

## 不同母质类型下耕地土壤速效锌与速效钼的空间变异及其影响因子

任彧<sup>1</sup>, 陈杰<sup>2</sup>, 韩杏杏<sup>2</sup>, 程道全<sup>3</sup>

(1. 郑州大学公共管理学院, 河南郑州 450001; 2. 郑州大学水利与环境学院, 河南郑州 450001; 3. 河南省土壤肥料站, 河南郑州 450002)

**摘要** [目的]研究不同母质类型下耕地土壤速效锌与速效钼的空间变异及其影响因子。[方法]以河南驻马店市泌阳县为研究区域,测定406个耕地土壤耕层样品的土壤速效锌、速效钼含量,分析不同成土母质来源下泌阳县耕地样点速效锌、速效钼含量,利用灰色关联分析研究不同母质下土壤速效锌、速效钼与全氮、速效磷、速效钾、有机质、高程、采样点5 km范围内面积超过200 m<sup>2</sup>的采矿用地数量的灰色关联度。此外,采用地统计学方法对速效锌、速效钼含量的空间变异规律进行研究。[结果]速效锌和速效钼均属中等变异,锌的变异性大于钼,不同母质类型下速效钼和速效锌的含量存在显著差异。不管何种母质的土壤样点中,高程与锌、钼的关联度水平均较高,高程为影响锌、钼变异的重要原因。半方差函数分析表明,锌的最适模型为指数模型,钼为线性模型,都存在一定的空间自相关性。[结论]锌含量高值区在四周都有分布,中部含量较低,在锌缺乏的区域要注意施加锌肥。钼的高值区主要集中在中上部区域,速效钼含量整体水平相对较高。

**关键词** 速效锌;速效钼;母质;灰色关联分析

中图分类号 S158.9 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2018)23-0093-05

**Spatial Variability and Affecting Factors of Soil Available Zinc and Molybdenum of Agricultural Land in Different Parent Materials**REN Yu<sup>1</sup>, CHEN Jie<sup>2</sup>, HAN Xing-xing<sup>2</sup> et al (1. School of Public Administration, Zhengzhou University, Zhengzhou, Henan 450001;

2. School of Water Conservation and Environment, Zhengzhou University, Zhengzhou, Henan 450001)

**Abstract** [Objective] To study spatial variability and affecting factors of soil available zinc and molybdenum of agricultural land in different parent materials. [Method] Biyang County was selected as the case study area. A total of 406 soil samples were collected from the farmlands in Biyang for analysis of soil available zinc (Zn) and molybdenum (Mu). Through analysis of variance, we worked out whether there were significant differences in the soil samples under different parent materials. Taking the available Zn and Mu of soil under different parent materials as the reference quantities, we used the grey correlation analysis method to calculate separately the degree of gray correlation between reference quantities and total nitrogen, available phosphorus, available potassium, organic matter, elevation, the number of sampling points of mining land with an area over 200 m<sup>2</sup> within 5km. In addition, the spatial variation of available Zn and Mu was investigated by geo-statistical methods. [Result] Available Zn and Mu were both moderately variable, while the variability of Zn was greater than Mu. There were significant differences in the contents of available Zn and Mu under different parent materials. The elevation had high levels of gray correlation with Zn, Mu, regardless of the parent materials, indicating that elevation was an important cause of variation of Zn, Mu. The analysis of semi-variance function showed that the optimal model of Zn was exponential model, while Mu linear model. [Conclusion] The area with higher content of Zn was distributed all around, the low content in the middle. Zn fertilizer should be applied in areas where Zn was deficient. The high value zone of Mu was mainly distributed in the upper middle of the study area. In general, the effective Mu content of cultivated land in Biyang County was relatively high.

