

# 不同小尺度下潮土重金属有效性空间变异研究

李红伟, 李立平\*, 邢维芹

(河南工业大学化学化工学院, 郑州 450052)

**摘要:** 分别以  $10\text{ cm} \times 10\text{ cm}$  和  $2\text{ m} \times 2\text{ m}$  的网格对潮土(底锈干润锥形土)地区两块面积为  $1\text{ m} \times 1\text{ m}$  (1号区)(砂壤土)和  $30\text{ m} \times 18\text{ m}$  (2号区)(壤质黏土)的两块样区进行采样, 研究其土壤重金属有效性的空间变异。结果表明, DTPA 提取态 Cu、Zn、Pb、Mn 含量变异系数在 22.4% ~ 75.9% 之间; 1号区各元素含量平均值和变异系数均大于 2号区对应元素; 1号区 Zn 变异系数最大。地统计学分析表明, 4种重金属有效态含量在 1号区的块金值和基底效应均小于 2号区, 其中以 2号区 Pb 的数值最大、Mn 次之。两种尺度下, Pb 都是 4种元素中空间分布受随机性因素影响最大的元素; 重金属有效性的空间分布均表现出等值线与作物种植行近似平行的现象, 尤其以 Pb、Cu 和 Mn 最为明显。以上结果表明,  $2\text{ m} \times 2\text{ m}$  的网格更有利于反映潮土重金属有效性的空间变异受人为因素的影响, 潮土重金属有效性的空间变异还受到土壤质地、耕作活动、元素类型等因素的影响。

**关键词:** 潮土; 重金属; 有效性; 空间变异性; 小尺度

**中图分类号:** S159

土壤性质的空间不均一性是土壤的基本属性之一, 掌握土壤性质的空间变异是合理利用土壤资源的基础。潮土分布地区是我国重要的农业生产基地, 近年来, 已有不少工作者对潮土养分空间变异性进行了研究。

在土壤性质的空间变异研究中, 不同研究尺度反映土壤性质空间变异的能力不同。以较大网格采样研究大面积土地的土壤性质的空间变异性有利于从总体上把握土壤性质的空间分布, 但不利于掌握土壤性质在较小尺度上的变化。对北京大兴区  $1039\text{ km}^2$  的潮土上采集的 70 个样品的研究表明, 重金属含量与土壤质地和有机质含量关系密切, 土壤重金属的主要来源是污灌<sup>[1]</sup>。朱安宁等<sup>[2]</sup>对河北栾城地区  $15\text{ hm}^2$  潮土按  $20\text{ m} \times 20\text{ m}$  的网络采样, 研究了其 N、P、K 的时空变异, 结果反映了 N、P 肥施用在不同农户管理的田块间的差异等人为因素对土壤养分的影响。王学军等<sup>[3]</sup>以  $40 \sim 50\text{ m}$  的间隔对北京地区  $0.5\text{ km}^2$  的污灌潮土重金属全量的空间变异性研究表明, 重金属在距污灌口较近的样点中的含量较高。有少数研究者在较小采样间距下研究了土壤性质的空间变异。Wilcke<sup>[4]</sup>用  $1\text{ m}^2$  范围内所采

10 个土壤原状样品通过淋洗测定其中重金属的含量, 发现与混合样品相比, 单个原状样品所得重金属含量的变异性更大。Stecker 等<sup>[5]</sup>以  $1.3\text{ cm} \times 1.3\text{ cm}$  采样研究了免耕条件下条施 P 肥对土壤 P 时间和空间变异性的影响, 表明 Bray-1 P 从施肥中心开始向远以对数关系下降。总体看来, 目前在较大尺度上研究土壤性质空间变异的结果较多, 在较小尺度上的研究结果较少。因此, 本研究将探索在小尺度下, 无污灌历史地区潮土中重金属含量的空间变异性, 揭示潮土重金属有效性在较小尺度下的变化。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

研究区位于河南省封丘县。该地区位于华北平原中部, 属半干旱、半湿润的暖温带季风气候区, 年平均降水量  $605\text{ mm}$ , 年蒸发量  $1875\text{ mm}$ , 年平均气温  $13.9^\circ\text{C}$ , 无霜期 220 天左右; 主要种植方式为冬小麦和夏玉米轮作, 灌溉方式为利用地下水进行井灌。土壤母质为黄河冲积物, 土壤类型为潮土(底锈干润锥形土), 地下水位在  $2 \sim 4\text{ m}$  之间。

\* 通讯作者 (li-lipingcn@yahoo.com.cn)

