

doi: 10.19388/j.zgdzdc.2023.201

引用格式: 齐尚星,安邦,谭静,等. 安徽省潜山市土壤质量地球化学评价[J]. 中国地质调查,2024,11(6): 54-63. (Qi S X, An B, Tan J, et al. Geochemical assessment of soil quality in Qianshan City of Anhui Province[J]. Geological Survey of China, 2024, 11(6): 54-63.)

安徽省潜山市土壤质量地球化学评价

齐尚星, 安邦, 谭静, 张军

(安徽省勘查技术院(安徽省地质矿产勘查局能源勘查中心),安徽 合肥 230031)

摘要:为详细了解潜山市土壤质量地球化学分布状况,科学合理地利用规划土地资源,运用潜山市土地质量地球化学调查数据,对潜山市土壤质量进行地球化学评价和研究。结果表明:研究区土壤养分综合等级以中等和较缺乏为主,占研究区面积的 88.70%;区内土壤整体具有缺 Cu,少 B、Co、V、Mn、Mo 及富 Zn 的特点;土壤环境质量以无风险为主,占研究区面积的 96.89%,风险可控区占研究区面积的 3.06%,风险较高区土壤分布面积较小,且为人为工业污染所致;区内土壤质量综合等级以良好、中等为主,分别占研究区面积的 47.41% 和 41.36%,优质土壤较少,占研究区面积的 8.36%;区内土壤 Se 以适量和边缘为主,富 Se 土壤面积较少,仅占评价区面积的 4.98%。评价成果对潜山市土地利用规划、基本农田建设、农业种植结构调整、特色农业发展及生态环境保护等具有指导意义。

关键词: 土壤养分; 土壤环境; 土壤质量; 地球化学评价; 潜山市

中图分类号: P595; X142

文献标志码: A

文章编号: 2095-8706(2024)06-0054-10

划、特色农业发展及生态环境保护提供科学依据。

0 引言

土壤质量评价是对土壤环境质量和土壤养分丰缺的综合评价,是科学开发利用土地资源的重要依据^[1-2]。近年来,安徽省先后在砀山县、宁国市等^[3-4]多个地区开展了土地质量地球化学调查评价工作,对支撑土壤环境污染防治、土地资源管理、乡村振兴等方面有着重要的指导意义。潜山市作为国家级、省级农业生产区,其土壤质量状况制约着农业生产的发展。徐礼和^[5]和林灵等^[6]对潜山市开展的耕地质量调查发现潜山市耕地土壤存在较为明显的酸化、板结、养分失调、重金属积累等现象。

本文以安徽省自然资源厅在潜山市部署开展的“潜山市土地质量地球化学调查评价”项目数据为基础,分析土壤元素组成和分布特征,并对土壤元素养分状况与土壤环境质量进行综合分析^[7-8],研究可为潜山市农业种植结构调整、土地利用规

1 研究区概况

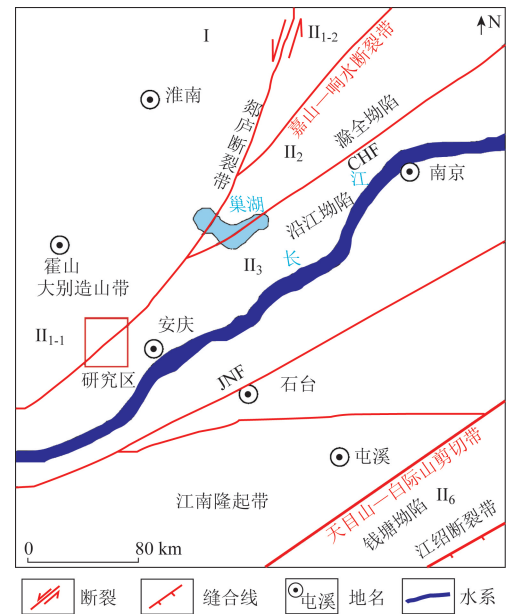
研究区位于安徽省西南部,大别山南麓,长江北岸,是长江中下游与大别山区的结合部,扼大别山咽喉,临长江黄金水道,交通条件优越。区内地形复杂,地势高低起伏较大,整体西北高、东南低,由西北向东南方向呈梯状下降。北部及西北部为大别山区,中部为山前丘陵、岗地,东南部为由皖水河、潜水河下游构成的冲积平原。区内属北亚热带向中亚热带过渡性气候^[9]。

研究区地处华南板块北部的扬子地台,西北部为大别隆起构造分区,东南部为下扬子盆地构造分区,地质构造复杂(图1)。区内地层处于扬子地层区下扬子分区,以郟庐断裂为界,东南侧为潜山地层小区,西北侧为岳西地层小区。潜山地层小区出露的地层有中生界白垩系赤山组、新生界古近系埭姆组、望虎墩组以及第四系,岳西地层小区出露的地层有新太古界大别山岩群和大别山杂岩。