**Key words** Available zinc; Available molybdenum; Parent material; Grey correlation analysis

微量元素为植物正常生长所不可缺少的,植物所需的微量元素主要来源于土壤,其在土壤环境中浓度过低或过高均会影响植物的产量与品质,特别是重金属元素,可通过食物链影响人体健康,通过生态循环进一步影响整个生态系统<sup>[1-5]</sup>。在国家实施乡村振兴战略农业优先发展的大背景下,在粮食安全和精准农业越来越受关注的今天,厘清耕地土壤的微量元素含量分布特征,精准把控耕地土壤养分状况,对于保障农产品安全、提高农产品竞争力具有重要作用<sup>[6-9]</sup>。针对耕地土壤中有效微量元素的研究也日益成为农业和土壤科学关注的焦点。作为复杂综合体的土壤,微量元素的含量、有效性和分布特征受到多种因子的共同影响<sup>[10]</sup>,除自然地理背景的成土母质,土壤自身属性、耕作制度、种植植物等均影响金属元素的积累和有效性<sup>[10-11]</sup>。

目前学者多选取生态脆弱区与农业典型代表区为研究区域,综合运用地统计学与传统统计学相结合的方式,或通过研究土壤重金属元素如铅、镉、汞的含量,计算内罗梅综合指数来判定土壤污染状态及潜在生态危害,或探究土壤中植物生长必需元素的有效态含量来辨别土壤养分状况<sup>[2,12-15]</sup>。

研究大多通过分析不同土地利用方式、不同土壤类型、不同行政区划分、不同尺度情况下土壤元素含量的差异性和分布特征,通过相关分析对元素来源进行一定的分析与解释,进而提出改善土壤质量的指导与建议<sup>[16-19]</sup>。针对不同母质类型下耕地土壤有效态微量元素含量差异和比较的研究相对较少,而土壤中微量元素含量变异除受人类施肥等相关活动的影响外,大部分源于成土母质的不同。

泌阳是以农业生产为主的河南县级市,全国油料百强县,也是豫南地区重要的金属、非金属矿产基地。全县面积大于200 m<sup>2</sup>的采矿用地达561个,一定程度上影响泌阳农用地中土壤微量元素的含量。泌阳农作物以小麦、油料作物、大豆、玉米为主。研究表明,锌元素能提高蛋白质含量,改善小麦籽粒的营养品质,钼元素对于豆科作物具有十分重要的作用,可以提高油菜籽的含油率和油酸含量。笔者以河南省泌阳县为研究区域,运用地统计方法分析耕地土壤中速效锌与速效钼的空间分布,通过方差分析判断不同母质对速效锌、速效钼含量差异的影响,运用灰色关联分析方法分别计算不同母质类型下土壤速效锌、速效钼与植物生长所需三大元素(氮、磷、钾)、土壤有机质、海拔、采矿用地数量之间的灰色关联度,并对其来源与影响因子进行分析。

**作者简介** 任彧(1988—),男,河南郑州人,博士研究生,研究方向:公共管理、土地资源管理和土地资源评价。

**收稿日期** 2018-05-03

## 1 数据来源与研究方法

**1.1 研究区概况** 研究区泌阳县(113°06′~113°48′E, 32°34′~33°09′N)位于河南省南部,隶属于驻马店市(图1),大陆性季风型湿润气候,年均降水量为921.2 mm,年均蒸发量1 720.4 mm,年均温14.5℃。县域面积2 783 km<sup>2</sup>,粮食

作物播种面积近12万hm<sup>2</sup>。泌阳县地势中部高,东西低,以浅山丘陵、冲积平原、河湖相沉积平原地貌为特征。成土母质主要有4种:残积坡积物、洪积物、近代河流沉积物、湖相沉积物。

