

皖江经济带耕地土壤养分丰缺地球化学评价及科学施肥研究

杜国强¹, 陈富荣¹, 邢润华¹, 梁红霞¹, 陶春军¹, 李明辉¹, 史春鸿¹, 严明疆²

(1. 安徽省地质调查院(安徽省地质科学研究所), 安徽合肥 230001; 2. 中国地质科学院水文地质环境地质研究所, 河北石家庄 050061)

摘要 利用 1:25 万土地质量地球化学调查获取的 9 632 个耕地表层土壤(0~20 cm)数据, 系统分析评价皖江经济带耕地土壤养分含量、丰缺状况及空间分布, 探讨科学施肥方法。结果表明, 皖江经济带耕地土壤耕作层有机质、全氮、全磷、全钾含量分别为 21.07、1.21、0.59、16.47 g/kg; 不同耕地类型养分含量差异明显, 有机质、全氮含量为水田>旱地>水浇地, 全磷、全钾含量为水浇地>旱地>水田; 耕地有机质处于中等—较缺乏水平, 全氮以中等水平为主, 全磷处于较缺乏水平, 全钾处于中等—较缺乏水平; 耕地土壤养分综合等级以中等等级(14 632 km²、占比 51.52%)为主, 较缺乏等级(11 430 km²、占比 40.24%)次之, 不同耕地类型土壤养分综合等级差异显著; 建议根据养分评价结果结合农作物种植现状, 在合肥、滁州西部、六安东部等养分缺乏区适当增加相应缺肥比例。该研究结果可为皖江经济带耕地科学管护及合理施肥提供参考。

关键词 皖江经济带; 耕地; 土壤养分丰缺; 地球化学评价; 科学施肥

中图分类号 X142 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2022)07-0150-05

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2022.07.036



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Geochemical Evaluation of Soil Nutrient Abundance and Deficiency of Cultivated Land in the Wanjiang Economic Belt and Brief Discussion on Scientific Fertilization

DU Guo-qiang, CHEN Fu-rong, XING Run-hua et al (Geological Survey of Anhui Province (Anhui Institute of Geological Sciences), Hefei, Anhui 230001)

Abstract Using the data of 9 632 topsoil (0–20 cm) of cultivated land obtained from the 1:250 000 geochemical survey of soil quality, systematic analysis and evaluation of soil nutrient content, abundance and deficiency status and spatial distribution of cultivated land in the Wanjiang Economic Belt were done in order to explore scientific fertilization methods. Research showed that the organic matter, total nitrogen, total phosphorus, and total potassium content of the cultivated land in the Wanjiang Economic Belt were 21.07, 1.21, 0.59, 16.47 g/kg; the nutrient content of different cultivated land types were obviously different, organic matter and total nitrogen content were paddy field>dry land>irrigated land, the content of total phosphorus and total potassium was irrigated land> dry land> paddy field. The organic matter of cultivated land was at a medium-relatively deficient level, total nitrogen was mainly at a medium level, total phosphorus was at a relatively deficient level, and total potassium was at a relatively deficient-medium level. The comprehensive soil nutrient level of cultivated land was mainly at the medium level (14 632 km², accounting for 51.52%), followed by the relatively deficient level (11 430 km², accounting for 40.24%). There were significant difference in the comprehensive soil nutrient levels of different cultivated land types. It was recommended that based on the results of nutrient evaluation and the status of crop planting, we should increase the proportion of corresponding fertilizer shortages in the nutrient-deficient areas such as Hefei, western Chuzhou, and eastern Lu'an. The research results can provide references for the scientific management and protection of cultivated land and rational fertilization for the Wanjiang Economic Belt.

Key words Wanjiang Economic Belt; Cultivated land; Soil nutrient abundance and deficiency; Geochemical evaluation; Scientific fertilization

皖江经济带是安徽省重要粮食主产区, 是长三角优质农产品基地。2018 年安徽统计年鉴数据显示皖江经济带耕地面积 284.029 万 hm²^[1], 占全省总耕地的 48.26%。区内 2019 年稻谷、小麦、玉米总产量分别为 1 120.3 万、329.8 万、70.5 万 t, 分别占全省总产量的 69%、20%、11%, 油菜籽、棉花、烟叶产量全省占比高达 80% 以上^[2]。耕地土壤耕作层主要养分元素含量、丰缺状况及其空间分布特征是耕地肥力的重要标志, 含量直接影响农作物生长^[3-6]。受地质背景、土壤类型、土地利用方式以及地形、气候等因素影响^[7-8], 区域土壤养分状况往往差异明显。因此, 掌握重要耕地土壤养分丰缺状况及空间分布对农业生产种植具有重要意义。

