

近 20 年城乡交错带土壤养分时间空间变异特征分析

—以北京市大兴区为例

孔祥斌¹ 张凤荣¹ 王 茹²

(1 中国农业大学土地资源与管理系 北京 100094; 2 北京市房屋与土地管理局土地整理中心 北京 100094)

摘 要 以北京市大兴区为城乡交错带的分析样区,通过对 1982 年、2000 年 2 期土壤养分变化情况进行时间空间变异特征分析,结果发现:1982~2000 年近 20 年间大兴土壤养分除土壤速效 K 含量略有下降外,其他土壤养分含量均呈上升趋势,尤以速效 P 含量增长最多。各项养分增加值分别为有机质 31.02%、全 N 50%、碱解 N 37.89%、速效 P 177%,而速效 K 则减少 6.97%。1982 年的 5 种土壤养分中,速效 P 的变异系数最高,为 0.50;全 N 次之,为 0.4;有机质、速效 K、碱解 N 的变异系数较小,在 0.28~0.32 之间。2000 年的 5 种土壤养分中,变异系数最高的仍是速效 P,为 0.57;速效 K 次之,为 0.36;有机质、全 N 和碱解 N 含量的变异系数较小,在 0.19~0.23 之间。1982 年有机质的块金值与基台值之比为 45.32%,2000 年的为 26.54%,说明其在小尺度上的空间相关性增强。1982 年速效 K 的块金值与基台值之比为 36.96%,2000 年的为 29.82%。2000 年全 N、碱解 N 和速效 P 的块金值与基台值的比值大于 1982 年的比值。2000 年各项土壤养分的空间相关距离均比 1982 年增大,基本上趋向于以大块状变异为主,具有较强的渐变性分布规律。

关键词 土壤养分;时空变化;城乡交错带;大兴区

中图分类号 S141

自上世纪 70 年代以来,土壤特性的空间变异或其他农田特征变异定量化研究一直是关注的热点^[1,2],多数研究着重讨论了土壤物理性质、土壤盐分的空间变异问题^[3,4]。随着研究的深入,对土壤养分空间变异的地理统计学研究也逐渐增多。如有关土壤有机质、全 N、NO₃⁻-N、全 P、速效 P、速效 K 等的变程研究^[5~8],块金效应和相关程度研究^[9]、变异系数的研究等^[5, 10~12]。但是,在较大尺度下,对土壤养分的时间空间变异进行对比研究还不多^[13~15],而对于土地利用快速变化的大城市城乡交错带的研究还少有报道。北京市大兴区从一个以粮食生产为主的农业县演变成北京市重要的蔬菜水果生产基地,20 年来土地利用发生了巨大变化,如土地利用结构、种植结构、种植制度、耕作措施、施肥水平等都发生了较大的变化,这些变化都会对土壤养分的变化产生重要影响^[16~19]。本文通过野外调查、采样分析和资料搜集,运用地理统计学并结合地理信息系统(GIS),对近 20 年来大兴区土壤养分时间空间分布特征进行对比研究,探讨该地区土壤养分的变化特征和规律。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

大兴区位于东经 116°13~116°43',北纬 39°26~39°51'之间,周边分别与房山区、丰台区、朝阳区、通州区相邻,面积 1039 km²。地处北京南郊平原,区位优势得天独厚,是北京市唯一一个拥有两个新兴卫星城的郊区。

大兴全区 2000 年总人口 60 万人,其中农业人口 37.7 万人。2000 年国内生产总值 535254 万元,人均 5732 元,农民人均纯收入 4003 元。在国内生产总值构成中,第一、二、三产业在国内生产总值中的比重为 34.9%、30.6%、34.5%。大兴不但有北京南菜园和中国西瓜之乡的美誉,而且也是北京市粮食、水果生产大区。

大兴区属暖温带半湿润季风气候,位于北京湾小平原上,属于华北大平原的一部分,整个平原均属永定河冲积物。总的地势自西北向东南倾斜,海拔高程在 15~45 m 之间,坡度在 0.8‰~1.0‰左右。年均温 11.5℃,年温差高达 30.9℃,>10℃活动

积温 4161 ，无霜期 190 d，年平均降雨量 568.9 mm。大兴区土壤发育在现代河流（主要是永定河）的冲积洪积母质上，自然土壤多属于浅色草甸土。在长期的耕作影响下，促进了土壤的熟化过程，已演变为耕作潮土(按《中国土壤系统分类》属于底锈干润锥形土)。在地下水位较低的地区，土壤经历粘化过程，发育为褐土（按《中国土壤系统分类》属于普通干润锥形土）；在靠近永定河河堤的地区，由于成土时间较短，仍然分布有少量的风沙土和固定沙丘（按《中国土壤系统分类》属于砂质新成土）。

