

安徽琴溪地区土壤硒元素有效性及开发研究*

陶春军, 贾十军, 梁红霞, 邢润华, 陈永宁, 陈富荣

(安徽省地质调查院, 合肥 230001)

摘要:富硒土壤资源日益引起重视,但如何界定富硒土壤没有统一标准。本文选取安徽琴溪地区作为研究对象,利用安徽省富硒土壤分级标准,系统研究琴溪地区农业可耕地土壤及其植物中硒含量,这为琴溪地区富硒产品开发的定位提供了一定的理论依据,并对当地富硒产品的开发提出可行性建议。

关键词:富硒土壤;有效性;开发;琴溪地区;安徽

中图分类号:P642.13

文献标识码:A

在适度范围内,硒元素是人体必须的微量营养元素,对机体的免疫功能和防御机能具有重要影响,可提高动物体免疫功能和刺激蛋白及抗体的产生,增强免疫力。近年来富硒农产品受到追捧,提高了富硒农产品的附加值^[1-6]。如何根据土壤硒元素含量界定富硒土壤,目前我国没有统一标准,本文基于安徽省地方性富硒土壤分级标准对琴溪地区硒元素迁移转化规律及开发研究进行探讨,以期对地方经济及富硒产业发展提供理论依据。

1 研究区概况

研究区位于泾县北东,行政区划涉及晏公堂、琴溪桥、蔡村、孤峰、赤滩、昌桥等乡镇。地理坐标:东经 118°19'25" - 118°35'16";北纬 30°34'08" - 30°46'25"(图 1)。琴溪调查区位于皖南低山区,地形起伏剧烈。调查区地处暖温带和亚热带过渡地带,水热条件优越,雨量充沛,四季分明。农作物为一年两熟,年降水量多在 1200~1400 mm 之间,平原区适宜农业作物种植,丘陵区适宜茶、竹以及其他经济林木生长。依据土地利用现状分类 GB/T 21010-2007,调查区内土地利用现状比较单一,主要以林地为主,其次为耕地。区内交通条件较好,为富硒土壤资源开发利用提供了有利条件。研究区地质背景以志留纪—二叠纪地层为主,局部为第四纪河流冲、洪积形成的亚粘土、亚砂土。成土母质以碳酸

盐类风化物母质为主,其次为碎屑岩类风化物母质。土壤类型主要以红壤、水稻土为主。

2 材料与方法

2.1 样品采集与分析

在工作区范围内布置面积性土壤测量工作,采样点密度为 10 点/km²,采样网度 500×200 m,采样深度为 0~20 cm,定点位置周围多点采集 3~5 个子样组合为一个土壤样品,样品重量大于 500 g,共采样 2364 件。

在土壤地球化学调查的基础上,根据富硒土壤分布范围及农作物种类分别采集植物样品及其根系土壤。在优先考虑植物样品代表性的基础上,采用对角线法或五点梅花法选取 4~5 个样点,四周距地边 1 m 以上,每个样点取 50 cm×(播幅+株距)cm 样方一个,采集其可食部分,然后组合成一个样品。共采样植物样品 26 件,包括水稻 4 件、蔬菜 14 件、茶叶 5 件和玉米 3 件,其配套根系土壤 26 件。

面积性土壤样分析指标为:硒、镉、铅、砷、铜、锌、钼、氮、磷、钾、硼、有机质和 pH 值。根系土分析指标为:硒、镉、铅、砷、铜、锌和钼全量,硒元素有效量及 pH 值。植物样分析指标为:硒、镉、铅、砷、铜、锌和钼全量。

本次样品分析工作由国土资源部合肥矿产资源监督检测中心承担,采用国家标准物质(GBW 系

* 收稿日期:2013-06-03 改回日期:2013-07-11 责任编辑:汪建宁

基金项目:全国土壤现状调查及污染防治专项(基 GZTR01-02)、安徽省地勘专项基金(编号:2008-10)和“安徽省生态农业地质调查评价方法技术研究与应用”创新团队资助。

第一作者简介:陶春军,1982 年生,男,工程师,主要从事地球化学应用及研究工作。Email:tcj9903@sina.com。

列)进行监控,分析方法分别为:X 射线荧光光谱法(XRF)测定磷、铅、锌、氮、铜、钾;等离子体发射光谱法(ICP-OES)石墨炉原子吸收法(GFAAS)测定镉;原子荧光法(AFS)测定砷和硒。催化极谱法(POL)测定钼;离子选择性电极法(ISE)测定 pH;氧化还原容量法(VOL)测定有机碳。按照《生态地球化学评价样品分析技术要求(试行)》及相关技术标准规范监控分