笔者利用皖江经济带地区 1:25 万土地质量地球化学调查获取的 9 632 个高密度、高精度耕地表层土壤地球化学数据, 选取有机质、全氮、全磷、全钾作为研究指标, 运用地统计学和土壤养分地球化学综合评价等方法, 系统揭示土壤养分

含量、丰缺状况及空间分布特征, 并提出养分缺乏区科学合理施肥建议, 以期为耕地科学管护及科学合理施肥提供参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况 皖江经济带地处安徽省中南部, 行政区划包括合肥、芜湖、马鞍山、铜陵、安庆、池州、滁州、宣城 8 个地级市全境及六安市金安区、舒城县, 总面积 75 800 km², 地理坐标 115°45'00"~119°23'00"E、29°34'00"~33°10'00"N。区内涉及江淮丘陵平原、沿江平原、大别山地和皖南山地等地貌类型, 以亚热带湿润季风气候和暖温带半湿润气候为主。土壤母质类型复杂多样, 以河流冲积物母质、晚更新世黄土母质为主, 占比分别为 23.14%、23.81%。土壤类型以水稻土和红壤为主, 其次为黄褐土和粗骨土。耕地面积 28 402.9 km², 占皖江经济带总面积的 37.5%, 是安徽省稻谷、油菜籽、棉花、烟叶等农产品的主产区。

1.2 数据来源 研究数据来源于 9 632 件 2003—2017 年调查完成的皖江经济带地区 1:25 万土地质量地球化学调查表层(耕作层)土壤数据, 土壤样品采集方法及质量要求执行

基金项目 中国地质调查局项目(200314200022, GZTR20060107, GZTR-20070102)。

作者简介 杜国强(1988—), 男, 贵州正安人, 工程师, 从事勘查地球化学、土地质量地球化学调查评价监测研究。

收稿日期 2021-10-28

《DZ/T 0258—2014 多目标区域地球化学调查规范(1:250 000)》^[9]。表层土壤样品按 1 km×1 km 网格化均匀布设样点,在网格中具有代表性的位置 50 m 内等量采集 4 件土壤子样组合成 1 件样品,采样深度为 0~20 cm,去除植物根茎、砾石等杂质,样品重量 1 kg,野外自然晾晒干燥后过 20 目尼龙筛,并充分混匀,按 1 件/4 km² 等量抽取过筛后的单点样品组合为 1 件样品(200 g),送实验室分析。

1.3 样品检测 样品分析测试由安徽省地质实验研究所(自然资源部合肥矿产资源监督检测中心)完成。采用重铬酸钾氧化还原容量法(VOL)测定有机质含量,采用凯氏氮容量法(VOL)测定全氮含量,采用粉末压片-X 射线荧光光谱法(XRF)测定全磷和全钾含量。采用国家一级标准物质等

进行样品分析质量控制,分析测试检出限、报出率、准确度、精密度等均符合《DZ/T 0258—2014 多目标区域地球化学调查规范(1:250 000)》要求。

1.4 数据处理 运用 Excel 2016 统计土壤养分元素地球化学参数,应用 PASW Statistics 18 对试验数据进行相关分析,相关系数达显著者建立其相应的函数回归方程,应用地球化学勘查一体化系统结合 Mapgis 67 软件编制土壤养分丰缺分级等图件。

1.5 土壤养分等级划分方法 土壤有机质、全氮、全磷、全钾养分丰缺分级参照全国第二次土壤普查养分等级划分标准,并将五等、六等标准合并(表 1),四等及以下的养分等级划分标准不变。

表 1 土壤养分分级标准

Table 1 Grading standards of soil nutrient

g/kg

等级 Level	有机质 Organic matter	全氮 Total nitrogen	全磷 Total phosphorus	全钾 Total potassium
一等(丰富)First level	>40	>2.00	>1.0	>25
二等(较丰富)Second level	(30~40]	(1.50~2.00]	(0.8~1.0]	(20~25]
三等(中等)Third level	(20~30]	(1.00~1.50]	(0.6~0.8]	(15~20]
四等(较缺乏)Fourth level	(10~20]	(0.75~1.00]	(0.4~0.6]	(10~15]
五等(缺乏)Fifth level	≤10	≤0.75	≤0.4	≤10