作者简介: 李红伟 (1980—), 男, 河南上蔡人, 硕士研究生, 主要从事环境重金属污染研究。E-mail: lihongwei5257@163.com

## 1.2 样品采集与分析

两个采样区分别位于中国科学院封丘农业生态实验站内(1号区)和封丘县油坊乡李寨村西面(2号区),两采样区直线距离约5 km。1号区和2号区分别在2004年和2005年玉米收获后小麦播种前采样,采样深度均为0~20 cm。1号区所在地块为实验站内的试验田,采样前两年内未进行试验,当年春季种植玉米,为宽窄行覆膜种植,宽行距为90 cm,窄行距为50 cm。在地块内选择1 m×1 m范围采样(选择范围距地块四围距离均在6 m以上),采用10 cm×10 cm网格采样,共采样100个,采样时收集每个网格内0~20 cm全部土壤。2号区位于省道213西侧,其东边界距省道16 m,东面是村民住房,采样前作物为夏玉米,采样区南北长30 m,东西宽18 m,按2 m×2 m网格采样,采样时在每个网格内随机采取3个点的样品混合为1个样品,共采样135个。

样品在洁净塑料布上风干,剔除石块、残根等杂物,过2 mm筛,DTPA提取,用火焰原子吸收光度法(日本岛津AA-6300原子吸收光度计)分析提取液中Cu、Zn、Pb和Mn的含量<sup>[6]</sup>。样品提取和过滤所用的塑料离心管和塑料瓶在使用前均用稀HNO<sub>3</sub>浸泡,去离子水洗涤。

土壤基本性质参考《土壤理化分析》进行测定<sup>[7]</sup>。从1号和2号区样品中分别随机抽取5个土样,分析其有机质含量(重铬酸钾容量法)、质地(简易比重计法)、pH值,用这些结果代表各采样区土壤性质数值。结果列于表1。

表1 试验区土壤基本性质

Table 1 Basic properties of soils in experimental region

样区编号	有机质 (g/kg)	质地	<0.05 mm 颗粒 (g/kg)	pH(H <sub>2</sub> O)
1	8.20	砂壤土	445	8.25
2	13.12	壤质黏土	705	8.38

## 1.3 数据处理

采用经典统计学和地统计学进行分析。其中描述性统计性质的平均值、方差、标准偏差、变异系数及等值曲线图等均采用Surfer 8.0进行分析和绘制;半方差分析、模型拟合及Kriging插值采用Variowin 2.2软件分析制作。

半方差函数是描述土壤性质空间变异的函数,反映不同距离观测值之间的变化,半方差的计算公

式为:

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

式中 $N(h)$ 是间距为 $h$ 的所有观测值的样本“对”数。半方差函数 $r(h)$ 表示以向量 $h$ 相隔的 $Z(x_i)$ 与 $Z(x_i+h)$ 之间的变异性。一般 $h$ 愈大时, $r(h)$ 亦愈大,直到 $r(h)$ 增大到某一限度后, $r(h)$ 逐渐趋于稳定。

## 2 结果与分析

### 2.1 描述性统计分析

两个采样区有效态重金属含量存在明显差异,1号区4种重金属元素有效态含量的平均值均小于2号区;1号区各元素的变异系数均大于相应元素在2号区的数值(表2)。一般认为变异系数 $CV \leq 10\%$ 为弱变异性; $10\% < CV < 100\%$ 为中等变异性; $CV \geq 100\%$ 为强变异性。两个采样区重金属 $CV$ 均在22.4%~75.9%之间,属于中等强度变异。其中1号区Zn元素变异最大,其 $CV$ 达到75.9%,2号区Cu元素变异最小,其 $CV$ 为22.4%。

### 2.2 半方差模型及空间变异性分析

通过模型模拟及残差分析,得到两个采样区4种重金属有效态的最佳模型(图1、2)。

半方差函数是方向和两点之间距离的函数,它反映了变量的空间自相关性。本研究中,1号区Cu、Zn,2号区Pb、Zn属于指数模型;1号区Mn、2号区Cu属于高斯模型;1号区Pb、2号区Mn属于球状模型(图1、2)。半方差模型图可以更直观地显示块金值、基台值、变程等数值。根据理论模型,可以得到土壤重金属空间变异的重要参数,从而进行变异分析。4种元素最佳函数理论模型时的空间变异相应参数如表3。

$C_0$ 为块金值,反映随机因素引起的变异强度。块金值小,说明在研究尺度上由试验误差和小于试验取样尺度引起的土壤性质的变异均较小;反之,则表明随机因素引起的变异较大。两个采样区相比,2号区每种重金属有效态 $C_0$ 都大于1号区(表3)。说明2号区重金属有效态含量由随机因素引起的变异较大。其中2号Pb的 $C_0$ 最大,为0.39;1号区Cu的 $C_0$ 最小,为0.0162。

$C_0 + C$ 为基台值,表示系统内的总变异<sup>[6]</sup>。块金值/基台值( $C_0/(C_0+C)$ )通常称为基底效应,研究者认为,当基底效应 $< 25\%$ 时,土壤性质空间变异

