

doi: 10. 11720/wtyht. 2021. 1159

陶春军,史春鸿,张笑蓉,等. 淮北平原覆盖区土壤采样密度及其环境质量研究——以 1:5 万高炉集幅为例[J]. 物探与化探,2021,45(1):200-206. [http://doi.org/10. 11720/wtyht. 2021. 1159](http://doi.org/10.11720/wtyht.2021.1159)

Tao C J, Shi C H, Zhang X R, et al. Research on soil sampling density and environmental quality of Huaibei plain covered area: A case study of 1:50 000 Gaolujie Sheet[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2021, 45(1):200-206. [http://doi.org/10. 11720/wtyht. 2021. 1159](http://doi.org/10.11720/wtyht.2021.1159)

淮北平原覆盖区土壤采样密度及其环境质量研究 ——以 1:5 万高炉集幅为例

陶春军,史春鸿,张笑蓉,管后春,贾十军
(安徽省地质调查院,安徽 合肥 230001)

摘 要: 以 1:5 万高炉集幅为研究对象,在 6 个点/ km^2 及 4 个点/ km^2 两种采样密度条件下,土壤元素在地球化学参数特征及空间分布上均相近,表明该图幅内采样密度 4 个点/ km^2 可以满足 1:5 万土地质量调查评价工作的要求。基于不同采样密度下土壤元素地球化学特征的对比分析,提出淮北平原覆盖区地质背景相对单一的连片耕地区开展 1:5 万土地质量调查时可采用最低采样密度(4 个点/ km^2)。土壤环境质量评价结果显示,区内土壤环境质量优良,以优先保护类土壤为主,安全利用类土壤仅零星分布,影响土壤环境质量的指标为 Cd,研究结果可为该地区实施绿色无公害产业发展提供科学依据。

关键词: 淮北平原覆盖区;高炉集幅;采样密度;地球化学特征;土壤环境质量

中图分类号: P632 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8918(2021)01-0200-07

0 引言

合理的土壤调查采样密度是一个非常重要的因素,它不但决定着采样结果的准确性,而且在降低采样支出及提高采样效率方面发挥着重要的作用^[1-2]。为了解决土壤采样中精度与经济性的平衡问题,需要研究土壤适宜的采样密度。安徽省已开展的 1:5 万土地质量地球化学调查多集中在皖中南部地区,采样方法相对成熟,而在淮北平原覆盖区开展 1:5 万土地质量调查工作尚属首次,因此有必要研究合理的采样密度。笔者以高炉集幅为研究对象,基于不同采样密度土壤元素地球化学特征的对比分析,综合考虑经济性,提出在淮北平原覆盖区土地质量调查中适宜可行的土壤采样密度,以期为后续工作中采样密度的选择提供参考依据。

同时,根据前期开展的多目标区域地球化学调查显示,高炉集幅内涡河沿岸,土壤重金属有面积性

分布的高含量区,影响土壤环境质量的主要元素为 Cd 等重金属。而土壤重金属是最常见的污染物,其在土壤中的积累严重制约着土地可持续性利用^[3-8]。重金属在土壤中难以降解且能够转移到农作物中,会威胁到农产品的安全性,需要开展土壤环境质量评价^[9-11]。因此,本次工作在研究采样密度的同时开展高炉集幅土壤环境质量评价工作,可为该地区实施绿色无公害产业发展提供科学依据,同时对助力皖北脱贫攻坚、实现乡村振兴具有意义。

1 研究区概况

工作区 1:5 万高炉集幅位于皖北亳州市境内,属于淮北平原,地势平坦、交通便利,平原中岗、坡、碟形洼地相间分布。区内为全国重要的商品粮和蔬菜生产基地,处于暖温带半湿润气候区,年际降水变化较大。河流属于淮河水系,主干河流为涡河。

研究区位于华北地台东南部淮河台拗的蚌埠台

收稿日期:2020-04-01;修回日期:2020-07-16

基金项目: 安徽省公益性地质调查项目“1:5 万楚店集、高炉集、江集和望町集覆盖区综合地质调查”(2016-g-3-32);中国地质调查局地质调查项目“安徽淮北—亳州地区多目标区域地球化学调查”(12120113000300)