土壤养分地球化学综合等级划分方法依据《DZ/T 0295—2016 土地质量地球化学评价规范》^[10],在土壤全氮、全磷、全钾单指标养分丰缺等级基础上,按照公式(1)计算土壤养分地球化学综合等级,其等级划分见表 2。

$$f_{\text{养综}} = \sum k_i f_i (i=1, 2, 3, 4, \dots, n) \quad (1)$$

式中, $f_{\text{养综}}$ 为土壤全氮、全磷、全钾评价总得分, $1 \leq f_{\text{养综}} \leq 5$; k_i 为全氮、全磷、全钾权重系数,分别取 0.4、0.4 和 0.2; f_i 为土壤全氮、全磷、全钾的单指标等级得分,单指标等级为五等、四等、三等、二等、一等所对应 f_i 分值分别为 1 分、2 分、3 分、4 分、5 分。

表 2 土壤养分地球化学综合等级划分

Table 2 Geochemical comprehensive grade of soil nutrients

等级 Level	含义 Meaning	$f_{\text{养综}}$
一等 First level	丰富	>4.5
二等 Second level	较丰富	(3.5~4.5]
三等 Third level	中等	(2.5~3.5]
四等 Fourth level	较缺乏	(1.5~2.5]
五等 Fifth level	缺乏	≤1.5

2 结果与分析

2.1 耕地土壤养分含量特征 皖江经济带耕地土壤耕作层中有机质、全氮、全磷、全钾平均含量分别为 21.07、1.21、0.59、16.47 g/kg,分别处于中等、中等、较缺乏、中等水平(表 3)。与全国第二次土壤普查时安徽省耕地土壤养分平均值相比^[11],研究区耕地土壤有机质、全氮、全磷含量略高,而全钾偏低,浓集系数表现为全磷(1.20)>全氮(1.09)>有机质(1.05)>全钾(0.89)。区内有机质、全氮、全磷、全钾均属中

等变异(10%<变异系数<100%)^[12-13],变异程度表现为全磷(39.6%)>有机质(24.2%)>全钾(23.7%)>全氮(20.4%)。

表 3 耕地土壤养分元素地球化学参数(n=9 632)

Table 3 Soil nutrient element geochemical parameters of cultivated land

项目 Item	有机质 Organic matter g/kg	全氮 Total nitrogen g/kg	全磷 Total phosphorus g/kg	全钾 Total potassium g/kg
平均值 Mean	21.07	1.21	0.59	16.47
标准差 Standard deviation	5.10	0.25	0.23	3.90
最小值 Minimum	1.72	0.20	0.14	2.07
最大值 Maximum	89.65	13.11	12.60	43.98
全省平均值 Provincial mean	20.10	1.11	0.49	18.60
变异系数 Coefficient of variation//%	24.2	20.4	39.6	23.7
级别 Level	三等	三等	四等	三等

经相关性分析,皖江经济带耕地土壤耕作层中有机质和全氮含量高度相关, $R=0.660 4$,确定系数 $R^2=0.436 1$,统计学意义表示皖江经济带耕地土壤耕作层中全氮含量与有机质含量之间呈正相关,但氮素量的变异平方和只有 43.61% 决定于有机质含量,还有 56.39% 则为其他因素造成,结果与全国第二次土壤普查时全省研究结果相似。其他指标之间相关性较低(图 1)。

2.2 不同耕地类型土壤养分含量特征 根据安徽省土地利用现状资料进行统计,皖江经济带耕地类型以水田为主,水

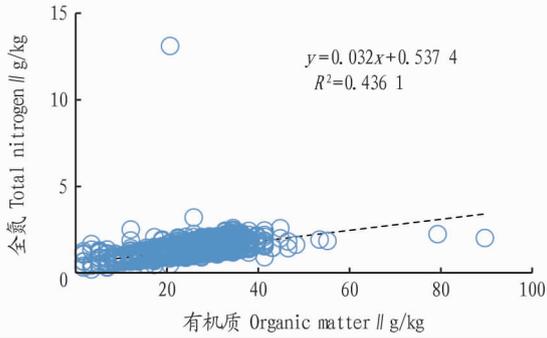


图1 耕地土壤有机质和全氮之间的相关性

Fig. 1 Correlation between cultivated soil organic matter and total nitrogen

田、旱地、水浇地面积分别为 24 363、3 612、428 km², 占比分别为 85.8%、12.7%、1.5%, 其中旱地主要分布于长江沿岸和滁州、合肥地区, 水浇地主要分布于宿松、望江、东至、繁昌、和县等沿江地区。

