

# 河北省任丘市表层土壤元素地球化学评价

陈文静<sup>1)</sup>, 蔡奎<sup>2)</sup>, 栾文楼<sup>2)</sup>, 闫家栋<sup>1)</sup>, 薛东青<sup>1)</sup>, 田浩飞<sup>3)</sup>,  
邹承杰<sup>4)</sup>, 赵亮<sup>4)</sup>, 郭涵<sup>1)</sup>, 宋炜<sup>1)</sup>, 董鑫<sup>1)</sup>

1) 河北省煤田地质局环境地质调查院, 中国石家庄, 050091; 2) 河北地质大学, 中国石家庄, 050031;  
3) 国立群山大学, 韩国群山, 54150; 4) 成都理工大学, 中国成都, 610059



Pre-pub. on line: www.geojournals.cn/georev

**内容提要:**土壤是重要的自然资源之一,与人们的生活息息相关。笔者等基于任丘市1:5万比例尺土地质量地球化学调查成果,依据相关标准和规范,对研究区土壤植物生长必需营养元素、重金属环境质量和土壤健康质量的元素进行了评价,为研究区生态环境保护、土地利用规划、特色农业开发、高标准农田建设等提供了科学依据。评价结果表明:①土壤养分元素磷、钾、三氧化二铁处于丰富或中等状态,有机质、氮、铜、钼等元素处于较缺乏状态,有效态中有效锰、有效铁较缺乏;土壤总体处于碱性,偏碱性,元素有效态含量与其全量做相关分析得出具有一定的相关性,土壤pH从碱性到强碱性,Cu、Mn、Zn、K元素有效态与其全量的相关性减弱,B、P元素有效态与全量的相关性增强;②重金属元素单因子指数法评价,除一个样品Ni元素和两个样品Zn元素超过农用地土壤筛选值外,Cu、Pb、As、Cd、Cr、Hg元素均符合农用地土壤污染风险管控标准;研究区尼梅罗综合污染指数全部小于0.7,说明全部达到了一级水平;研究区8种重金属元素全部符合无公害蔬菜产地的环境质量标准;除个别Cd元素和Pb元素样品不达标外,其他元素水平全部符合土壤《绿色食品产地环境质量标准》;③反映土壤健康质量的元素F和Se元素整体处于缺乏—较缺乏状态,I元素整体处于适中状态。

**关键词:**土壤养分;重金属;环境质量;健康质量;相关分析;地球化学评价

任丘市位于河北省沧州市西北部,与雄安新区、河间市、保定市、廊坊市接壤。在当前和今后一个时期内,任丘工业化、城镇化仍处于快速发展阶段,土壤退化和环境污染问题日益突出,亟需进行土壤质量地球化学调查工作。笔者等从土壤养分、土壤环境、土壤健康质量3个方面对任丘市土壤进行了调查评价。本文研究成果将为保障国家粮食安全、科学利用土地资源、提高土壤质量、统筹土地利用与经济社会发展提供科学依据,提高土壤资源对经济社会全面协调可持续发展的保障能力(张凤荣,2000,2006)。

研究区四季分明,光照充足,温差较大,寒旱同季,雨热同期,属于暖温带大陆性季风气候区。地处太行山东麓山前平原和渤海西岸滨海平原之间的河流冲积平原与湖淀淤积的平原交错地带,境内河流均为大清河水系南支及人工开挖的任文干渠等。成土母质主要为近代河流冲积物、淤积物和湖淀沉积物等,土壤类型主要为潮湿锥形土(龚子同等,

2014;张甘霖等,2017),基本上处于初始成土过程及颗粒黏质化过程,质地一般较粗,多砂粒及粉粒,常夹有岩屑(龚子同等,1999)。土壤地下水位浅,受季风气候影响,地下水位有季节性变化,常见锈纹锈斑或铁锰结核。地形平坦,土层深厚,气候适宜,水热资源均较丰富,是我国最重要的粮、棉、油、果生产基地之一,是重要的土壤资源。

## 1 材料和方法

### 1.1 样品采集与检测

土壤样品采用网格加图斑的原则布设,土壤样品主要布设在耕地,同时在调查区范围内的园地、林地、草地与未利用地适当布设采样点进行控制,以便对工作区域进行整体评价及避免出现较多空白区。样点布设采用地形图作为底图,结合当地土地利用现状图,进行样点布设。按照1:5万《土地质量地球化学评价规范》,土壤样品采样密度为4点/km<sup>2</sup>,共布设样点492个(图1)。每个采样点由四个子样

注:本文为河北省任丘市城市地质调查项目(编号:343-0401-YQN-M7TC)的成果。

收稿日期:2022-04-08;改回日期:2022-08-11;网络首发:2022-09-20;责任编辑:刘志强。Doi: 10.16509/j.georeview.2022.09.081