析质量,所有分析测试数据真实、可靠。各元素的分析方法检出限要求及方法实际检出限见表 1。

按照七步提取法:水提取水溶态、氯化镁提取离子交换态、醋酸—醋酸钠提取碳酸盐结合态、焦磷酸钠提取弱有机结合态(腐植酸态)、以盐酸羟胺提取铁锰结合态、以氧化氢提取强有机结合态、以氢氟酸提取残渣态。形态分析检出限要求见表 2。

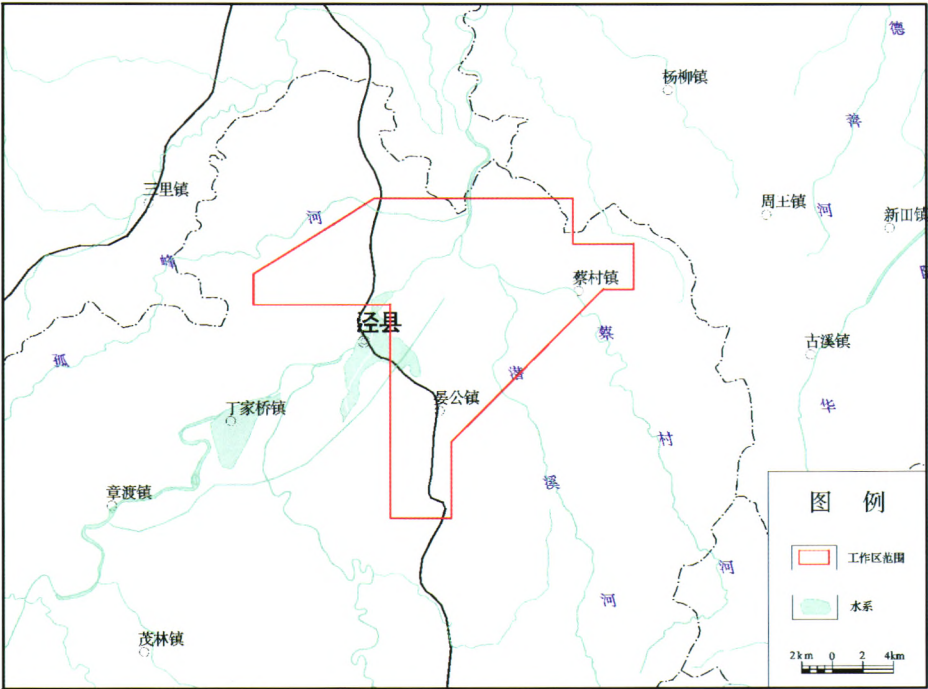


图 1 工作区地理位置图[据安徽省地理底图]
Fig.1 Location of the studied area

表 1 各项指标分析方法检出限要求及本文所采用方法实际检出限 (单位:10⁻⁶)

Table 1 Detection limit requirements of indicator analysis methods and actual detection limit of methods used in this paper							
元素	要求	本法	测定范围	元素	要求	本法	测定范围
As	1	0.5	0.5~500	Pb	2	2	2~2015
Cd	0.03	0.03	0.03~2	N	20	20	50~3200
Cu	1	1	1~1230	P	10	10	10~4130
Se	0.01	0.01	0.02~100	K ₂ O(10 ⁻²)	0.05	0.05	0.05~12.6
Zn	4	2	2~2972	Corg(10 ⁻²)	0.1	0.1	0.1~10
Mo	0.3	0.3	0.3~50	pH	0.1	0.1	0.1~14

表 2 形态分析方法检出限要求

Table 2 Detection limit requirements of morphological analysis method

元素	测定范围 ug/g	检出限(10 ⁻⁶)						
		水溶态	离子 交换态	碳酸盐态	弱有机 结合态	铁锰 结合态	强有机 结合态	残渣态
Cu	0.05~1000	0.05	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	1
Pb	0.1~200	0.1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	2
Zn	0.1~200	0.1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	2
Ni	0.05~200	0.05	0.3	0.3	0.5	0.3	0.5	2
Cd	0.005~200	0.005	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03
As	0.05~100	0.05	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	1
Se	0.005~20	0.005	0.010	0.005	0.005	0.010	0.005	0.01