2.2.1 水田。皖江经济带水田耕作层中有机质、全氮、全磷、全钾平均含量分别为 21.32、1.23、0.57、16.36 g/kg, 有机质、全氮、全钾处于中等水平, 全磷处于较缺乏水平(表 4)。与研究区耕地土壤养分平均值相比, 水田耕作层中有机质、全氮略高, 全磷、全钾略低。与全国第二次土壤普查时安徽省水田中土壤养分平均值相比, 研究区水田耕作层中全磷明显较高, 有机质略高, 全氮、全钾略低。水田中有机质、全氮、全磷、全钾均为中等变异。

表 4 不同耕地类型土壤养分元素地球化学参数

Table 4 Soil nutrient element geochemical parameters of different cultivated land types

g/kg

项目 Item	水田 Paddy field				旱地 Dry land				水浇地 Irrigated land			
	有机质	全氮	全磷	全钾	有机质	全氮	全磷	全钾	有机质	全氮	全磷	全钾
平均值 Mean	21.32	1.23	0.57	16.36	19.65	1.12	0.66	16.66	18.90	1.09	0.96	21.03
含量范围 Content range	1.72~ 89.65	0.31~ 13.11	0.21~ 12.6	7.88~ 43.98	1.72~ 41.38	0.20~ 2.45	0.14~ 2.53	2.07~ 33.44	1.72~ 37.93	0.31~ 1.43	0.55~ 1.76	12.03~ 26.64
全省平均值 Provincial mean	19.60	1.25	0.44	18.00	14.00	0.86	0.52	19.00	—	—	—	—
变异系数 Coefficient of variation//%	23.6	20.5	38.8	23.9	26.3	17.8	37.8	21.6	31.0	15.8	25.0	10.9
级别 Level	三等	三等	四等	三等	四等	三等	三等	三等	四等	三等	二等	二等

注:水田、旱地、水浇地样本数分别为 8 262、1 225、145 个

Note:The sample number of paddy field, dry land and irrigated land are 8 262, 1 225, 145, respectively

2.2.2 旱地。皖江经济带旱地耕作层中有机质、全氮、全磷、全钾平均含量分别为 19.65、1.12、0.66、16.66 g/kg, 有机质处于较缺乏水平, 全氮、全磷、全钾处于中等水平(表 4)。与研究区耕地土壤养分平均值相比, 旱地耕作层中有机质、全氮略低, 全磷、全钾略高。与全国第二次土壤普查时安徽省旱地中土壤养分平均值相比, 研究区旱地耕作层中有机质、全氮、全磷明显较高(浓集系数均大于 1.2), 全钾略低。旱地中有机质、全氮、全磷、全钾均为中等变异。

2.2.3 水浇地。皖江经济带水浇地耕作层中有机质、全氮、全磷、全钾平均含量分别为 18.90、1.09、0.96、21.03 g/kg, 有机质处于较缺乏水平, 全氮处于中等水平, 全磷、全钾达较丰富水平(表 4)。与研究区耕地土壤养分平均值相比, 水浇地耕作层中有机质、全氮略低, 全磷、全钾明显较高。水浇地中

有机质、全氮、全磷、全钾均为中等变异。

皖江经济带不同耕地类型土壤养分含量对比结果显示, 有机质、全氮含量表现为水田>旱地>水浇地, 全磷、全钾含量表现为水浇地>旱地>水田, 仅全氮在不同耕地类型中均处于同等丰缺水平, 全磷在不同耕地类型中丰缺水平差异最显著, 表明不同耕地类型中有机质、全氮、全磷、全钾含量差异明显。

2.3 单指标土壤养分丰缺等级

2.3.1 有机质。皖江经济带耕地有机质总体处于中等—较缺乏水平(表 5、图 2), 二者总面积 26 828 km², 比例达 94.45%, 其中有机质较缺乏土壤主要分布于合肥市及周边区域。有机质丰富、较丰富及缺乏土壤零星分布, 总比例仅 5.55%, 其中有机质丰富—较丰富土壤主要分布于芜湖市南