作者简介:陈文静,女,1993年生,硕士,工程师,主要从事地质学研究;Email:472591929@qq.com。

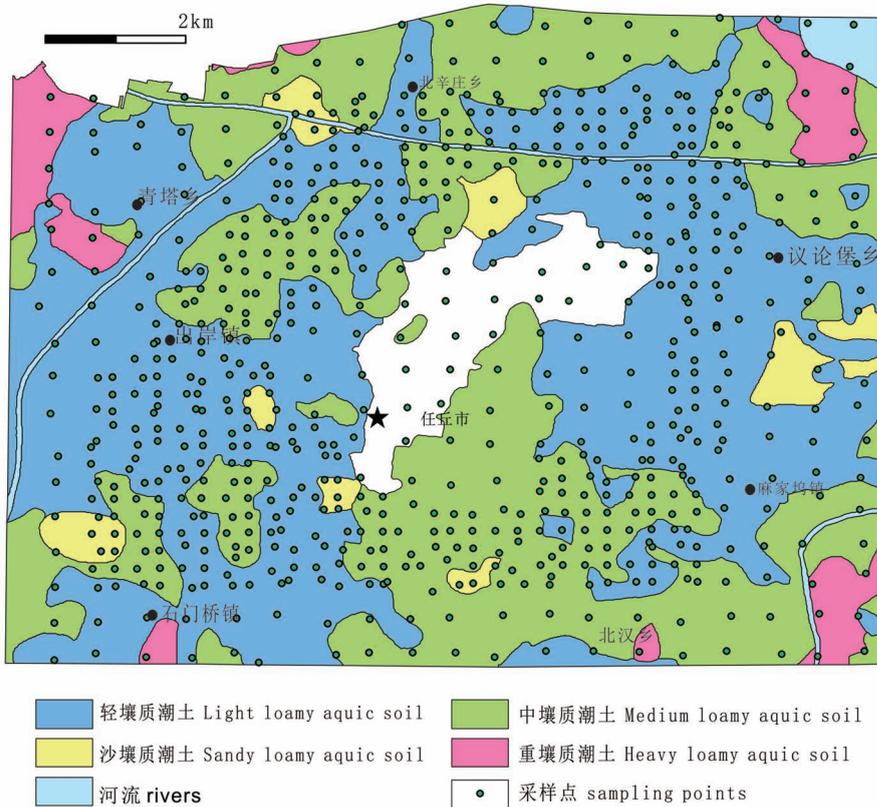


图1 河北任丘土壤采样点分布图<sup>①</sup>

Fig. 1 Distribution map of the soil samples in Renqiu, Hebei<sup>①</sup>

组成,按照样品总量的2%~3%布设重复样品点。样品化验项目:有机质、氮、磷、钾、硼、锰、铜、硒、钼、速效钾、碱解氮、速效磷、pH、砷、镉、铬、汞、铅、镍、锌、钴、钒、钙、铁、有效铁、有效硼、有效锰、有效锌、有效铜、有效钼。

本次研究所测试的样品委托河北省煤田地质局新能源地质队河北能源矿产检测中心,根据样品分析要求和测试方法特点及《土地质量地球化学评价规范》DZ/T 0295的要求进行,检测结果均符合相关要求。

## 1.2 数据处理分析

数据利用 Microsoft Excel、ArcGIS、SPSS 等数据处理软件,进行数据分布检验和参数计算。采用单因子指数法、尼梅罗综合指数法、相关分析法等方法进行数据处理和分析。

## 2 结果与分析

土壤环境质量、土壤健康质量和土壤养分质量3个方面综合等级叠加即为土壤质量地球化学,是指土壤在一定生态系统范围内保护环境质量、促进

动植物及人类健康的能力及维持生物的生产能力(吕晓男等,2004;崔邢涛等,2011)。本次研究依据1:5万《土地质量地球化学评价规范》的要求,评价研究区表层土壤元素的丰缺性,研究区土壤元素相对丰缺共分为丰富、较丰富、中等、较缺乏、缺乏5个等级。

### 2.1 土壤养分元素评价

土壤养分指植物所必需的,主要由土壤来提供的营养元素。土壤养分元素的丰缺性直接影响农作物的生长发育、农产品的质量与产量(陈国光等,2011;郭海全等,2011;马骁等,2020)。因此,了解土壤养分元素的地球化学特征,客观分析土壤的养分水平、养分的空间分布规律,对于提出合理的施肥建议,开发土地特色资源,充分发挥土壤的潜力无疑是十分重要的。根据植物正常生长发育所必需的营养元素,

