

文章编号: 1008-2786-(2011)6-649-05

基于地统计学的甘肃臭草群落土壤 水分空间异质性

史丽丽,赵成章*,高福元,张军霞,张 静

(1. 西北师范大学地理与环境科学学院,甘肃 兰州 730070)

摘 要: 土壤水分是植被格局形成和演变的主要因素,土壤水分的空间异质性对于认识干旱区草原植物对环境的响应机制具有重要意义。应用地统计学方法,对祁连山北坡甘肃臭草(*Melica przewalskyi*)退化草地土壤表层含水量的变异性进行研究。结果表明,臭草型退化草地浅层(0~30 cm)土壤水分符合正态分布,土壤含水量沿垂直方向逐渐增大,介于 9.56%~11.21%。各层土壤水分的变异系数分别为 12.97%(0~10 cm)、8.8%(10~20 cm)和 14.09%(20~30 cm),均属弱变异;0~30 cm 土壤含水量具有高度的空间异质性,其中 34.92%~42.71%的空间异质性是由空间自相关部分引起的,主要体现在 16.87~69.14 m 尺度上。在 0~10 cm 土层,引起土壤水分空间变异的主要因素是植被覆盖度的不同,而在 10~30 cm 土层,土壤水分空间变异性主要是根系分布的差异引起的。

关键词: 甘肃臭草;土壤水分;地统计学;半变异函数

中图分类号: Q145+.2,S812

文献标识码: A

异质性是土壤水分的本质属性,土壤水分的空间异质性是由多重尺度上的土地利用(植被)、气象(降雨)、地形、土壤、人为活动等因子综合作用的结果^[1-2]。在这些过程中,由于研究尺度及其研究对象的不同,引起土壤水分异质性的主控因子也有所不同。对于不同尺度下环境因子与土壤水分关系的研究已成为国际生态水文研究的热点问题^[2-3]。Entin^[4]等认为土壤水分异质性在大尺度由大气控制,主要决定于降雨和蒸发格局,小尺度主要决定于土壤、地形、植被和根系结构。在同一气候和立地条件下,植被状况是土壤水分空间异质性的主要驱动因子^[5-6]。植被群落的结构特征及其分布格局,尤其是根系的空间异质性及水分吸收动态能够引起土壤水分的空间异质性^[7-8]。在干旱半干旱地区,土壤水分是植被恢复和生态系统重建的限制性因素^[6],研究土壤水分的空间异质性,对于深入认识

植被分布格局和生态系统的稳定性^[8-9],以便更有效的利用水分具有重要意义。

甘肃臭草(*Melica przewalskyi*)是分布于甘肃、青海等地的一种多年生草本植物,由于味道怪异而家畜不采食。甘肃臭草具有纤细的根状茎,具有种子繁殖和克隆繁殖的特征,入侵能力强,极易以其根状茎快速繁殖,并形成以斑块状存在的单优种群群落^[4]。了解甘肃臭草单优种群群落的土壤水分结构特征和空间分布规律,是揭示草原植物对干旱环境和放牧干扰等因素响应机制的重要途径。本文采用传统统计学和地统计学相结合的方法,研究单一臭草型退化草地群落的土壤水分空间结构和空间变异规律,为深入了解干旱半干旱地区单一优势种群土壤水分空间结构提供一定的理论参考,为研究单一毒杂草入侵机理及群落演替研究提供一定的科学依据。

收稿日期(Received date):2011-06-25;改回日期(Accepted):2011-10-07。

基金项目(Foundation item):国家自然科学基金项目(No. 40971039);甘肃省科技支撑计划项目(1011FKCA157)。[Supported by the National Nature Science Foundation of China (No. 40971039), Technology support projects of Gansu province(1011FKCA157).]

作者简介(Biography):史丽丽(1987-),女,甘肃天水人,硕士研究生,从事生物地理学研究。[Shi Lili(1987-), female, born in Tianshui of Gansu], Graduate student, major in biogeography.]