表 5 耕地土壤养分丰缺现状

Table 5 The abundance and deficiency of cultivated soil nutrients

等级 Level	有机质 Organic matter		全氮 Total nitrogen		全磷 Total phosphorus		全钾 Total potassium		综合 Comprehensive	
	面积 km ²	比例 %								
一等(丰富) First level	59	0.21	207	0.73	1 058	3.73	1 121	3.95	38	0.13
二等(较丰富) Second level	1 357	4.78	2 141	7.54	2 353	8.28	3 341	11.76	2 220	7.82
三等(中等) Third level	14 623	51.48	22 499	79.21	6 467	22.77	11 642	40.99	14 632	51.52
四等(较缺乏) Fourth level	12 205	42.97	3 332	11.73	15 797	55.62	12 075	42.51	11 430	40.24
五等(缺乏) Fifth level	159	0.56	224	0.79	2 728	9.60	224	0.79	83	0.29

陵县、无为县、芜湖县以及宣城市宣州区和马鞍山市当涂县地区,有机质缺乏土壤主要零星分布于长江沿岸、滁州市定远县及凤阳县。

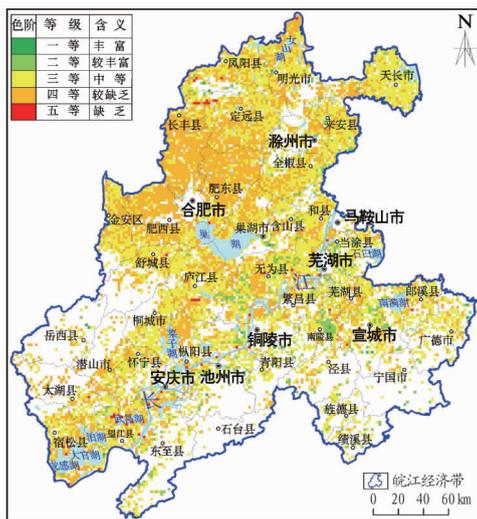


图 2 耕地土壤有机质丰缺分级

Fig. 2 Grading of soil organic matter abundance and deficiency in cultivated land

2.3.2 全氮。皖江经济带耕地全氮以中等水平为主(面积 22 499 km², 比例达 79.21%),较缺乏及较丰富土壤次之,丰富及缺乏土壤零星分布。全氮丰富—较丰富土壤主要分布于芜湖市南陵县、宣城市宣州区、马鞍山市当涂县、池州市东至县等地,全氮较缺乏—缺乏土壤主要分布于滁州市定远县、凤阳县、明光市及合肥市肥东县和安庆市潜山—太湖一带(表 5、图 3)。

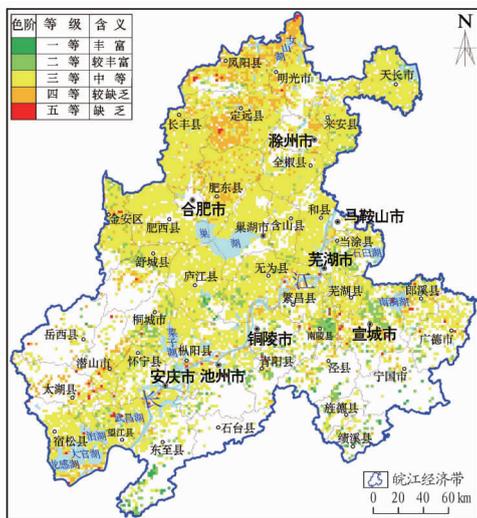


图 3 耕地土壤全氮丰缺分级

Fig. 3 Grading of soil organic matter abundance and deficiency in cultivated land

2.3.3 全磷。皖江经济带耕地全磷总体处于较缺乏水平(面积 15 797 km², 占比 55.62%),中等土壤次之,缺乏及较丰富土壤比例接近,丰富土壤零星分布。全磷丰富—较丰富土壤主要分布与长江沿岸及滁州市来安县—明光市一带,前