2.2 富硒土壤分级标准

由安徽省已完成多目标区域地球化学调查区土壤硒元素地球化学统计及富硒稻谷生态效应验证,参照谭见安等不同硒景观区划分标准^[7-8],本次工作富硒土壤采用表 3 标准^[9]。

表 3 富硒土壤分级标准

Table 3 Classification standard of selenium-rich soil			
表层土壤总硒含量	丰缺定义	地球化学定义	生态效应
$\leq 0.14 \times 10^{-6}$	极缺乏	低值区	潜在硒不足
$0.14 \sim 0.20 \times 10^{-6}$	缺乏	低背景区	
$0.20 \sim 0.29 \times 10^{-6}$	中等	背景区	
$0.29 \sim 0.35 \times 10^{-6}$	丰富	高背景区	足硒
$0.35 \sim 3.0 \times 10^{-6}$	极丰富	异常区	富硒 硒过量
$\geq 3.0 \times 10^{-6}$			

据标准释义,土壤硒元素含量分级不但要考虑评价区域硒元素含量地球化学分布特征,还应该考虑硒元素缺乏或过量对人体健康的影响程度,而富硒土壤的界定应具有明显的生物有效性。地球化学低值区和低背景区土壤硒元素极缺乏和缺乏,其生态效应表现为人体摄入潜在硒不足。地球化学背景区和高背景区土壤硒元素含量中等(适度)和丰富,

能够满足生物需求。地球化学异常区土硒元素含量极丰富,其含量为 $(0.35 \sim 3.0) \times 10^{-6}$,可以生产天然富硒稻谷,此类土壤定义为富硒土壤。硒元素含量 $\geq 3.0 \times 10^{-6}$ 的土壤,其中硒通过植物等途径传导,可能对生物产生危害,生态效应表现为硒元素过量或硒元素中毒。

3 结果与讨论

3.1 研究区富硒土壤分布特征

琴溪地区主要以富硒土壤为主,占到研究区总面积的 73.56%,适中面积占到总面积的 25.61%(图 2)。区内富硒土壤区硒元素含量较高,绘制地球化学图时,在富硒土壤区内插了一个 0.6×10^{-6} 含量分级。富硒土壤主要沿丘陵区分布,在第四系河流冲积物母质形成的土壤硒含量较低,富硒土壤从白垩纪到志留纪均有分布。

3.2 富硒土壤硒元素有效性评价

本次工作采集的生物样品及根系土壤相关分析见表 4。由表 4 可以看出,硒元素有效量与全量硒相关性最好,说明随着土壤全量硒含量增加,有效硒含量也增加,同时土壤全量硒与镉、铬、汞、氮、钼、有