表 2 土壤 DTPA- 提取态重金属含量描述性统计结果

Table 2 Statistic descriptions of soil DTPA-extractable heavy metal contents

元素	采样区	最大值 (mg/kg)	最小值 (mg/kg)	均 值 (mg/kg)	标准差	变异系数 (%)	偏度	峰度
Cu	1	1.086	0.500	0.741	0.204	27.5	0.347	-1.72
	2	2.005	0.663	1.106	0.248	22.4	0.354	0.071
Mn	1	5.823	1.878	3.116	0.946	30.4	1.044	0.221
	2	7.665	1.419	4.922	1.438	29.2	-0.44	-0.583
Pb	1	1.467	0.201	0.561	0.319	56.8	1.143	0.416
	2	10.19	1.596	2.261	0.744	32.9	9.162	97.7
Zn	1	3.863	0.007	0.601	0.456	75.9	4.28	27.7
	2	6.786	0.988	2.492	0.644	25.8	3.78	23.2

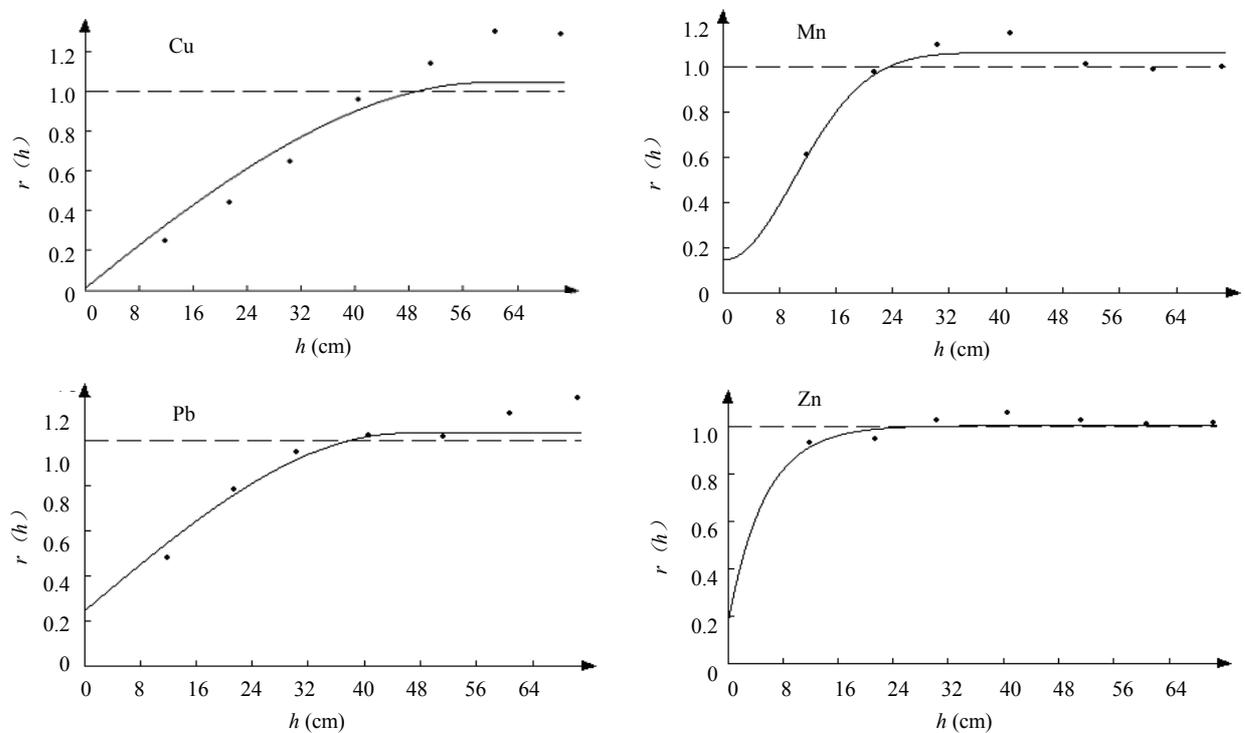


图 1 1号区重金属分布半方差模型图

Fig. 1 Experimental and fitted semi-variogram models of different heavy metals of Plot 1

性主要由空间自相关因素引起；当基底效应在 25% ~ 75% 之间时，变量有中等的空间相关性；当基底效应  $>75\%$  时，土壤性质的空间相关性较弱，变异主要由随机因素引起<sup>[8]</sup>。按这一标准判断，1 号区 Mn、Zn 的空间变异主要由系统变异引起，而 Cu、Pb 的空间变异是系统因素和随机因素共同作用的结果；2 号区 4 种元素的空间变异均是系统因素和随机因素共同作用的结果。在两个采样区内，Pb 都是基底效应最大的元素，说明在两种尺度下，Pb 的

空间变异均是 4 种重金属中受人为因素影响最大的。随着采样尺度的增大，各元素均表现出基底效应增大的现象，说明与  $10\text{ cm} \times 10\text{ cm}$  的采样网格相比， $2\text{ m} \times 2\text{ m}$  的网格更有利于反映出随机因素对土壤性质空间变异性的影响。