者呈带状分布,后者分布与玄武岩出露范围一致,受地质背景控制特征显著。全磷较缺乏—缺乏土壤主要分布于合肥、滁州西部、六安东部等地区(表 5、图 4)。

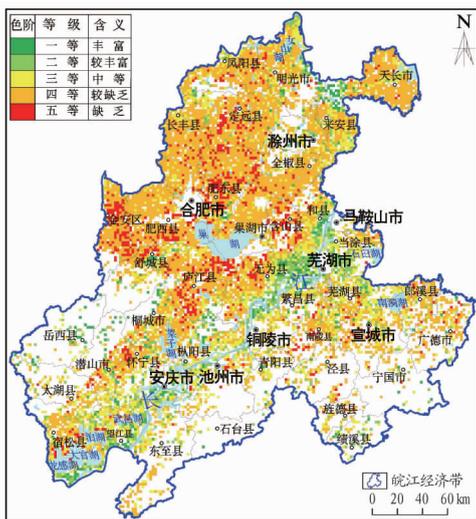


图 4 耕地土壤全磷丰缺分级

Fig. 4 Grading of total phosphorus abundance and deficiency in cultivated land

2.3.4 全钾。皖江经济带耕地全钾总体处于中等—较缺乏水平(面积 23 717 km², 占比 83.50%),丰富—较丰富土壤比例为 15.71%,主要分布于长江沿岸、大别山区和皖南山区,缺乏土壤比例低(0.79%),主要零星分布于宣城市宣州区、广德市、郎溪县和安庆市望江县、宿松县(表 5、图 5)。

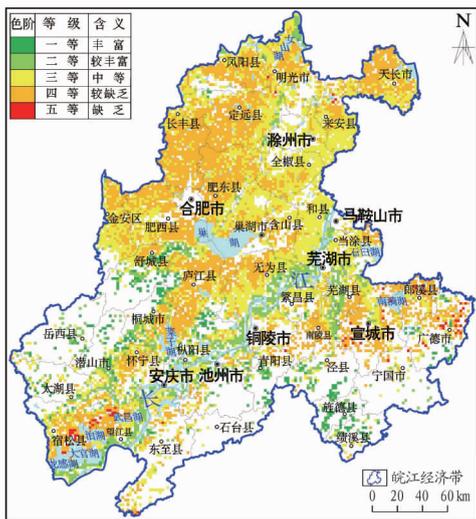


图 5 耕地土壤全钾丰缺分级

Fig. 5 Grading of total potassium abundance and deficiency in cultivated land

2.4 土壤养分地球化学综合等级 评价结果显示,皖江经济带耕地土壤养分处于丰富、较丰富、中等、较缺乏、缺乏等级的面积分别为 38、2 220、14 632、11 430、83 km²,所占比例分别为 0.13%、7.82%、51.52%、40.24%、0.29%,说明皖江经济带耕地土壤养分以中等等级为主,较缺乏等级次之,二者比重较接近,较丰富等级比例较小,丰富及缺乏等级仅零星

分布(表5、图6)。在空间上养分丰富—较丰富土壤主要沿长江两岸分布,养分较缺乏土壤较集中分布于合肥市、滁州西部、六安东部地区,养分缺乏土壤零星分布于凤阳县、定远县、金安区、郎溪县、广德市、望江县、宿松县。

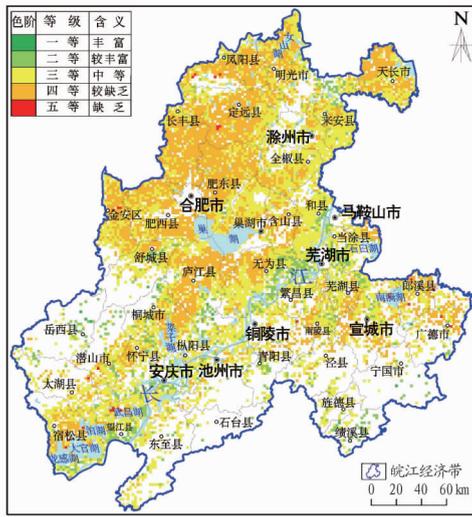


图6 耕地土壤养分地球化学综合等级

Fig. 6 Geochemical comprehensive grading of soil nutrients in the cultivated land

不同耕地类型中,土壤养分综合等级存在显著差异(图7)。水田中土壤养分以中等—较缺乏等级为主;旱地中土壤养分虽同样以中等—较缺乏等级为主,但中等/较缺乏土壤养分比值高于水田,同时较丰富及缺乏等级土壤的比例明显高于水田;水浇地中土壤养分则以较丰富—中等等级为主,明显区别于水田和旱地。

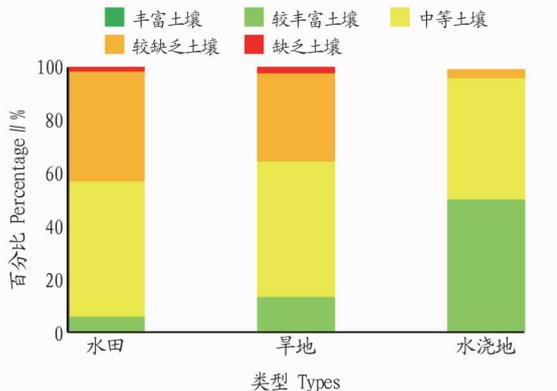


图7 不同耕地类型土壤养分地球化学综合等级百分比

Fig. 7 Percentage of soil nutrient geochemical comprehensive grades of different cultivated land types