2.2 土壤数据来源与测试方法

本研究以第二次土壤普查为背景，在收集第二次土壤普查资料数据和土壤肥力监测资料数据的基础上，在 2000 年尽量靠近原样点采集土壤样品，采样的同时，调查有关土地利用类型、耕作与种植制度、施肥、灌溉、产量等历史变迁情况，把土壤肥力变化与当地社会经济发展及土地利用状况结合起来。采样时间为 5 月底 6 月初，即冬小麦生育后期取土，其分析结果能代表土壤真正的肥力水平，而且与 1982 年的取样时间基本一致。此次使用 GPS 定位，为未来监测样点的精确定位打下了良好基础。土壤样品取自耕层，每一样点都按农化样的采样要求在直径 100 m 范围内选择 3~5 个点，混合按四分法分析样品 1.5 kg。样点布局考虑了土地利用方式和土壤类型，使样点在空间上具有广泛的代表性。在全区共采集 332 个土样，布点合理，代表性强；取土范围不 < 3.33 hm²，代表面积不 > 13.33 hm²（图 1）。

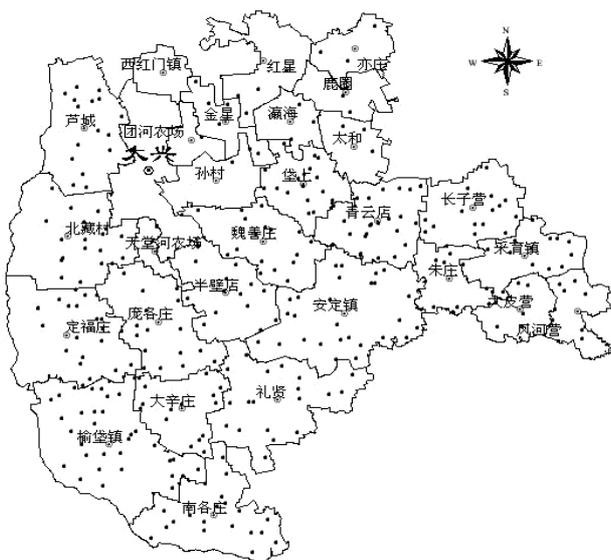


图 1 北京市大兴区土壤采样点分布图
Fig. 1 Distribution of soil sampling sites in Daxing District in Beijing City

实验室内，剔除土样中植物根系及残体、石块、昆虫尸体等杂物，选择通风良好的地点风干。已风干的土样经研磨，过 0.15~1mm 的细筛，备用。测定有机质、全 N、碱解 N、速效 K 和速效 P 5 种土壤养分的含量，测定方法均为国家标准方法^[20]。

2.3 数据的处理

我国 1:5 万的土壤图是按 3° 带高斯-克吕格投影到二维平面直角坐标系下生成的，所以 GPS 测量数据必须进行投影才能与 GIS 数据进行匹配。在本研究中，应用 MAPGIS 的功能模块，读入 GPS 数据，完成精确投影转换和数据格式转换，将 WGS84 坐标系下的 GPS 数据转换到北京 54 坐标系下，输出 ArcView 能够接收的 shp 格式，从而得到 2000 年的土壤采样点位图（图 1）。对于半方差函数分析采用 ArcView 软件完成，传统的数据统计分析采用 SPSS8.0 软件完成。

2.3.1 半方差函数 半方差函数描述了随机函数 Z 的空间依赖组成部分。将给定偏离间距为 h 的半方差估计为所有由间距 h 隔开的观察值之间的方差平均值：

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

式中 r(h) 为变异函数；h 为样点空间间隔距离，即步长；N(h) 是以 h 为间距的所有观测点的成对数目；Z(x_i) 和 Z(x_i+h) 分别是区域化变量 Z(x) 在空间位置 x_i 和 x_i+h 的实测值。

2.3.2 半方差模型 半方差函数的理论模型有多种，常用的有 Gauss 模型、线性有基台值模型、球状模型和纯块金模型等。下面是本文中用到的几个半方差函数模型的简单介绍：

$$\begin{cases} \text{球状模型} & \begin{cases} g(h) = C_0 + C[1.5h/a - 0.5(h/a)^3], & 0 < h < a \\ g(h) = C_0 + C, & h > a \\ g(0) = 0, & h = 0 \end{cases} \\ \text{指数模型} & \begin{cases} g(h) = C_0 + C[1 - \exp(-h/a)], & h > 0 \\ g(0) = 0, & h = 0 \end{cases} \\ \text{线性有基台值模型} & \begin{cases} g(h) = C_0 + C(h/a), & 0 < h < a \\ g(h) = C_0 + C, & h > a \end{cases} \end{cases}$$