* 通讯作者(Author for correspondence):Zhao Chengzhang. E-mail: zhaocz@nwnu.edu.cn

1 研究区概况

研究区域位于祁连山北坡石羊河上游的甘肃省肃南裕固族自治县皇城镇月牙崖草原,地理位置是 $37^{\circ}58'N$, $101^{\circ}47'E$, 具有大陆性气候和山地垂直气候特征,海拔 2 530 m,年均温 $13^{\circ}C$, $\geq 0^{\circ}C$ 的年积温 2 450 $^{\circ}C$,最热和最冷月气温分别为 $12 \sim 15^{\circ}C$ 和 $-11 \sim -13^{\circ}C$,年降水量 350 mm 左右,主要集中在 6—9 月,蒸发量 1 500 ~ 1 800 mm,相对湿度 65%,年平均日照时数 2 800 h,无霜期短,只有 90 d。该试验区地处山地荒漠草原与干旱草原过渡带,属于山地草原类,坡地针茅组,阿尔泰针茅型。受干旱气候影响,草地群落的植被覆盖度和地上生物量处于较低水平^[10]。自 1980 年代牧草草场承包到户以来,研究区天然草地的放牧率长期维持在 123% ~ 145% 之间。在气候变迁和人类活动干扰下,20 世纪 90 年代中期天然草地逐步发生了毒杂草型退化。天然草地主要植物有阿尔泰针茅 (*Stipa krylovii*)、冷蒿 (*Artemisia frigida*)、甘肃臭草、扁穗冰草 (*Agropyron cristatum*)、草地早熟禾 (*Poa pratensis*)、狼毒 (*Stellera chamaejasme*)、披针叶黄华 (*Thermopsis lanceolata*)、阿尔泰狗娃花 (*Heteropappus altaicus*)、多茎萎陵菜 (*Potentilla multicaulis*)、蒲公英 (*Taraxacum mongolicum*)、异叶青兰 (*Draconcephalum heterophyllum*)、阿拉善独行菜 (*Lepidium alashanicum*)、南牡蒿 (*Aster isariopodai*)、碱韭 (*Allium polyrhizum*) 等。

2 研究方法

2.1 样点的选择

于 2010-08 中旬,在甘肃省肃南裕固族自治县皇城镇月牙崖草原,选取坡度、坡向较为一致的臭草型退化草地,面积为 $80\text{ m} \times 80\text{ m}$,用邻接格子法 (Contiguous grid quadrats) ($10\text{ m} \times 10\text{ m}$) 取样(图 1)。

土壤含水量用烘干法测定,所测的值为质量含水量。选择降水一周后的晴天,在每个小样方内,用土钻(直径=4 cm)取样,在 0 ~ 30 cm 土层深度,每隔 10 cm 取一次土样,重复 3 次,剔除样品中明显的植物根段和枯落物等杂质,装入编号的铝盒中,带回实验室,在 $105^{\circ}C$ 的烘箱内烘 12 h,取出后称重,计算出土壤质量含水量。

在测定土壤含水量的同时,在每个取样点周围

随机设置 3 个 $0.5\text{ m} \times 0.5\text{ m}$ 的样方,通过目测每个样方植物地上部分垂直投影面积占样地面积的百分比获得该样方的植被盖度,取 3 个样方植被盖度的平均值作为该取样点的植被盖度。

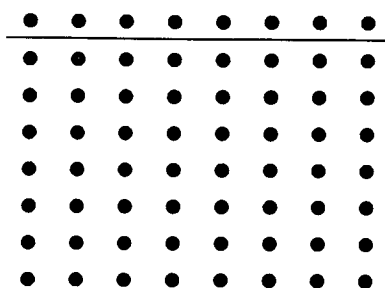


图 1 空间取样设计

Fig. 1 Spatial sampling design

2.2 数据分析

采用 SPSS13.0 进行土壤水分的描述性统计分析,基于 GS+ 进行地统计学变异函数分析。考虑到在地统计学中,变异函数的计算要求数据符合正态分布,或近似正态分布,否则可能存在比例效应,所以统计分析分两步骤:①对土壤水分和植被盖度等数据用单样本 Kolomogorov - Semirnov (KS) 方法进行正态分布检验 (SPSS 13.0 软件),②变异函数的计算。用于估计半方差的公式为

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (1)$$

式中 $N(h)$ 是距离等于 h 时的点对数, $Z(x_i)$ 是样点 Z 在位置 x_i 的实测值, $Z(x_i + h)$ 是与 x_i 距离为 h 处样点的值。

