

海河低平原盐渍区土壤养分空间变异性研究*

毛任钊

(中国科学院石家庄农业现代化研究所 石家庄 050021)

摘要 应用地统计学方法分析研究海河低平原盐渍涝洼地 2700m×2100m 尺度土壤 6 个主要养分属性和全盐量的空间变异结构结果表明,在轮荒、撩荒半自然状态下土壤全 N、速效氮、速效磷、速效钾及有机质等含量的空间变异性存在着良好的半方差结构,而全 P 半方差结构尚难理想的确定。半方差曲线图遵从指数和球函数等理论模型,最大相关距离分别在 340~1173m,结构方差在基台值中所占比例均较大,达 40% 以上。

关键词 盐渍涝洼区 土壤养分 空间变异性

Study on spatial variability of soil nutrient in saline area, Lower Haihe Plain. MAO Ren-Zhao (Shijiazhuang Institute of Agricultural Modernization, Chinese Academy of Sciences, Shijiazhuang 050021), *CJEA*, 2001, 9(4): 63~66

Abstract The spatial structures of six soil properties in the saline and waterlogging land (2700m×2100m) region in Lower Haihe Plain are analyzed by means of the geostatistics. The results show that there exists perfect semi-variance structure for the spatial variability of main soil attributes such as total N, available N, available P, available K and organic matter, other than total P, under the rotation of tillage situation. The semivariograms can be fitted by exponential and spherical models and the limit distance of spatial correlation is 340~1173m. The proportion of structural variance to sill is in a high level, over 40%.

Key words Saline and waterlogging area, Soil nutrient, Spatial variability

土壤是复杂的历史自然实体,自身属性在地域上的分布有其独立性、不规则性和相似性。土壤养分、水分、盐分等特性的非均一性分布(空间变异性)可直接导致农作物产量空间变化,因而定量认识土壤空间结构是精确化农田管理的基本内容之一。自 20 世纪 60 年代始,尤其是 80 年代后土壤属性空间变异性的研究日益受到重视,某些区域不同尺度水平的土壤空间变异性的研究见诸国内外有关报道^[1,3~6]。本文采用地统计学方法分析海河低平原盐渍涝洼区轮荒、撩荒半自然状态下的土壤养分、盐分空间变异结构,以期为制定同类型区土壤采样方案、预示未采样点和农田土壤分区管理提供科学依据。

1 试验材料与方法

海河低平原的大浪淀洼地位于滨海与内陆过渡地带,隶属河北省南皮、沧县和孟村 3 县,地势由西南向东北轻微倾斜,海拔 6.5~7.8m。地下水埋深旱季 3~6 月份达 3.2m,雨季 8~9 月份则浅至 0.5~1m,地下水矿化度以 2~5g/L 的咸水居多。土壤亚类主要为盐化潮土、盐化草甸土,表层为轻~中壤质地,物理性砂/粘为 1.9:1。土壤样品于积盐期采自南皮县“七万亩”盐渍涝洼区,选择 2700m×2100m 荒、耕地交织的地段沿东西和南北向按约间隔 100m 的网格法布点,样点布局略不均匀(见图 1)。在各点位置 1m² 的微区采 0~20cm 土层混合样,采样总数 89 个。土壤有机质、全 N、全 P、速效氮、速效磷、速效钾含量和全盐量测定分析均按标准方法^[8],用于盐分测定的土样经风干、磨碎过 18 号孔筛, HCO₃⁻、CO₃²⁻ 用双指示剂滴定法, Cl⁻ 用硝酸银滴定法, SO₄²⁻、Ca²⁺、Mg²⁺ 用 EDTA 容量法测定, Na⁺+K⁺ 量为差减法计算值,各分盐量之和为全盐量,同时用电导率值校正。