上式中，h 表示分隔两点的矢量，g(h) 表示半方差函数，C₀ 表示块金效应（Nugget），a 为变程（半方差达到基台值的样本间距），表示某养分观测值之间的距离大于该值时，则说明它们之间是相互独立的。若小于该值时，则说明它们之间存在着一定的相关

关系。对于球状和线性模型, a 表示观测点之间的最大相关距离, 而指数模型的最大相关距离为 $3a$ 。

3 结果分析与讨论

3.1 土壤养分的时间变异

近 20 年来, 大兴区经历了 1982 年土壤普查, 1990 年土壤养分调查和本次 2000 年养分详查。3 次较为详细的养分测试结果表明(表 1) 2000 年与 1982 年相比, 土壤养分含量变化差异更为显著。因此, 重点对 1982 年、2000 年之间近 20 年间土壤养分含量变化进行分析。1982~2000 年除土壤速效 K 含量略有下降外, 其他土壤养分含量均呈上升趋势, 尤以速效 P 含量增长最多。各项养分增加值分别为有机质 31.02%、全 N 50%、碱解 N 37.89%、速效 P 177%, 而速效 K 则减少 6.97%。

表 1 近 20 年来大兴区土壤养分含量变化情况

Table 1 Changes in soil nutrients in Daxing District in the past 20 years

年份	有机质 (g/kg)	全 N (g/kg)	碱解 N (mg/kg)	速效 P (mg/kg)	速效 K (mg/kg)	样本数
1982	9.64	0.6	51.94	7.18	82.03	320
1990	11.7	0.66	54.1	13.7	80.4	180
2000	12.63	0.9	71.36	19.88	76.31	332
增加 [*]	31.02	50.00	37.39	176.88	-6.97	

* 2000 年比 1982 年增加的百分数。

3.2 统计学与地统计学分析

3.2.1 土壤养分的描述性统计 表 2 是配对样本的 t 检验结果。进行检验的配对样本数是 320, 由于 1982 年的数据含有缺失值, 所以实际上各项的自由度分别为 305、281、284、300 和 287。结果表明, 2000 年的土壤养分含量除速效 K 外, 其他 4 项均比 1982 年有显著增加 ($\bar{n} < 0.05$)。

表 2 土壤养分配对样点的 t 检验

Table 2 Paired samples test on soil nutrient content in Daxing District from 1982 to 2000

项目	T 检验	自由度	概率
有机质(g/kg)	-19.133	305	0.000*
全 N(g/kg)	-20.673	281	0.000*
碱解 N(mg/kg)	-21.281	284	0.000*
速效 P(mg/kg)	-18.336	300	0.000*
速效 K(mg/kg)	4.318	287	0.000*

* 显著性水平在 $\bar{n} < 0.05$ (双尾检验)。

3.2.2 分布类型特征 1982 年的土壤养分中, 有机质、全 N、碱解 N 均服从正态分布(经偏峰态检验和 χ^2 检验), 速效 P 和速效 K 服从对数正态分布(表 3); 而 2000 年的土壤有机质、碱解 N 服从正态分布, 土壤全 N、土壤速效 P、速效 K 则均服从对数正态分布, 说明两个时期的数据都满足地质统计学理论中有关特征假设, 符合变异函数的计算要求, 因为变异函数的计算一般要求数据符合正态分布, 否则可能存在比例效应^[21,22]。1982 年和 2000 年的全 N 分布类型不同, 可能是由于近年来大面积推广秸秆还田, 为微生物提供了大量的 C 源, 增强了微生物活性, 秸秆中大量的 N 被微生物吸收同化, 而不同的土壤质地类型、pH 值、水分条件和温度等因素又会影响微生物吸收同化的速率, 从而导致全 N 含量差异性增大。因此 2000 年全 N 分布比 1982 年复杂, 表现为对数正态分布。

3.2.3 土壤养分的传统统计变异分析 1982 年和 2000 年所有养分的变异系数变化范围为 0.19~0.57(表 3), 属于中等变异程度^[23]。不同土壤养分的变异情况各不相同: 1982 年的 5 种土壤养分要素中, 速效 P 的变异系数最高, 为 0.50; 全 N 次之, 为 0.4; 有机质、速效 K、碱解 N 的测试值变异较小, 变异系数在 0.28~0.32。2000 年的 5 种养分要素中, 变异系数最高的仍是速效 P, 为 0.57; 速效 K 次之, 为 0.36; 有机质、全 N 和碱解 N 含量变异较小, 变异系数在 0.19~0.23。