拟合参数 RSS 反映了模型拟和的程度，RSS 越小，说明拟合程度越高。从研究结果看，Cu 在两种尺度下的拟和程度都较低，Mn、Pb、Zn 的拟和程度都较高。

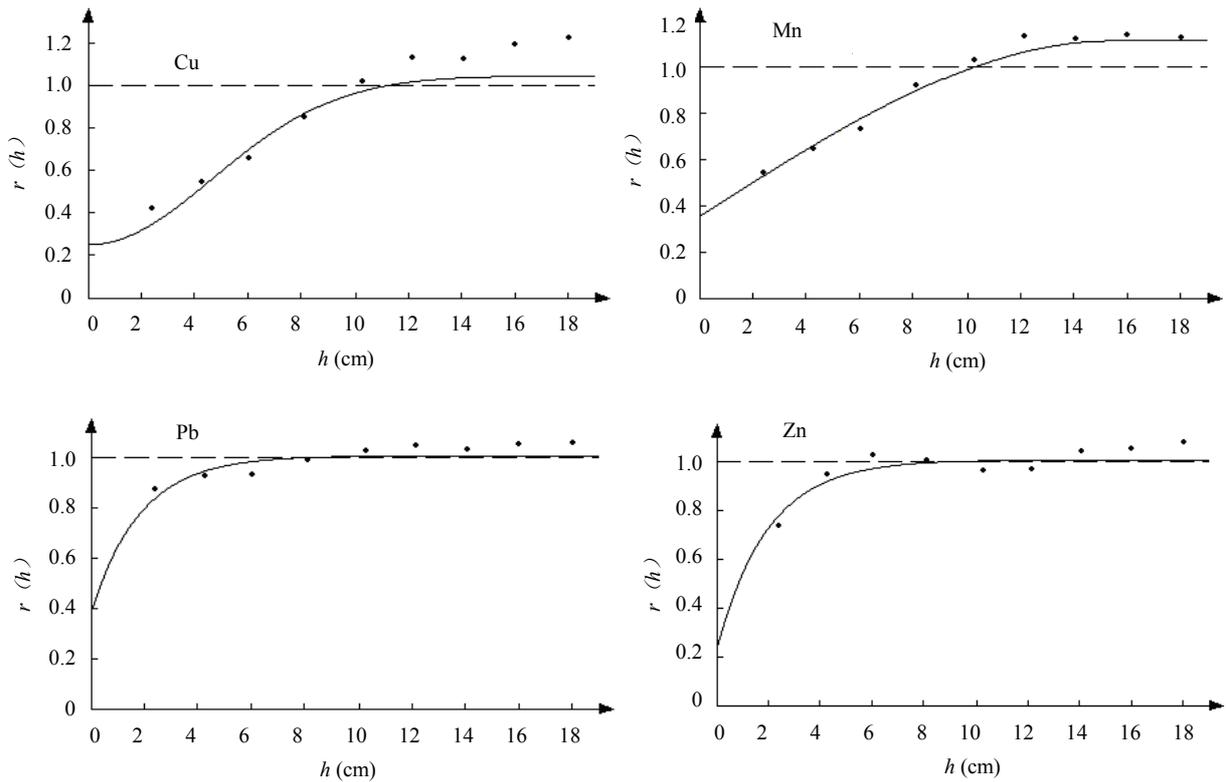


图 2 2号区重金属分布半方差模型图

Fig. 2 Experimental and fitted semi-variogram models of different heavy metals of Plot 2

变程表示了土壤养分的空间自相关距离，当两个样点间的距离大于变程时，它们是独立的，当间距小于变程时，样点之间存在着一定的空间依赖性。10 cm 采样间距下 Cu 的变程最大，为 51.9 cm；Zn 的变程最小，为 16.1 cm；2 m 采样间距下 Mn

的变程最大，为 15.3 m；Pb 的变程最小，为 5.5 m。两个采样区变程都大于两个样点间的距离，说明都存在着一定的空间依赖性。总体而言，结合采样尺度，随着取样间距的减小，Cu、Mn 和 Zn 的变程/间距减小，而 Pb 的变程/间距增大（表 3）。

表 3 土壤重金属变异函数模型及相关参数

Table 3 Optimal semi-variogram models of soil heavy metals and corresponding parameters

元素	采样区	块金值 ( $C_0$ )	基台值 ( $C_0+C$ )	块金值/基台值 ( $C_0/(C_0+C)$ )	变程/采样间隔	模型	残差
Cu	1	0.016	0.053	0.305	5.19	指数	0.0364
	2	0.25	0.79	0.322	5.70	高斯	0.0126
Mn	1	0.15	0.92	0.162	2.48	高斯	0.0056
	2	0.36	0.76	0.474	7.70	球状	0.0022
Pb	1	0.25	0.79	0.316	4.54	球状	0.0076
	2	0.39	0.62	0.629	2.76	指数	0.0025
Zn	1	0.18	0.83	0.218	1.61	指数	0.0019
	2	0.24	0.77	0.312	2.94	指数	0.0036