通过块金值、基台值、变程、块金值与基台值之比,以及决定系数等参数定量地分析土壤水分和植被盖度的空间特性。通过最优回归分析及多种线型比较筛选,综合考虑决定系数和残差发现不同层次土壤水分和植被盖度的半变异函数采用指数模型 [公式(2)] 较合适。指数模型并不表现出有限变程,但实践中变程值近似用 $3a$ 示

$$\gamma(h) = C_0 + C(1 - e^{-\frac{h}{a}}) \quad h > 0 \quad (2)$$

式中 C_0 为块金值, $C_0 + C$ 为基台值, a 为变程。

3 结果与分析

3.1 臭草土壤水分统计特征

随着土层深度增加,土壤水分平均含量呈现逐

渐增加的趋势(表1)。0~10 cm层土壤水分含量最低,平均土壤水分含量仅为9.56%,20~30 cm层土壤水分平均含量最高,为11.21%。标准差反映土壤水分的绝对变异,20~30 cm层土壤水分的标准差最大,0~10 cm次之,10~20 cm最小。变异系数 C_v 反映相对变异,即随机变量的离散程度^[11]。一般认为 $C_v \leq 10\%$ 为弱变异性, $10\% < C_v < 30\%$ 为中等变异性, $C_v \geq 30\%$ 为强变异性,研究区各层土壤水分变异系数的变化趋势同标准差相似,20~30 cm层土壤水分含量的变异程度最高, C_v 值达到14.09%,0~10 cm层土壤水分含量的变异程度次之, C_v 值为12.97%,0~10 cm层和20~30 cm层土壤水分的变异程度均属中等。10~20 cm层土壤水分的变异系数较小,仅为8.8%,属弱变异。采用单样本K-S检验(取显著水平 $\alpha = 0.05$),结果表明研究区土壤水分含量符合正态分布。

3.2 土壤水分含量空间异质性

表2是土壤水分变异函数理论模型得出的相应参数,各层土壤水分的理论模型均为指数模型。块金值(C_0)表示随机变异的大小,较大的块金方差表明较小尺度上的某种过程不容忽视^[12],主要有两个来源:一是来源于小于最小取样间隔内的自然过程造成的变异,二是来源于实验误差。各层土壤水分的块金值均较小,但是20~30 cm层土壤水分的块金值明显较其他两层大,为1.01。这主要是由于地表覆盖植被的差异状况造成的,植被主要通过两方面来影响土壤水分的空间分布,一方面植被主要通过须根和细根来吸收利用土壤水分和养分,另一方面,植被通过蒸腾耗水影响土壤水分的分布,通过调

查得知臭草用来吸收土壤水分和养分的须根和细根主要分布在20~30 cm土层。

基台值($C_0 + C$)表示区域化变量的最大变异^[13],是半变异函数达到的极限值,在这个值附近半变异函数值不再单调递增,而是围绕这一值上下波动, $C_0 + C$ 值表示总的空间异质性程度。研究区各层土壤水分含量的基台值分别为0.96、0.63和1.68,20~30 cm层土壤水分的基台值最大为1.68,反映出20~30 cm层土壤水分总的异质性程度最高,0~10 cm层的基台值为0.96,10~20 cm层土壤水分的基台值最小,仅为0.63,表明10~20 cm层土壤水分的空间异质性程度最低。

拱高与基台值之比($C/C_0 + C$)反映自相关部分的空间异质性占总空间异质性的程度,一般认为^[14] $C/C_0 + C$ 的值 $< 25\%$ 时,变量的空间相关性较弱;在 $25\% \sim 75\%$ 时,空间相关性中等; $> 75\%$ 时,空间相关性较强。研究区各层土壤水分 $C/C_0 + C$ 介于 $34.92\% \sim 42.71\%$ 之间,表现为中等程度的自相关。表层0~10 cm层土壤水分在研究区域上由自相关因素引起的空间异质性占总空间异质性的42.71%,由随机因素引起的空间异质性占总空间异质性的57.29%。10~20 cm层土壤水分在研究区域上由随机因素引起的空间异质性占总空间异质性的65.08%。20~30 cm层土壤水分由空间自相关引起的空间异质性占总空间异质性的39.88%。各土层土壤水分的相关系数 $C/(C_0 + C)$ 均 $> 25\%$ 而 $< 75\%$,表明在研究尺度上土壤水分具有中等程度的空间自相关,在当前观测尺度上,随机因素对土壤水分空间分布均有较大影响。