收稿日期: 2023-05-09; 修订日期: 2024-01-19。

基金项目：安徽省公益性地质项目“潜山市土地质量地球化学调查评价(编号：2016-g-3-24)”资助

第一作者简介: 齐尚星(1989—),男,工程师,主要从事矿产勘查及农业地质调查工作。Email: 451532093@qq.com



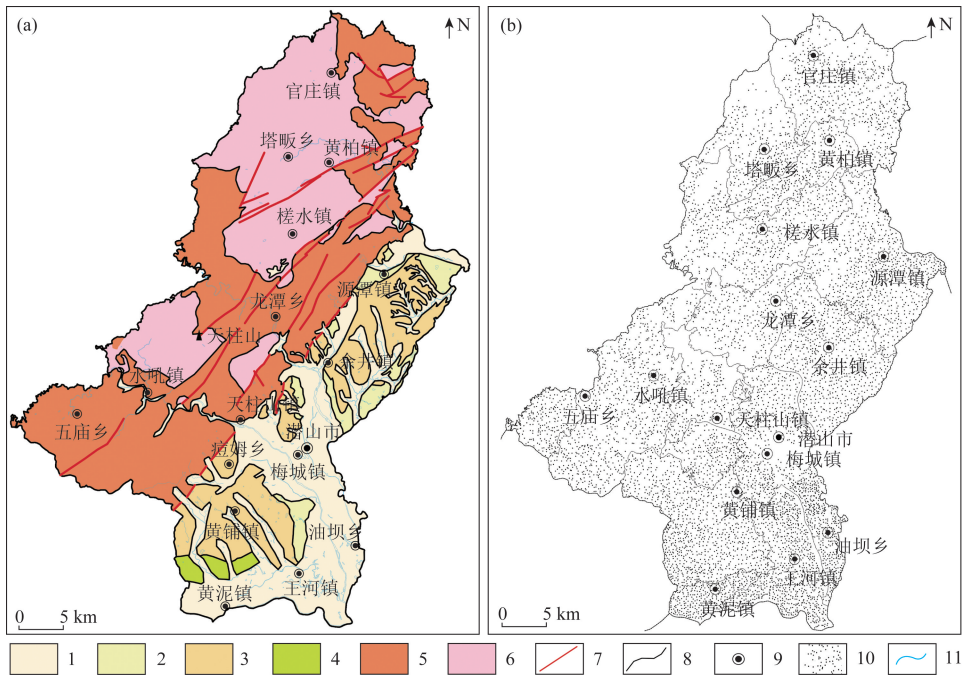
I. 华北板块; II. 扬子板块; II₁₋₁. 大别造山带; II₁₋₂. 胶南造山带; II₂. 滁全拗陷; II₃. 沿江拗陷; II₄. 皖南—苏南拗陷; II₅. 江南隆起带; II₆. 钱塘拗陷; III. 华南板块

图1 研究区大地构造略图(据文献[10]修改)
Fig.1 Geotectonic sketch of the study area
(modified after reference[10])

2 样品采集与测试

样品采集布设采用二调图斑叠加“格型”采样的总体原则,以1:5万地形图1 km²方里网格作为采样布局设计网格单元(大格),将每个网格单元的1/4格(0.25 km²)作为最小采样单元格(小格)。样点布设在最小采样单元格内主导图斑的中心位置,同时兼顾土地利用类型及样点空间分布的均匀性和代表性,样点密度为5个/km²[11-12]。样品采集表层土壤柱(0~20 cm),采样时避开沟渠、田埂、路边、房屋、粪堆及微地形高低不平的无代表性地段[13]。共采集土壤样品8 278件(含重复样162件),采样位置见图2。

土壤样品分析测试在安徽省地质实验研究所完成,样品分析参照《DZ/T 0279—2016 区域地球化学样品分析方法》[15]进行。土壤样品分析测试过程采用国家一级标准物质进行质量控制,插入768件国家一级标准物质进行精密度控制,插入192件国家一级标准物质用于准确度控制,一次性原始合格率均为100%。测试分析指标的准确度和精密度均符合《DZ/T 0295—2016 土地质量地球化学评价规



1. 第四系芜湖组亚砂土、粉细砂; 2. 第四系下蜀组黏土、含铁锰结核黏土; 3. 新近系砂岩、砾砂岩、砾岩; 4. 白垩系砂砾岩、粉砂岩; 5. 大别岩群变质表壳岩、变形变质侵入体; 6. 燕山期中酸性侵入岩; 7. 断层; 8. 地质界线; 9. 地名; 10. 土壤样点; 11. 水系

图2 研究区地质简图((a), 据文献[14]修改)和采样位置(b)
Fig.2 Geological sketch ((a), modified after reference [14]) and sampling location (b) of the study area

范》^[16]的要求。

3 评价方法与标准

3.1 土壤养分质量评价

研究区评价单元为二调图斑,选择 N、P、K、有机质、B、Mo、Mn、Zn、Cu、V、Se 共 11 项指标,依据《DZ/T 0295—2016 土地质量地球化学评价规范》^[16]中的分级标准进行评价。当评价单元中有一个数据时,该实测数据即为该评价单元的数据;当评价单元中有 2 个以上数据时,用实测数据的平均值对评价单元进行赋值;当评价单元中没有评价数据时,可用插值法或属性赋值法获得每个评价单元相应的评价数据^[17-19]。

依据土壤养分综合等级划分标准,将土壤养分单指标地球化学等级划分为一等、二等、三等、四等、五等 5 个等级,并赋予相应的等级得分 f_i ,分别为 5、4、3、2、1。在土壤养分单指标地球化学等级划分的基础上,按下列公式计算土壤养分地球化学综合得分 $f_{\text{养综}}$

$$f_{\text{养综}} = \sum_{i=1}^n k_i f_i \quad (1)$$

式中: $f_{\text{养综}}$ 为土壤 N、P、K 评价总得分, $1 \leq f_{\text{养综}} \leq 5$; k_i 为 N、P、K 权重系数,分别为 0.4、0.4 和 0.2; f_i 分别为土壤 N、P、K 的单元素等级得分^[20-21]。土壤养分综合等级划分标准见表 1。

表 1 土壤养分综合等级划分标准

Tab.1 Comprehensive classification criteria for soil nutrients

	一等: 丰富	二等: 较丰富	三等: 中等	四等: 较缺乏	五等: 缺乏
$f_{\text{养综}}$	≥ 4.5	[3.5,4.5)	[2.5,3.5)	[1.5,2.5)	< 1.5

3.2 土壤环境质量评价

土壤环境单指标等级划分参照《GB 15618—2018 土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)》^[22]规定的农用地土壤污染风险的筛选值和管制值,选择 Cd、Hg、As、Cu、Pb、Zn、Cr、Ni 共 8 项指标进行评价。土壤环境单指标等级的划分根据农用地土壤污染风险筛选值和管制值,按照元素含量把区内土壤划分为一等、二等和三等^[23-24](表 2)。