2.5 研究区科学施肥方案 耕地养分缺乏阻碍我国农业的发展,导致农业出现低产现象,但盲目过量使用化肥可能导致土壤酸碱度严重失衡,造成土壤结构遭到严重破坏从而导致土壤板结,对农作物生长产生不良的影响,甚至对地下水等环境造成污染和加剧氧化亚氮等温室气体排放^[14-15]。因此根据土壤养分测评结果及作物生长习性进行科学合理施肥尤为重要。

根据皖江经济带耕地土壤主要养分元素丰缺状况及分

布特征,针对有机质、全氮、全磷、全钾缺乏的区域,共划分了8种不同的施肥建议(图8),供测土配方和农业生产参考。如针对合肥、滁州西部、六安东部、马鞍山市和县等磷缺乏地区,建议根据种植作物类型,适当增加施肥中磷肥的比例,在定远县西北局部适当增加有机质的比例,在宿松县、望江县、广德市局部钾缺乏区适当增加钾肥比例等。

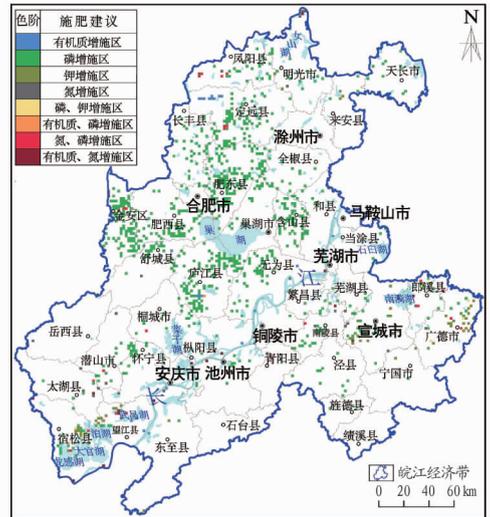


图8 耕地科学施肥方案

Fig. 8 Suggestions for scientific fertilization of cultivated land

3 结论与讨论

(1) 皖江经济带耕地土壤耕作层中有机质、全氮、全磷、全钾平均含量分别为 21.07、1.21、0.59、16.47 g/kg,分别处于中等、中等、较缺乏、中等水平,全氮与有机质含量呈正相关,相关系数为 0.66。

(2) 不同耕地类型中有机质、全氮、全磷、全钾含量差异明显,有机质、全氮含量表现为水田>旱地>水浇地,全磷、全钾含量表现为水浇地>旱地>水田。

(3) 皖江经济带耕地有机质总体处于中等—较缺乏水平,全氮以中等水平为主,全磷总体处于较缺乏水平,全钾总体处于中等—较缺乏水平。

(4) 皖江经济带耕地土壤养分以中等等级(面积 14 632 km²、占比 51.52%)为主,较缺乏等级(面积 11 430 km²、占比 40.24%)次之,二者比重较接近。不同耕地类型土壤养分综合等级存在显著差异。

(5) 针对合肥、滁州西部等养分缺乏区,建议根据土壤养分评价结果和作物类型,调整氮、磷、钾施肥比例,做到科学合理施肥。

参考文献

- [1] 安徽省统计局,国家统计局安徽调查总队. 安徽统计年鉴-2019[M]. 北京:中国统计出版社,2019.
- [2] 安徽省统计局,国家统计局安徽调查总队. 安徽统计年鉴-2020[M]. 北京:中国统计出版社,2020.
- [3] 李颖慧,姜小三. 黄淮海平原农区农用地土壤肥力评价及时空变化特征:以山东省博兴县为例[J/OL]. 农业资源与环境学报, 2021-05-11 [2021-10-26]. <https://doi.org/10.13254/j.jare.2021.0100>.
- [4] 武治华,牛继平. 青海省耕层土壤养分含量相关性分析研究[J]. 安徽农业科学, 2017, 45(23): 101-105.