1982 年和 2000 年土壤速效 P 的变异系数最大, 可能的原因有两方面: 一是与 P 在土壤中的化学行为及施 P 状况有关, 因施入土壤中的 P 移动性小、当季利用率低等使土壤中 P 残留较多, 导致土壤中 P 的分布不均; 二是与整个区域中不同部位的地形、土壤类型、土壤质地等土壤特征有关。

由于变异系数的大小是由标准差和均值的比值共同决定的。2000 年同 1982 年相比, 变异系数变幅最大的是全 N, 降低了 0.17, 其次是碱解 N, 下降了 0.12; 而有机质、速效 P 和速效 K 变化不大。全 N 和碱解 N 的变异系数降低主要是由于随着农业生产强度的不断增强, 全区从 1990 年开始施用 N 肥较为普遍, 导致了全 N 和碱解 N 的含量均有不同程度的增加和整体差异性的降低。速效 P 的变异系数略有增大, 主要是出现了一些速效 P 含量较高的样点, 其原因可能与化肥使用量的不同或者采样点恰好在施肥点上, 而 P 又不易移动等有关。

表 3 1982 年与 2000 年土壤属性参数的统计特征值

Table 3 Descriptive statistics characteristics of soil nutrient from 1982 to 2000

测定项目	时间	均值	众数	标准差	最小值	最大值	变异系数	分布类型	样本数
有机质 (g/kg)	1982	9.64	11.10	2.66	2.96	18.65	0.28	正态	297
	2000	12.63	12.53	3.22	3.44	26.01	0.25	正态	322
全N (g/kg)	1982	0.60	0.64	0.24	0.12	1.38	0.40	正态	282
	2000	0.90	0.85	0.21	0.22	2.52	0.23	对数正态	315
碱解N (mg/kg)	1982	51.94	55.65	16.13	14.50	104.30	0.31	正态	285
	2000	71.36	58.24	13.55	38.22	113.68	0.19	正态	308
速效P (mg/kg)	1982	7.18	5.50	3.55	2.05	26.24	0.50	对数正态	293
	2000	19.88	16.06	11.33	4.05	73.35	0.57	对数正态	324
速效K (mg/kg)	1982	82.03	76.00	26.50	31.00	220.00	0.32	对数正态	292
	2000	76.31	53.70	27.38	28.10	199.10	0.36	对数正态	310

3.2.4 土壤养分的地统计学空间变异分析 研究区域土壤的有机质、速效养分 N、P、K 及全 N 等养分含量的空间变异性均存在着半方差结构 (表 4, 图 2), 而不同土壤养分的空间变异性各不相同, 其变程范围为 11.2 ~ 37.5 km。变程是指变异函数达到基台值时所对应的距离, 表示如果某种养分观测值之间的距离大于该值时, 则说明它们之间是相互独立的; 若小于该值时, 则说明它们之间存在着一定的相关关系, 变程的变化也反映出引起土壤要素变异的主要过程的变化。从表 4 可以看出, 2000 年与 1982 年相比, 5 种土壤养分的变程都有不同程度的增大, 这意味着 20 年之后, 各项土壤养分的空间相关距离均比 1982 年增大, 基本上趋向于以大块状变异为主, 具有较强的渐变性分布规律。

块金值通常表示由实验误差和小于实验取样尺度引起的变异, 较大的块金方差值表明较小尺度上

的某种过程不容忽视。总体来说, 1982 年和 2000 年的各种养分要素的块金效应都比较大, 说明在 < 600 m 的尺度下, 影响土壤养分变异的过程作用还比较强。

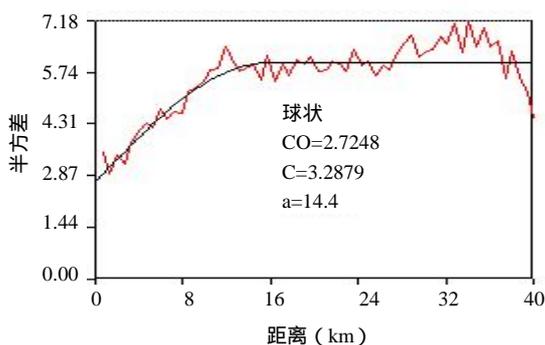
基台值通常表示系统内总的变异, 块金值与基台值的比值可以反映土壤属性空间相关的程度。如果比值 < 25 %, 说明土壤属性具有强烈的空间相关性; 如果比例在 25 % ~ 75 % 之间, 表明土壤属性具有中等的空间相关性; > 75 % 说明土壤属性空间相关性很弱^[9]。从表 4 可以看出, 1982 年和 2000 年土壤养分的块金值与基台值的比值范围为 17.34%~75.02%, 除 1982 全 N 表现为较强的空间自相关性外, 其他土壤养分空间分布表现为中等程度的自相关。这是因为土壤养分分布是由结构性和随机性因素共同作用的结果。结构性因素, 如气候、母质、地形、土壤类型等可以导致土壤养分具有较