表1 土壤水分含量描述性统计结果

Table 1 Descriptive statistic results of soil moisture constant

土壤层/cm	平均值/%	标准差/%	变异系数/%	最小值/%	最大值/%	方差/%	偏态系数	峰度系数	K-S检验
0~10	9.56	1.24	12.97	6.96	11.89	1.55	-0.545	-0.741	0.656
1~20	10.8	0.95	8.8	8.85	12.87	0.91	-0.197	-0.463	0.52
20~30	11.21	1.58	14.09	6.35	13.66	2.51	-1.005	1.412	0.94

表2 各层土壤水分变异函数理论模型及相关参数

Table 1 Emivariogram model and parameters of soil water content at the different soil layers

土层深度/cm	理论模型	块金值/ C_0	基台值/ $(C_0 + C)$	变程/m	相关系数/%	RSS
0~10	指数模型	0.55	0.96	16.87	42.71	0.94
10~20	指数模型	0.41	0.63	31.67	34.92	0.986 3
20~30	指数模型	1.01	1.68	69.14	39.88	0.998 4

3.3 土壤水分空间异质性的尺度效应

变程是测定土壤水分最大变异的空间距离,在变程之内,空间自相关存在,在变程之外,空间自相关消失^[15],变程的确定可以为以后研究选择样尺度提供理论依据。在研究区内,不同土层土壤水分异质性尺度不同,各层土壤水分变程介于 16.87 ~ 39.88 m, 0 ~ 30 cm 层土壤水分的总空间异质性中有 34.92% ~ 42.71% 是由空间自相关引起的,发生在 16.87 m 到 39.88 m 的尺度范围内,57.29% ~ 65.08% 的空间异质性是由随机因素引起的,发生在采样距离 10 m 以下的小尺度内。

4 讨论与结论

传统统计学认为所研究的变量是纯随机变量,样本之间具有相互独立性。传统的经典统计学只能在一定程度上反映出土壤水分含量的变化及特征,但是其并不考虑样本的空间分布。地统计学是在传统统计学基础上发展起来的时空分析方法,它不仅能有效揭示属性变量在空间上的分布、变异和相关特征,而且可有效解释空间格局对生态过程与功能的影响,体现土壤水分宏观和微观上的变异规律,为研究区域土壤水分与地形因子、植被因子等的关系提供基本依据^[16]。

甘肃臭草群落垂直梯度上土壤水分递增,主要是由于地表直接接受太阳辐射,蒸发强烈,水分损失较快,因而含水量较低;而 10 ~ 30 cm 的土壤表层土壤及植被的覆盖下水分损失相对较小。又由于臭草根分布比较浅,大部分臭草根主要分布在 10 ~ 30 cm 范围内,植物根系对土壤水分的阻滞作用使得该层土壤水分较表层高。另外,植物根系的穿透能力也将逐步改善草地土壤质地,从而有利于降水的下渗,增加土壤深层的水分含量。

用传统统计学方法分析得到研究区各层土壤水分的变异系数分别为 12.97% (0 ~ 10 cm)、8.8% (10 ~ 20 cm)、14.09% (20 ~ 30 cm), 0 ~ 10 cm 和 20 ~ 30 cm 层土壤水分变异程度属中等变异,而 10 ~ 20 cm 层土壤水分变异程度属弱变异,这是由于植被盖度主要是通过遮盖影响表层土壤水分的蒸发,并能通过根系影响土壤水导度并促进土壤表面有机物质的增加而影响土壤水分变化^[5]。这也与 Lull^[117]的研究结果相一致,即不同的植被覆盖变化其土壤水分的异质性也不同。而在中层(10 ~ 20 cm)和下层(20 ~ 30 cm),植被主要是通过根系来影响土壤水分空间分布,且由于植被根系层分布的差异使得土壤剖面不同深度上对这种影响的水分响应

不尽相同^[18]。通过调查地下生物量发现,臭草的根系主要分布在地下 10 ~ 30 cm 深的范围,并且 10 ~ 20 cm 主要分布的是臭草的根状茎,而须根和细根则主要分布在 20 ~ 30 cm 层。在 10 ~ 30 cm 土层,植被主要通过根系来影响植物根系层的水分,臭草主要是通过须根和细根从土壤中吸收水分和养分。取样时间前一周无降水,且该地区气候较为干旱,地表蒸散发较为强烈,因而导致 20 ~ 30 cm 层臭草须根和细根对土壤水分的吸收利用较为强烈。李元寿等^[19]研究了青藏高原高寒草甸区土壤水分的空间异质性,发现根系的主要分布层深度强烈地影响着土壤水分的空间异质性。

