

小尺度草地土壤植被空间变异性研究

徐 冰^{1,2},陈亚新¹,郭克贞²

(1. 内蒙古农业大学 水资源与水工程研究所,呼和浩特 010018;
2. 水利部 牧区水利科学研究所,呼和浩特 010010)

摘 要:以内蒙古鄂尔多斯荒漠草地小尺度(20 m ×20 m)土壤水分、EC、全氮含量及地上植被干物质量为研究对象,运用地质统计学方法,从统计特征、合理采样数、变异函数等方面分析了土壤特性与植被的空间变异性,认为其均呈近似正态分布并具有中等强度的空间自相关性。初步揭示了该区域土壤、植被的空间结构变化,对干旱草地水土保持与荒漠化治理具有指导意义。

关键词:小尺度;草地;土壤;植被;空间变异

中图分类号:S714.5 文献标识码:A 文章编号:1005-3409(2007)06-0174-03

Spatial Variability of Soil and Vegetation on a Little Scale in Desert Grassland

XU Bing^{1,2},CHEN Ya-xin¹,GUO Ke-zhen²

(1. Institute of Water Resources in Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, China;
2. Institute of Water Resources for Pastoral Area, Ministry of Water Resources, Hohhot 010010, China)

Abstract :The authors studied the spatial variability of the water ,EC and nitrogen in soil and the dry substance of vegetation on a little scale in Erdos desert grassland.Based on the analysis of statistic ,logical hits and variogram ,analyzed the variability of soil and vegetation. It is considered that the distribution of them are all approximate normal school ,and they all have medium spatial self-relativity. The elementary conclusions discovered spatial structure of soil and vegetation in this region ,it is important for soil and water conservation and fathering desert in droughty grassland.

Key words :little scale ;grassland ;soil ;vegetation ;spatial variability

1 引 言

干旱缺水、水土流失等因素引起的荒漠化是影响我国牧区农牧业生产和生态环境的重要因素。作为北方重要农牧交错带的鄂尔多斯地区,其水土流失与土壤荒漠化过程对北方尤其京津地区的生态环境变迁影响重大。研究表明,该地区的荒漠化过程主要为沙质荒漠化过程,不同地形下土壤水盐、养分的分布特征、有效性高低决定植被的生长、恢复和演替过程,进而影响区域植被生长、水土流失与荒漠化进程,因此,掌握该地区土壤、植被空间分布特征及相互影响关系,有利于更大限度控制草地水土流失,缓解荒漠化进程,为生态环境改善提供理论依据。

20 世纪 70 年代以来,地质统计学理论被广泛应用于定量刻画土壤空间变异性的研究,各种地质统计学方法如普通克里金、协同克里金、条件模拟等都有成功应用,其研究内容也由土壤的物理特性扩展到了土壤化学特性(养分、盐分)等方面,无论广度、深度都有一定发展,但这些研究多为单因子的简单刻画或少数多因子的回归分析,对土壤与植被的协同关系及区域分布特征研究较少,有待加强。

在涉及生态环境的研究领域,格局与过程始终是其核心之一,主要原因是生态格局与生态学过程有关,空间异质性导致格局的出现。以往的水土空间变异研究未充分考虑空间异质性与尺度对格局(植被)与过程的作用,特别是水土资

源对植被的影响。因此,本文以内蒙古鄂尔多斯天然草地为研究对象,分析小尺度条件下土壤特性与植被地上干物质量的空间变异性,以期对该地区土壤、植被的空间分布与变化有所揭示,为进一步探索土壤、植被的协同关系,建立植被生长因子空间变异模型奠定基础。

2 试验与材料

2.1 试验区概况

鄂尔多斯地区是我国北方重要的农牧交错带,其中毛乌素沙地和库布齐沙漠占鄂尔多斯 49 %的面积。近年来,干旱少雨、超载过牧等自然和人为因素加速了该地区土壤荒漠化进程,区域生态环境恶化问题严重。

试验区地处毛乌素沙地中的乌审旗,该区属于典型的温带大陆性气候,四季分明,光热资源充足,风大沙多,干旱少雨,全年平均气温 7.1 ℃,降雨主要集中在 6 - 8 月,多年平均降雨量 360 mm;多年平均蒸发量 2 443 mm。试区原始植被以沙蒿、羊草、白草为优势种的退化沙生植被组成。