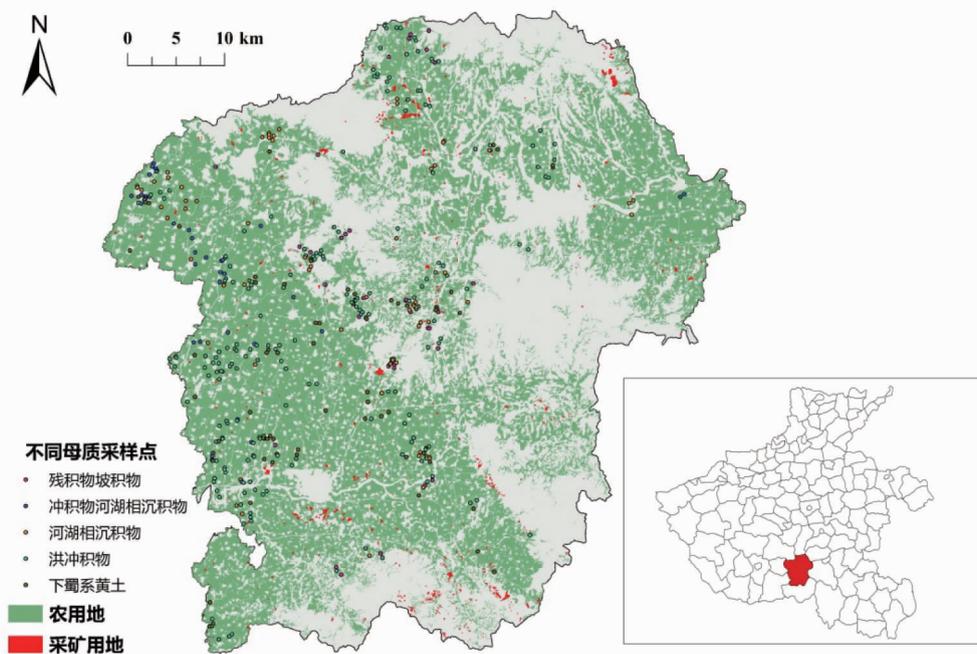


图1 研究区地理位置及样点分布

Fig.1 The location and sampling points of the study area

**1.2 数据来源与处理** 遵循农业部统一的耕地地力调查与质量评价技术规范和要求,于2009—2011年,根据泌阳县行政区划的耕地分布特征,考虑地貌类型、母质类型、土壤类型等因素布置采样点位置和数量,使样点控制范围土壤基本属性尽量相近。作物收获后,在田块采用“S”形布点多点混合采集0~20 cm深的土样,最终得到有效土样406个。理化分析步骤和要求按照《测土配方施肥技术规范》标准执行。测得每个样点的土壤速效锌(DTPA浸提法)、速效钼(草酸-草酸铵浸提)、有机质、全氮、速效磷、速效钾含量。此外,整理搜集研究区第二次全国土壤普查数据、土壤属性空间数据、第二次全国土地调查数据等。

**1.3 研究方法** 运用SPSS 21.0软件对土壤速效锌和速效钼含量特征进行描述性统计,并对不同母质类型下的样点进行2种元素的单因素(one-way ANOVA)方差分析,并利用最小显著极差法(LSD)进行多重比较。

地统计学在模拟具有空间变异性的土壤属性空间分布中取得了较好的效果<sup>[11,20]</sup>,半方差函数是研究土壤空间变异性的关键,也是使克里格插值结果更精确的基础<sup>[21]</sup>。利用GS+9.0进行土壤速效锌和速效钼半方差函数模型的拟合,选择参数最佳时的模型,应用Arc GIS10.1中的地统计模块进行普通克里格插值,绘出研究区2种元素在农用地上的空间分布状况。

灰色关联分析在数据量较少的情况下,探索因素变化趋势是否具有的一致性,是衡量因素间关联程度的一种方法<sup>[22-24]</sup>。常用的皮尔逊相关系数反映的是变量之间的线性关系和相关性的方向,不能很好地表征变量之间复杂的非线性关联。该研究以速效锌与速效钼为参考数列,在不同母质类型下分别计算与全氮、速效磷、速效钾、有机质、高程、采样点5 km范围内大于200 m<sup>2</sup>采矿用地数量这6个因子的灰色关联指数与灰色关联度,分辨系数 $\rho$ 取常用的0.5,软件采用Excel 2010。

土壤速效锌与速效钼养分含量的等级参考全国第二次土壤普查养分等级划分标准,并根据相关研究结果,最终以泌阳县耕地地力评价专项项目划分标准,分别将2种元素划分为5个等级(表1)。

表1 土壤速效锌与速效钼含量分级

Table 1 The levels of soil available zinc and molybdenum mg/kg		
分级 Level	速效锌含量 Zinc content	速效钼含量 Molybdenum content
1级 Level 1	>1.8	>0.30
2级 Level 2	>1.5~1.8	>0.25~0.30
3级 Level 3	>1.0~1.5	>0.23~0.25
4级 Level 4	0.5~1.0	0.20~0.23
5级 Level 5	<0.5	<0.20