表 4 不同土壤属性半方差函数模型的类型及其参数值

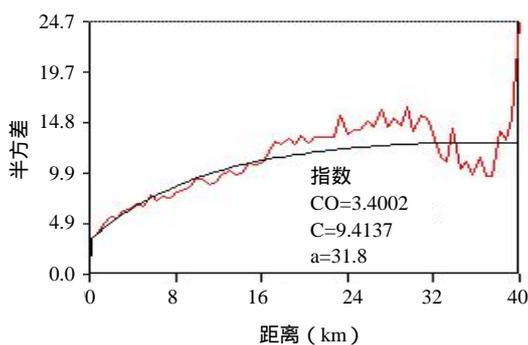
Table 4 Types and parameter values of Semi-variance models for different soil nutrients

项目	时间	理论模型	块金值 (C_0)	基台值 (C_0+C)	块金值/基台值 (C_0 / C_0+C (%))	变程 (Km)	决定系数 R^2
有机质	1982年	Spherical	2.725	6.0127	45.32	14.4	0.875**
	2000年	Exponential	3.400	12.814	26.54	31.8	0.901**
全N	1982年	Exponential	0.0207	0.1194	17.34	37	0.757**
	2000年	Exponential	0.0336	0.058	57.93	37.5	0.766**
碱解N	1982年	Exponential	105.61	261.6662	40.36	11.2	0.802**
	2000年	Spherical	91.89	192.5147	47.73	12.8	0.855**
速效P	1982年	Line to sill	0.1588	0.2479	64.06	24.6	0.779**
	2000年	Exponential	0.2498	0.3330	75.02	36.6	0.807**
速效K	1982年	Exponential	0.0387	0.1047	36.96	22.8	0.883**
	2000年	Exponential	0.0472	0.1583	29.82	35.5	0.906**