将土壤养分元素分为植物生长必需大量营养元素和植物生长必需微量元素,并结合各元素有效态含量来进一步评价研究区土壤养分的实际情况,为更好地指导农业生产提供科学依据(崔邢涛等,2011)。

#### 2.1.1 土壤植物必需大量元素

研究发现氮元素中等区占研究区面积的49.17%,较丰富区占研究区面积的7.22%,较缺乏区占研究区面积的30.83%,缺乏区占研究区面积的12.48%,整体处于中等—较缺乏状态(表1);磷元素总体处于较丰富状态,丰富到中等等级面积占比达94.73%,分布面较广;钾元素等级分布以中等为主,占研究区面积达89.32%,而缺乏—较缺乏只占研究区面积的2.56%;有机质丰富区和较丰富区占研究区面积仅0.60%,较缺乏区占研究区面积的74.14%,缺乏区占研究区面积的14.59%,有机质等级分布以较缺乏为主。

#### 2.1.2 土壤植物必需微量元素

从表1中可以看出,该研究区土壤中铁总体处于较丰富状态,缺乏、较缺乏区仅占3.04%;Cu、Mo整体处于缺乏状态;B、Mn、Zn元素处于较缺乏—中

表 1 植物必需大量元素和微量元素含量分级标准及统计值

Table 1 Classification standards and statistical values of essential macro elements and trace elements

元素		一等(丰富)		二等(较丰富)		三等(中等)		四等(较缺乏)		五等(缺乏)	
		分级标准	百分比 (%)	分级标准	百分比 (%)	分级标准	百分比 (%)	分级标准	百分比 (%)	分级标准	百分比 (%)
植物必需大量元素	有机质(mg/g)	>40	0.15	30~40	0.45	20~30	10.68	10~20	74.14	≤10	14.59
	N(mg/g)	>2	0.3	1.5~2	7.22	1~1.5	49.17	0.75~1	30.83	≤0.75	12.48
	P(mg/g)	>1	44.36	0.8~1	29.02	0.6~0.8	21.35	0.4~0.6	5.11	≤0.4	0.15
	K(mg/g)	>25	0.75	20~25	7.37	15~20	89.32	10~15	2.41	≤10	0.15
植物必需微量元素	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	>5.3	8.75	4.6~5.3	77.19	4.15~4.6	11.03	3.4~4.15	3.04	≤3.4	0
	B(μg/g)	>65	4.96	55~65	10.38	45~55	38.95	30~45	44.66	≤30	1.05
	Mo(μg/g)	>0.85	6.77	0.65~0.85	4.96	0.55~0.65	4.06	0.45~0.55	7.97	≤0.45	75.75
	Cu(μg/g)	>29	2.56	24~29	9.77	21~24	19.25	16~21	60.45	≤16	7.82
	Zn(μg/g)	>84	5.71	71~84	17.59	62~71	39.85	50~62	32.63	≤50	3.91
	Mn(μg/g)	>700	0.15	600~700	1.95	500~600	36.09	375~500	57.59	≤375	4.21

表 2 河北任丘土壤元素有效态含量分级标准及统计值

Table 2 Classification standard and statistical value of soil elements available state contents in Renqiu, Hebei Province

元素		一等(丰富)		二等(较丰富)		三等(中等)		四等(较缺乏)		五等(缺乏)	
		分级标准	百分比 (%)	分级标准	百分比 (%)	分级标准	百分比 (%)	分级标准	百分比 (%)	分级标准	百分比 (%)
有效铁(μg/g)	>20	0	10~20	0.33	4.5~10	3.33	2.5~4.5	11.33	≤2.5	85.0	
速效钾(mg/g)	>0.2	23.33	0.15~0.2	22.33	0.1~0.15	33.67	0.05~0.1	19.33	≤0.05	10	
有效硫(μg/g)	>30	80.0	16~30	10.33	≤16	9.67					
有效硼(μg/g)	>2	33.67	1~2	5.67	0.5~1	0.67	0.2~0.5	0.33	≤0.2	59.67	
有效铜(μg/g)	>1.8	3.33	1~1.8	24.33	0.2~1	72.0	0.1~0.2	0.33	≤0.1	0	
有效锌(μg/g)	>3	20.33	1~3	66.0	0.5~1	9.33	0.3~0.5	3.0	≤0.3	1.33	
有效锰(μg/g)	>30	0	15~30	0.33	5~15	26.0	1~5	70.33	≤1	3.33	

等状态。

一般 Mo、B 在北方碱性土壤中含量相对较高,而研究区含量较缺乏,这可能是由于强烈的农业活动导致其在随时间的变化而产生空间变异(中国农业科学院农业自然资源和农业区划研究所,1992;龚子同等,1998)。