在土壤环境单指标等级划分的基础上,采用从严原则,每个评价单元的土壤环境综合等级依据单个指标的土壤环境综合的最差等级划分^[23],即“一

表 2 土壤环境单指标等级划分标准

Tab.2 Classification criteria for single index of soil environment

	一等: 无风险	二等: 风险可控	三等: 风险较高
执行标准	低于筛选值	介于筛选值与管制值之间	高于管制值

票否决”,如某评价单元土壤环境质量单指标包含一等、二等和三等 3 个等级,则该单元土壤环境质量综合等级为三等。

3.3 土壤质量综合等级

在土壤养分综合等级与土壤环境综合等级的基础上进行叠加,按照分级方案(表 3)评价土壤质量综合等级^[23,25]。

表 3 研究区土壤质量综合等级划分标准

Tab.3 Comprehensive classification criteria for soil quality of the study area

土壤养分 综合等级	土壤环境综合等级		
	一等: 无风险	二等: 风险可控	三等: 风险较高
一等: 丰富	一等: 优质	三等: 中等	五等: 劣等
二等: 较丰富	一等: 优质	三等: 中等	五等: 劣等
三等: 中等	二等: 良好	三等: 中等	五等: 劣等
四等: 较缺乏	三等: 中等	三等: 中等	五等: 劣等
五等: 缺乏	四等: 差等	四等: 差等	五等: 劣等

4 结果与讨论

4.1 土壤养分地球化学评价

土壤养分可分为大量养分元素 N、P、K、有机质和微量养分元素 B、Mo、Co、Cu、Mn、Zn、Se。土壤养分是植物体生长发育所必需的营养物质,也是土壤肥力的重要组成部分。土壤养分含量的高低及养分的供给能力直接影响着作物的生长发育及作物的产量^[20,26-27]。

4.1.1 有机质及大量养分元素 N、P、K

土壤中的有机质、N、P、K 对土壤的组成及肥力起着重要作用,同时也是植物生长所必需的营养物质^[28-29](表 4)。有机质决定了土壤肥力的高低;N 对果实的生长发育有着不可替代的作用;P 对植物的光合作用有着重要影响,同时也是生物固氮所必需的物质;K 是植物体内酶的活化剂,与植物的代谢过程密切相关,促进了植物的光合作用。研究区土壤有机质以中等、较缺乏为主,土壤 N 以中等、较缺乏为主,土壤 P 以较缺乏、缺乏为主,土壤 K 以丰富为主。

表 4 研究区土壤大量养分指标评价结果
Tab.4 Major soil nutrient index assessment results of the study area

指标	含量		土壤质量面积/km ² (占比/%)				
	范围值/%	平均值/%	一等：丰富	二等：较丰富	三等：中等	四等：较缺乏	五等：缺乏
有机质	0.18 ~ 11.38	2.01	45 (3.14)	120 (8.4)	538 (37.76)	608 (42.72)	114 (7.98)
N	0.02 ~ 0.55	0.10	20 (1.42)	120 (8.39)	513 (36.01)	462 (32.43)	310 (21.74)
P	0.01 ~ 0.38	0.06	126 (8.87)	81 (5.72)	199 (13.98)	436 (30.61)	581 (40.82)
K	0.66 ~ 6.10	2.87	766 (53.8)	299 (21.01)	272 (19.09)	84 (5.93)	3 (0.18)

4.1.2 微量养分元素

微量养分元素 B、Co、Cu、Mn、Mo、V、Zn 是植物生长发育的必需营养元素^[30],研究区土壤养分微量元素评价结果见表 5。植物中缺 B 会影响植物的授粉,形成“有花无果”或果实畸形等现象; Co 具有促进茎、芽和胚芽鞘伸长的作用; Cu 能够提高植物叶片中叶绿素的浓度,增强光合作用; Mn 是植物代谢过程中酶的活化离子,能够促进植物的生长; Mo 作为还原酶和固氮酶的成分可以参与到 N 的代谢过程中,促进植物体中维生素 C 及含磷化合物的合成; 植物中适量的 V 可以促进生长,增加作物产量并改善品质^[26,31]; Zn 对人类的生长发育与作物的代谢均具有促进作用,且能够提高作物产量。研究区土壤中 B、Co、Cu 以缺乏、较缺乏为主,在区内大面积分布; 土壤 Mn 以丰富和较丰富为主,空间上分布在区内的北部山地及圩区平原一带,较缺乏和缺乏主要分布在区内的丘陵岗地一带; 土壤 Mo 整体表现出西部和西北部以丰富较丰

富为主,西南部和东部以中等、较缺乏和缺乏为主的特征; 土壤 V 以缺乏和较缺乏为主,空间上分布在区内的山地一带; 土壤 Zn 以丰富和较丰富为主,在空间上分布较散; 土壤 Se 以适量和边缘为主,空间上分布在区内山地一带。

4.1.3 土壤养分综合等级评价

土壤养分综合等级评价结果见表 6 及图 3,研究区土壤养分以三等(中等)和四等(较缺乏)为主,分布在全区范围内; 一等(丰富)和二等(较丰富)在区内西北部分布较集中; 五等(缺乏)主要分布在区内部分丘陵岗地区。

表 6 研究区土壤养分综合等级评价结果
Tab.6 Comprehensive classification assessment results of soil nutrients in the study area

面积及占比	一等：丰富	二等：较丰富	三等：中等	四等：较缺乏	五等：缺乏
面积/km ²	2	118	700	563	40
占比/%	0.16	8.31	49.16	39.54	2.83

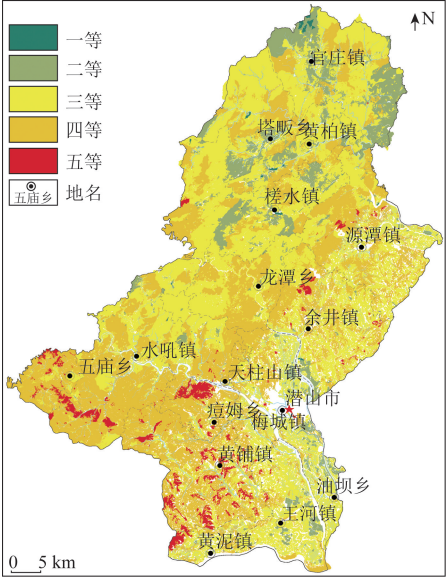


图 3 研究区土壤养分综合等级
Fig.3 Soil nutrients comprehensive classification of the study area

4.2 土壤环境评价

土壤环境指标元素是指对人体健康或生态

表 5 研究区土壤养分微量元素评价结果
Tab.5 Soil nutrient trace elements assessment results of the study area