地统计学分析方法。通常空间随机变化的土壤特性作为区域化变量 $Z(x)$, 在相邻点间呈现出一定的位置依赖性 or 相关关系,即具有某种空间结构。半方差函数 $\gamma(h)$ 分析是一种解释这种空间结构(关系)的地统计学方法,半方差函数定义为随机函数 $Z(x)$ 的增量 $[Z(x+h)-Z(x)]$ 方差的 1/2,即:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} \text{Var}[Z(x+h) - Z(x)] \quad (1)$$

* 中国科学院知识创新工程项目(KZCX2-405)资助部分研究内容

收稿日期:2001-03-06 改回日期:2001-04-26

其计算式:

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

式中, h 为土壤样本间距(又称位差), $N(h)$ 是间距为 h 的样本“配对(Pair)”数目, $Z(x_i)$ 和 $Z(x_i + h)$ 分别为变量 $Z(x)$ 在空间位置 x_i 和 $x_i + h$ 的实测值。半方差图由一系列离散点构成, 可根据其形状用直线或曲线方程拟合, 得到半方差函数理论模型。土壤科学常用的理论模型中有如下参数: C_0 为块金系数, 间距 $h=0$ 时的半方差, 是非空间性质观测值的变异, 它模拟测量误差、操作者偏差和在细微尺度空间变异的方差; $C_0 + C$ 为基台值(又称平顶值或顶坎), 等于变量的方差, 即半方差随着间距递增到一定程度后出现的平稳值(在此值附近摆动); C 为结构方差, 它是观测值的空间趋势效应; A 为变程, 又称为极限距离, 使半方差达到基台值时的样本间距, 超过此值可认为属性空间独立, 它的意义因所遵循的模型而有所不同, 如对于球状和线性模型, A 表明土壤性质存在空间变异结构的最大相关距离, 而对于高斯模型和指数模型最大相关距离则分别为 $1.73A$ 和 $3A$ 。半方差函数计算和半方差图模拟应用 Variowin 软件。

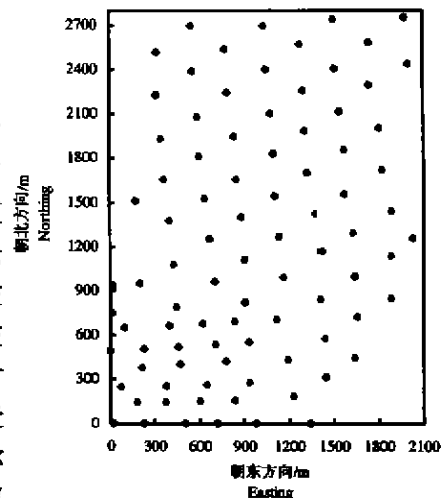


图1 样点分布图

Fig. 1 Distribution of sampling spots

2 结果与讨论

2.1 经典统计数据特征

土壤学中的数据分析方法一般沿用 Fisher R. A. 所倡导的经典统计学方法, 用这些统计量描述总体的前提条件为样本完全独立, 随机变量服从正态分布, 样本数足够多。目前常采用的随机抽样方法只是一种想

表1 2700m × 2100m 尺度土壤属性统计参数

Tab. 1 Statistical parameters of soil attributes within 2700m × 2100m area

属性 Attribute	均值 Mean	标准差 Standard deviation	变异系数 Coefficient of variability	方差 Variance	峰度 Kurtosis	偏度 Skewness	极值 Min-Max	分布类型 Distribution
有机质/g · kg ⁻¹ Organic matter	9.16	1.73	19.5	3.210	0.760	0.401	4.2~15.2	正态
全 N/g · kg ⁻¹ Total N	0.59	0.12	13.9	0.014	0.477	0.087	0.3~0.9	正态
全 P/g · kg ⁻¹ Total P	0.63	0.05	7.7	0.002	1.894	0.919	0.5~0.81	对数正态
速效氮/mg · kg ⁻¹ Available N	44.72	12.94	28.9	167.000	-0.315	0.060	15~74	正态
速效磷/mg · kg ⁻¹ Available P	5.22	3.84	73.5	14.710	4.982	1.658	0.10~22	对数正态
速效钾/mg · kg ⁻¹ Available K	147.60	37.94	25.7	1439.490	-0.245	0.068	94~247	对数正态
全盐量/g · kg ⁻¹ Total salt content	5.98	0.52	103.0	0.375	3.166	1.831	0.8~28.7	对数正态