### 2.3 空间分布

空间分布特征，在半方差函数模型基础上，采用 Surfer 8.0 绘制了 4 种重金属的等值曲线图（图

3、图 4）。从图 3、4 可以看出，两个采样区重金属空间变异性表现出不同的分布特点。1 号区 Cu、Mn 和 Pb 3 种重金属是南部含量高，北部含量低，

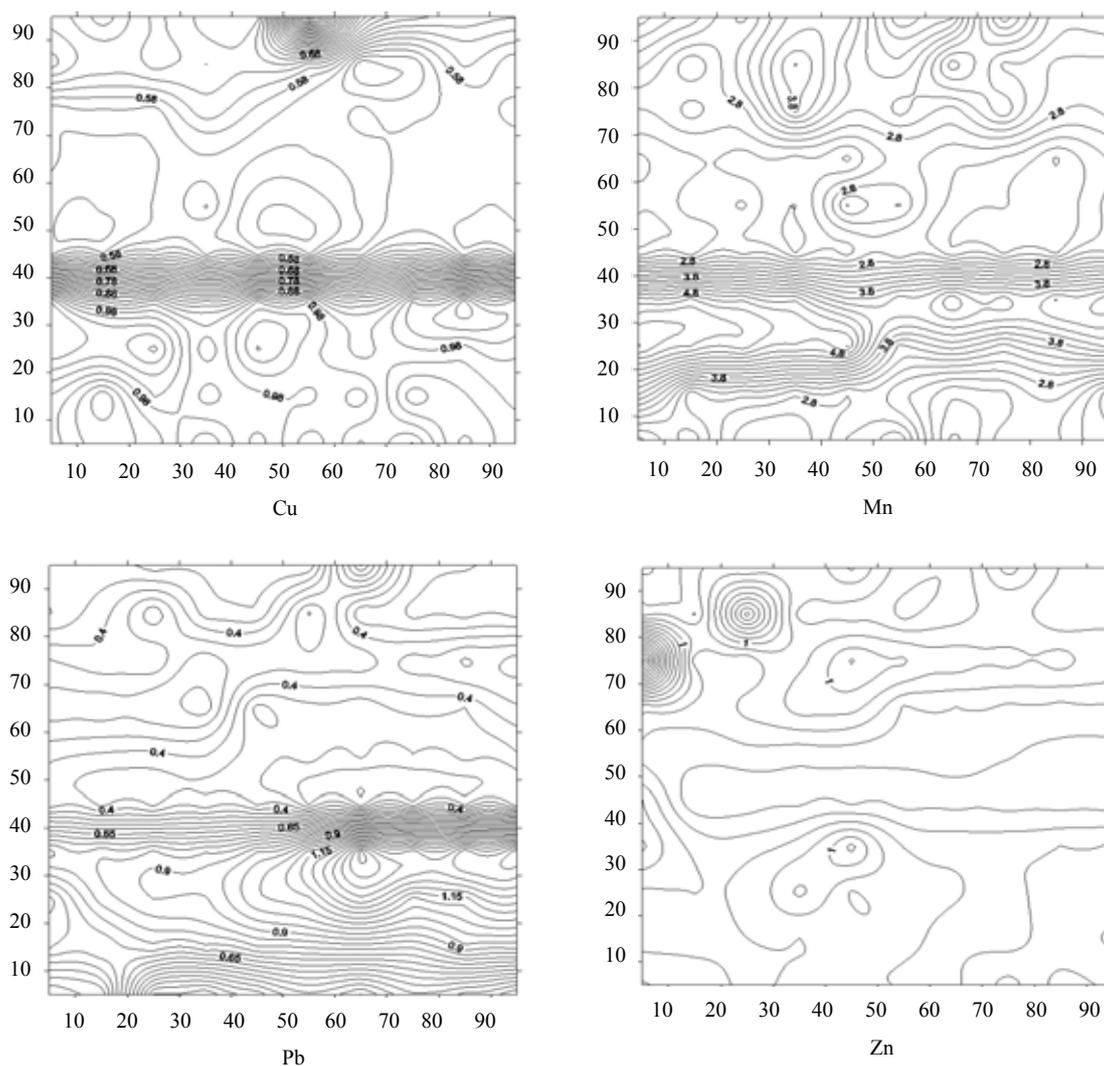


图 3 1号区有效态重金属含量空间分布图

Fig. 3 Spatial distributions of DTPA-extractable heavy metal contents of Plot 1

而 Zn 在北部含量较高; 4 种重金属元素的等值线均表现出明显的东西走向, 尤其是在 0 ~ 50 cm 之间 Cu、Mn、Pb 有显著的东西方向高含量分布带。4 种重金属元素有效态含量的这种分布特点反映出小范围内土壤重金属分布的变化。结合采样前田间玉米行的分布, 可以认为 Cu、Mn、Pb 在从 1 号区南边界起 0 ~ 50 cm 范围内的高含量带处于玉米窄行所处位置, 再结合玉米种植期间可能向土壤带入重金属的管理措施, 可初步认为这些高重金属有效性来自化学肥料、尤其是 P 肥的施用。2 号区 4 种重金属元素有效态含量等值线表现出较明显的南北走向特点。其中 Pb 在 2 号区东部含量较高, 可能与交通工具尾气中的 Pb 排放有关。两个地块内 Zn 的分布均表现出在较大面积内等值线较稀疏的特点。