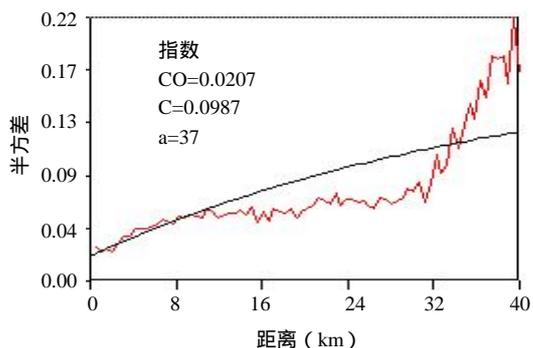
** 为显著性水平在 $\bar{n} < 0.01$ (双尾检验)。



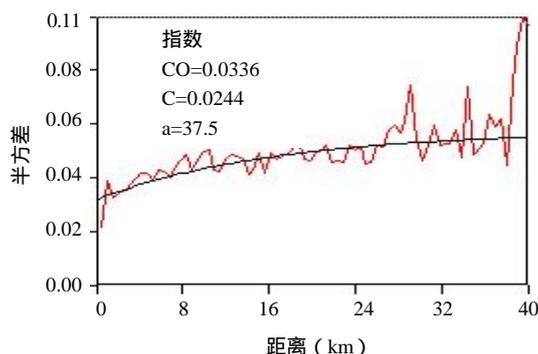
a 1982年土壤有机质



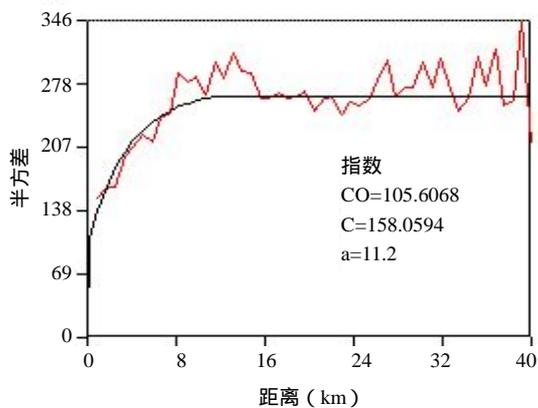
b 2000年土壤有机质



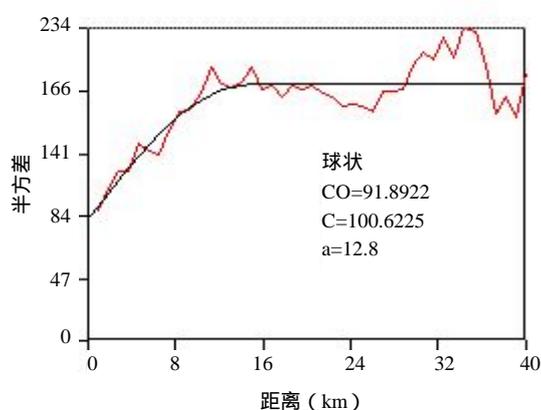
c 1982年土壤全N



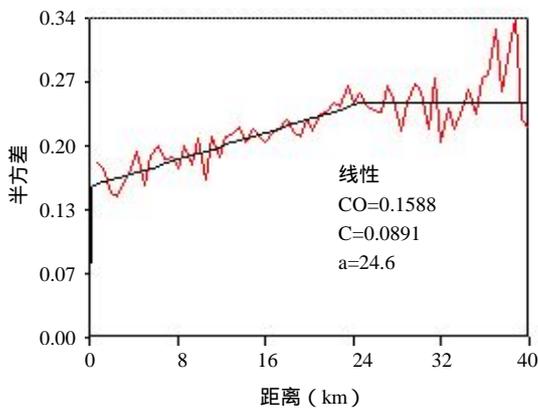
d 2000年土壤全N



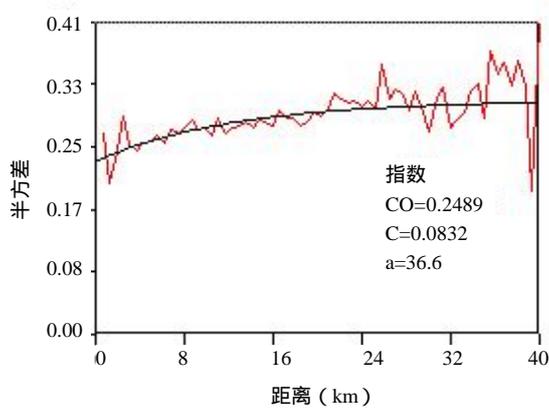
e 1982年土壤速效N



f 2000年土壤速效N



g 1982年土壤速效P



h 2000年土壤速效P

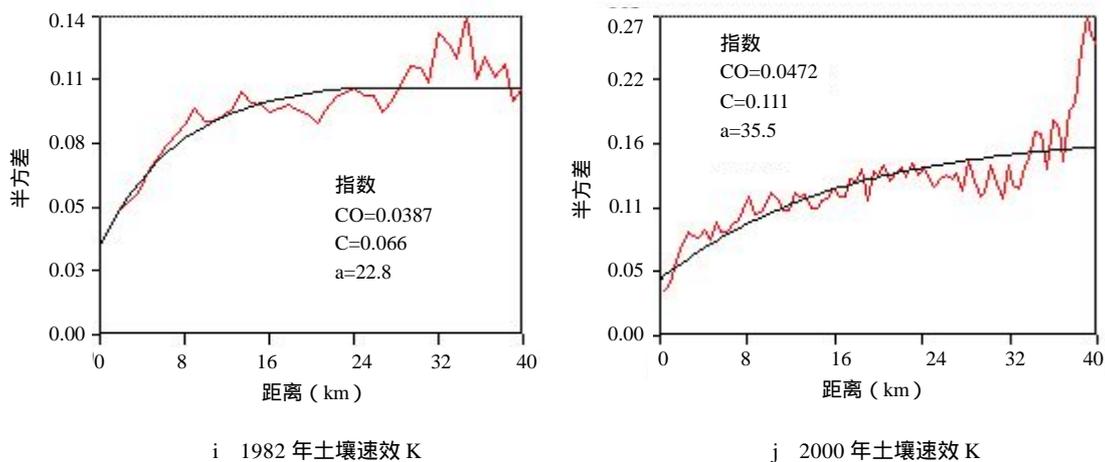


图 2 土壤各项养分的半方差函数图

Fig. 2 Theoretic models and semi-variances of soil nutrients in 1982 and 2000

强的空间自相关性，而随机性因素如施肥、耕作措施、种植制度等各种人为活动会导致土壤养分的空间自相关性减弱，朝均一化方向发展^[24-26]。

在土壤养分中，有机质和速效 K 在 2000 年块金值与基台值的比值均小于 1982 年。1982 年有机质的块金值与基台值之比为 45.32%，2000 年为 26.54%，说明其在小尺度上的空间相关性增加，表明在 600 m 以内的土壤质地、土壤类型等结构性因素控制着土壤有机质含量变化的趋势不仅没有改变，而且这一趋势还在增强，也可能是农户在土壤有机质管理方面存在着很大差异。1982 年速效 K 的块金值与基台值之比为 36.96%，2000 年的为 29.82%，这可能是由于作物秸秆带走了大量的 K，而长期以来忽视 K 肥的施用，故土壤速效 K 含量受施肥等随机因素的影响较小，从而增加了小尺度上的空间相关性。