象中的趋近, 很难保证样本之间的相互独立性, 而重复设置非独立性样点势必导致样本总方差的偏低。因此经典统计所获取的均值、标准差、方差、变异系数等仅可在某种程度上估测和描述总体。由该方法统计结果(见表1)可知, 在给定的取样范围土壤有机质平均含量接近 10g/kg, 潜在肥力较高, 但全盐量均值 5.98g/kg, 几乎达重盐渍度水平, 表明涝洼盐渍区土壤受人为干扰较小的特点。盐分及养分

2.2 空间变异特征

根据式(2)应用地统计软件以适宜的间距计算结果见图2~8, 图中小实点是土壤属性的半方差图, 实线为其理论模型。各属性半方差图显示特点为半方差随着间距的增加而增加, 说明属性存在空间变异结构; 图形不通过原点, 或多或少存在一定程度的块金方差(C_0), 从其物理意义可知, 此次取样最小间距范围内(100m ±)仍存在变异, 间或在分析过程中存在引入某些系统误差的可能; 半方差图存在基台值 $C_0 + C$, 分别属于有基台值的指数、球函数模型, 其中速效钾、速效磷的模型最为理想, 而全 P 的模型只是尝试性拟合, 主要原因可能在于实际取样间距偏大, 相关间距内的样品“配对”数目少。

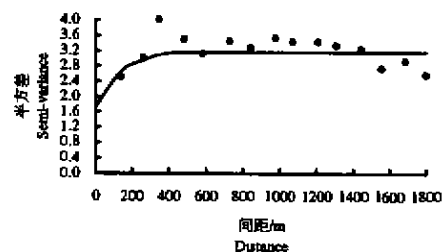


图2 有机质半方差图

Fig. 2 Semi-variogram of organic matter

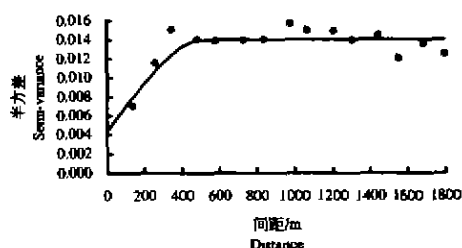


图3 全N半方差图

Fig. 3 Semi-variogram of total nitrogen

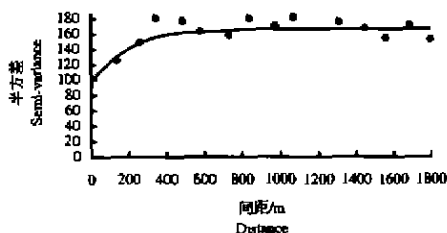


图4 速效氮半方差图

Fig. 4 Semi-variogram of available nitrogen

值为25%~75%,表明它们具有中等空间相关性,而单从比值相对大小看,表层全盐量、全N、速效磷比有机质、全P、速效氮的空间相关性强,这种比值愈大,说明土壤属性受自然或区域性因素的影响愈大,速效钾、全盐量、全N的比值均>70%,故空间趋势效应强,而