### 2.1.3 土壤元素有效态含量评价

土壤微量元素大部分存在于矿物晶格中,不能被植物吸收利用,在生物学意义上是无效的,因此土壤微量元素全量只能看做土壤中微量元素的储量指标,不能反映其生物有效性。研究区元素有效态含量等级见表 2。

由表可知:速效钾缺乏区占研究区面积的 10%,丰富区、较丰富区占研究区面积的 45.66%,中等区占研究区面积的 33.67%,整体以丰富—中等为主;有效铁整体处于缺乏状态;有效硫总体以丰富区为主;有效锰元素处于较缺乏—中等状态;有效锌处于较丰富状态,丰富、较丰富区占研究区面积的

80%以上;有效硼丰富区占研究区面积的 33.67%,缺乏区占研究区面积的 59.67%;有效铜以较丰富—中等状态为主,较丰富区占研究区面积的 24.33%,中等区占研究区面积的 72%。

一般土壤有效锌、锰、铜受 pH 的影响最显著,随土壤 pH 增大其元素有效性明显下降(龚子同等,2014),而土壤有效锌含量较高,这可能是由于强烈的工、农业活动导致其在随时间的变化而产生空间变异。

### 2.1.4 土壤元素有效态与全量相关关系

土壤中微量元素的有效性受许多因子的影响,首先取决于土壤微量元素的全量,还有 pH、氧化还原电位、质地、通透性、水分状况,以及有机质和微生物活动都会影响有效性,而以 pH 的影响最为突出(龚子同等,2014)。因此,本文按 pH 区间对土壤微量元素的有效态含量与全量的关系进行分析讨论(李明道,1992;李新虎,2001;高怀友等,2006;易桂花等,2008)。根据《土地质量地球化学评价规范》,

研究区 pH 基本分为碱性、强碱性两个等级。

结果表明各元素有效态与其全量具有一定的正相关关系(表 3)。在  $7.5 \leq \text{pH} < 8.5$  (碱性) 条件下, Cu、Mn、Zn、P 元素有效态与全量含量在 0.01 水平上呈显著正相关关系; K 元素有效态与全量含量在 0.05 水平上呈显著正相关关系; B 元素有效态与全量含量相关关系则不明显。在  $\text{pH} \geq 8.5$  (强碱性) 条件下, Cu、Zn、P 元素有效态与全量含量在 0.01 水平上呈显著正相关关系; B 元素有效态与全量含量有一定相关关系; Mn、K 元素有效态与全量含量相关关系则不明显。土壤 pH 从碱性到强碱性, Cu、Mn、Zn、K 元素有效态与其全量的相关性减弱; B、P 元素有效态与全量的相关性增强。

铜、锌元素有效态含量与其全量含量虽具有较好的相关关系, 但铜、锌元素全量大部分为较缺乏水平, 而有效态含量则较丰富; 铁元素全量大部分为较丰富水平, 而有效态含量则严重缺乏。以上说明元素有效态虽来源于其全量, 但要从全量中分离或解析出一定数量的有效态, 必须有适当的环境和有利的条件。

任丘市土壤中虽普遍缺乏有效铁及有效锰, 以

表 3 河北任丘土壤元素有效态含量与全量相关系数

Table 3 Available state content and total correlation coefficient of soil elements in Renqiu, Hebei Province

pH	元素					
	Cu	Mn	Zn	B	K	P
7.5~8.5(碱性)	0.691**	0.217**	0.746**	0.155	0.135*	0.448**
$\geq 8.5$ (强碱性)	0.367**	0.256	0.620**	0.461	0.072	0.609**

注: \*\*—在 0.01 水平(双侧)上显著相关。\*—在 0.05 水平(双侧)上显著相关。

表 4 河北任丘表层土壤重金属元素等级含量统计

Table 4 Classification statistics of heavy metal elements in the surface soil in Renqiu, Hebei Province

等级	元素等级比例(%)								
	Ni	Cu	Pb	Zn	As	Cd	Cr	Hg	综合
一级	99.73	100	100	99.47	100	100	100	100	100
二级	0.27			0.53					
三级									
四级									

表 5 无公害蔬菜产地环境质量标准

Table 5 Environmental quality standards for pollution-free vegetable producing areas

项目	pH	Pb(72)	Cd(0.63)	Cr(110)	As(14.3)	Hg(0.3)
限量标准	6.5~7.5	150	0.3	200	30	0.5
( $\mu\text{g/g}$ )	>7.5	150	0.6	250	25	1.0

注: 括号里为工作区该元素的最大值。

及局部有效硼可能过剩和缺乏, 若植物确已发生与上述因素有关的生理疾病, 那么采取适当措施加以补救后, 必将促进植物的正常生长, 对农作物而言, 必将提高其产量和品质。