2000 年块金值与基台值的比值均大于 1982 年的有 3 种：全 N、碱解 N 和速效 P。反映出人类生产活动对土壤养分含量的影响程度加大，主要表现在施用 N 肥、P 肥逐年增加。另外，土地利用方式的改变也导致了小尺度下局部土壤养分含量的空间相关性，削弱了结构性因素的作用。其中全 N 的块金值与基台值的比值增幅最大，说明其含量的空间变异性受到施肥、作物种类、管理水平等人为因素的强烈影响，向均一化方向发展。

4 结论

(1) 1982 ~ 2000 年近 20 年间大兴土壤养分除土

壤速效 K 含量略有下降外，其他土壤养分含量均呈上升趋势，尤以速效 P 含量增长最多。各项养分增加值分别为有机质 31.02%、全 N 50%、碱解 N 37.89%、速效 P 177%，而速效 K 则减少 6.97%。

(2) 所有养分的变异系数变化范围为 0.19 ~ 0.57，属于中等变异程度。1982 年的 5 种土壤养分要素中，速效 P 的变异系数最高，为 0.50；2000 年的 5 种养分要素中，变异系数最高的仍是速效 P，为 0.57；全 N 和碱解 N 含量变异较小，变异系数在 0.19 ~ 0.23。

(3) 研究区域土壤的速效养分 N、P、K 及全 N、有机质等主要养分含量的空间变异性均存在着半方差结构，而不同土壤养分空间变异性各不相同，其变程范围在 9.6~37.5Km。

(4) 1982 年和 2000 年土壤养分的块金值与基台值的比值范围为 17.34% ~ 75.02%，除 1982 全 N 表现为较强的空间自相关性外，其他土壤养分空间分布表现为中等程度的自相关。

(5) 5 种土壤养分中，有机质和速效 K 在 2000 年块金值与基台值的比值均小于 1982 年，说明其小尺度上的空间相关性增强。1982 年速效 K 的块金值与基台值之比比 2000 年高，2000 年块金值与基台值的比值均大于 1982 年的有 3 种：全 N、碱解 N 和速效 P。

(6) 经过 20 年土地利用之后，2000 年各项土壤养分空间相关距离均比 1982 年增大，基本上趋向于以大块状变异为主，具有较强的渐变分布规律，表明随着种植业集约化的发展，土壤性质向均一化