## 2 结果与分析

**2.1 土壤速效锌和速效钼的基本统计特征** 泌阳县耕地表层土壤406个样点的速效锌和速效钼描述性统计结果见表

灰色关联分析在数据量较少的情况下,探索因素变化趋

2、3。由表 2、3 可知,残积物、坡积物发育而来的土壤,其土壤速效钼含量在所有母质中均值最高,但速效锌含量却相反,在统计样点中均值最低。不同母质类型下速效钼的中值和平均值均较接近,速效钼的中值低于相应均值。5 种母质类型下速效钼含量偏度和峰度均大于 0,分布属于右偏态,表

明样点中速效钼含量高于均值的采样点相对较多。速效钼也仅在冲积物、河湖相沉积物母质下分布呈左偏态。速效钼和速效钼的变异系数为 10%~100%,属中等程度变异,整体而言,速效钼的变异性大于速效钼。由此可知,不同母质类型下速效钼和速效钼的含量存在显著差异。

表 2 不同母质样点土壤速效锌含量的描述性统计

Table 2 Descriptive statistics of soil available zinc under different parent materials

母质类型 Parent material types	数量 Number	均值 Average mg/kg	中值 Mid-value mg/kg	范围 Range mg/kg	峰度 Kurtosis	偏度 Skewness	变异系数 Coefficient of variation//%
A	31	0.788±0.393 a	0.693	0.311~1.910	0.887	1.068	49.86
B	37	1.101±0.709 b	0.817	0.262~2.950	0.319	1.141	64.40
C	72	1.090±0.654 b	0.894	0.138~3.060	0.337	0.925	60.17
D	195	0.862±0.503 a	0.711	0.021~2.650	1.476	1.276	58.32
E	71	0.995±0.601 ab	0.851	0.170~2.880	1.400	1.210	60.42
总数 Total	406	0.941±0.571	0.791	0.021~3.046	1.351	1.265	60.65

注:同列不同小写字母表示不同母质类型间差异显著( $P<0.05$ )

Note: Different lowercase letters in the same column indicate significant differences between different maternal types ( $P<0.05$ )

表 3 不同母质样点土壤速效钼含量的描述性统计

Table 3 Descriptive statistics of soil available molybdenum under different parent materials

母质类型 Parent material types	数量 Number	均值 Average mg/kg	中值 Mid-value mg/kg	范围 Range mg/kg	峰度 Kurtosis	偏度 Skewness	变异系数 Coefficient of variation//%
A	31	0.276±0.084 a	0.26	0.13~0.57	3.783	1.519	30.56
B	37	0.208±0.036 b	0.21	0.13~0.27	-0.593	-0.364	17.10
C	72	0.227±0.048 b	0.23	0.11~0.43	4.070	0.572	20.94
D	195	0.246±0.060 c	0.24	0.13~0.66	13.681	2.749	24.53
E	71	0.229±0.057 b	0.23	0.10~0.46	4.095	1.179	25.03
总数 Total	406	0.238±0.060	0.23	0.19~0.66	9.939	2.113	25.14

注:A. 残积物、坡积物;B. 冲积物、河湖相沉积物;C. 河湖相沉积物;D. 洪冲积物;E. 下蜀系黄土。同列不同小写字母表示不同母质类型间差异显著( $P<0.05$ )

Note: A. Residual products and slope products; B. Alluvium, fluvial and lacustrine deposits; C. River-lake sediments; D. Flood alluvium; E. Xiashu loess. Different lowercase letters in the same column indicate significant difference between different maternal types ( $P<0.05$ )

**2.2 影响因素分析** 从每种母质类型样点中随机抽取 20 个样点,分别计算不同母质下全氮、速效磷、速效钾、有机质、高程、采样点 5 km 范围内面积超过 200 m<sup>2</sup> 的采矿用地数量与对应速效钼和速效钼的灰色关联度,结果见表 4。由表 4 可知,在残积物、坡积物发育而来的土壤下,速效钾与速效钼的关联度最大,达 0.970,但在其余 4 种母质类型下,两者的关联度在所选变量中均处于中等偏下水平。相对而言,速效磷与速效钼的关联度在不同母质类型下关联度表现稳定,与其他变量相比均较低,而高程相反,5 种母质类型下高程与速效钼的灰色关联度较高。全氮在洪冲积物母质类型下与速