指标	面积及占比	一等：丰富	二等：较丰富	三等：中等	四等：较缺乏	五等：缺乏
B	面积/km ²	20	120	513	462	310
	占比/%	1.42	8.39	36.01	32.43	21.75
Co	面积/km ²	195	163	211	412	443
	占比/%	13.67	11.46	14.83	28.95	31.09
Cu	面积/km ²	44	48	53	234	1 044
	占比/%	3.09	3.41	3.71	16.45	73.34
Mn	面积/km ²	304	197	294	241	388
	占比/%	21.38	13.81	20.67	16.91	27.23
Mo	面积/km ²	199	248	204	254	518
	占比/%	13.99	17.40	14.36	17.86	36.39
V	面积/km ²	140	165	207	284	628
	占比/%	9.84	11.6	14.53	19.95	44.08
Zn	面积/km ²	434	411	172	155	253
	占比/%	30.45	28.89	12.05	10.87	17.74
Se	面积/km ²	0	64	786	488	85
	占比/%	0	4.53	55.20	34.30	5.97

环境造成直接或间接影响的元素,其含量及赋存状态关系到食品安全^[23,32-34]。研究区土壤环境单指标评价结果见表 7,区内土壤环境质量好。As、Hg 在区内为一等; Pb、Cr、Ni、Cu、Zn 极少部分为二等,属风险可控范围内,除 Pb 有 0.05 km² 的三等区外,全区无三等区,Pb 的二等区和三等区面积分布在塔畈乡周祠村和冯冲村一带,以及痘姆乡红星村; Cd 在区内以一等

为主,少部分为二等,分布在官庄镇东北部水贵村—升旗村—驼岭林场一带、痘姆乡红星村和五庙乡杨畈村—红光村一带;有极少部分为三等,主要分布在痘姆乡红星村,经走访调查该区域受到了人为工业污染。

综合土壤环境单指标评价结果,发现研究区土壤环境综合等级(图 4(a),表 8)以一等为主,二等和三等土壤分布面积较小,在全区零星分布。

表 7 研究区土壤环境单指标评价结果

Tab. 7 Assessment results of soil environment by single index in the study area

指标	面积及占比	一等: 无风险	二等: 风险可控	三等: 风险较高
As	面积/km ²	1 424	0	0
	占比/%	100.00	0	0
Cd	面积/km ²	1 407	16	1
	占比/%	98.83	1.13	0.04
Hg	面积/km ²	1 424	0	0
	占比/%	100.00	0	0
Pb	面积/km ²	1 422	1.6	0.05
	占比/%	99.88	0.12	0

指标	面积及占比	一等: 无风险	二等: 风险可控	三等: 风险较高
Cr	面积/km ²	1 410	14	0
	占比/%	99.03	0.97	0
Ni	面积/km ²	1 414	10	0
	占比/%	99.31	0.69	0
Cu	面积/km ²	1 414	10	0
	占比/%	99.31	0.69	0
Zn	面积/km ²	1 422	1	0
	占比/%	99.90	0.10	0

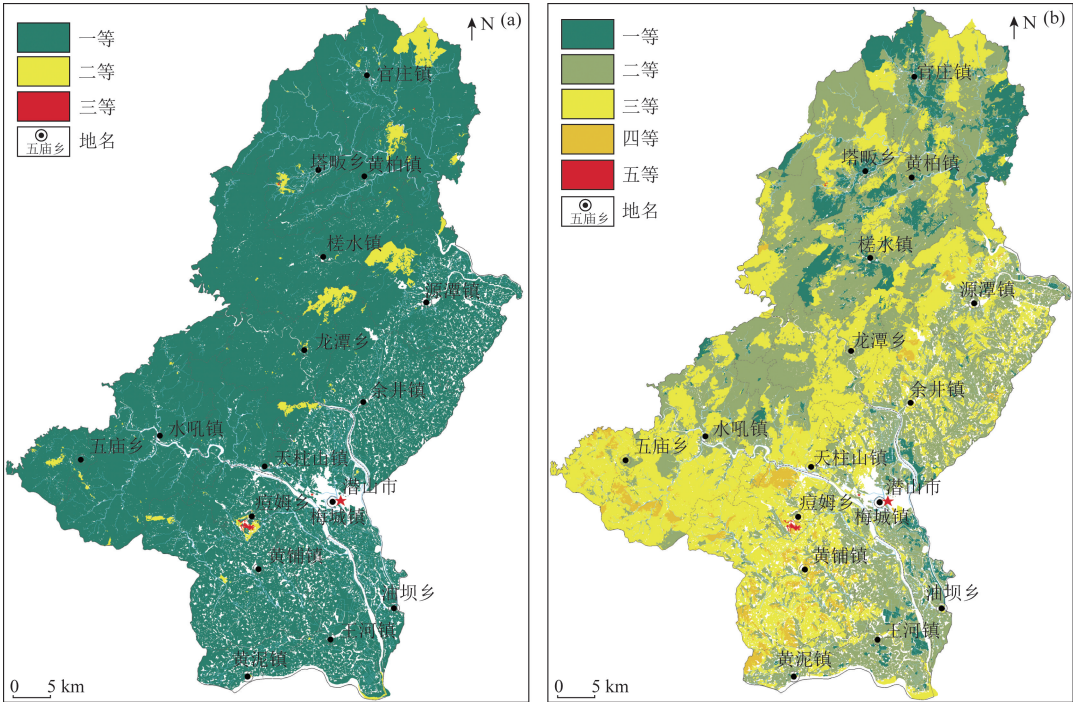


图 4 研究区土壤环境综合等级(a)及土壤质量综合等级(b)

Fig. 4 Soil environment comprehensive classification (a) and soil quality comprehensive classification (b) of the study area

表 8 研究区土壤环境综合等级评价结果

Tab. 8 Comprehensive classification assessment results of soil environment in the study area

面积及占比	一等: 无风险	二等: 风险可控	三等: 风险较高
面积/km ²	1 380	44	1
占比/%	96.89	3.06	0.05

4.3 土壤质量综合评价

土壤质量综合评价是土壤养分综合评价和土壤环境综合评价的叠加反映^[28,33]。研究区土壤质量以二等和三等为主,在区内均有分布;一等区在区内分布较零散;四等区范围较小,分布在五庙乡—水吼