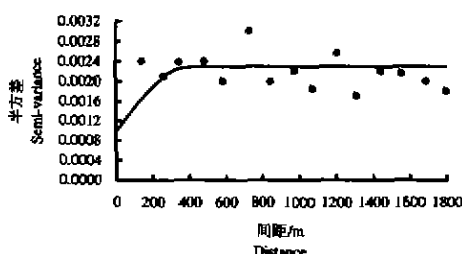


图5 全P半方差图

Fig. 5 Semi-variogram of total phosphorus

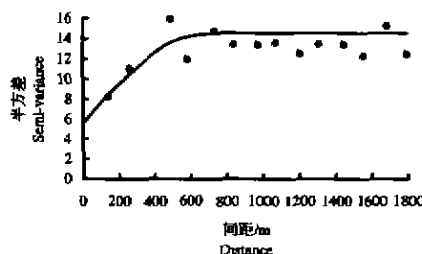


图6 速效磷半方差图

Fig. 6 Semi-variogram of available phosphorus

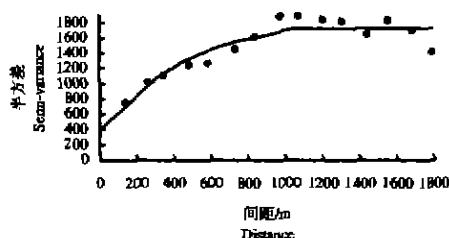


图7 速效钾半方差图

Fig. 7 Semi-variogram of available potassium

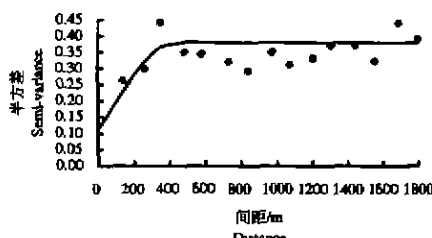


图8 全盐量半方差图

Fig. 8 Semi-variogram of total salt content

基于半方差函数理论模型得出的相应参数见表2。应用结构方差(C)和基台值(C_0+C)之比值评价属性的空间相关性,速效钾的比值>75%,说明其具有强烈的空间相关性;全N、有机质、全P、速效氮、速效磷、表层全盐量比

速效氮、有机质相对受人为(非区域)因素影响较大,故轮荒、撩荒半自然状态下区域因素影响较为突出。4个属性的结构方差较大又说明在所研究的最小间距(约100m)内的变异比变程(A)范围内的变异小,分析过程中引入的

误差较小。2700m×2100m空间尺度中各养分属性变程并非一致,全P的最小,为340m,速效钾的最大,为1170m,其余为400~670m之间。由于 A 联系着最大相关距离的大小(参考于理论模型),表示土壤养分、盐分观测值之间的距离大于该值时则样本相互独立,小于该值时则样本存在一定的关系。据此土壤调查和统计分析中可避免在相关距离内重复设置样点,以遵守和满足统计抽样的独立性原则,节约调研、测定费用。半方差图除用于分析土壤特性空间分布的方向性和相关距离外,还可用于对未测点的参数进行最优内插估值和绘制等值线图,从而直观了解属性的空间格局。海河低平原盐渍区土壤属性半方差函数的精确估计对成功进行各属性值空间内插和产生栅格图极其必要,其可靠性取决于按已知位差确定的测点数据的“配对”数目,反之而言,它取决于可能承受的调查采样密度。

3 小结

在所研究的尺度,各种属性存在空间变异结构,具有一定程度的块金方差(C_0)。半方差图分别遵从于指数和球函数模型。速效钾具有强烈的空间相关性,全N、有机质、全P、速效氮、速效磷、表层全盐量具有中等空间相关性。速效磷、全盐量、全N空间趋势效应强,而速效氮、有机质相对受人为(非区域)因素影响较大。各养分属性变程并非一致,全P的最小,为340m,速效钾的最大,为1170m,其余为400~670m之间。土壤调查和统计分析中应根据变程所反映的相关特点,遵守统计抽样的独立性原则,避免在相关距离内重复设置样

表2 2700m×2100m尺度表层土壤全盐量、养分属性半方差模型结构及参数

Tab. 2 Semi-variance structures of soil attributes and their parameters in 2700m×2100m area

项目 Items	类型 Model types	块金系数 Nugget coefficient	基台 Sill	结构方差:基台/% $C/(C+C_0)$	变程/m Range
有机质 Organic matter	指数	1.438	3.17	46	453
全N Total N	球状	0.0042	0.014	75	480
全P Total P	球状	0.00097	0.0023	42	340
速效氮 Available N	指数	98.60	165.55	40	612
速效磷 Available P	球状	5.57	14.35	52	657
速效钾 Available K	指数	360.50	1725.90	79	1173
全盐量 Total salt content	球状	0.108	0.354	71	413