作者简介: 陶春军(1982-),男,硕士,高级工程师,主要从事地球化学方面的调查及应用研究工作。Email:tcj9903@sina.com

拱西侧,构造整体呈 EW 走向。区内基本为第四系厚覆盖区,仅在东南部零星出露南华系四十里长山组和青白口系刘老碑组地层,未见岩浆岩出露(图 1)。区内成土母质主要包括晚更新世黄土母质和河流冲积物母质两种类型,其中河流冲积物母质主

要沿涡河两岸分布。研究区土壤类型主要包括砂姜黑土、潮土和黄褐土 3 种,砂姜黑土占比最大,潮土主要沿涡河两岸分布。高炉集幅土地利用类型主要为农用地,以旱地为主,是国家农产品主产区。

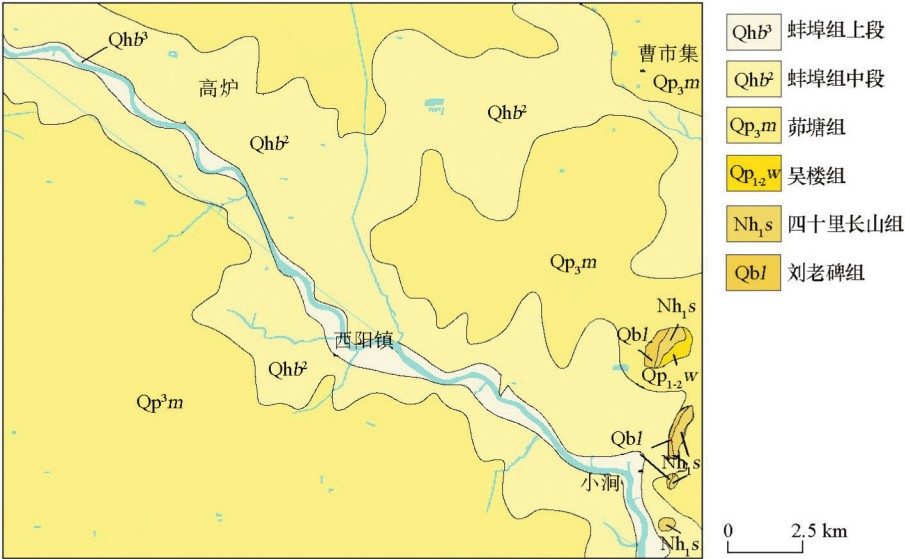


图 1 研究区地质简图
Fig. 1 General geological map of research area

2 采样及分析方法

本次高炉集图幅地球化学数据采用 2016~2017 年 1:5 万土地质量地球化学调查数据,主要调查图幅内农用地,图幅实际调查面积约 430 km²(剔除城镇建成区),共采集土壤样品 2 803 件(含重复样 62 件),采样密度约为 6 个点/km²。布点主要采用网格化加第二次全国土地调查图斑的方法,并利用实时更新的奥维地图对采样点位进行修正。样点布设在网格内最大图斑中,兼顾地块形状、大小等因素进行调整。土壤样品优先选择在图斑最大的农用地田块内采集。土壤样品采集点避开了沟渠、路边、田埂、房基、垃圾堆等及微地形高低不平无代表性地段。土壤样品用专用采样器自地表向下连续采集 0~20 cm 深的土壤柱,除去植物根茎(未刮去表层土)等杂物,由 3~5 个子样等量混合而成,样品原始质量大于 1 000 g。

土壤样品分析测试了 Cd、Hg、Pb、As、Cr、Ni、Cu、Zn、Mo、B、Mn、Co、V、Se、F、S、N、P、K₂O、Corg、pH 等 21 项指标。样品分析工作由安徽省地质实验研究所承担,采用国家一级土壤标准物质(GBW 系列)进行监控。各元素分析方法及检出限见表 1。

各元素报出率均为 100%,准确度和精密密度监控标样的一次合格率均为 100%。土壤元素含量分析方法与分析质量控制指标合格率满足《多目标区域地球化学调查规范(1:250 000)》(DZ/T 0258—2014)要求。