另外,尽管所选的研究区的地势相对平坦,但仍存在局部微地形之间的差异,加之土壤厚度、母质和含水量的不同使得土壤水分变异程度较大。土壤水分异质性不仅存在与空间尺度上,在时间尺度上也存在^[20],本次取样是瞬时一次取样,要全面了解臭草型退化草地土壤水分的异质性,还需在连续时间观测上取样来分析时间段上土壤水分的异质性。

参考文献 (References)

- [1] Western A W, Rodger B G. The tarawarra data set: Soilmoisture patterns, soil characteristic sand hydrological flux measurements [J]. Water Resources Research, 1998, 34 (10): 2765 - 2768
- [2] Qiu Yang, Fu Bojie, Wang Jun. Spatiotemporal variation of soil moisture and its relation to environmental factors [J]. Chinese Journal of Ecology, 2007, 26 (1): 100 - 107 [邱扬, 傅伯杰, 王军. 土壤水分时空变异及其与环境因子的关系 [J], 生态学杂志, 2007, 26 (1): 100 - 107]
- [3] Liu Changming. Study on interface processes of water cycle in Soil-plant-atmosphere continuum [J]. Acta Geographica Sinica, 1997, 52 (4): 366 - 373 [刘昌明. 土壤植物大气系统水分运行的界面过程研究 [J]. 地理学报, 1997, 52 (4): 366 - 373]
- [4] Zhao Chengzhang, Long Ruijun. Rehabilitation process of degraded *Melica Przewalskyi* grassland in the upper reaches of Shiyang River [J]. Journal of Mountain Science, 2008, 26 (3): 286 - 292 [赵成章, 龙瑞军. 石羊河上游甘肃臭草型退化草地植被恢复过程 [J]. 山地学报, 2008, 26 (3): 286 - 292]
- [5] Famiglietti J S, Rudnicki J W, Rodell M. Variability in surface moisture content along a hillslope transect: Rattlesnake Hill, Texas [J]. Journal of Hydrology, 1998, 210: 259 - 281
- [6] Meng Zhongju, Gao Yong, Yu Yi, et al. Influence of vegetation coverage on soil moisture in desert grassland [J]. Water Saving Irrigation, 2009, 3: 9 - 11 [蒙仲举, 高永, 虞毅, 等. 荒漠草原植被覆盖对土壤水分的影响 [J]. 节水灌溉, 2009, 3: 9 - 11]
- [7] Wang Zhengquan, Wang Qingcheng. The spatial heterogeneity of soil physical properties in forests [J]. Acta Ecologica Sinica, 2000, 20 (6): 946 - 950 [王政权, 王庆成. 森林土壤物理性质的空间异质性研究 [J]. 生态学报, 2000, 20 (6): 946 - 950]
- [8] Stoyan, Helvecio De - Polli. Spatial heterogeneity of soil respiration and related properties at the plant scale [J]. Plant and Soil, 2000,