2.2 采样点选择

试验研究区设在乌审旗境内的陶利镇通史嘎查,土壤为风沙土,0 - 100 cm 土壤平均容重 为 1.51 g/cm³,田间持水量 θ_w 为 9.08 % (占干土重),田间饱和含水量 θ_{sat} 为

收稿日期:2006-11-30
基金项目:教育部博士点学科专项科研基金(20050129006);国家高技术研究发展“863”计划(2002AA2Z4271-6)
作者简介:徐冰(1977 -),男,工程师,主要从事水土资源空间变异研究。

17.68 % (占干土重)。地下水埋深较浅,而表土干燥,植被类型以沙蒿、柠条为主。

2.3 采样与分析

采样区为长方形,面积为 5.04 hm² (140 m ×360 m)。2005 年 9 月于采样区内采用剖面法采集土壤样本,方案如下:沿试验区东西、南北方向每隔 20 m 用剖面法采集表层(0 - 30 cm)的土样,构成 20 m ×20 m 小尺度网格,其中东西、南北方向各设一条基线,东西基线长 140 m,南北基线长 220 m,基线上采样距离 10 m。土壤样品分析包括质量含水量、EC 值(电导仪)、酸度(pH 计法)、全氮含量(凯氏法)。地上生物量测定使用剪刀剪取测试点 1 m² 内地上部分植被。除去粘附的土壤后称重并记录鲜重,带回实验室后烘干(80 , 24 h)至恒重,称量记录样品烘干重(即干物质质量)。采样点布置如图 1。

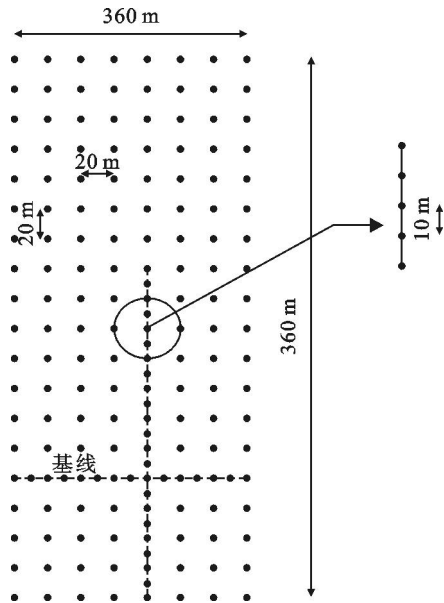


图 1 采样点布置

3 结果与分析

3.1 研究方法

地统计学理论以区域化变量、随机函数和平稳性假设等概念为基础,以变异函数为核心,以克立格插值为手段,分析研究既有随机性又有结构性的自然现象的空间变异性问题。变异函数是地统计学中研究空间变异性的工具函数。进行变差函数的具体计算时,运用 Matheron (1963) 推荐的传统计算公式,即实验变异函数公式:

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

式中: $\gamma(h)$ ——变异函数; h ——分离距离; $N(h)$ —— x 轴上相隔 h 的点的对数; $Z(x_i)$, $Z(x_i + h)$ ——观测值 $Z(x)$ 和 $Z(x + h)$ 的 $N(h)$ 对数。如果 $Z(x)$ 是定义在二维、三维空间的区域化变量,则 x 是二维、三维空间中的点, h 是二维、三维空间中的向量。

3.2 统计特征

土壤表层(0 - 30 cm)实测数据的基本统计特征值列于表 1,通过对频率直方图分析可知(分布图略)。分布类型均呈现近似正态分布。在土壤学中,根据 C_v 值可对土壤性质的变异程度进行分类(Wilding, 1985): C_v 值 0 ~ 15 % 为弱变

异性, 16 % ~ 35 % 为中等变异性, 大于 36 % 为高度变异。经统计分析(如表 1), 土壤水分、EC、全氮含量均为中等变异, 植被干物质质量的变异系数为 0.473, 属高度变异, 反映出植被分布受多种因素影响的特性。

表 1 统计特征值

项目	均值	标准差	变异系数	合理取样数/个
水分/ %	1.666	0.441	0.265	19
盐分/ (g · kg ⁻¹)	0.577	0.155	0.269	19
全氮/ (g · kg ⁻¹)	0.3	0.103	0.342	32
干物质质量/ g	85.9	40.625	0.473	60