效钼关联度最高,在下蜀系黄土母质类型下关联度最低。有机质通过影响结合物的状态与数量而影响微量元素的有效性,在该研究区,复合母质类型冲积物、河湖相沉积物发育背景下,有机质含量的变化趋势与速效钼的相较其他变量更一致,但单论有机质而言,当母质为残积物、坡积物时,其变化关联度最高。整体而言,在残积物、坡积物母质下,所选影响因子与速效钼关联度均较高。下蜀系黄土母质的采样点中矿石数量与速效钼的关联度最高,不同于在其他母质类型下的表现。

表 4 不同母质类型下速效钼含量与各因素的关联度

Table 4 The degree of gray correlation between effective Zn and factors under different parent materials

因素 Factor	A	排序 Rank	B	排序 Rank	C	排序 Rank	D	排序 Rank	E	排序 Rank
全氮 Total nitrogen	0.931	3	0.770	3	0.871	2	0.788	1	0.732	6
速效磷 Available phosphorus	0.696	6	0.740	4	0.629	6	0.684	6	0.779	5
速效钾 Available potassium	0.970	1	0.712	5	0.744	5	0.740	3	0.789	3
有机质 Organic matter	0.919	4	0.786	2	0.862	3	0.698	5	0.783	4
高程 Elevation	0.952	2	0.798	1	0.876	1	0.769	2	0.792	2
矿地数量 Number of mines	0.902	5	0.672	6	0.780	4	0.735	4	0.907	1

注:A. 残积物、坡积物;B. 冲积物、河湖相沉积物;C. 河湖相沉积物;D. 洪冲积物;E. 下蜀系黄土

Note: a. Residual products and slope products; B. Alluvium, fluvial and lacustrine deposits; C. River-lake sediments; D. Flood alluvium; E. Xiashu loess

由表5可知,6种变量与速效钼的关联程度在不同母质下表现不同。速效钾与速效钼的关联程度在残积物、坡积物中最高,但与其他因素相比,关联度处于较低水平,仅比速效磷高,在洪冲积物发育而来的土壤中,关联度仅为0.719,是除全氮、高程外第3个与速效钼含量变化趋势相近的。这也从侧面表明在不同母质发育背景下,因子与有效钼含量的关联紧密度存在差异。在残积物、坡积物中,关联度最高为全

氮0.956,同样的变量中,冲积物、河湖相沉积物中最高为海拔0.858,在洪冲积物中最高关联度为全氮0.787。其中,海拔和全氮2个变量与速效钼的关联度绝对大小在不同母质样点中虽然不同,但与其他变量相比而言,处于较高水平。这表明海拔和全氮的变化能更大程度上影响速效钼含量的变化水平。

表5 不同母质类型下速效钼含量与各因素的关联度

Table 5 The degree of gray correlation between effective Mu and factors under different parent materials

因素 Factor	A	排序 Rank	B	排序 Rank	C	排序 Rank	D	排序 Rank	E	排序 Rank
速效钾 Available potassium	0.915	5	0.656	5	0.777	5	0.719	3	0.791	4
速效磷 Available phosphorus	0.736	6	0.680	4	0.654	6	0.651	5	0.732	5
全氮 Total nitrogen	0.959	1	0.790	3	0.933	2	0.787	1	0.846	2
有机质 Organic matter	0.949	3	0.803	2	0.918	3	0.643	6	0.845	3
高程 Elevation	0.952	2	0.858	1	0.943	1	0.766	2	0.849	1
矿地数量 Number of mines	0.936	4	0.625	6	0.808	4	0.697	4	0.644	6

注:A. 残积物、坡积物;B. 冲积物、河湖相沉积物;C. 河湖相沉积物;D. 洪冲积物;E. 下蜀系黄土

Note:a. Residual products and slope products;B. Alluvium, fluvial and lacustrine deposits;C. River-lake sediments;D. Flood alluvium;E. Xiashu loess

**2.3 土壤速效锌和速效钼的空间变异与分布特征** 在GIS+9.0环境中模拟半方差函数,速效锌与速效钼的数值经Log变化时符合正态分布,速效钼采用线性模型,速效锌采用指数模型时,对应的模型残差值最小,拟合优度最接近1。最佳模型时的相关参数见表6。由表6可知,用于判定变量空