- 222: 203 - 214
- [9] Cheng Guangsheng, Zeng Dehui, Chen Fusheng. Concentrations of foliar and surface soil in nutrients *Pinus* spp. plantations in relation to species and stand age in Zhanggutai sandy land, northeast China. *Journal of Forestry Research*, 2004, 15 (1): 11 - 18
- [10] Zhao Chengzhang, Fan Shengyue, Yin Cuiqin. Causation of de-generated grassland and its sustainable development countermeasures in Qilian mountains of China [J]. *Journal of Desert Research*, 2004, 24 (2): 207 - 211 [赵成章,樊胜岳,殷翠琴. 祁连山区天然草原退化原因分析与可持续利用对策[J]. 中国沙漠, 2004, 24 (2): 207 - 211]
- [11] Xue Zhengping, Yang Xingwei, Duan Xiangsuo, et al. Spatial Variability of Soil Nutrient and Reasonable Sampling Number [J]. *Transactions of The Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2002, 27 (4): 6 - 9 [薛正平,杨星卫,段项锁,等. 土壤养分空间变异及合理取样数目研究[J]. 农业工程学报, 2002, 27 (4): 6 - 9]
- [12] Cambardella C A, Moorman A T, Novak J M, et al. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soil [J]. *Soil Science Society of America journal*. J, 1994, 58: 1501 - 1511
- [13] Ma Fengyun, Li Xinrong, Zhang Jingguang, et al. Spatial heterogeneity of soil moisture in Shapotou sand-fixing artificial vegetation area [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2006, 17 (5): 789 - 795 [马风云,李新荣,张景光,等. 沙坡头人工固沙植被土壤水分空间异质性[J]. 应用生态学报, 2006, 17 (5): 789 - 795]
- [14] Chen Fusheng, Zeng Dehui, Cheng Guangsheng, et al. Comparative analysis on spatial patterns of soil moisture under different land use types in Kerqin sandy land [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2003, 22 (6): 43 - 48 [陈伏生,曾德慧,陈广生,等. 不同土地利用方式下沙地水分空间变异规律[J]. 生态学杂志, 2003, 22 (6): 43 - 48]
- [15] Hangsheng Lin, Wheeler D, Jay B, et al. Assessment of soil spatial variability at multiple scales [J]. *Ecological Modelling*, 2005, 182: 271 - 290
- [16] Bi Huaxing, Li Xiaoyin, Liu Xin, et al. Spatial heterogeneity of soil moisture using geological statistics method in the loess region of west Shanxi Province [J]. *Journal of Beijing Forestry University*, 2006, 28 (5): 59 - 66 [毕华兴,李笑吟,刘鑫,等. 晋西黄土区土壤水分空间异质性的地统计学分析[J]. 北京林业大学学报, 2006, 28 (5): 59 - 66]
- [17] Lull H W, Reinhart K G. Soft moisture measurement. U. S. D. A. Southern For. Exp. Sta, New Orleans, LA, Occas, 1955: 140
- [18] Niu Yun, Liu Xiande, Zhang Hu, et al. Analysis and Evaluation on Permeability Function of Soil of Water of Resource Conservation Forest in Qilian Mountains [J]. *Northwest Forestry College*, 2001, 16 (S1): 35 - 38 [牛云,刘贤德,张虎,等. 祁连山水源涵养林土壤渗透功能的分析与评价[J]. 西北林学院学报, 2001, 16 (s1): 35 - 38]
- [19] Li Yuanshou, Wang Genxu, Ding Yongjian, et al. Spatial heterogeneity of soil moisture in alpine meadow area of the Qinghai - Xizang Plateau [J]. *Advances in water science*, 2008, 19 (1): 61 - 67 [李元寿,王根绪,丁永建,等. 青藏高原高寒草甸区土壤水分的空间异质性[J]. 水科学进展, 2008, 19 (1): 61 - 67]
- [20] Liu Hu, Zhao Wenzhi, He Zhibin, et al. Temporal heterogeneity of soil moisture under different vegetation types in Qilian Mountain [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28 (5): 2389 - 2394 [刘鹤,赵文智,何志斌,等. 祁连山浅山区不同植被类型土壤水分时间异质性[J]. 生态学报, 2008, 28 (5): 2389 - 2394]


Spatial Variability of Soil Moisture of *Melica przewalskyi* Community Based on Geostatistics

SHI Lili, ZHAO Chengzhang, GAO Fuyuan, ZHANG Jiunxia, ZHANG Jin

(College of Geography and Environment Science, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: Soil moisture is the main factors of vegetation pattern formation and development. The spatial heterogeneity of soil moisture have important meaning of understanding the response mechanism of plant environment In arid and semi-arid regions. In this paper, the spatial variability of soil moisture on the north slope of Qilian mountain was investigated based on geostatistical theory and methods. The research was carried out in an degraded grassland of *Melica przewalskyi* community. The results indicated that the distribution of surface soil moisture was normal distribution. The soil moisture at the 0 ~ 30 cm soil layer increased with the increase of depth was, on average, 9.56% ~ 11.21. The coefficient of variation of the surface soil moisture was 12.97% (0 ~ 10 cm), 8.8% (10 ~ 20 cm) and 14.09% (20 ~ 30 cm), all belong to a weak variation. There was high degree of spatial heterogeneity of surface soil moisture. Among them 34.92% ~ 42.71% spatial heterogeneity is caused by the spatial autocorrelation part, and the distance of spatial autocorrelation in vegetation coverage was found within distance from 16.87 ~ 69.14 m. Soil moisture content of the layer 0 ~ 10 cm is affected by coverage. In the 10 ~ 30 cm, soil moisture content is affected by root.