3.3 合理采样数

为使有限的观测值估计参变量的数学期望具有足够的精度, 取样点数目应保持一定的数量即合理采样数。它指在总体中抽出一定量的样本, 用所抽样本的均值与方差能较好地估计总体的均值与方差, 即抽取样本的均值具有足够的精度和较大概率近似于总体均值。对正态分布总体, 合理取样数目应满足这样的要求: 样本均值 \bar{x} 和总体均值 μ 之差的绝对值小于或等于某一规定的置信水平 p_1 。计算公式:

$$n = (t_{\alpha} \times s) ^2 / d^2 \quad (2)$$

式中: n ——需要的采样数; t ——与显著水平相对应的 t 氏分布值; s ——样本标准差; d ——样本平均值与允许误差的积。如果计算的样本数 n 大于总体样本容量 N 的 10 %, 则采用不重复抽样公式进行调整, 即:

$$n = n' / (1 + n' / N) \quad (3)$$

经计算, 取样数目在置信水平为 95 %, 精度为均值的 10 % 情况下的合理采样数见表 1。合理采样数目都小于本试验的采样数, 表明本试验采样精度满足要求。

3.4 变异函数分析

3.4.1 模型选择

变异函数是分析区域变量空间结构的重要工具, 具有经典统计分析不可比拟的优点。选择变异函数理论模型时, 需先计算出 $\gamma(h)$ 的散点图, 然后利用不同类型理论模型进行拟合并比选。经计算, 各参数的变异函数理论模型均较好地符合球状模型(图 2), 即

$$\gamma(h) = \begin{cases} 0 & h = 0 \\ C_0 + C \left(\frac{3}{2} \times \frac{h}{a} - \frac{1}{2} \times \frac{h^3}{a^3} \right) & 0 < h \leq a \\ C_0 + C & h > a \end{cases} \quad (4)$$

式中: C_0 ——块金常数; $C_0 + C$ ——基台值; a ——变程, 它们是变异函数的重要参数。

3.4.2 模型拟合

变异函数模型选择后, 需进行检验。常用方法有 3 种: 交叉证实法、估计方差检验法和 I 值检验法。本研究采用交叉证实法。即在每个有观察值处, 将此观察值暂时去除, 用其它剩余观察值及克里金法估计此观察点的值, 然后将暂时去除的观察点放回, 重复以上步骤, 再用统计方法对一一对应的观察值和估计值进行比较, 从而选择变异函数模型^[1]。统计结果需遵循以下条件: 平均误差尽可能接近 0; 均方差尽可能小; 平均克里金方差尽可能小; 标准克里金方差接近

1;估计值与估计误差相关系数尽可能小;估计值与实测值相关系数尽可能大。交叉证实法是一个渐进和探索的过程,需

经过多次比较实践才能获得“最好”的变异函数模型,结果见表 2,3。

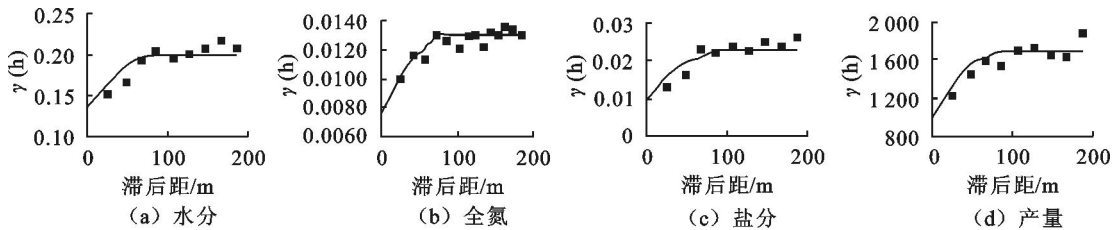


图 2 变异函数

表 2 交叉证实法统计参数

项目	平均估计误差	平均均方差	平均克里金方差	标准克里金方差	估计值与估计误差相关系数	估计值与实测值相关系数
水分/ %	0.005	0.18	0.15	1.19	0.21	0.63
盐分/ (g/ kg)	0.012	0.21	0.11	1.14	0.14	0.54
全氮/ (g/ kg)	0.006	0.14	0.23	1.26	0.16	0.71
干物质质量/ g	0.01	0.16	0.18	1.04	0.22	0.74