间自相关程度的基地效应值大于75%,表明速效锌样点间的空间相关性较弱,其空间异质性更多可能源于随机因素。样点的速效钼半方差分析的基地效应值表明其含量的空间自相关性处于中等水平。速效锌和速效钼的变程分别为3.4和32.2 km,说明速效铜和速效锌的空间变异尺度不同。

表6 耕地土壤微量元素的半方差函数及其拟合参数

Table 6 Semi-variance function and fitting parameters of trace elements in cultivated soil

养分 Nutrient	理论模型 Theoretical model	块金值 $C_0$ Nugget value	基台值 $C_0+C$ Base stations values	基地效应 $C_0/(C_0+C)$ Base effect/%	变程 Variation m	拟合优度 ( $R^2$ ) Goodness of fit	残差值 RSS Residual value
速效锌 Effective zinc	Exponential	0.051	0.389	0.869	3 390.00	0.644	5.216E-03
速效钼 Effective molybdenum	Linear	0.032	0.063	0.560	32 202.82	0.673	3.848E-06

在ArcGIS 10.2环境中,根据GIS+中模拟的最佳模型,得到研究区农用地土壤速效锌和速效钼的空间分布(图2)。速效锌和速效钼含量均显示出一定的区域聚集性。两者高值区分布区域并不相似。速效锌的高值区在研究区4个方向的农用地中均有分布,中间区域含量相对较少。东南部的马谷田镇速效锌含量整体最高,与邻近的盘古乡以及高店乡的速效锌含量等值线弧度与海拔等值线弧度近似一致,暗示海拔对速效锌含量的影响,而这些地区的农用地位于山间谷地和山脚下,土层较厚,适合种植业发展。在研究区东北区域,中部靠西位置速效锌含量部分呈以高值为中心的环形分布,这一分布特征在速效钼含量的空间变化中体现较明显,但速效钼的环形中心区域含量较低。速效钼的高值区域大多分布在研究区农用地的上部区域,速效锌和速效钼的含量呈此消彼长的现象,全部样点两者含量的相关性分析也显示两者呈显著负相关( $P<0.01$ ),在现有农户小规模经营尺度下,大部分农户并未形成撒施微量元素化肥的耕作习惯,2种元素相邻区域的含量均未呈跳跃性差异,变化较平稳,其变异可能更多地源于其他自然属性影响或土壤元素间的相互作用对有效性的影响。在愈发提倡规模经营的时代背景下,管理区域中土壤性质相似更利于统一管理。

### 3 结论与讨论

该研究通过对泌阳县耕地样点速效锌和速效钼含量进行统计,结果表明,速效锌含量的最大值达全国第二次土壤普查养分等级划分标准中的极丰富水平( $>3.0 \text{ mg/kg}$ ),大部分区域的速效锌含量处于中等水平,需警惕速效锌含量低的部分西部区域土壤质量的下降,必要时增施有机锌肥,合理种植农作物,保持耕地的可持续生产能力。整个县域耕地的速效钼水平处于较理想的状态,在速效钼含量高的耕地区域,需注意速效钼含量过高对农作物产量的影响。在不同母质背景下,不管是速效锌还是速效钼,高程都与之密切相关,王玉军等<sup>[8]</sup>研究表明,地势高的耕地养分含量总体低,如何实现作物种植的最优布局,实现农业经济与环境效益的双赢,是值得进一步探究的问题。此外,基于适宜的半方差模型对元素含量进行普通克里格插值,直观地表现了2种微量元素在研究区耕地的空间分布状况。针对速效锌和速效钼含量的空间差异,应采取对应的耕作管理和施肥措施,改变以往粗放的施肥习惯,不仅能够减少化肥的浪费,还可以有针对性地培肥土壤,提高耕地地力。目前人们越来越注重食品安全,特色农产品如富硒大米等满足了多种个性化需求,可以通过发展精准农业,培育具有泌阳特色的高品质农产