Key words: *Melica przewalskyi*; soil moisture; geo-statistics; emivariogram

作者: [史丽丽](#), [赵成章](#), [高福元](#), [张军霞](#), [张静](#), [SHI Lili](#), [ZHAO Chengzhang](#), [GAO Fuyuan](#), [ZHANG Jiunxia](#), [ZHANG Jin](#)
作者单位: [西北师范大学地理与环境科学学院, 甘肃兰州, 730070](#)
刊名: [山地学报](#) 
英文刊名: [Journal of Mountain Science](#)
年, 卷(期): 2011, 29(6)
被引用次数: 2次

参考文献(20条)

1. [Western A W;Rodger B G](#) The tarrawarra data set:Soilmoisture patterns,soil characteristic sand hydrological fluxmeas-urements[外文期刊] 1998(10)
2. [邱扬;傅伯杰;王军](#) 土壤水分时空变异及其与环境因子的关系[期刊论文]-[生态学杂志](#) 2007(01)
3. [刘昌明](#) 土壤植物大气系统水分运行的界面过程研究[期刊论文]-[地理学报](#) 1997(04)
4. [赵成章;龙瑞军](#) 石羊河上游甘肃臭草型退化草地植被恢复过程[期刊论文]-[山地学报](#) 2008(03)
5. [Famiglietti J S;Rudnicki J W;Rodell M](#) Variability in surface moisture content along a hillslope transect:Rattlesnake Hill,Texas[外文期刊] 1998
6. [蒙仲举;高永;虞毅](#) 荒漠草原植被覆盖对土壤水分的影响[期刊论文]-[节水灌溉](#) 2009(3)
7. [王政权;王庆成](#) 森林土壤物理性质的空间异质性研究[期刊论文]-[生态学报](#) 2000(06)
8. [Stoyan;Helvecio De-Polli](#) Spatial heterogeneity of soil respiration and related properties at the plant scale[外文期刊] 2000
9. [Cheng Guangsheng;Zeng Dehui;Chen Fusheng](#) Concentrations of foliar and surface soil in nutrients Pinus spp.plantations in relation to species and stand age in Zhanggutai sandy land,northeast China[期刊论文]-[Journal of Forestry Resesrch](#) 2004(01)
10. [赵成章;樊胜岳;殷翠琴](#) 祁连山区天然草原退化原因分析与可持续利用对策[期刊论文]-[中国沙漠](#) 2004(02)
11. [薛正平;杨星卫;段项锁](#) 土壤养分空间变异及合理取样数目研究[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2002(04)
12. [Cambardella C A;Moorman A T;Novak J M](#) Field-scale variability of soil properties in central Iowa soil 1994
13. [马风云;李新荣;张景光](#) 沙坡头人工固沙植被土壤水分空间异质性[期刊论文]-[应用生态学报](#) 2006(05)
14. [陈伏生;曾德慧;陈广生](#) 不同土地利用方式下沙地水分空间变异规律[期刊论文]-[生态学杂志](#) 2003(06)
15. [Hangsheng Lin;Wheeler D;Jay B](#) Assessment of soil spatial variability at multiple scales[外文期刊] 2005
16. [毕华兴;李笑吟;刘鑫](#) 晋西黄土区土壤水分空间异质性的地统计学分析[期刊论文]-[北京林业大学学报\(自然科学版\)](#) 2006(05)
17. [Lull H W;Reinhart K G](#) Soft moisture measurement. U. S. D. A. Southem For. Exp. Sta 1955
18. [牛云;刘贤德;张虎](#) 祁连山水源涵养林土壤渗透功能的分析与评价[期刊论文]-[西北林学院学报](#) 2001(z1)
19. [李元寿;王根绪;丁永建](#) 青藏高原高寒草甸区土壤水分的空间异质性[期刊论文]-[水科学进展](#) 2008(01)
20. [刘鹄;赵文智;何志斌](#) 祁连山浅山区不同植被类型土壤水分时间异质性[期刊论文]-[生态学报](#) 2008(05)

引证文献(3条)

1. [杨泉;赵成章;史丽丽;党晶晶;查高德](#) 祁连山地甘肃臭草斑块土壤水分的空间自相关分析[期刊论文]-[生态学杂志](#) 2014(3)
2. [史丽丽;赵成章;樊洁平;张静;张军霞](#) 祁连山地甘肃臭草斑块土壤水分与植被盖度空间格局[期刊论文]-[生态学杂志](#) 2013(2)
3. [陈思宇;于惠;冯琦胜;梁天刚](#) 甘南高原土壤氮磷比空间异质性研究[期刊论文]-[草地学报](#) 2013(1)