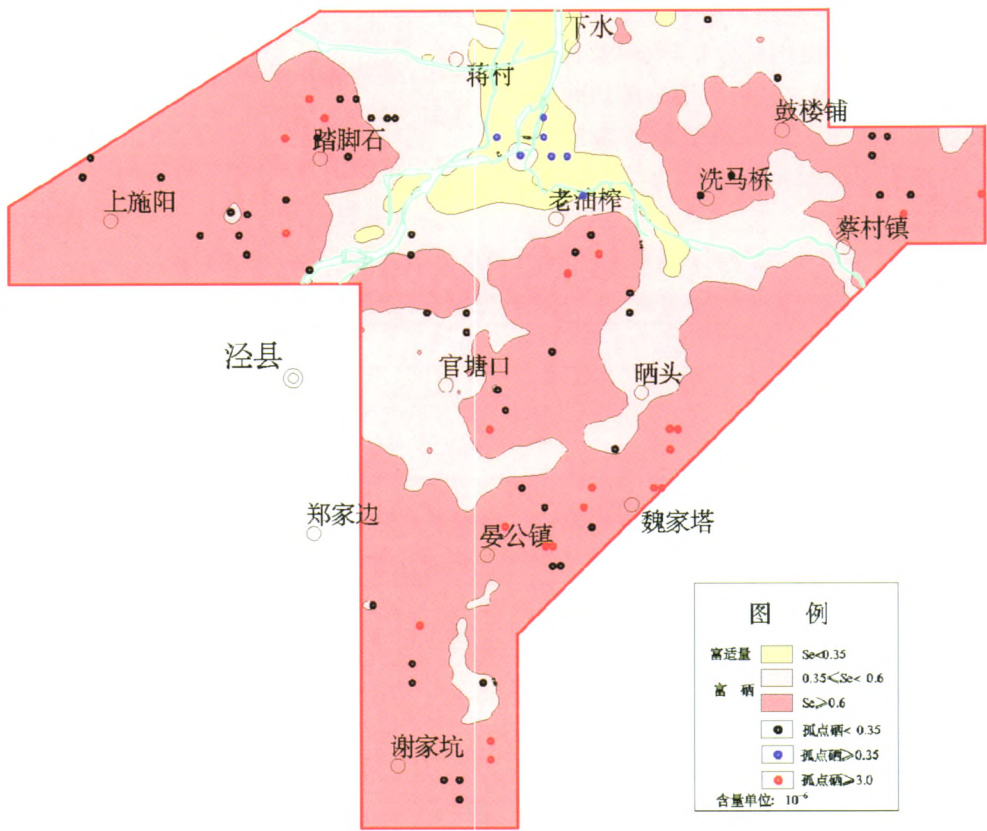


图 2 琴溪地区富硒土壤分布图
Fig. 2 Distribution of selenium-rich soil in Qinxian area

表 4 土壤全量硒、有效硒与其他元素相关系数表

Table 4 Correlation coefficients of the total selenium and available selenium with other effective elements in soil

元素	有效硒	pH	有机质	Cr	Cd	As	Hg	Pb	Cu
土壤全量硒	0.72	0.14	0.34	0.35	0.62	-0.41	0.33	-0.16	0.19
土壤有效硒	1	-0.02	0.05	0.19	0.48	-0.37	0.16	-0.02	-0.05
元素	Zn	N	B	F	Mn	Mo	P	CaO	—
土壤全量硒	-0.05	0.30	-0.15	-0.08	-0.41	0.51	-0.31	0.003	—
土壤有效硒	-0.15	0.04	-0.29	-0.19	-0.39	0.49	-0.14	-0.09	—

机质亦表现出较好的相关性,说明土壤全量硒与重金属相伴生,是富硒土壤开发的不利因素。依据土壤环境质量标准(GB15618-1995),综合评价显示区内土壤环境质量总体以一、二级土壤为主,影响土壤环境质量元素主要为 Cd、As,其中 Cd 和 As 三级及超三级土壤面积分别占到全区面积的 24.9% 和 6.15%,且二者较差土壤分布空间上具有一致性,多与泥盆纪—石炭纪、二叠纪地层对应,该类地层为硒元素高背景区,二叠纪、石炭纪地层岩石风化是丘陵山地土壤硒元素重要的来源。

土壤有效硒与其他指标相关性要差于全量硒,但其含量变化趋势与全量硒与其他元素相关性较为一致,与土壤砷、铅、锰、磷呈负相关趋势。土壤中氮元素、有机质丰富土壤主要沿山区分布,适中及稍缺土壤沿河流冲积物平原分布。区内土壤中的磷元素含量主要以稍缺-缺乏为主。土壤有机质富集使硒元素易吸附固定,富有机质是形成富硒土壤的有利因素^[9]。

3.3 硒元素生物有效性评价

根据国家富硒稻谷标准^[10],区内采集的 4 件精米样品及对应的根系土硒含量均达到了富硒稻米和富硒土壤标准,在富硒土壤区内取得的 4 件精米中硒含量分别为 0.08×10^{-6} 、 0.10×10^{-6} 、 0.13×10^{-6} 和 0.24×10^{-6} ,反映出研究区土壤内具有生产富硒稻米的潜力。

采集生物样品主要有稻米、玉米、蔬菜、茶叶等,其中蔬菜包括韭菜、辣椒、丝瓜等。全区生物样品及不同品种生物样品硒元素含量相关分析(表 5)显示,生物硒元素与土壤全量硒相关性最好,与土壤有效硒有一定的正相关关系,相关系数为 0.24。

从全区生物硒含量与酸碱度之间的相关性可以看出,生物硒元素含量在酸性条件下的相关性要明显高于碱性土壤。

3.4 生物硒元素与其他元素相关性

由生物硒元素与其他元素相关性(表 6)可以看

表 5 生物样品硒元素含量与土壤全量、有效量硒及 pH 相关系数

Table 5 Correlation coefficients of selenium contents in biological samples with the total selenium, available selenium and pH in soil