镇—黄铺镇一带;五等区面积较小,分布在痘姆乡红星村和求知村(表9,图4(b))。

表9 研究区土壤质量综合等级

Tab.9 Soil quality comprehensive classification of the study area

面积及占比	一等: 优质	二等: 良好	三等: 中等	四等: 差等	五等: 劣等
面积/km ²	119	675	589	40	1
占比/%	8.36	47.41	41.36	2.82	0.05

4.4 土壤硒评价

硒(Se)是人体生长发育所必需的微量元素,可提高人体免疫功能,刺激蛋白和抗体的产生并具有抗衰老、抗癌、解毒的功效,缺Se会导致多种疾病的发生^[35-36]。人体内的Se主要来源于对食物的吸收,农作物通过根系从土壤中吸收Se,并经食物链进入人体。因此,土壤中Se含量的高低及其形

态会影响作物对Se的吸收,并最终影响人体健康^[14,35]。研究区土壤Se以适量和边缘为主,其中适量面积约786 km²,占评价区总面积的55.2%,边缘面积约488 km²,占评价区总面积的34.3%,全区无Se过剩土壤。区内土壤Se高含量区分布在水吼镇、槎水镇、塔畈乡和官庄镇等山区,面积约64 km²。

4.5 土壤元素含量的分布及影响因素

对研究区的调查数据进行分析,将研究区的土壤背景值与安徽省江淮流域多目标土壤背景值进行对比,结果(表10)显示:As、B、Cu的浓集系数 $K < 0.6$,呈明显贫化的特征;Ni、Hg、Cr、Se、Mo、Cd的浓集系数 $0.6 \leq K < 0.8$,呈略有贫化的特征;Mn、Zn、P、Pb、N的浓集系数 $0.8 \leq K < 1.2$,与安徽省江淮流域多目标土壤背景值基本相当;K₂O、有机质的浓集系数 $1.2 \leq K < 2.0$,呈略有富集的特征。

表10 潜山市表层土壤地球化学背景值及参数

Tab.10 Geochemical background values and parameters of surface soil in Qianshan City

指标	含量/10 ⁻⁹		含量/10 ⁻⁶														含量/%		pH 值
	Cr	Hg	Cu	Mn	Ni	P	V	Zn	Co	Mo	Cd	Pb	B	As	Se	N	K ₂ O	有机质	
研究区土壤背景值	42.4	37.6	14.1	473	16.6	508	69.4	69.4	10.4	0.5	139	25.5	13.7	2.9	0.177	1 031	2.86	1.98	5.3
江淮流域土壤背景值	72.0	65.0	31.7	589	27.8	606	—	71.9	—	0.74	210	31.1	58.1	10.6	0.29	1 192	2.05	1.17	—
浓集系数 <i>K</i>	0.6	0.6	0.4	0.8	0.6	0.8	—	1.0	—	0.6	0.7	0.8	0.2	0.2	0.6	0.9	1.3	1.7	—

注:K=研究区土壤背景值/江淮流域土壤背景值;“—”为无数据。

地质单元是形成土壤的物质基础和大多植物矿质养分元素的最初来源,不同岩性的元素种类及含量是决定土壤元素含量的重要因素^[37]。在自然界中,不同地质单元的岩性组合及元素含量具有多样性,导致了土壤的部分元素存在较大差异^[38]。

研究区主要地质单元土壤元素含量平均值见表11。大别杂岩大理岩组合的土壤样品中Cr、Cu、Mn、Ni、V、Zn、Co和Cd等含量最高,均为金属成矿元素,可能是大理岩化过程中的富集作用所致,说明大理岩组合具有较好的金属元素富集特征,而K₂O、Mo、Hg、N、有机质含量最低。相反,第四系土壤样品的Hg、Se、N、有机质含量最高,说明第四系具有较高的土壤发育成熟度及较高的人类活动影响程度。侏罗纪和白垩纪的中酸性侵入岩中土壤元素含量显示出相似的特征,P、K₂O、Mo和Pb含量最高,其中P和Mo的含量显著高于其他地质单元,约为大理岩组合的

两倍,可能是中酸性侵入岩中高含量的磷灰石及中高温矿化元素富集所致。

土壤养分主要来源于土壤中的矿物质和有机质,其次是大气降水、坡渗水和地下水。在受人为影响的耕作土壤中,土壤养分还来源于施肥和灌溉。土壤养分含量因土壤类型和地区而异,主要取决于成土母质类型、有机质含量和人为因素的影响。土壤养分是作物摄取养分的重要来源之一,在作物的养分吸收总量中占很高的比例^[39]。研究区土壤养分丰富区与较丰富区主要分布在西北部山区与东南部平原区的河流两侧。西北部山区的地质单元为大别杂岩体及中酸性侵入岩,植被类型为乔木及灌木林地,其土壤养分富集与地质单元及土壤中的有机质含量较高有关。东南部平原区的地质单元为来源于上游山区的第四系河流冲积物,植被类型为水稻及小麦,其土壤养分富集一方面与上游河流冲积物富集养分元素有关,另一方面更多地与人为多年耕种施肥有关。

表 11 研究区主要地质单元土壤元素含量平均值

Tab.11 Average soil element content of main geological units in the study area

岩性	样本数/件	含量/%		含量/ 10^{-6}							
		K ₂ O	有机质	Cr	Cu	Mn	Ni	P	V	Zn	Co
变形变质侵入岩组合	1 231	3.18	1.72	41.0	13.4	531	17.0	471	68.4	78.8	10.4
大别杂岩片麻岩组合	655	1.60	1.60	48.2	17.3	609	20.1	500	84.2	82.1	12.3
大别杂岩大理岩组合	354	1.85	1.58	62.4	23.5	625	27.5	535	91.8	83.7	15.0
侏罗纪中酸性侵入岩	592	3.60	1.68	38.2	14.4	537	18.2	957	82.8	83.1	12.7
白垩纪中酸性侵入岩	1 122	3.79	1.91	29.0	12.1	476	13.3	763	68.3	76.9	9.4
白垩系赤山组	100	1.93	1.63	31.9	8.9	240	10.6	281	53.7	36.1	7.2
古近系	743	2.69	2.04	34.3	9.9	214	10.6	322	51.7	39.5	7.0
第四系	3 319	2.58	2.27	47.2	14.9	463	17.5	515	69.6	64.2	10.6