## 2.2 土壤重金属元素评价

对作物起作用的只限于重金属元素的活性(有效量)部分。全量不能很好地反映植物的受害效应。但全量反映了重金属在土壤中的现有容量, 目前仍以全量作为土壤重金属污染评价标准(倪莘然等, 2020)。以《土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准》GB/T15618-2018 中的重金属含量风险筛选值为评价标准, 采用单指标评价指数法和尼梅罗综合污染指数法对土壤环境质量进行综合评价及等级划分(崔邢涛等, 2011; 邢怀学等, 2015), 结果见表 4。

由表可知, 根据土壤中单元素环境质量标准, 研究区土壤中只有 0.27% 的 Ni 元素和 0.53% 的 Zn 元素为二级土壤, 其余 Cu、Pb、As、Cd、Cr 和 Hg 元素等级均为一, Ni、Cu、Pb、Zn、As、Cd、Cr 和 Hg 8 种重金属元素均无超三级土壤。运用尼梅罗综合污染指数法评价, 研究区综合污染指数全部小于 0.7, 全部达到了一级土壤水平。土壤质量基本上保持自然背景水平。

有些微量元素如 Mn、Cu、Zn、Co、Ni、Pb 与有机质有较高的亲和力, 可形成稳定的配合物, 从而进入富含有机质的土壤中的有害元素会变得难以被植物吸收, 使毒害减轻(龚子同等, 2014)。研究区土壤 Ni、Zn 元素个别超标, 因此可适当增加土壤有机质含量, 减小重金属元素的活性。

依据《绿色食品产地环境质量标准》(NY/T391-2013) 和《国家农产品安全质量标准无公害蔬菜产地环境要求》(GB184071-2001) 对研究区的土壤重金属进行单指标评价, 结果: 研究区土壤全部符合无公害蔬菜产地的环境质量标准; 除 Cd 元素的 6 个样品(超标率 0.9%) 和 Pb 元素的 1 个样品(超标率 0.15%) 不达标外, 其他元素水平全部符合土壤《绿色食品产地环境质量标准》。研究区适合大力发展无公害或绿色蔬菜基地(见表 5、表 6)。

表6 绿色食品产地环境质量标准

Table 6 Environmental quality standard of green food producing area

项目	pH	Pb(72)	Cd(0.63)	Cr(110)	As(14.3)	Hg(0.3)
限量标准	6.5~7.5	50	0.3	120	20	0.3
( $\mu\text{g/g}$ )	>7.5	50	0.4	120	20	0.35

注:括号里为工作区该元素的最大值。

表7 河北任丘表层土壤健康元素含量分级表

Table 7 Classification table of surface soil healthy elements in Renqiu, Hebei Province

分级	Se 元素		F 元素		I 元素	
	Se 含量 ( $\mu\text{g/g}$ )	百分比 (%)	F 含量 ( $\mu\text{g/g}$ )	百分比 (%)	I 含量 ( $\mu\text{g/g}$ )	百分比 (%)
一级(过剩)	>3	0	>700	0	>100	0
二级(丰富)	0.4~3	0.44	550~700	2.38	5~100	0.26
三级(适中)	0.175~0.4	22.34	500~550	0	1.50~5	84.43
四级(稍缺乏)	0.125~0.175	19.82	400~500	64.28		
五级(缺乏)	<0.125	57.40	<400	33.33		

### 2.3 土壤健康元素评价

对表层土壤中硒、碘、氟元素依据《土地质量地球化学评价规范》划分的等级标准进行了等级划分。

土壤中的硒与人体健康和动植物生长关系密切,是一种有益微量元素。土壤中硒含量异常,可通过食物链引起人、畜的硒反映病。土壤硒含量适中,可以保证人体适当的硒营养,提高机体的抑癌、抗癌能力(刘军平,2020)。沧州市是地氟病最严重地区,高氟可导致氟斑牙、氟骨症等地方病(宋泽峰等,2016)。碘是合成甲状腺激素的重要成分,是人体必需的微量元素之一,碘过高或过低均能引起人类或动物的各种疾病(宋泽峰等,2014)。

由表7可知:研究区处于硒缺乏水平分布比例达到77.22%,处于中等(足硒)水平的占22.34%。硒含量达到0.4  $\mu\text{g/g}$  以上的富硒区域仅占0.44%。任丘市土壤表层氟含量主要集中在稍缺乏和缺乏两个级别,样品占比达到97.6%左右。处于氟安全状态。研究区表层土壤84.43%的样品集中在适量等级,其次是13.95%的样品集中在边缘等级。