表 3 理论变异模型及参数

项 目	理论模型	C_0	$C_0 + C_1$	$C_0 / (C_0 + C_1)$	变程/ m
水分/ %	球状模型	0.1351	0.2	0.676	83
盐分/ (g/ kg)	球状模型	0.0096	0.023	0.417	72
全氮/ (g/ kg)	球状模型	0.0077	0.013	0.4	69
干物质质量/ g	球状模型	981.5	1650.5	0.595	80

3.4.3 变异度分析

一般认为,基台值的大小可反映变量变化幅度或系统的总变异程度,块金常数大小可反映区域化变量随机性大小,即由实验误差和小于采样尺度上的因素引起的变异, C_1 是结构方差,它是反映由空间自相关部分或区域因素引起的变异,因而,块金值与基台值之比 $C_0 / (C_0 + C_1)$ 表示由随机因素引起的空间变异占系统总变异(包括随机因素引起的变异和区域因素引起的变异)的比例,可反映变量的空间相关程度。比例小于 25%,说明变量具有强烈的空间相关性;在 25%~75%之间,变量具有中等的空间相关性,大于 75%时,变量空间相关性很弱;如果该比值接近 1,则说明该变量在整个尺度上的变异几乎是随机的。

经分析,土壤特性变异系数排序为水分<盐分<全氮,变程排序为水分>盐分>全氮,说明统计学中的变异系数不能反映土壤特性空间变异程度。土壤水分、盐分、全氮含量及植被干物质质量由随机因素引起的变异占总变异的比例较大,均具有中等强度的空间自相关性[25% $C_0 / (C_0 + C_1)$ 75%]。其中土壤水分与干物质质量由随机因素引起的变异数大,这是因为土壤水分易受气候、植被、地形等因素影响,使随机部分引起的变异增加;干物质质量作为各种环境因子共同作用的结果,随机因素众多,随机变异较大。由于本区域无明显人为影响,因此盐分与全氮含量的空间变异性较小,随机因素影响相对较弱。

4 结 语

- (1)土壤水分、EC、全氮含量、植被干物质质量均呈近似正态分布,土壤特性均为中等变异,植被干物质质量属高度变异。
- (2)土壤水分、盐分、全氮含量、植被干物质质量变异函数理论模型均符合球状模型。在 20 m 采样尺度上,各空间变量由随机因素引起的变异占总变异的比例较大,均具有中等

强度的空间自相关性。

(3)本文进行了小尺度草地土壤与植被空间变异性的初步计算,对其空间结构的分析与细致刻画将另文研究。

参考文献:

[1] 张仁铎. 空间变异理论及应用[M]. 北京:科学出版社, 2005.

[2] 陈亚新,史海滨,魏占民,等. 土壤水盐信息空间变异的预测理论与条件模拟[M]. 北京:科学出版社,2005.

[3] 吕贻忠,等. 鄂尔多斯夏初不同地形土壤水分的空间变异[J]. 中国农业大学学报,2002,7(5):38-43.

[4] 吕贻忠,等. 鄂尔多斯不同地形下土壤养分的空间变异[J]. 土壤与环境,2002,11(1):32-37.

[5] 徐英,等. 土壤水盐空间变异尺度效应研究[J]. 农业工程学报,2004,20(2):1-5.

[6] 陈亚新,魏占民. 基于稳健统计学的水盐变差函数的逼近方法[J]. 水利学报,2004(9):55-61.

[7] 徐英,陈亚新,周明耀. 不同时期农田土壤水分和盐分的空间变异性分析[J]. 灌溉排水学报,2005,24(3):30-34.

[8] 薛亚峰,等. 水稻叶面积指数及产量信息的空间结构性分析[J]. 农业工程学报,2005,21(8):89-92.

[9] Alison B T, Kenneth J M, Philip M, et al. Spectral reflectance as a covariate for estimating pasture productivity and composition[J]. Crop Sci., 2005, 45:996-1003.

[10] Javed I, John A, et al. Spatial variability analysis of soil physical properties of alluvial soils[J]. Soil Sci. Soc. Am. J., 2005, 69:1338-1350.

[11] Grunwald S, Corstanje R, Weinrich B E, et al. Spatial patterns of labile forms of phosphorus in a subtropical wetland[J]. J. Environ. Qual., 2006, 35:378-389.