岩性	样本数/件	含量/ 10^{-6}							
		Mo	Cd	Pb	B	As	Hg	Se	N
变形变质侵入岩组合	1 231	0.49	148	24.6	9.6	2.2	31.2	0.166	850
大别杂岩片麻岩组合	655	0.38	167	21.1	7.4	1.8	28.4	0.163	816
大别杂岩大理岩组合	354	0.36	172	21.4	10.3	2.3	27.6	0.176	813
侏罗纪中酸性侵入岩	592	0.79	128	28.3	10.9	2.1	28.4	0.147	836
白垩纪中酸性侵入岩	1 122	0.76	127	29.6	12.2	2.3	32.1	0.155	934
白垩系赤山组	100	0.42	90	21.2	22.3	4.4	33.8	0.177	933
古近系	743	0.42	103	25.6	26.0	4.4	37.0	0.177	1 022
第四系	3 319	0.45	143	25.9	20.2	3.7	46.9	0.194	1 229

研究区土壤环境元素含量总体较低,仅有一处 Cd 含量超标,经实地调查与走访,结合地质单元综合分析,认为其主要来源于人为污染,与地质单元元素含量无关。

5 结论及建议

5.1 结论

- (1)研究区土壤养分综合等级以中等和较缺乏为主,占评价区总面积的 88.70%,区内土壤整体具有缺 Cu,少 B、Co、V、Mn、Mo 及富 Zn 的特点。
- (2)研究区土壤环境地球化学综合质量总体较好,一等(无风险)土壤面积比例达到 96.89%,二等(风险可控)土壤面积占比为 3.06%,三等(风险较高)土壤面积零星分布,面积占比 0.05%。
- (3)研究区土壤质量综合等级以良好、中等为主,占比分别为 47.41%和 41.36%,优质土壤占比 8.36%,差等土壤占比 2.82%,劣等土壤零星分布,仅占 0.04%。
- (4)研究区土壤元素含量及分布主要受地质单元、土地利用类型等因素影响,土地利用类型由于人为因素的不确定性,影响较为复杂多样。

5.2 建议

- (1)养分元素丰缺区可增施相应的肥料,以改善土壤的肥力状况,提高农作物的产量和品质。

- (2)建议对研究区土壤环境地球化学综合质量三等(风险较高)区开展生态效应及生态安全性调查,对无法安全利用的耕地则禁止种植食用农产品并实施土壤污染治理工程改善土壤环境质量。
- (3)依据本次评价研究结果,建议开展测土配方,合理施肥,改善土壤肥力,并调整优化基本农田规划和国土空间规划。
- (4)建议对研究区土壤硒高含量区进行开发利用,结合本地特色农产品瓜蒌子、茶叶,发展名优特色农产品产业。

致谢:感谢本项目实施过程中参与样品采集及样品分析的所有项目组成员,感谢匿名审稿专家对论文提出的修改意见。

参考文献(References):

[1] 范薇,曾妍妍,周金龙,等. 新疆若羌县土壤质量地球化学评价[J]. 环境化学,2019,38(5):1190-1196.
Fan W,Zeng Y Y,Zhou J L,et al. Geochemical evaluation of soil quality in Ruoqiang County,Xinjiang[J]. Environmental Chemistry,2019,38(5):1190-1196.

[2] 黄勇,杨志芳. 土壤质量评价国外研究进展[J]. 地质通报,2009,28(1):130-136.
Huang Y,Yang Z F. Recent research progress of overseas soil quality evaluation [J]. Geological Bulletin of China, 2009, 28(1):130-136.