3 研究方法

3.1 不同密度数据处理方法

利用随机抽样法将 6 个点/km² 的采样密度抽稀到 4 个点/km²,采样点选取时优先保留农用地图斑较大的点位,尽量兼顾 4 个点/km² 在空间上的均匀性,如果点位所在图斑相差不大,则保留靠近 0.25 km² 网格中心的采样点。根据上述原则,获得图幅内采样密度为 4 个点/km² 的一套采样数据。

3.2 参数统计方法

利用地球化学勘查数据一体化处理系统(Geochem Studio 3.0)中的数据检查—特异值检查功能,对高炉集幅不同采样密度土壤样品的 21 种元素(氧化物)进行分析,经剔除离散值后,分别获得两种采样密度土壤的系列地球化学参数,包括背景值、标准离差、变异系数、分布形态等。

表 1 土壤样品元素分析方法检出限
Table 1 Detection limit of soil sample element analysis method

指标	分析方法	要求检出限	配套方法检出限	测定范围
As	AFS	1	0.2	0.2~500
B	ES	1	0.8	0.8~200
Cd	ICP-MS	0.03	0.02	0.02~4.0
S	XRF	30	20	20~2000
Co	XRF	1	1	1~100
Cr	XRF	5	3	3~3500
Cu	XRF	1	0.8	0.8~2000
F	ISE	100	50	50~5000
Hg	AFS	0.0005	0.0005	0.0005~10
Ge	AFS	0.1	0.05	0.05~100
Mn	XRF	10	5	5~2500
Mo	POL	0.3	0.2	0.2~100
N	VOL	20	15	15~5000
Ni	XRF	2	2	2~2000
P	XRF	10	8	8~4500
Pb	XRF	2	2	2~2000
Se	AFS	0.01	0.008	0.008~100
V	XRF	5	2	2~10000
Zn	XRF	4	2	2~3000
K ₂ O	XRF	0.05	0.05	0.05~7
Corg	VOL	0.1	0.05	0.05~10
pH	ISE	0.1	0.1	0.1~14.0

注:K₂O、Corg 含量单位为 10⁻²,其余元素含量单位为 10⁻⁶。

3.3 地球化学成图方法

利用金维软件 (GeoIPAS V4.0) 绘制两种不同采样密度条件下土壤元素地球化学图,采样间距均设置为 250 m,搜索半径为 750,幂指数因子为 10,最少搜索点数为 3。地球化学图采用《多目标区域地球化学调查规范 (1:250 000)》(DZ/T 0258—2014) 中 15 级分级法,为便于对比,均采用精度相对更高的 6 个点/km² 采样密度累频对应的分级值。

3.4 土壤环境质量评价方法

本次评价单元采用第二次土地调查形成的土地利用现状图斑。当 1 个图斑中有 2 个以上数据时,用平均值进行评价单元的指标赋值。当图斑中没有评价数据时,采用 Kring 泛克里格插值法进行赋值。

为了全面衡量区内土壤环境质量,根据《土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB

15618—2018)对土壤中 8 种重金属元素含量进行单指标分级统计。不同土壤环境质量等级含义及用色标准见表 2。区内土地利用现状以林地为主,所以各元素均采用 GB 15618—2018 中其他分级标准^[12]。

4 结果与讨论

4.1 不同采样密度元素含量特征差异

统计了图幅内两种采样密度条件下土壤元素背景值等地球化学参数(表 3)。两种不同采样密度下元素分布形态相差不大,N、B 符合算术正态分布,S、Mn 服从对数正态分布,剔除离散数据后,Corg、Pb、Cd、Se 服从正态分布,其他元素始终不服从正态分布。唯一的区别是 As 采样密度为 4 个点/km² 时服从对数正态分布,而 6 个点/km² 时呈偏态分布。

表 2 土壤环境质量分级标准
Table 2 Soil environmental quality grading standard

土壤分类	执行标准	色阶	分级含义
优先保护类	低于筛选值		农用地土壤污染风险低,一般情况下可忽略
安全利用类	筛选-管控值		可能存在食用农产品不符合质量安全标准等土壤污染风险,原则上应当采取农业调控、替代种植等安全利用措施
严格管控类	高于管控值 万方数据		食用农产品不符合质量安全标准,土壤污染风险高,且难以通过安全利用措施降低该风险,原则上应当采取禁止种植食用农产品、退耕还林等严格管控措施