点,以节约调研费用。

参 考 文 献

- 1 雷志栋,杨诗秀等.土壤特性空间变异性初步探讨.水利学报,1985(9):10~21
- 2 中国科学院南京土壤研究所.土壤理化分析.上海:上海科学技术出版社,1978.196~233
- 3 毛任钊,刘小京.海河低平原盐渍区农业生态环境质量评价指征的研究.生态农业研究,2000,8(3):59~62
- 4 谢贤群.农田生态系统水分循环与作物水分关系研究.中国生态农业学报,2001,9(1):9~12
- 5 Wagenet R. J., Jurinak J. J. Spatial variability of soluble salt content in a Mancos shale watershed. Soil Sci., 1978, 126: 342~349
- 6 Zhang R., Rahman S. *et al.* Geostatistical analyses of trace elements in soils and plants. Soil Sci., 1995, 159(6): 383~390
- 7 Manlants D., Mohanty B. P. *et al.* Spatial variability of hydraulic properties in a multi-layered soil profile. Soil Sci., 1996, 161(3): 167
- 8 Newman S., Reddy K. R. *et al.* Spatial distribution of soil nutrients in a northern Everglades marsh: Water Conservation Area 1. Soil Sci. Soc. Am. J., 1997, 61: 1275~1283

海南省热带资源可持续发展浅析

海南省具有丰富的热带季风气候资源、土壤资源、热带作物资源、旅游资源、海洋资源和矿藏资源,开发潜力巨大,其陆地面积 3.4 万 km²,占全国热带地区面积的 42.5%,可利用面积达 98%,全省可作为热带大农业用地有 306 万 hm²。海南省是我国热带森林最丰富的地区,其中 9 种植被类型占全国物种总数的 25%,约 4200 种植物种类和 530 多种动物种类,具有丰富的遗传多样性,被誉为物种进化的基因库。海南省先后制定了《海南省环境保护条例》等 20 多项环境保护法规,并分别就红树林和珊瑚礁保护立法,使之走上法制化和规范化。1994 年率先在全国停止采伐天然林,大力封山育林。1997 年海南省人民政府制定了《海南省环境保护“九五”计划和 2010 年规划》,从而加大了环境保护力度,从整体上遏止了环境恶化的势头。1999 年 2 月海南省二届人大会议通过《关于建设生态省的决定》,从而标志着海南省生态环境保护和建设迈入新阶段,通过采取一系列生物工程措施,该省森林覆盖率由 1988 年建省前的 22.3% 增至 1999 年的 51%,热带天然林从建省前的 36.7 万 hm² 恢复到 61.3 万 hm²,治理水土流失面积 6.4 万 hm²,建成各类自然保护区 73 处,总面积 268.3 万 hm²,陆地自然保护区占该省陆地面积的 4.64%,居全国第 3 位。1998 年海南省被列入全国重点天然林保护工程实施省区,这些都为热带资源可持续发展奠定了基础。为实现热带资源持续发展,海南省应加强原始森林的保护与恢复,进行热带生物资源的集约开发和有效地利用热带旅游资源。