## 3 结论

(1)任丘表层土壤植物生长必需养分总体上处于中等、较丰富状态,只有有机质、N、Mo、B、Mn 较缺乏。因此,应适当施用氮肥,同时重视使用有机肥,氮素主要存在于有机质中,长期施用有机肥能明显提高土壤氮的有效性,缓解并改善这些地区的表

层土壤磷缺乏状况,提高大宗谷类粮食作物的产量,改善农产品品质,提高研究区耕地土壤质量水平。

(2)植物生长必须微量元素全量与其有效态含量不尽相同,Cu、B、Zn 元素处于较缺乏状态,其有效态含量较丰富;Fe 元素整体较丰富,而其有效态为缺乏;Mn 元素含量与其有效态含量均较缺乏。分析土壤元素全量含量与有效态之间相关关系结果表明各元素有效态与其全量具有一定的正相关关系。土壤 pH 从碱性到强碱性,Cu、Mn、Zn、K 元素有效态与其全量的相关性减弱;B、P 元素有效态与全量的相关性增强。

(3)研究区整体 pH 水平较高,呈碱性或强碱性分布。各项参数显示研究区表层土壤 8 种重金属元素 Ni、Cu、Pb、

Zn、As、Cd、Cr 和 Hg 均无超三级土壤,除个别 Ni 和 Zn 元素为二级土壤,其余元素等级均为一级;研究区综合污染指数全部小于 0.7,全部达到了一级土壤水平;几乎全部符合无公害蔬菜产地的环境质量标准、绿色食品产地环境质量标准,要充分利用优质土壤资源,提高土地利用价值。

(4)表层土壤健康元素碘处于适中状态,硒和氟元素总体上处于缺乏状态,处于氟安全状态,富硒区域仅占 0.44%。

### 注释 / Note

① 河北省煤田地质局环境地质调查院. 2020. 任丘市资源环境承载能力和国土空间开发适宜性评价报告。

### 参考文献 / References

- (The literature whose publishing year followed by a "&" is in Chinese with English abstract; The literature whose publishing year followed by a "※" is in Chinese without English abstract)
- 陈国光, 梁晓红, 周国华, 张明, 林才浩. 2011. 土壤污染等级划分方法及其应用. 中国地质, 38(6): 1631~1639.
- 崔邢涛, 栾文楼, 李军, 李随民, 宋泽峰. 2011. 河北平原土壤元素评价. 现代地质, 25(3): 569~574.
- 高怀友, 师荣光, 赵玉杰. 2006. 不同土壤中 Zn 有效态含量与全量关系的统计研究. 环境科学学报, 26(8): 1400~1403.
- 龚子同, 黄标, 欧阳洮. 1998. 我国土壤地球化学及其在农业生产中的意义. 地理科学, 18(1): 1~9.
- 龚子同等. 1999. 中国土壤系统分类——理论·方法·实践. 北京: 科学出版社.
- 龚子同等. 2014. 中国土壤地理. 北京: 科学出版社.
- 郭海全, 杨志宏, 李宏亮, 马文静, 任久峰. 2011. 河北平原表层土壤重金属环境质量及污染评价. 中国地质, 38(1): 218~225.
- 李明道. 1992. 都市土壤微量元素全量及有效态研究. 贵州地质,