表 3 两种采样密度下元素地球化学参数统计值
Table 3 Statistical values of elemental geochemical parameters in two sampling densities

指标	采样密度 6 个点/km ²					采样密度 4 个点/km ²					背景值 比值
	背景值	标准 离差	变异 系数	样点 个数	分布 形态	背景值	标准 离差	变异 系数	样点 个数	分布 形态	
As	12. 1	3. 15	0. 26	2737	偏态	12. 1	3. 18	0. 26	1963	对数正态	1. 00
B	56	5. 02	0. 09	2741	正态	56	5. 09	0. 09	1963	正态	1. 00
Cd	0. 186	0. 058	0. 31	2693	正态	0. 184	0. 058	0. 31	1925	正态	1. 01
Co	14. 5	1. 72	0. 12	2740	偏态	14. 4	1. 72	0. 12	1962	偏态	1. 00
Cr	74. 2	8. 80	0. 12	2741	偏态	74. 0	8. 79	0. 12	1963	偏态	1. 00
Cu	29. 2	4. 19	0. 14	2740	偏态	29. 1	4. 21	0. 14	1962	偏态	1. 00
F	573	102	0. 18	2740	偏态	571	101	0. 18	1962	偏态	1. 00
Hg	0. 034	0. 010	0. 28	2539	偏态	0. 034	0. 010	0. 29	1820	偏态	0. 99
Mn	688	137	0. 20	2741	对数正态	689	134	0. 19	1951	对数正态	1. 00
Mo	0. 50	0. 12	0. 24	2709	偏态	0. 50	0. 12	0. 24	1939	偏态	1. 00
N	1. 28	0. 24	0. 19	2741	正态	1. 28	0. 25	0. 19	1963	正态	1. 00
Ni	32. 4	5. 49	0. 17	2741	偏态	32. 3	5. 49	0. 17	1963	偏态	1. 00
P	0. 83	0. 21	0. 26	2718	偏态	0. 83	0. 21	0. 26	1944	偏态	1. 00
Pb	26. 6	2. 67	0. 10	2729	正态	26. 6	2. 70	0. 10	1951	正态	1. 00
S	207	35	0. 17	2741	对数正态	207	35	0. 17	1963	对数正态	1. 00
Se	0. 21	0. 035	0. 17	2715	正态	0. 21	0. 036	0. 17	1946	正态	1. 00
V	90. 6	12. 60	0. 14	2740	偏态	90. 2	12. 62	0. 14	1962	偏态	1. 00
Zn	69. 5	14. 4	0. 21	2738	偏态	69. 3	14. 4	0. 21	1960	偏态	1. 00
K ₂ O	2. 27	0. 32	0. 14	2741	偏态	2. 26	0. 33	0. 14	1963	偏态	1. 00
Corg	2. 00	0. 43	0. 22	2719	正态	2. 00	0. 43	0. 22	1948	正态	1. 00
pH	7. 3	1. 13	0. 15	2741	偏态	7. 3	1. 13	0. 16	1963	偏态	1. 00

注:Corg、K₂O 含量单位为 10⁻²,其他元素含量单位为 10⁻⁶。

元素变异系数一定程度上反映元素区域分布的均匀程度。两种不同采样密度土壤元素背景值变异系数相差极小,说明元素在区域上分布较为均匀。通过两种不同采样密度下得到的背景值比值可以看出,除了 Cd 和 Hg 的比值接近 1,其余元素(氧化物)比值均为 1,说明两种采样密度条件下得出的土壤元素背景值基本一致。综上,高炉集幅土壤样品在两种不同采样密度条件下,土壤元素地球化学参数特征相近,包括元素分布形态、变异系数以及背景值等均相近。

4.2 不同采样密度元素空间分布特征差异

绘制了研究区内 20 种元素(氧化物)地球化学图,结果显示两种采样密度条件下元素地球化学空间展布规律极其相近。选取土壤中元素含量及其空间变化受影响程度较大的有机质及重金属 Cd、Hg 等指标为例,在不同采样条件下,各元素高值区、低值区所在的位置及规模大小空间分布均基本一致(图 2)。高炉集幅土壤样品在两种不同采样密度条件下,土壤元素在空间上的分布也极其相近,高值、低值区所在的位置以及规模大小基本一致。