- [3] 写熹,李斌,杜玉雕. 安徽省宁国大龙地区土壤地球化学特征及找矿效果[J]. 中国地质调查,2021,8(3):40-48.
Xie X, Li B, Du Y D. Soil geochemical characteristics and the prospecting effect of Dalong area in Ningguo City of Anhui Province[J]. Geological Survey of China,2021,8(3):40-48.
- [4] 牛地,吴倩,朱成林. 基于SBAS-InSAR技术的安徽省砀山县地面沉降监测[J]. 中国地质调查,2022,9(5):15-23.
Niu D, Wu Q, Zhu C L. Analysis of monitoring ground subsidence in Dangshan County of Anhui Province based on SBAS-InSAR technology[J]. Geological Survey of China,2022,9(5):15-23.
- [5] 徐礼和. 潜山市耕地质量现状及建设对策[J]. 现代农业科技,2020(4):171,176.
Xu L H. Status quo of cultivated land quality and construction countermeasures in Qianshan City[J]. Modern Agricultural Science and Technology,2020(4):171,176.
- [6] 林灵,许诚,徐以佳. 潜山市农业面源污染现状及防治措施[J]. 农民致富之友,2019(6):220.
Lin L, Xu C, Xu Y J. Agricultural non-point source pollution status and prevention measures in Qianshan City[J]. Friends of Farmers to get Rich,2019(6):220.
- [7] 廖程. 成都平原某区土壤地球化学特征及质量评价[D]. 成都:成都理工大学,2021.
Liao C. Soil Geochemical Characteristics and Quality Assessment in Chengdu Plain, Sichuan Province[D]. Chengdu:Chengdu University of Technology,2021.
- [8] 董旭,姜明亮,汤明,等. 和县土地质量地球化学调查评价及开发建议[J]. 安徽农学通报,2021,27(3):104-107.
Dong X, Jiang M L, Tang M, et al. Geochemical investigation, evaluation and development suggestion of land quality in Hexian County[J]. Anhui Agricultural Science Bulletin,2021,27(3):104-107.
- [9] 袁雨婷. 贵州省务川县耕地土壤地球化学特征与质量评价[D]. 桂林:桂林理工大学,2021.
Yuan Y T. Geochemical Characteristics and Quality Evaluation of Cultivated Land in Wuchuan County, Guizhou Province[D]. Guilin:Guilin University of Technology,2021.
- [10] 夏琼,高东升,高雅,等. 安徽省石台县富硒土壤资源调查与评价[J]. 安徽地质,2017,27(4):314-316.
Xia Q, Gao D S, Gao Y, et al. Survey and assessment of selenium-rich soil resources in Shitai county, Anhui province[J]. Geology of Anhui,2017,27(4):314-316.
- [11] 张军,安邦. 安徽省潜山市土壤养分地球化学特征及其影响因素[J]. 能源技术与管理,2022,47(4):190-194.
Zhang J, An B. Geochemical characteristics and influencing factors of soil nutrients in Qianshan City, Anhui Province[J]. Energy Technology and Management,2022,47(4):190-194.
- [12] 罗贤冬,王伟,安邦,等. 安徽省潜山县地质背景、土壤类型对土壤有益微量元素含量的综合影响[J]. 华东地质,2021,42(2):210-216.
Luo X D, Wang W, An B, et al. Comprehensive influence of geological background and soil type on the content of soil beneficial trace elements in Qianshan County, Anhui Province[J]. East China Geology,2021,42(2):210-216.
- [13] 陶春军,李明辉,马明海,等. 皖南某典型富硒区土壤-水稻重金属生态风险评估[J]. 华东地质,2023,44(2):160-171.
Tao C J, Li M H, Ma M H, et al. Ecological risk assessment of heavy metals in soil-rice in a typical selenium-rich area of southern Anhui Province[J]. East China Geology,2023,44(2):160-171.
- [14] 安邦,张利达,齐尚星,等. 安徽省潜山市土地质量地球化学调查评价成果报告[R]. 合肥:安徽省勘查技术院,2020.
An B, Zhang L D, Qi S X, et al. Results of Geochemical Survey and Evaluation of Land Quality in Qianshan City, Anhui Province[R]. Hefei:Anhui Exploration Technology Institute,2020.
- [15] 中华人民共和国国土资源部. DZ/T 0279—2016 区域地球化学样品分析方法[S]. 北京:中国标准出版社,2016.
Ministry of Land and People's Republic of China. DZ/T 0279—2016[S]. Beijing:Standards Press of China,2016.
- [16] 中华人民共和国国土资源部. DZ/T 0295—2016 土地质量地球化学评价规范[S]. 北京:中国标准出版社,2016.
Ministry of Land and Resources of the People's Republic of China. DZ/T 0295—2016 Specification of Land Quality Geochemical Assessment[S]. Beijing:Standards Press of China,2016.
- [17] 刘亮,张杰,张杰琼,等. 四川旺苍县化龙乡土地质量及生态农业建设[J]. 矿产勘查,2020,11(12):2601-2609.
Liu L, Zhang J, Zhang J Q, et al. Land quality and ecological agriculture construction in Hualong township of Wangcang County, Sichuan Province[J]. Mineral Exploration,2020,11(12):2601-2609.
- [18] 穆小虎,刘志坚. 宁夏同心县土地质量地球化学评价及空间分布研究[J]. 科技资讯,2018,16(30):115-116.
Mu X H, Liu Z J. Geochemical evaluation and spatial distribution of land quality in Tongxin County, Ningxia[J]. Science & Technology Information,2018,16(30):115-116.
- [19] 王宇,阮业东,刘冬勤,等. 湖北省屈家岭管理区土壤质量地球化学等级划分及应用建议[J]. 资源环境与工程,2021,35(3):340-346.
Wang Y, Ruan Y D, Liu D Q, et al. Geochemistry evaluation grade and application suggestions of soil quality in Qujialing management zone, Hubei Province[J]. Resources Environment & Engineering,2021,35(3):340-346.
- [20] 邓远文,黄仕宗,沈和明,等. 甘洛县坪坝乡松树坪村土壤养分地球化学特征与评价[J]. 科学技术创新,2020,13(14):153-154.
Deng Y W, Huang S Z, Shen H M, et al. Geochemical characteristics and evaluation of soil nutrients in Songping Village, Pingba Township, Ganluo County[J]. Scientific and Technological Innovation,2020,13(14):153-154.
- [21] 何钰,王利斌,钱俊锋,等. 农业“两区”土地质量地球化学综合研究与评价——以金华市孝顺、澧浦镇为例[J]. 科技通报,2021,37(5):13-21.
He Y, Wang L B, Qian J F, et al. Comprehensive investigation and