- 9(3): 234~240.
- 李新虎, 赵文杰. 2001. 银川平原土壤中几种元素有效态与全量相关关系的研究. 宁夏农林科技, 4: 26~28, 23.
- 刘军平, 李静, 段向东, 曹晓民, 胡绍斌, 李开毕, 王路, 关学卿, 曾文涛, 刘发刚, 张虎, 俞赛赢. 2020. 滇中易门地区富硒土壤物质来源及其天然富硒野生菌初步研究. 地质论评, 66(3): 786~794.
- 吕晓男, 孟赐福, 麻万诸, 陈晓佳. 2004. 土壤质量及其演变. 浙江农业学报, 16(2): 105~109.
- 马骥, 陈智贤, 林联桂, 王彪, 敦妍冉. 2020. 福建浦城县耕地土壤元素地球化学评价. 中国地质调查, 7(2): 89~94.
- 倪莘然, 杨瑞东, 陈蓉, 张建, 刘春林. 2020. 贵州丹寨—三都汞矿区土壤重金属和玉米 Se、Mo、Zn 含量及健康风险评价. 地质论评, 66(4): 1031~1041.
- 宋泽峰, 蔡奎, 冯星, 栾文楼, 陈凌云, 王志丹. 2014. 冀中南平原土壤地球化学特征研究. 中国地质, 41(6): 2144~2151.
- 宋泽峰, 段亚敏, 蔡奎, 崔彤涛, 栾文楼. 2016. 沧州地区氟元素在不同介质中的分布. 中国环境监测, 32(6): 70~75.
- 邢怀学, 林建平, 葛伟亚, 李亮, 田福金, 常晓军, 李云峰. 2015. 海西福建沿海地区土壤环境质量评价及防治对策. 地质论评, 61(S1): 118~120.
- 易桂花, 彭培好. 2008. 三峡库区重庆段几种土壤元素全量与其有效态含量的相关关系分析. 广东微量元素科学, 15(1): 24~29.
- 张凤荣. 2000. 中国土情. 北京: 开明出版社.
- 张凤荣. 2006. 土地保护学. 北京: 科学出版社.
- 张甘霖, 龙怀玉, 雷秋良. 2017. 中国土系志——河北卷. 北京: 科学出版社.
- 中国农业科学院农业自然资源和农业区划研究所. 1992. 中国耕地资源及其开发利用. 北京: 测绘出版社.
- Chen Guoguang, Liang Xiaohong, Zhou Guohua, Zhang Ming, Lin Caihao. 2011&. Soil pollution grade classification method and its application. *Geology of China*, 38(6): 1631~1639.
- Cui Xingtao, Luan Wenlou, Li Jun, Li Suimin, Song Zefeng. 2011&. Evaluation of soil elements in Hebei Plain. *Modern geology*, 25(3): 569~574.
- Gao Huaiyou, Shi Rongguang, Zhao Yujie. 2006&. Statistical study on the relationship between available Zn content and total amount in different soils. *Journal of Environmental Science*, 26(8): 1400~1403.
- Gong Zitong, Huang Biao, Ouyang Tao. 1998&. Soil geochemistry and its significance in agricultural production in China. *Geographical Science*, 18(1): 1~9.
- Gong Zitong, et al. 1999#. *Chinese Soil Taxonomy—Theory · Method · Practice*. Beijing: Science Press.
- Gong Zitong, et al. 2014#. *Soil Geography of China*. Beijing: Science Press.
- Guo Haiquan, Yang zhihong, Li Hongliang, Ma Wenjing, Ren Jiufeng. 2011&. Environmental quality and pollution assessment of heavy metals in topsoil of Hebei Plain. *Geology of China*, 38(1): 218~225.
- Li Mingdao. 1992&. Study on the total amount and available state of soil trace elements in Duyun City. *Guizhou Geology*, 9(3): 234~240.
- Li Xinhui, Zhao Wenjie. 2001#. Study on the correlation between effective state and total amount of several elements in soil of Yinchuan Plain. *Ningxia Agriculture and Forestry Science and Technology*, 4: 26~28, 23.
- Liu Junping, Li Jing, Duan Xiangdong, Cao Xiaomin, Hu Shaobin, Li Kaibi, Wang Lu, Guan Xueqing, Zeng Wentao, Liu Fagang, Zhang Hu, Yu Saiying. 2020&. Material sources of selenium-rich soil and its natural selenium-rich wild bacteria in Yimen area, central Yunnan. *Geological Review*, 66(3): 786~794.
- Lü Xiaonan, Meng Cifu, Ma Wanzhu, Chen Xiaojia. 2004&. Soil quality and its evolution. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 16(2): 105~109.
- Ma Xiao, ChenZhixian, Lin Liangui, Wang Biao, Dun Yanran. 2020&. Element geochemical evaluation of cultivated soil in Pucheng County, Fujian Province. *China Geological Survey*, 7(2): 89~94.
- Ni Qianran, Yang Ruidong, Chen Rong, Zhang Jian, Liu Chunlin. 2020&. Health risk assessment of heavy metal and Se, Mo, Zn in the soil and maize in the Danzhai—Sandu mercury mining area, Guizhou. *Geological Review*, 66(4): 1031~1041.
- Song Zefeng, Cai Kui, Feng Xing, Luan Wenlou, Chen Lingyun, Wang Zhidan. 2014&. Study on geochemical characteristics of soil iodine in south Plain of Central Hebei Province. *Geology of China*, 41(6): 2144~2151.
- Song Zefeng, Duan Yamin, Cai Kui, Cui Xingtao, Luan Wenlou. 2016&. Distribution of fluorine in different media in Cangzhou area. *China Environmental Monitoring*, 32(6): 70~75.
- Xing Huaixue, Lin Jianping, Ge Weiya, Li Liang, Tian Jinfu, Chang Xiaojun, Li Yunfeng. 2015#. Evaluation of soil environmental quality and control measures in coastal areas of Fujian Province. *Geological Review*, 61(S1): 118~120.
- Yi Guihua, Peng Peihao. 2008&. Correlation analysis between total contents of several soil elements and their available state contents in Chongqing section of Three Gorges Reservoir area. *Guangdong Trace Elements Science*, 15(1): 24~29.
- Zhang Fengrong. 2000#. *The Situation of China*. Beijing: Kaiming Press.
- Zhang Fengrong. 2006#. *Land Conservation*. Beijing: Science Press.
- Zhang Ganlin, Long Huaiyu, Lei Qiuliang. 2017#. *Soil Series of China—Hebei Volume*. Beijing: Science Press.
- Institute of Agricultural Natural Resources and Regional Planning, CAAS. 1992#. *Cultivated Land Resources in China and Its Development and Utilization*. Beijing: Surveying and Mapping Press.

