灌溉试验,在不同水分梯度上植物的多样性指数均出现了明显的变化,其中Simpson 指数、Shannon Wiener 指数、Pielou 指数和Margalef 指数均出现了 1倍以上的增加,说明在半干旱区,植物多样性指数对水分变化的敏感性很强。

3) 由于对试验区干旱程度估计的不足,试验水分梯度的幅度不够大,造成试验结果还无法计算草地恢复的生态需水量;同时,由于试验时间短,对群落类型的变化还有待今后进一步深入研究来验证和给予理论解释。

参 考 文 献:

[1] 许 鹏. 新疆草地资源及其利用[M]. 乌鲁木齐:新疆科技卫生出版社. 1993: 112— 215
[2] 冯金朝. 沙生植物水分特征曲线及水分关系的初步研究[J].

中国沙漠, 1995, 15(3): 222— 225
[3] 包维楷. 生态系统退化的过程及其特点[J]. 生态学杂志, 1999, 18(3): 36— 42
[4] 赵万羽. 新疆荒漠草地退化与治理建设方略[J]. 中国草地, 2002, 24(3): 68— 72
[5] 张立运, 道来提. 天山高寒草地特点及合理利用[J]. 干旱区研究, 1999, 16(3): 33— 40
[6] 司马义·巴拉提. 不灌溉条件下戈壁型伊犁蒿的抗旱特性及蒸腾耗水量的研究[J]. 中国草地, 1998, 3(3): 33— 38
[7] 许 鹏, 胡锋泽. 天山北坡 低山草地类型复合结构及成因分析[J]. 草业学报, 1994, 3(2): 1— 5
[8] 汪诗平, 李永宏, 王艳芬, 等. 不同放牧率对内蒙古冷蒿草原植物多样性的影响[J]. 植物学报, 2001, 43(1): 89— 96
[9] 阳含熙, 卢泽愚. 植物生态学的统计分析方法[M]. 北京: 科学出版社. 1981: 386— 404
[10] Whittaker R. H. Evolution and measurement of species diversity[J]. Taxon, 1972, 21: 213— 215
[11] Eldridge D. J., M. E. Tozer. Environmental factors relating to the distribution of terricolous bryophytes and lichens semi-arid eastern Australia[J]. The Bryologist, 1997, 100(1): 28— 39
[12] John E., M. R. T. Dale. Environmental correlates of species distribution in a saxicolous lichen community[J]. Journal of Vegetation Science, 1990, 1(3): 385— 392
[13] Rogers R. W. Distribution of the lichen Chondropsis semiviridis in relation to its heat and drought resistance[J]. New Phytologist, 1971, 70: 1069— 1077.
[14] F. R. Coronato, M. B. Bertiller. Precipitation and landscape related effects on soil moisture in semi arid rangelands of Patagonia[J]. Journal of Arid Environments. 1996, 34(1): 1— 9
[15] C. N. R. Critchley, M. J. W. Burke, D. P. Stevens. Conservation of lowland semi natural grasslands in the UK: a review of botanical monitoring results from agri-environment schemes[J]. Biological Conservation, 2003, 115: 263— 278
[16] Chris B. Joyce, P. Max Wade. European Wet Grasslands : Biodiversity, Management and Restoration [M]. New York: 1998: 333— 340

Water characteristics of plant diversity in temperate desert grassland

Xu Hai liang^{1, 2}, QIAO Mu¹, Aihmt · nayoup¹, ZHOU Sheng bin¹

LIU Cheng ge², SUN Chong jiu²

(¹ XInjiang Institute of Ecology and Geography, CAS ,Urumqi, 830011, China;

² Institute of Partacultural science, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, 830052, China)

Abstract: Base on the grassland restoration experiment in Yili pith plain, this article studied the relationship between the plant community diversity and the irrigation volume. The results showed: the water volume was the important factor in determining the vegetation growth in desert grassland; the vegetation coverage and *Seriphidium transillense* coverage were obviously improved when the irrigation volume was increased, and the grass yield and average plant height were distinctly increased too. Furthermore, all of the Simpson index, Shannon Wiener index, Pielou index and Margalf index tended to be increased when the irrigational volume was added. By calculation, it was found that the Simpson index increased 0.021 when the irrigation volume added 1kg/d. Therefore, the plant diversity index is sensitive to water volume in temperate desert grassland.

Key words: desert grassland; plant community diversity; water characteristic

(上接第 95 页)

[5] 白世彪,陈 晔,王 建,等. 值线绘图软件SURFER 7.0中九种插值法介绍[J]. 物探化探计算技术, 2002, 24 (3): 157- 162

[6] 熊文兵. 用Surfer 7.0绘制气象等值线图[J]. 广西气象, 2003, 24 (3): 43- 45

[7] 李新宁,王家林,吴健生,等. 借鉴GIS 基本思想在Sufer 中实现复杂地质图件的绘制[J]. 物探化探计算技术, 2001, 23 (1): 62 - 67.

[8] 邵明辉,李银芳. 应用SURFER 软件绘制土壤湿度时间等值线图的方法[J]. 干旱区研究, 1996, 13 (3): 63- 68

[9] 文 雅,郭治兴. 应用 Win Surfer 软件绘制降水等值线图[J]. 土壤与环境, 2002, 11 (4): 360- 362

[10] 陈洪松,郝明德,宋孝玉. 黄土高原沟壑区农田土壤水分动态变化分析[J]. 水土保持研究, 2003, 10 (1): 92- 94

[11] 韩湘玲. 农业气候学[M]. 太原:山西科学技术出版社, 1999

Analysis on dynamic changes of soil water
in semi-humid area prone to drought in Yellow River valley

SHAO Xiao mei^{1, 2}, YAN Chang rong²

(¹ Key Laboratory of Land Use, Ministry of Land and Resources,

China Land Surveying & Planning Institute, Beijing 100035, China;

² Institute of Agricultural Environment and Sustainable Development, CAAS, Beijing 100081, China)

Abstract: Soil moisture is an important basis of land sustainable use and water resource planning and management, and it has become one of the research hotspots in the world. According to the data of soil water at 14 national stations, this paper analyzes the seasonal and vertical variations of soil water contents in typical sites during the last 20 years and in different precipitation years by means of Sufer 7.0 technology. The results and conclusions will provide scientific guidance to the development of high-efficient water saving agriculture in the semi humid area prone to drought in Yellow River valley.

Key words: Sufer 7.0; soil moisture; semi humid area prone to drought; Yellow River valley