代表性较高的样点可以较好地反映研究区的相关特性,随着代表性较差的样点加入,对其精度变化影响不大。合理的采样密度对元素空间插值的

准确性有着重要的意义。土壤元素合理采样密度取决于元素自身空间分异程度和人们对数据精度的要求。若空间分异大、精度要求高则需要较大采样密度,反之需较小的采样密度。了解土壤质量的空间分布状况,需要对调查区域进行土壤样品的采集,然而采样点密度越大成本也就越高,过于小则可能缺乏代表性,因此确定采样点的密度往往是至关重要的。适宜的采样密度可以提高采样效率,降低研究成本,为后续研究提供了很好的数据支撑。研究表明样点数量会影响空间插值的精度,但对合理的采样密度尚无定论^[14]。

《土地质量地球化学评价规范》(DZ/T 0295—2016)规定 1:5 万土地质量地球化学评价工作在土壤样品布设时,采用 4 点/km²~16 点 km² 的密度范围,平均采样密度为 9 点/km²,平原地区可放稀至最低采样密度。调查区位于淮北平原区,属于连片耕地区,地质背景及土壤类型均相对单一,且元素及污染物含量空间变异不大,可以采用较低采样密度来布置样点。高炉集幅土壤样品在两种不同采样密度条件下,土壤元素地球化学参数特征及空间分布特征均相近,因此,高炉集幅采用最低采样密度(4 个点/km²)可以满足该地区土壤质量评价工作的需要。值得注意的是,虽然高炉集幅采用最低采样密