方向演变。

参考文献

- 1 Hillel D. Research in soil physics: a review. *Soil Sci.*, 1991, 151: 30 ~ 34
- 2 Warrick AW, Nielsen DR. Spatial variability of Soil Physics. Application of soil physics, Hillel D. New York: Academic Press, 1980, 319 ~ 344
- 3 史海滨, 陈亚新. 土壤水分空间变异的套合结构模型及区域信估值. *水利学报*, 1994, (7): 70 ~ 77
- 4 Russo DA. Geostatistical approach to solute transport in heterogeneous fields and its applications to salinity management. *Water Resour Res.*, 1984, 20 (9): 1260 ~ 1270
- 5 Tsegaye T, Robert LH. Intensive tillage effects on spatial variability of soil test, plant growth, and nutrient uptake measurements. *Soil Science*, 1998, 163 (2): 155 ~ 165
- 6 Fisher E, Thornton B, Hudson G, Edwards AC. The variability in total and extractable soil phosphorus under a grazed pasture. *Plant and Soil*, 1998, 203: 249 ~ 255
- 7 Meirvenne M, Van Hofman G. Spatial variability of soil nitrate nitrogen after potatoes and its change during winter. *Plant and Soil*, 1989, 120: 103 ~ 110
- 8 Cahn MD, Hummel JW, Brouer BH. Spatial analysis of soil fertility for site-specific crop management. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 1994, 58: 1240 ~ 1248
- 9 Cambardella CA, Moorman TB, Novak JM, Parkin TB, Karlen DL, Turco RF, Konopka AE. Field-scale variability of soil properties in central low a soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 1994, 58: 1501 ~ 1511
- 10 Trangmar BB, Yost RS, Wade MK, Wade MK, Uehara GU. Spatial variation of soil properties and rice yield on recently cleared land. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 1987, 51: 668 ~ 674
- 11 黄绍文, 金继运, 杨俐苹, 程明芳. 县级区域粮田土壤养分空间变异与分区管理技术研究. *土壤学报*, 2003, 40 (1): 80 ~ 88
- 12 Liang Wenju, Li Qi, Jiang Yong, Chen Wenbo, Wen Dazhong. Effect of cultivation on spatial distribution of nematode trophic groups in black soil. *Pedosphere*, 2003, 13 (2): 97 ~ 102
- 13 郭旭东, 傅伯杰, 陈利顶, 马克明, 李俊然. 河北省遵化平原土壤养分的时空变异特征. *地理学报*, 2000, 55 (5): 556 ~ 566
- 14 陈浮, 濮励杰, 曹慧, 彭补拙, 杨桂山, 周生路. 近 20 年太湖流域典型区土壤养分时空变化及驱动机理. *土壤学报*, 2002, 237 ~ 245
- 15 张有山, 林启美, 秦耀东, 李保国. 大比例尺区域土壤养分空间变异定量分析. *华北农学报*, 1998, 13 (1): 122 ~ 128
- 16 Lal R. Soil quality and food security: the global perspective In: Rattan Lal. ed. *Soil Quality and Soil Erosion*. Washington DC: CRC Press, 1999, 3 ~ 17
- 17 Fu BJ, Ma KM, Zhou HF, Chen LD. The effect of land use structure on the distribution of soil nutrients in the hilly area of the Loess Plateau, China. *Chinese Science Bulletin*, 1999, 44 (8): 732 ~ 736
- 18 Fu BJ, Chen LD, Ma KM. The relationship between land use and soil conditions in the hilly area of loess plateau in northern Shanxi, China. *Catena*, 2000, 39: 69 ~ 78
- 19 傅伯杰, 陈利顶, 马克明. 黄土丘陵区小流域土地利用变化对生态环境的影响. *地理学报*, 1999, 54 (3): 241 ~ 246
- 20 刘光崧, 蒋能慧, 张连第, 刘兆礼. 土壤理化分析与剖面描述. 北京: 中国标准出版社, 1996
- 21 王政权. 地统计学及其在生态学中的应用. 北京: 科学出版社, 1999
- 22 Rossi RE, Mulla DJ, Journel AG. Geostatistical tools for modeling and interpreting ecological spatial dependence. *Ecological Monographs*, 1992, 62: 277 ~ 314
- 23 雷志栋, 杨诗秀, 谢森传. 土壤水动力学. 北京: 清华大学出版社, 1988
- 24 Cambardella CA, Moorman TB, Novak JM. Field-scale variability of soil properties in central low a soils. *J. Soil Sci.*, 1994, 58: 1501 ~ 1511
- 25 Chien YJ, Lee DY, Guo HY. Geostatistical analysis of soil properties of mid-west Taiwan soil. *J. Soil Sci.*, 1997, 162: 291 ~ 298
- 26 周慧珍, 龚子同, Lamp J. 土壤空间变异性研究. *土壤学报*, 1996, 33 (3): 232 ~ 241

SPATIAL AND TEMPORAL VARIATION OF SOIL NUTRIENTS IN PERIURBAN REGION

A CASE STUDY OF DAXING DISTRICT IN BEIJING CITY

KONG Xiang-bin¹ ZHANG Feng-rong¹ WANG Ru²

(1 Dept. of Land Resources and Management, CAU, Beijing 100094; 2 Beijing House and Land Management Bureau, Beijing 100094)

Abstract Geostatistics has proven to be useful for characterizing and mapping spatial variability of soil properties, however, most of the previous geostatistical studies focused on data at small scales. With the development of GIS and GPS, geostatistics and GIS are becoming indispensable in characterizing and summarizing spatial information of large regions and providing quantitative support to decision and policy making for management of the soil, agricultural and natural resources. In this paper, geostatistics combined with GIS was used to analyze spatial-temporal variation of available potassium, available phosphorus and organic matter in the surface soil (0~20cm) in Daxing District of Beijing City, in the past 20 years or so from 1982 to 2000 as a case study. The results show that in term of variation coefficient of soil nutrients, a decreasing order of available phosphorus (0.50) > total nitrogen (0.40) > organic matter > available potassium > available nitrogen was observed in 1982, and one of available phosphorus > available potassium > organic matter > total nitrogen > available nitrogen in 2000. The ratio of nugget to sill of organic matter is 45.32% in 1982, and that is 26.54% in 2000. It shows that the spatial relationship variation decrease at small scale, that leads to the increase of soil organic matter on the whole, due to the adoption of the technique of straw returning to the field. The ratio of nugget to sill of available potassium was 36.96% in 1982, and 29.82% in 2000, which shows the variation of spatial relationship decreases at small scale. This is maybe the result of ignorance of application of potassium fertilizer. The ratio of nugget to sill of all the other nutrients become higher from 1982 to 2000, which leads to the increase in variation of spatial relationship at small scale. The spatial-temporal variation may be the result of the general management on the whole and different variation of application of nitrogen fertilizer and phosphatic fertilizer in soils under different types of land use over the past 20 years.

Key words Geostatistics, Soil nutrients, Spatial-temporal variation, Periurban region, Daxing District