全区生物与			全区生物与		水稻与		蔬菜与	
土壤全量硒	土壤有效硒	全区土壤 pH	土壤 pH>7	土壤 pH<7	土壤硒	土壤有效硒	土壤全量硒	土壤有效硒
0.72	0.24	0.03	0.38	0.69	0.97	0.94	0.48	0.53

表 6 生物样品硒元素与土壤其他指标相关系数

Table 6 Correlation coefficients of selenium in biological samples with other indicators in soil

土 壤	土壤 pH	有机质	Cr	Cd	As	Hg	Pb	Cu
全区生物硒	0.03	0.29	-0.09	0.45	-0.62	0.1	-0.16	-0.03
稻米硒	0.55	-0.19	0.02	0.73	-0.93	0.69	-0.09	0.04
蔬菜硒	-0.22	-0.21	-0.12	0.03	-0.39	-0.25	-0.3	-0.36
土 壤	Zn	N	B	F	Mn	Mo	P	CaO
全区生物硒	-0.15	0.17	-0.13	-0.22	-0.43	0.12	-0.44	-0.17
稻米硒	0.42	0.77	-0.65	0.35	-0.65	0.17	0.22	-0.63
蔬菜硒	-0.46	-0.3	-0.08	-0.33	-0.38	0.19	-0.55	-0.26

出,生物硒元素与土壤镉、有机质、氮、铝呈正相关,与其它元素呈负相关关系。按照稻米及蔬菜两类农作物分别统计显示,稻米硒与土壤镉、汞、氮元素呈正相关,相关性相对较高,与砷、硼、锰、钙呈较好的负相关关系,而蔬菜硒与土壤各元素的相关性要明显差于水稻与各元素的相关性。

从上述生物硒元素与其他元素相关性可以看出,生物硒除与镉元素相关性较好之外,与其它重金属元素相关性较差,与砷元素表现出较明显的负相关关系,说明该地区硒生物硒元素与土壤中的镉元素具有一定的伴生性,其它重金属则不影响生物样品的品质。

4 结论与建议

研究区内存在大面积的富硒土壤,富硒土壤总面积占到调查区总面积的 73.56%,具有发展富硒

农产品的基础。土壤中硒元素的有效性较高,具备生产出富硒农产品的潜力。

区内以丘陵山地为主,分布有大面积的毛竹林、水竹林、茶园,具有富硒山野菜开发潜力,且该区位于泾县月亮湾旅游景区附近,区位优势明显,利于富硒产品转化。

研究区内局部地区镉元素含量较高,发展富硒产业应避开高镉地区。此外,土壤中磷、钾较缺乏,土壤应注意培肥。由于耕地资源有限,富硒产业发展思路应合理利用有限耕地资源和现有茶叶、水竹笋、毛竹笋、蕨菜等自然资源,打造集旅游、富硒农产品与适宜山地种植的经济作物等相配套的富硒旅游产业链。

根据土地利用现状及土壤硒元素含量统计,各类用地富硒产品开发利用建议见表 7。

表 7 琴溪地区富硒土壤开发利用建议表

Table 7 Proposals for development and utilization of selenium-rich soil in Qinxia area

土壤利用	土壤肥力状况	土壤环境质量状况	开发利用建议
耕地	氮素、有机质以富足-很富足土壤为主,适度-稍缺分布与河谷地区。钾以稍缺土壤为主,适度-丰富分布与河谷。磷以稍缺-缺乏为主,适度土壤局部零星分布。	各元素均以一、二级土壤为主,Cd 三级土壤占有较大比例,达 23%。	土壤需培肥,富硒土壤区适宜富硒农产品及富硒蔬菜开发种植
园地 (茶园)			土壤需续培肥,富硒土壤区适宜富硒茶开发种植
竹林地			富硒土壤区适宜富硒竹笋开发种植
林地			富硒土壤区适宜富硒山野菜、食用富硒木本油料及果林地开发种植

参考文献

[1] Krzysztof, Kaklewski, Janina Nowak, et al. Effects of selenium content in green parts of plants on the amount of ATP and ascorbate-glutathione cycle enzyme activity at various growth stages of wheat and oilseed rape[J]. Journal of plant physiology, 2008, 165: 1011-1022.

[2] 李家熙,张光弟,葛晓立. 人体硒缺乏与过剩的地球化学环境特征及其预测[M]. 北京:地质出版社,2000.

[3] 汪庆华,唐根年,李睿,等. 浙江省特色农产品立地地质背景研究[M]. 北京:地质出版社,2007.