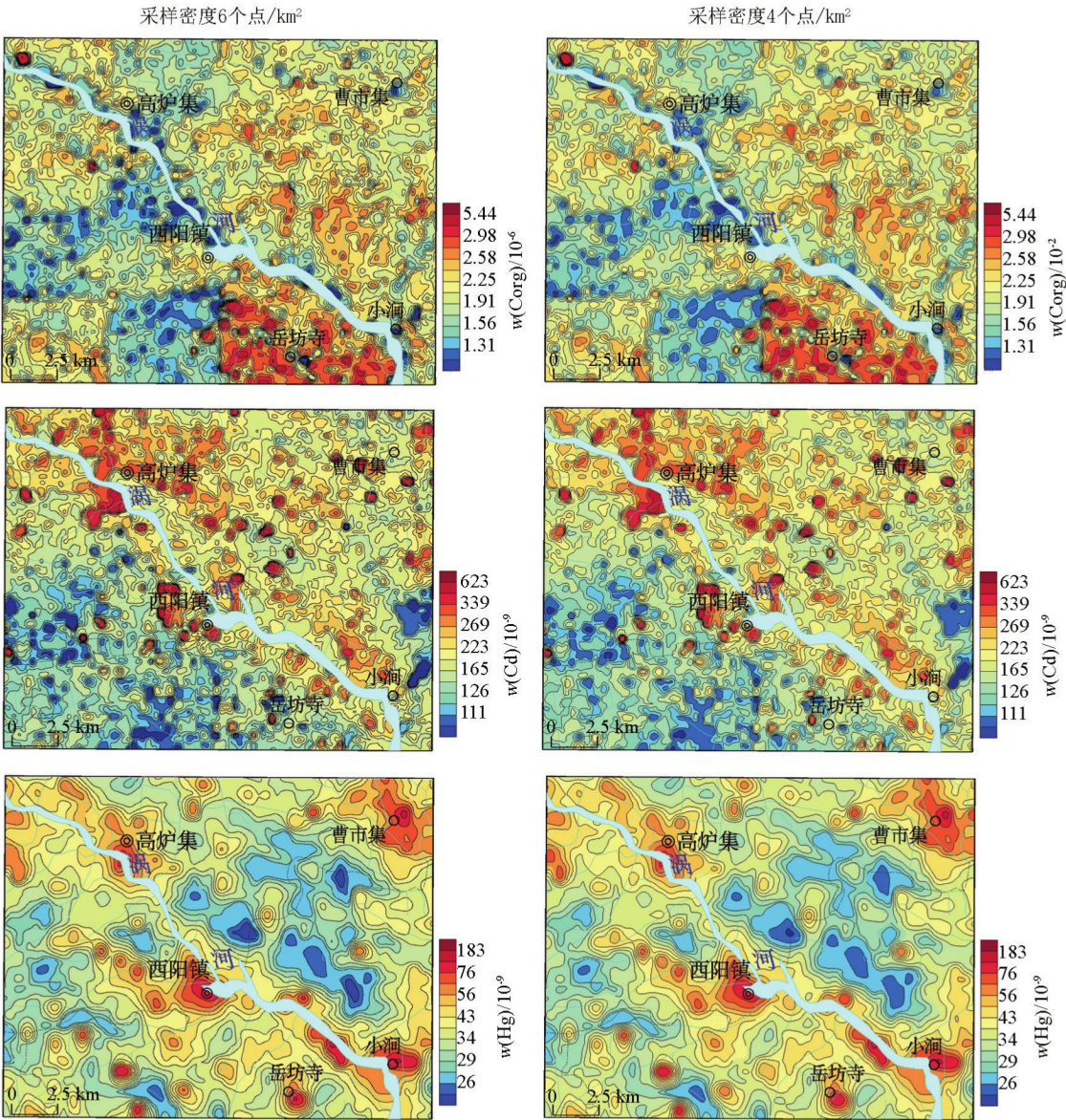


图 2 两种采样密度条件下土壤 Corg、Cb、Hg 地球化学分布

Fig. 2 Geochemical maps of soil Corg, Cd and Hg in two sampling densities

度也可以达到理想的效果,但并不代表其他所有的平原区均适合此采样密度。高炉集幅的地质背景相对简单,主要包括上更新统茆塘组以及全新统蚌埠组两类,且两套地层年代相近,均属于第四系,所以在元素含量上具有相似性和继承性。如果元素空间分布的局部不均,数据离散程度高,则需要通过加密采样以刻画出地球化学特征的细节变化。

综上所述,在地质背景相对接近、元素含量空间变异不大的平原覆盖区开展土地质量地球化学调查工作时,可以采用最低采样密度,但若地质背景复杂,包含多个时代的地层时,在图斑较为细碎区、重金属高背景区和优质特色土壤资源区等建议适当增加采样密度,以期达到最为理想的效果。

万方数据

4.3 土壤环境质量评价

调查区内两种不同采样密度下土壤环境质量评价结果基本一致。As、Cr、Hg、Ni、Pb、Zn、Cu 等 7 种重金属元素单元素土壤环境质量评价结果相同,全部属于无污染或风险可忽略的优先保护类土壤。Cd 土壤以无污染或风险可忽略的优先保护类土壤为主,污染风险可控且需要监测的安全利用类土壤面积仅占 0.2%;无污染风险较大且需要进行严格管控类土壤。

土壤环境质量综合评价采用“一票否决”法,即以单元素中最差等级作为该评价单元的综合评价结果。结果显示,区内土壤环境质量总体好,以无污染或风险可忽略的优先保护类土壤为主,占调查区农用地总面积的 99.8%;污染风险可控且需要监测的

安全利用类土壤分布少,仅占 0.2%,影响指标为 Cd;区内无污染风险较大且需要进行严格管控类土壤(图 3)。

工作区土壤重金属污染风险总体较低,其中可能存在污染风险的土壤面积仅占全区农用地总面积的 0.2%。调查区内土壤地质背景较单一,存在污染风险的土壤呈星点状分布,因此自然成因的可能性较小,Cd 富集主要由人类活动等外部因素引起,

在这些区域为防止土壤重金属含量继续增高,增加土壤污染风险,需采取安全利用措施,加强土壤环境及农产品安全监测。调查区内土壤环境质量好,符合绿色食品土壤环境质量标准及无公害食品土壤环境质量要求的土壤在调查区广泛分布,区内适宜绿色、无公害农产品产业化发展,建议加大绿色—无公害农产品开发力度,增加农民收益。