原始森林的保护与恢复,海南省中部山区是热带原始森林分布广、生物多样性最为丰富的地区,也是重要的水源涵养地,应切实加强中部山区森林生态系统的建设,目前已划定五指山中心区、尖峰岭、吊罗山、坝王岭等自然保护区,应逐步把各保护区连接成片成网,形成一个大的自然保护带,在保护区中心地段应保持其自然原始状态,最大限度地避免人为的干扰和破坏,在其周边可建立少数几个以环境监测为目的的标准地和观测站。通过建设使中部山区成为海南省水源涵养基地、生物多样性保护基地、珍稀濒危野生动物驯养繁殖基地、药用植物种质资源保存繁殖生产基地、生态环境建设示范基地和生态监测与研究基地。为遏止原始森林的破坏,在自然保护区外围划出适当的区域进行封山育林,恢复大部分已破坏的原始森林,一是重新划定相当面积的原始森林恢复区,把坡度大、单产低、经济效益不高的橡胶林等人工林退还森林种植;二是根据森林生态学的原理,选择原有的原始森林群落,培育新的适应性强、结构合理、物种丰富和经济价值大的森林生态系统,有计划地改造天然次生林;三是用材林区应选择速生优良树种,并保持合适的砍伐强度,以确保森林自身的再生能力;四是修建绿色走廊,并与自然保护区联成一片;五是在沿海大力恢复被破坏的红树林和青皮林。热带生物资源的集约开发,根据海南省地域特点、资源优势和发展状况分区划片进行集约开发,海南热带生物资源开发区可分为 6 种类型:北部平原粮、果、蔬、水产区,包括海口全部、琼山、临高、澄迈和定安大部分,其中临高、澄迈以粮食、水产为主,海口、琼山以果蔬为主,文昌、定安、琼山一部分以林业、水产为主,该区应大力培养龙头产业,实施农产品品牌战略,不断研制开发优良品种,发展反季节水果、饮用植物和海洋捕捞加工业等,尤其是绿色食品生产、加工、销售,以此带动其他各业协调发展,形成良好的生态循环;中北部丘陵山地热带作物、林业区,包括儋州、白沙、昌江、东方、屯昌等市县,其中儋州、白沙以橡胶、林业为主,屯昌、定安等以热带作物为主,该区应进行作物间作,大力提高单位面积产量,提高土地利用效率,切实抓好橡胶基地建设,并扩大胡椒、椰子、瓜菜等热带水果的种植面积;东部平原粮、热带作物、水产区,包括琼海市大部分、万宁市东部和文昌市南部,该区应大力营造防护林,防治涝害,改良土壤,建设成岛内稳产高产的商品粮基地,因地制宜发展胡椒、咖啡、椰子等热带作物生产,并充分利用海洋资源,加快发展海洋捕捞和海水养殖;南部丘陵盆地橡胶、热带作物、水产区,包括陵水、保亭、乐东大部以及三亚、万宁部分地区,该区应大力改造橡胶、热带作物等中低产园,加强抚育管理,加强渔业建设,提高机械化水平,向海外发展;西部平原粮、油、热带作物、林业区,包括昌江、东方和乐东大部分,儋州、白沙和三亚部分,该区应加大水利建设,提高用水效率,扩大灌溉面积,同时大力营造沿海防风林和护田林,改善生态环境,因地制宜合理调整作物布局和轮作制度;中部山地林业、畜牧业,包括通什全部、琼中大部分,白沙、儋州、东方、乐东、保亭和陵水部分地区,该区林业生产在全岛占主导地位,应大力封山育林,做好森林保护,发展纸浆林、饲料林等用材林,利用丰富草地资源大力发展以养牛、养羊为主的畜牧业及其加工业,形成以畜牧业为中心的产业链。有效利用热带旅游资源,丰富的热带森林和热带动植物资源是海南省最有特色和优势的旅游资源,要科学、合理地开发和利用,一是加强森林公园、野生动物园的管理和建设,在不影响自然保护功能的前提下因地制宜有计划地建立一批森林公园、森林疗养度假区和野生动物园,以带动当地经济发展,帮助农民脱贫致富;二是加强生态恢复和保护旅游景区(点)的建设,把生态旅游同生态恢复与保护密切结合起来,积极推广三亚南山文化旅游区和万宁兴隆热带植物园模式,建设一批以生态恢复、生物多样性保护和农业旅游为主题的生态旅游示范区,促进旅游开发和生态保护协调发展;三是开发生态旅游产品,在合理保护资源的前提下充分发挥海南热带作物产品及其他资源优势,开发一系列土特产旅游产品。

(欧阳 欣 中国热带作物农业科学院 海南兴隆 571533)