[4] 许学宏,余云飞,高芹,等. 富硒农产品开发现状与发展对策[J]. 江苏农业科学,2010,(1):311-313.

[5] 魏然,侯青叶,杨忠芳,等. 江西省鄱阳湖流域根系土硒形态分析及其迁移富集规律[J]. 物探与化探,2012,36(1):109-113.

[6] 夏学齐,杨忠芳,薛圆,等. 黑龙江省松嫩平原南部土壤硒元素循环特征[J]. 现代地质,2012,26(5):850-858.

[7] 谭见安,王五一,朱紫瑜,等. 环境硒及其复合因子与大骨节病[J]. 环境科学学报,1987,(1):8-13.

[8] 中华人民共和国地方病与环境图集编纂委员会编. 中华人民共和国地方病与环境图集[M]. 北京:科学出版社,1989.

[9] 安徽省地质调查院. 安徽省重点地区富硒土壤资源调查报告[R]. 合肥:安徽省地质调查院,2012.

[10] GB/T 22499-2008. 富硒稻谷[S]. 北京:中国标准出版社,2008.

Research on availability and development of selenium-rich soil in Qinxi area, Anhui Province

TAO Chun-jun, JIA Shi-jun, LIANG Hong-xia, XING Run-hua, CHEN Yong-ning, CHEN Fu-rong
(Geological Survey Institute of Anhui Province, Hefei 230001, China)

Abstract: Selenium-rich soil has been attracted more and more attentions in recent years. However, there is no relevant standard to define selenium-rich soil. Selecting the Qinxi area of Anhui Province as research object and according to classification standard of selenium-rich soil of Anhui province, this paper makes a systematically research on selenium contents in agriculture arable land and plants, which can provide a theoretical basis for developing the selenium-rich products in Qinxi area and put forward a series of feasible proposals for the development of selenium-rich products.

Key words: selenium-rich soil; availability; development; Qinxi area; Anhui Province

华东地区矿产资源潜力评价专刊约稿函

华东地区矿产资源潜力评价工作走过了风风雨雨 8 个年头,工作专题涉及成矿规律、矿产预测、地球物理、地球化学、遥感、自然重砂、综合信息与集成等 7 个子专题组。通过各省及大区工作人员的努力,目前华东地区矿产资源潜力评价工作已分层次、分阶段完成了铁、铜、锌、铅、金、磷、钨、锑、稀土、锰、镍、锡、铬、钼、银、硼、锂、硫、萤石、菱镁矿、重晶石等 21 个矿种(组)的潜力评价工作任务。为进一步提高华东地区矿产资源潜力评价成果的应用,更好地交流和宣传华东地区矿产资源潜力评价研究成果,《资源调查与环境》特邀各位参与华东地区矿产资源潜力评价工作的专家和技术人员撰写专题论文稿件,编辑出版华东地区矿产资源潜力评价专刊,诚盼您给予大力支持,在百忙中拨冗赐稿。

来稿要求和注意事项:

1. 论文务求主题突出、论点明确、论据充分、资料可靠、文字精练,能够反映华东地区矿产潜力评价工作的研究成果,内容注重创新性、科学性和实用性。论文应包括:论文题目、作者姓名、作者单位、单位地址、邮政编码、摘要、关键词、正文、参考文献。请在文末附第一作者简介:姓名,出生年,性别,籍贯,学位,专业,职称,联系电话、电子邮箱,以便编辑部及时与作者联系。
2. 文稿要求提供相应的电子文档(直接发 E-mail 至编辑部)。
3. 本刊严格执行有关国家标准和规范,来稿请按照现行的有关国家标准和规范的要求撰写。
4. 文稿中引用他人观点或资料,务请按《著作权法》有关规定列出参考文献。本刊采用顺序编码制,参考文献的著录格式请阅本刊征稿简则。
5. 来稿如获得相关研究基金或项目资助,请列出资助项目名称及编号。
6. 请勿一稿多投,并请自留底稿,无论刊登与否恕不退还。来稿采用与否,由本刊编辑部最后审定。依照《著作权法》规定,本刊可以对来稿作文字性修改、删节,必要时可以进行内容的修改。作者若不允许对文稿作文字及内容修改,请在来稿时声明。

投稿邮箱: zydchyj@163.com(请注明:华东地区矿产资源潜力评价投稿)

联系电话: (025)84602261; (025)84897923