1 号区和 2 号区内大部分重金属的等值线均表现出与作物行平行的现象。除与 P 肥的施用可能有关外, 其他造成这种现象的可能因素有: ①耕作过程中机械作用导致土壤在作物行平行方向上性质差异较小, 而与作物行垂直方向上性质差异较大; ②灌溉水沿作物行流动, 导致与行平行方向易溶于水及可随水运移的成分含量差异小。

### 3 讨论

土壤性质的空间变异性是尺度的函数, 不同的采样尺度会对土壤性质的空间变异性研究结果产生影响<sup>[9]</sup>。同一变量在不同尺度上的自相关程度相差很大, 随着样点间的距离加大, 小尺度结构特征将被掩盖<sup>[10]</sup>。对于采样尺度对随机性因素对土壤性质

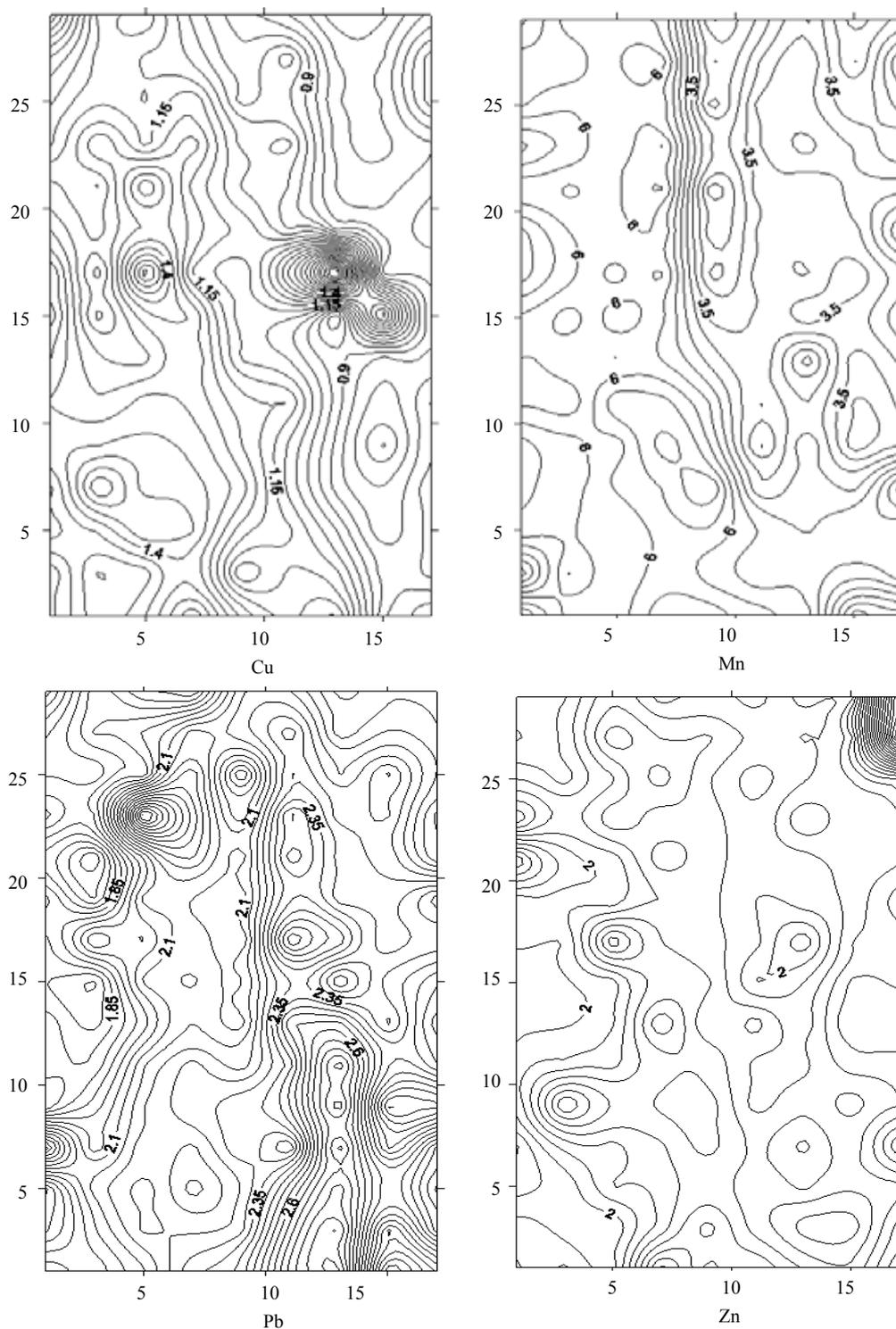


图4 2号区有效态重金属含量空间分布图

Fig. 4 Spatial distributions of DTPA-extractable heavy metal contents of Plot 2

空间变异的影响,黄绍文和金继运<sup>[10]</sup>认为增大采样尺度将有利于显示随机性因素的影响,而张庆利等<sup>[11]</sup>认为采样尺度对显示随机性因素对土壤性质空间变异的影响相反。在本研究中,随着采样网格由