品,推动区域农业的发展。

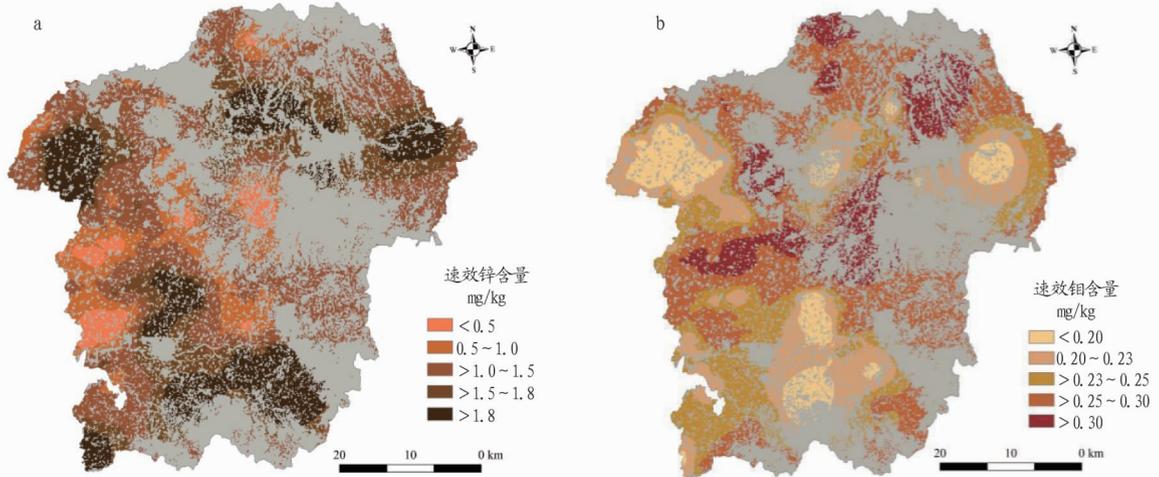


图 2 研究区耕地土壤速效锌(a)和速效钼(b)空间分布

Fig. 2 The distribution of soil available zinc (a) and soil available molybdenum (b) of cultivated land in the study area