**Acknowledgements:** This study is attributed to the urban geological survey project of Renqiu City, Hebei Province (No. 343-0401-YQN-M7TC)

**First author:** CHEN Wenjing, female, born in 1993, master degree, engineer, specializing in geological research; Email: 472591929@qq.com

## Geochemical evaluation of surface soil elements in Renqiu City, Hebei Province

CHEN Wenjing<sup>1)</sup>, CAI Kui<sup>2)</sup>, LUAN Wenlou<sup>2)</sup>, YAN Jiadong<sup>1)</sup>, XUE Dongqing<sup>1)</sup>, TIAN Haofei<sup>3)</sup>,  
ZOU Chengjie<sup>4)</sup>, ZHAO Liang<sup>4)</sup>, GUO Han<sup>1)</sup>, SONG Wei<sup>1)</sup>, DONG Xin<sup>1)</sup>

1) *Institute of Environmental Geology, Hebei Coal Geology Bureau, Shijiazhuang, 050091, China;*

2) *Hebei Geology University, Shijiazhuang, 050031, China;* 3) *Kunsan National University, Gunsan, 54150, Korea;*

4) *Chengdu University of Technology, Chengdu, 610059, China*

**Objectives:** As one of the crucial natural resources, soil is tightly associated with people's daily life. Based on the 1 : 50000 scale of geochemical survey results in Renqiu City, Hebei Province, the writers evaluated the soil quality of the study area, aiming to provide scientific basis for the ecological environment protection, land use planning, characteristic agriculture development, high-standard farmland construction and else over here.

**Methods:** According to the relevant standards and specifications, this paper assesses the nutrient elements essential for soil plant growth, the environmental quality of heavy metals and the factors of soil health quality in the study area. By means of Microsoft Excel, ArcGIS, SPSS and other data-processing softwares, we conduct the data distribution test, parameter calculation and map plotting. Moreover, single factor index method, Nemerow integrated pollution index method, correlation analysis method and else are adopted for further data processing and analysis.

**Results:** (1) Soil nutrient elements like phosphorus, potassium and ferric oxide were found all in a rich or medium state, while organic matter, nitrogen, copper, molybdenum and other elements were in a relatively deficient state, whereas available manganese and available iron in the available state were relatively insufficient.

(2) The soil was identified as being generally and slightly alkaline, with the analysis between the effective state content of elements and their total amount showing a certain correlation. The soil's pH-value changed from alkaline to strongly alkaline, the correlations between the effective states of Cu, Mn, Zn, K elements and their total amounts all decreased, while those between the effective states of B, P elements and their total amounts both increased.

(3) According to the evaluation of heavy metal elements by single factor index method, except for one sample of Ni and two samples of Zn exceeding the screening value of agricultural land soil, the elements of Cu, Pb, As, Cd, Cr, Hg all met the control standards of agricultural soil pollution risks. The Nemerow integrated pollution index in the study area was assessed to be all under 0.7, indicating that all of them have reached the first-class level. The contents of eight heavy metal elements in the study area all satisfied the environmental quality standards of pollution-free vegetables' origins, Except for some Cd and Pb samples that failed to meet the standard, the contents of other elements wholly achieved the "Environmental Quality Standard of the Sources of the Green Food".

(4) As the indicators of soils' health quality, the elements of F and Se were found generally in the state of lack to relatively lack, while the element I was in a moderate state as a whole.

**Conclusions:** The geochemical evaluation criteria of soil quality, single factor index method, Nemerow integrated pollution index method and correlation analysis method have all been effectively applied to the geochemical assessment of soil elements in Renqiu City, Hebei Province, which provided a scientific basis for its land use planning, characteristic agriculture development and high-standard farmland construction.

**Keywords:** soil fertility; heavy metals; environment quality; health quality; correlation analysis; geochemical evaluation

**Manuscript** received on: 2022-04-08; Accepted on: 2022-08-11; Network published on: 2022-09-20

**Doi:** 10. 16509/j. georeview. 2022. 09. 081

**Edited by:** LIU Zhiqiang