- evaluation of land quality geochemistry in agricultural “two areas”: A case in Xiaoshun, Lipu Town, Jinhua City[J]. Bulletin of Science and Technology, 2021, 37(5): 13–21.
- [22] 生态环境部, 国家市场监督管理总局. GB 15618—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, State Administration for Market Regulation. GB 15618—2018 Soil Environmental Quality Risk Control Standard for Soil Contamination of Agricultural Land[S]. Beijing: Standards Press of China, 2018.
- [23] 刘庆宇, 马琰, 程莉. 青海门源县土壤质量地球化学评价[J]. 地质与勘探, 2022, 58(3): 609–618.
- Liu Q Y, Ma Y, Cheng L. Geochemical evaluation of soil quality in Menyuan County of Qinghai Province[J]. Geology and Exploration, 2022, 58(3): 609–618.
- [24] 张笑蓉, 陶春军, 周天健. 安徽省旌德白茶产地土壤环境质量及生态风险评价[J]. 西部探矿工程, 2020, 32(5): 95–99, 103.
- Zhang X R, Tao C J, Zhou T J. Soil environmental quality and ecological risk assessment of Jingde white tea producing area in Anhui Province[J]. West – China Exploration Engineering, 2020, 32(5): 95–99, 103.
- [25] 贺灵, 刘占元, 周国华, 等. 土地质量地球化学评价成果与若干问题探讨: 以浙江省金华市汤溪镇为例[J]. 现代地质, 2019, 33(1): 152–160.
- He L, Liu Z Y, Zhou G H, et al. Land quality geochemistry evaluation and discussion on some issues: a case in Tangxi Town, Jinhua City, Zhejiang Province[J]. Geoscience, 2019, 33(1): 152–160.
- [26] 刘冰权, 周梵, 尹国胜, 等. 江西丰城董家—尚庄地区土地质量地球化学评估方法[J]. 地质学刊, 2017, 41(1): 148–153.
- Liu B Q, Zhou F, Yin G S, et al. Geochemical assessment of land quality in Dongjia – Shangzhuang area, Fengcheng City in Jiangxi Province[J]. Journal of Geology, 2017, 41(1): 148–153.
- [27] 任维, 万大学. 贵州省六枝特区耕地土壤养分的地球化学等级评价[J]. 贵州农业科学, 2021, 49(5): 123–130.
- Ren W, Wan D X. Evaluation on geochemistry grade of soil nutrient in cultivated land of Liuzhi special district in Guizhou Province[J]. Guizhou Agricultural Sciences, 2021, 49(5): 123–130.
- [28] 宋福轩, 简洪超, 谢秀芳, 等. 磷对作物生长与产量及品质的影响研究进展[J]. 现代农业科技, 2017(7): 22–23.
- Song F X, Jian H C, Xie X F, et al. Research progress on effects of phosphorus on crop growth, yield and quality[J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2017(7): 22–23.
- [29] 苏永红, 杨爱芸, 柳琳. 提高土壤缓效钾测定数据的技术途径[J]. 农业科技与信息, 2014(1): 53–54.
- Su Y H, Yang A Y, Liu L. Technical approach to improve the determination data of slow available potassium in soil[J]. Agricultural Science – Technology and Information, 2014(1): 53–54.
- [30] 刘子晗. 黑龙江省巴彦县土壤有益有害元素调查及土地质量评价[D]. 长春: 吉林大学, 2013.
- Liu Z H. The Investigation About the Bayan County of Heilongjiang Province Soil Beneficial and Harmful Elements, As Well As the Land Quality of Assessment[D]. Changchun: Jilin University, 2013.
- [31] 高建杰. 贵州省水城县木果镇耕地土壤质量地球化学评价[D]. 成都: 成都理工大学, 2019.
- Gao J J. Geochemical Evaluation of Soil Quality of Cultivated Land in Muguo Town, Shuicheng County, Guizhou Province[D]. Chengdu: Chengdu University of Technology, 2019.
- [32] 秦元礼, 张富贵, 彭敏, 等. 云南省武定县土壤重金属地球化学分布特征及其来源浅析[J]. 地质与勘探, 2020, 56(3): 540–550.
- Qin Y L, Zhang F G, Peng M, et al. Geochemical distribution characteristics and sources of heavy metals in soils of Wuding County, Yunnan Province[J]. Geology and Exploration, 2020, 56(3): 540–550.
- [33] 郭莉. 北京十三陵镇土地质量地球化学评估[D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2015.
- Guo L. Geochemical Evaluation of Land Quality on Town of Ming Tomb of Beijing[D]. Beijing: China University of Geosciences (Beijing), 2015.
- [34] 张哲寰, 刘凯, 赵君, 等. 黑龙江省逊克平原土壤质量及绿色产地适宜性评价[J]. 物探与化探, 2022, 46(5): 1087–1096.
- Zhang Z H, Liu K, Zhao J, et al. Evaluation of the soil quality and the suitability for green food – producing areas in the Xunke Plain, Heilongjiang Province[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2022, 46(5): 1087–1096.
- [35] 袁宏伟, 陈江均, 郭腾达, 等. 巴彦淖尔市临河区狼山镇和新华镇一带富硒土壤地球化学特征及影响因素[J]. 地质与勘探, 2022, 58(5): 1027–1041.
- Yuan H W, Chen J J, Guo T D, et al. Geochemical characteristics and influencing factors of Se – rich soils in Langshan and Xinhua towns, Linhe district, Bayannur City[J]. Geology and Exploration, 2022, 58(5): 1027–1041.
- [36] 王昌宇, 张素荣, 刘继红, 等. 河北省饶阳县富锌、硒特色土地及其生态效应评价[J]. 地质调查与研究, 2019, 42(1): 49–56.
- Wang C Y, Zhang S R, Liu J H, et al. Evaluation of the characteristic land resources with Zn, Se and their ecological effects in Raoyang county of Hebei province[J]. Geological Survey and Research, 2019, 42(1): 49–56.
- [37] 魏振山, 涂其军, 唐蜀虹, 等. 天山北坡乌鲁木齐至沙湾地区富硒土壤地球化学特征及成因探讨[J]. 物探与化探, 2016, 40(5): 893–898.
- Wei Z S, Tu Q J, Tang S H, et al. A discussion on the geochemical features and origin of selenium – rich soil on the northern slope of the Tianshan Mountains from Urumqi to Shawan County[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2016, 40(5): 893–898.
- [38] 郇逸根, 董岩翔, 郑洁, 等. 浙江富硒土壤资源调查与评价[J]. 第四纪研究, 2005, 25(3): 323–330.
- Li Y G, Dong Y X, Zheng J, et al. Selenium; abundant soil survey

and assessment in Zhejiang [J]. Quaternary Sciences, 2005, 25(3) :323 – 330.

[39] 胡宏祥,谷思雨. 土壤学[M]. 北京:科学出版社,2021. Hu H X,Gu S Y. Soil Science[M]. Beijing:Science Press,2021.

Geochemical assessment of soil quality in Qianshan City of Anhui Province

QI Shangxing, AN Bang, TAN Jing, ZHANG Jun

(1. Anhui Provincial Institute of Exploration Technology (Energy Exploration Center, Anhui Provincial Bureau of Geology and Mineral Exploration), Anhui Hefei 230031, China)

Abstract: In order to understand the geochemical distribution of soil quality in Qianshan City in detail, and utilize land resources scientifically and rationally, the authors in this paper adopted geochemical survey data for land quality to conduct geochemical evaluation and survey of soil quality in Qianshan City. The results show that the comprehensive level of soil nutrients of the study area is mainly medium or relatively deficient, accounting for 88.70% of the total area of the study area. The overall level of soil nutrients in the study area is deficient in Cu, low in B, Co, V, Mn, Mo and high in Zn. The soil environmental quality is mainly risk – free, accounting for 96.89% of the study area, and the risk – controlled area accounts for 3.06% of the study area. The high – risk soil distribution area is small, and it is caused by human – made industrial pollution. The comprehensive grade of soil quality in the area is mainly good and medium, accounting for 47.41% and 41.36% of the study area respectively, and the good quality soil is less, accounting for 8.36% of the study area. The selenium content in the soil is moderate and marginal, and the selenium rich soil area is small, accounting for only 4.98% of the study area. The assessment results could provide references for land use planning, basic farmland construction, agricultural planting structure adjustment, distinctive agricultural development and ecological environment protection in Qianshan City.

Keywords: soil nutrients; soil environment; soil quality; geochemical assessment; Qianshan City
(责任编辑: 魏昊明)