10 cm×10 cm 增大到 2 m×2 m,土壤性质空间变异的影响因素中人为因素所起的作用增大,表明与 10 cm×10 cm 的采样网格相比,2 m×2 m 的采样密度更能反映出人为因素对土壤性质空间变异的影响。

这一点与研究区域内影响农田土壤性质空间分布的因素一致。一般地,在 10 cm 间隔下,土壤管理措施的差异较 2 m 间隔下明显要小。因此,土壤结构性或随机性因素对土壤性质空间变异性与采样尺度大小的关系可能并不是线性的,而是存在一个受结构性因素影响的采样尺度的最低点。在这一尺度下采样将有利于反映出土壤性质空间变异受随机性因素的影响,大于或小于这一尺度,将有利于反映出结构性因素的影响。

两块研究区域 P 肥施用方式不同。1 号区 P 肥是在玉米生长期间以穴施的方式施入的,施肥后到采样前不存在人为的扰动过程,因此采样和分析结果很可能反映了 P 肥施用的作物生长期间对土壤重金属有效性的影响。2 号区玉米种植期间未施用 P 肥,因此其土壤重金属有效性的空间分布是长期土壤管理的结果。可以推测,当玉米收获后 1 号区所处地块经过耕作后本研究中所发现的重金属有效性的空间分布将不再存在。另外,如果在 1 号采样区加大网格大小到 2 m × 2 m,1 号区目前所发现的重金属有效性的空间分布也将不能充分体现。这一结果与免耕条件下不均匀施肥对土壤养分的空间分布的影响相似<sup>[5,12]</sup>。因此,田间耕作是减小土壤重金属空间分布不均一性的重要手段。

从本研究的结果来看,在土壤重金属空间分布存在较大均一性的情况下,应当对研究土壤重金属有效性的采样方法进行研究,应评价通常所用的随机或蛇形采样方法代表土壤实际情况的能力。

研究地区附近无重金属的污染点源,而 1 号区又远离公路,因此,造成 1 号区重金属有效性出现空间变异的原因只能来自母质和管理措施的影响。两块采样区内土壤重金属有效性均表现出与作物行的方向大致平行的现象。在农业生产施用的化学肥料中,P 肥对土壤重金属的积累有重要贡献。研究表明,用磷灰石制造的肥料重金属总量较高,含有较多的 Pb、Cd、Cu、Zn 和 As 等元素<sup>[13-15]</sup>。调查表明,1 号区当年春季种植春玉米,玉米生长期间穴施磷酸二铵。1 号区土壤重金属有效态的含量与土壤 P 肥施用方式相吻合,高含量带的走向与作物行的方向相同,处于 40 cm 位置的高含量带向北为宽行位置,无重金属的高含量带出现(图 3)。封丘地区 P 肥的主要施用方式是在小麦季以基肥方式撒施。因此造成 2 号地块内出现重金属有效性与作物

行走向相近的现象的原因是土壤耕翻和灌溉等人为过程造成的。

土壤重金属含量及其有效性受到土壤质地的强烈影响,这在多个研究中已经得到证实。前人在封丘地区的研究表明,土壤中 Cu、Mn、Pb 和 Zn 等元素的全量与 <0.05 mm 土壤颗粒的含量呈极显著正相关,认为由于土壤颗粒越细,其吸附能力越强,导致细粒部分的重金属含量增大<sup>[16]</sup>。其他研究也表明,重金属含量总的趋势是随土壤物理性黏粒的增加而递增,潮土中 Zn、Pb 等与土壤中 <0.01 mm 的物理性黏粒呈显著正相关<sup>[17]</sup>。在本研究中,虽然两个采样区相距约 5 km,但土壤质地差异较大(表 2),这与采样前期望土壤性质差异较小的愿望有一定差距。结果显示,1 号区 4 种重金属有效态含量平均值都小于 2 号区(表 2),引起这种含量的差异一个主要原因可能是土壤质地不同,1 号区 <0.05 mm 颗粒含量低于 2 号区。另外一个可能原因是 2 号区距离公路较近,样品中的 Pb 含量可能受到来自交通工具尾气的影响。另外,与其他 3 种重金属相比,Pb 的空间变异性在两种尺度下均表现出受到来自随机性因素影响较大的特点。这说明,不论是交通工具还是肥料施用,二者对土壤重金属有效性空间分布的影响中,Pb 都是受两种因素影响最大的元素。

## 4 结论

(1) 1 号区 Cu、Zn、Pb、Mn 4 种重金属有效态含量平均值均小于 2 号区,这可能主要由于 2 号区土壤质地较 1 号区粘重;1 号区各重金属系统变异均大于 2 号区。

(2) 2 号区各重金属块金值和块金值/基台值均大于 1 号区,表明在研究条件下,随着采样网格由 10 cm × 10 cm 增加到 2 m × 2 m,随机性因素对土壤重金属空间变异性的影响得到更好地体现。