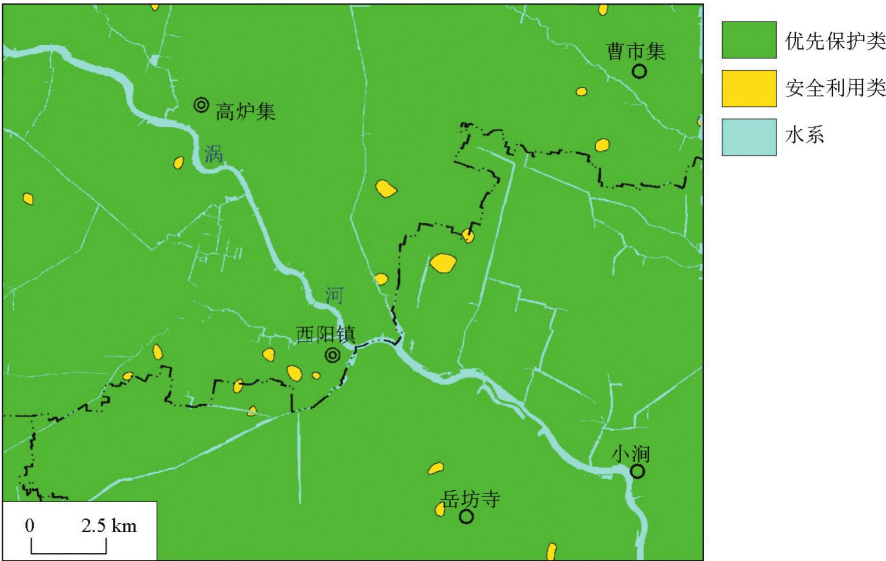


图 3 土壤环境质量综合分级

Fig. 3 Comprehensive classification of soil environmental quality

5 结论

1) 高炉集幅土壤样品在 6 个点/km² 及 4 个点/km² 两种不同采样密度条件下,土壤元素在地球化学参数特征及空间分布上均相近,表明该图幅内采样密度 4 个点/km² 可以满足 1:5 万土地质量调查评价工作的要求。

2) 在淮北平原覆盖区地质背景相对单一且元素含量空间变异不大的连片耕地区开展土地质量地球化学调查工作时,可以采用最低采样密度(4 个点/km²)。但地质背景复杂、重金属高背景区、优质特色土壤资源区等平原覆盖区建议适当增加采样密度,以期达到更为理想的评价效果。

3) 调查区内土壤环境质量优良,以优先保护类土壤为主,安全利用类土壤零星分布,面积仅占 0.2%,主要影响指标为 Cd。区内符合绿色食品及无公害食品土壤环境质量要求的土壤分布广泛,建议加大绿色、无公害农产品的开发力度。

万方数据

参考文献 (References) :

[1] Heim A, Wehrli L, Eugster W, et al. Effects of sampling design on the probability to detect soil carbon stock changes at the SwisCarboEurope site Lägeren [J]. Geoderma, 2009, 149(3): 347–354.

[2] Vašát R, Heuvelink G B M, Bortivka L. Sampling design optimization for multivariate soil mapping [J]. Geoderma, 2010, 155(3/4): 147–153.

[3] 谷庆宝, 张倩, 卢军, 等. 我国土壤污染防治的重点与难点[J]. 环境保护, 2018, 46(1): 14–18.

Gu Q B, Zhang Q, Lu J, et al. Priority areas and difficulties of soil pollution control in China[J]. Environmental Protection, 2018, 46(1): 14–18.

[4] 武春林, 王瑞廷, 丁坤, 等. 中国土壤质量地球化学调查与评价的研究现状和进展[J]. 西北地质, 2018, 51(3): 240–252.

Wu C L, Wang R T, Ding K, et al. Geochemical survey and evaluation on soil quality in china: Research status and advances[J]. Northwestern Geology, 2018, 51(3): 240–252.

[5] Tang X J, Shen C F, Shi D Z, et al. Heavy metal and persistent organic compound contamination in soil from Wenling: An emerging e-waste recycling city in Taizhou area, China[J]. Journal of Hazardous Materials, 2010, 173(1/2/3): 653–660.

[6] 李小平, 徐长林, 刘献宇, 等. 宝鸡城市土壤重金属生物活性与环境风险[J]. 环境科学学报, 2015, 35(4): 1241–1249.