## 参考文献

- [1] 金继运,何萍,涂仕华. 平衡施肥也要关注微量元素肥:我国农田土壤微量元素供应能力现状分析[J]. 中国农学,2006(3):69-71.
- [2] 刘永红,倪中应,谢国雄,等. 浙西北丘陵区农田土壤微量元素空间变异特征及影响因子[J]. 植物营养与肥料学报,2016,22(6):1710-1718.
- [3] MADEJÓN P, DOMINGUEZ M T, MADEJÓN E, et al. Soil-plant relationships and contamination by trace elements: A review of twenty years of experimentation and monitoring after the Aznalcollar (SW Spain) mine accident[J]. Science of the total environment, 2018, 625:50-63.
- [4] 宋伟,陈百明,刘琳. 中国耕地土壤重金属污染概况[J]. 水土保持研究,2013,20(2):293-298.
- [5] PU H X, LUO K L, ZHANG S X, et al. Relationship between lifespan indicators and elemental background values: A case study in Guangdong Province, China[J]. Science of the total environment, 2018, 624:1658-1668.
- [6] ARGYRAKI A, KELEPERTZIS E, BOTSOU F, et al. Environmental availability of trace elements (Pb, Cd, Zn, Cu) in soil from urban, suburban, rural and mining areas of Attica, Hellas[J]. Journal of geochemical exploration, 2018, 187:201-213.
- [7] MEMOLI V, EYMAR E, GARCÍA-DELGADO C, et al. Total and fraction content of elements in volcanic soil: Natural or anthropogenic derivation[J]. Science of the total environment, 2018, 625:16-26.
- [8] 王玉军,欧名豪. 徐州农田土壤养分和重金属含量与分布研究[J]. 土壤学报,2017,54(6):1438-1450.
- [9] CORRADINI F, MEZA F, CALDERÓN R. Trace element content in soil after a sediment-laden flood in northern Chile[J]. Journal of soils and sediments, 2017, 17(10):2500-2515.
- [10] 杨其坡,武伟,刘洪斌. 基于地形因子和随机森林的丘陵区农田土壤有效铁空间分布预测[J]. 中国生态农业学报,2018,26(3):422-431.
- [11] 马梁超. 陕南小流域不同土地利用类型下土壤微量元素空间变异分析[D]. 西安:陕西师范大学,2016.
- [12] 孙卫国,梁存柱,李政海,等. 鄂尔多斯高原皇甫川流域不同土地利用类型土壤微量元素的比较分析[J]. 内蒙古大学学报(自然科学版), 2011, 42(4):412-417.
- [13] 穆叶赛尔·吐地,吉力力·阿布都外力,姜逢清. 天山北坡土壤重金属含量的分布特征及其来源解释[J]. 中国生态农业学报,2013, 21(7):883-890.
- [14] 姚喜军,徐进才,刘静,等. 伊金霍洛旗不同土地利用方式下的土壤养分特征[J]. 中国水土保持科学,2017,15(5):111-116.
- [15] 刘庆,夏江宝,陆兆华. 黄河三角洲不同土地利用土壤有效态微量元素提取与丰缺评价[J]. 水土保持学报,2012,26(1):124-127.
- [16] 秦川,何丙辉,蒋先军. 三峡库区不同土地利用方式下土壤养分含量特征研究[J]. 草业学报,2016,25(9):10-19.
- [17] 池红杏. 洛川不同土地利用方式下土壤微量元素分布研究[J]. 地下水, 2011, 33(6):136-138.
- [18] 刘亚纳,朱书法,魏学锋,等. 河南洛阳市不同功能区土壤重金属污染特征及评价[J]. 环境科学,2016, 37(6):2322-2328.
- [19] GUO Y F, QI W, YAO Y F, et al. Relations between soil organic carbon and other soil physicochemical indices under different land use patterns [J/OL]. Surface review and letters, 2017, 24(3) [2018-03-10]. https://doi.org/10.1142/S0218625X17500391.
- [20] 杨奇勇,谢运球,罗为群,等. 基于地统计学的土壤重金属分布与污染风险评价[J]. 农业机械学报,2017(12):248-254.
- [21] 詹林庆,李伟,陈松柏,等. 西南丘陵区水田土壤有效铜和有效锌含量的空间变异[J]. 西南农业学报,2013, 26(1):250-254.
- [22] 刘明,薛喜成,何勇. 灰色关联分析法在土壤重金属污染评价中的应用[J]. 安全与环境工程,2009, 16(1):15-17.
- [23] 张玉. 三江源区不同天然草地土壤类型养分的灰色关联分析[J]. 安徽农业科学,2012, 40(11):6480-6481.
- [24] 张磊,苏芳莉,郭成久,等. 灰色关联分析在不同生态修复模式土壤质量评价中的应用[J]. 沈阳农业大学学报,2009, 40(6):703-707.

(上接第 89 页)

## 4 结语

发展休闲农业需要“长远考虑、协同发力”。对大泽山来说,发展休闲农业必须由政府牵头、农户负责、旅行社配合、媒体协助<sup>[9]</sup>,充分开发利用大泽山区的旅游资源,调整和优化大泽山区的农业结构;挖掘、保护和传承大泽山区的优秀文化,全面促进休闲农业持续发展。

## 参考文献

- [1] 陈波,窦炜. 大泽山建起“观光农业”[J]. 农机博览,1994(3):28.

- [2] 王娇龙,孙智洁. 青岛市葡萄产业的发展现状及对策研究[J]. 品牌, 2015(3):22-23.
- [3] 钱卓,李培强,谢铁军. 大泽山葡萄的价值链[N]. 青岛日报,2009-09-16(006).
- [4] 李海山,谭鑫. 我国葡萄产业发展现状与对策[J]. 河北果树,2013(3):1,3.
- [5] 倪晶晶. 安徽省农业旅游发展面临的问题及对策[J]. 合肥学院学报(社会科学版),2012,29(3):78-81.
- [6] 严贤春. 休闲农业[M]. 北京:中国农业出版社,2011.
- [7] 尤飞,汤俊,卢焕荣. 特色休闲农业经典规划案例赏析[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2015.
- [8] 马海燕. 中原经济区农业旅游发展探析[J]. 农业经济,2011(6):28-30.
- [9] 郑文堂,王玉武,马宁. 休闲农业理论创新与实践探索[M]. 北京:中国农业出版社,2014.