(3) 两种尺度下,Pb 都是 4 种重金属元素中空间分布受随机性因素影响最大的元素,表明人为过程对 Pb 在研究地区土壤中的空间分布影响较大。

(4) 两种尺度下,Cu、Mn 和 Pb 3 种元素的等值线均表现出与作物行大致平行的现象,表明耕作和灌溉等过程对土壤重金属有效性的空间分布有一定影响。

## 参考文献:

[1] 胡克林,张凤荣,吕贻忠,王茹,徐艳.北京市大兴区

- 土壤重金属含量的空间分布特征. 环境科学学报, 2004, 24: 463-468
- [2] 朱安宁, 张佳宝, 李立平, 冯杰. 华北平原潮土速效 N、P、K 的空间分布及时间变化. 干旱地区农业研究, 2005, 23: 32-37
- [3] 王学军, 邓宝山, 张泽浦. 北京东郊污灌区表层土壤微量元素的小尺度空间结构特征. 环境科学学报, 1997, 17: 412-416
- [4] Wilcke W. Small-scale variability of metal concentrations in soil leachates. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 2000, 64: 138-143
- [5] Stecker JA, Brown JR, Kitchen NR. Residual phosphorus distribution and sorption in starter fertilizer bands applied in no-till culture. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 2001, 65: 1173-1183
- [6] 秦怀英. 土壤中微量元素的分析 // 史瑞和. 土壤农化分析. 北京: 农业出版社, 1990: 171-199
- [7] 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: 132-136, 146-152, 500-508
- [8] Cambardella CA, Moorman TB, Novak JM, Parkin TB, Karlen KL, Turco RE, Konopka AE. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 1994, 58: 1501-1511
- [9] 姚丽贤, 周修冲, 蔡永发. 香蕉园土壤养分空间变异性及适宜样本容量研究. 土壤通报, 2005, 36: 169-171
- [10] 黄绍文, 金继运. 土壤特性空间变异研究进展. 土壤肥料, 2001 (1): 8-14
- [11] 张庆利, 潘贤章, 王洪杰. 中等尺度上土壤肥力质量的空间分布研究及定量评价. 土壤通报, 2003, 34: 493-497
- [12] Kitchen NR, Havlin JL, Westfall DG. Soil sampling under no-till banded phosphorus. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 1990, 54: 1661-1665
- [13] 符建荣. 土壤中铅的积累及污染的农业防治. 农业环境保护, 1993, 12: 223-226, 232
- [14] Cimeno-Garcia E, Andreu V, Boluda R. Heavy metals incidence in the application of inorganic fertilizers and pesticides to rice farming soils. *Environmental Pollution*, 1996, 92: 19-25
- [15] Otero N, Vitoria L, Soler A, Canals A. Fertilizer characterization: Major, trace and rare earth elements. *Applied Geochemistry*, 2005, 20: 1473-1488
- [16] 朱月珍. 土壤中 11 种金属元素的背景值及分布特征 // 傅积平. 黄淮海平原区治理技术体系研究. 北京: 科学出版社, 1987: 45-51
- [17] 周守明, 杨乔平, 马桂先, 董玉枝, 封雅玲, 王中洛. 河南土壤重金属含量与机械组成. 河南科学, 1995, 12: 355-359

## Spatial Distribution of Heavy Metal Availability in Fluvo-aquic Soil Under Different Small Scales

LI Hong-wei, LI Li-ping, XING Wei-qin

(College of Chemistry and Chemical Engineering, Henan University of Technology, Henan 450052, China)

**Abstract:** Two plots in Fluvo-aquic soil (Endorusti-Ustic Cambosols) region were sampled with different grids sizes, Plot 1 (sandy loam, 1 m × 1 m) with grid size of 10 cm × 10 cm and Plot 2 (loamy clay, 30 m × 18 m) with grid size of 2 m × 2 m. Soil samples were extracted with DTPA and analyzed with flame atomic absorption spectrometry for Cu, Zn, Pb and Mn contents. Results indicated that variation coefficients (CV) of 4 elements ranged from 0.224 to 0.759. Mean contents and CV of 4 elements in Plot 1 were all higher than those in Plot 2, with Zn having maximum CV in Plot 1. Geostatistic results showed that all 4 elements had higher values of nugget and nugget/sill in Plot 1 than in Plot 2 and Pb of Plot 2 had maximum values, followed by Mn. Pb was affected most by random factors in both plots. Most isoline parts were approximately parallel with crop rows in both plots, especially Pb, Cu and Mn. It suggested that sampling grid size of 2 m × 2 m was better in indicating effect of random factors on spatial distribution of heavy metals than 10 cm × 10 cm in Fluvo-aquic soil region. Spatial distribution of heavy metals in Fluvo-aquic soil was also affected by soil texture, tilth activity, element type, and other land management practice.

**Key words:** Fluvo-aquic soil, Heavy metal, Availability, Spatial distribution, Small scale