Li X P, Xu C L, Liu X Y, et al. Bioactivity and environment risk of

heavy metals in urban soil from Baoji City, P. R. China[J]. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2015, 35(4): 1241–1249.

[7] 王玉军,吴同亮,周东美,等. 农田土壤重金属污染评价研究进展[J]. *农业环境科学学报*, 2017, 36(12): 2365–2378.

Wang Y J, Wu T L, Zhou D M, et al. Advances in soil heavy metal pollution evaluation based on bibliometrics analysis[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2017, 36(12): 2365–2378.

[8] Zhao F J, Ma Y B, Zhu Y G, et al. Soil contamination in China: Current status and mitigation strategies[J]. *Environmental Science & Technology*, 2015, 49(2): 750–759.

[9] 刘春早,黄益宗,雷鸣,等. 湘江流域土壤重金属污染及生态环境风险评价[J]. *环境科学*, 2012, 33(1): 260–265.

Liu C Z, Huang Y Z, Lei M, et al. Soil contamination and assessment of heavy metals of Xiangjiang River basin[J]. *Environmental Science*, 2012, 33(1): 260–265.

[10] Hu Y N, Wang D X, Wei L J, et al. Bioaccumulation of heavy metals in plant leaves from Yan’ an city of the loess plateau, China [J]. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2014, 110: 82–88.

[11] 王爽,李荣华,张增强,等. 陕西潼关农田土壤及重金属污染及潜在风险[J]. *中国环境科学*, 2014, 34(9): 2313–2320.

Wang S, Li R H, Zhang Z Q, et al. Assessment of the heavy metal pollution and potential ecological hazardous in agricultural soils and crops of Tongguan, Shaanxi Province[J]. *China Environmental Science*, 2014, 34(9): 2313–2320.

[12] 生态环境部. GB15618—2018 土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)[S]. 北京:中国标准出版社, 2018.

Ministry of Ecology and Environment. GB 15618—2018 Soil environmental quality risk control standard for soil contamination of agricultural land[S]. Beijing: China Standard Press, 2018.

[13] 杨琳,朱阿兴,秦承志,等. 一种基于样点代表性等级的土壤采样设计方法[J]. *土壤学报*, 2011, 48(5): 938–946.

Yang L, Zhu A X, Qin C Z, et al. A soil sampling method based on representativeness grade of sampling points [J]. *Acta Pedologica Sinica*, 2011, 48(5): 938–946.

[14] 于伟宣,赵明松,王萌,等. 采样数量与空间插值方法对土壤属性预测精度的影响[J]. *科学技术与工程*, 2017, 17(25): 186–191.

Yu W X, Zhao M S, Wang M, et al. Effects of sampling sizes and spatial interpolation methods on prediction accuracy of soil properties[J]. *Science Technology and Engineering*, 2017, 17(25): 186–191.

Research on soil sampling density and environmental quality of Huaibei plain covered area: A case study of 1 : 50 000 Gaolujì Sheet

TAO Chun-Jun, SHI Chun-Hong, ZHANG Xiao-Rong, GUAN Hou-Chun, JIA Shi-Jun
(Geological Survey Institute of Anhui Province, Hefei 230001, China)

Abstract: 1 : 50 000 Gaolujì Sheet was chosen as the research object in this study. The soil elements at two sampling densities of 6 points/km² and 4 points/km² are similar in geochemical parameter characteristics and spatial distribution. The sampling density of 4 points/km² in the map can meet the requirements of 1 : 50,000 land quality survey and evaluation work. Based on the comparative analysis of the geochemical characteristics of soil elements under different sampling densities, the authors hold that the minimum sampling density (4 points/km²) can be used when 1 : 50,000 land quality survey is conducted in a relatively continuous farming area in the Huaibei plain coverage area. The soil environmental quality evaluation results show that the quality of the soil environment in this area is excellent. The priority is given to protecting the soil, and the safe use type soil is only in scattered distribution. The main impact indicator is Cd. The results can provide a scientific basis for the implementation of green pollution-free industries in this area.

Key words: Huaibei plain covered area; Gaolujì Sheet; sampling density; geochemical characteristics; soil environmental quality

(本文编辑:蒋实)