(下转第 183 页)

的线性关系。该方法操作简单、检测快速、测定灵敏度高、分析范围宽、结果可靠,适用于冻干水果中多种微量元素的同

时测定,依据检测结果可判断冻干水果的矿物质营养价值,同时可监控样品的有害微量元素风险。

表 5 冻干水果中元素含量

Table 5 Element content in freeze-dried fruits

冻干水果 Freeze-dried fruits	As	Ca	Cd	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	Pb	Zn
葡萄干 Dried raisins	3.28	325.89	—	0.908	11.09	62.64	5 861.22	394.62	13.06	460.21	3.67	—	19.41
猕猴桃干 Dried kiwifruit	2.93	493.56	—	0.867	6.65	25.39	416.74	88.68	9.21	1 265.49	9.99	—	16.48
火龙果干 Dried dragon fruit	2.46	507.18	—	0.928	7.30	64.15	82.39	43.21	11.34	976.03	15.45	—	24.77
话梅干 Dried prunes	2.36	454.61	—	2.180	4.98	87.38	1 269.01	201.55	10.37	678.21	8.56	—	22.92
柠檬干 Dried lemon	3.03	458.48	—	0.849	4.73	37.75	292.01	112.33	12.63	706.54	11.98	—	16.96
哈密瓜干 Dried cantaloupe	2.64	403.10	—	0.698	9.07	26.63	213.22	75.08	9.84	906.59	9.73	—	16.78
芒果干 Dried mango	2.16	400.99	—	1.590	6.92	52.07	150.18	60.97	11.27	2 233.16	11.59	—	0.33

注:“—”表示未检出

Note:“—” means not detected

表 6 精确度和回收率测定

Table 6 Determination of accuracy and recovery rate %

元素 Element	RSD	回收率 Recovery rate
As	3.8	98.65
Ca	4.0	101.28
Cd	2.2	98.32
Cr	4.3	99.92
Cu	4.9	97.15
Fe	3.3	99.31
K	4.7	99.56
Mg	2.9	100.83
Mn	1.1	99.18
Na	4.8	100.45
Ni	0.2	96.85
Pb	1.7	97.34
Zn	0.4	99.75

参考文献

- [1] 周晓明,郭春苗,樊丁宇,等.葡萄干营养与功效的研究进展[J].食品研究与开发,2015,36(19):179-183.
- [2] 叶润,刘芳竹,刘剑,等.微波消解-电感耦合等离子体发射光谱法测定大米中铜、锰、铁、锌、钙、镁、钾、钠 8 种元素[J].食品科学,2014,35(6):117-120.
- [3] PEREIRA J A, OLIVEIRA I, SOUSA A, et al. Bioactive properties and

chemical composition of six walnut (*Juglans regia* L.) cultivars[J]. Food and chemical toxicology, 2008, 46(6): 2103-2111.

- [4] MERKEN H M, BEECHER G R. Measurement of food flavonoids by high-performance liquid chromatography: A review[J]. Journal of agriculture & food chemistry, 2000, 48(3): 577-599.
- [5] 彭湘君,李银保,彭金年,等.微波消解-原子吸收光谱法对海带中 6 种金属元素的测定[J].广东微量元素科学,2015,22(1):7-10.
- [6] 孔祥虹,李建华,李蓉.微波消化技术在蔬菜微量元素测定中的应用[J].理化检验(化学分册),2004,40(2):91-92.
- [7] 魏新军,南海娟,颜振敏,等.微波消解 ICP-AES 测定普洱茶中的 17 种元素[J].光谱实验室,2011,28(6):3059-3061.
- [8] 孙涌栋,杜晓华.微波消解 ICP-AES 测定苋菜的矿质元素[J].光谱实验室,2010,27(5):1780-1782.
- [9] 王宝森,刘杰,郭俊明,等.茶叶中七种金属元素的测定及成分分析[J].食品研究与开发,2008,29(4):136-138.
- [10] 赵金伟,程薇,封亚辉. ICP-AES 法测定润滑油中磨损金属元素的含量[J].光谱学与光谱分析,2004,24(6):733-736.
- [11] 杨理,闫清华,邓月娥,等.微波消解 ICP-AES 检测蜂胶中常量元素[J].广州化工,2009,37(2):162-163,166.
- [12] 王继永,王元忠,曾燕,等.抗癌新药金荞麦中微量元素的光谱测定[J].光谱学与光谱分析,2011,31(1):253-255.
- [13] 张辉,唐杰.原子吸收光谱法测定蔬菜中的铁、锰、铜、铅和镉[J].光谱实验室,2011,28(1):72-74.
- [14] 唐文鸾,张友森.我国硝酸工业生产现状分析及发展建议[J].化肥工业,2013,40(1):31-35,42.
- [15] 卢明子,郭延军,王瑛,等.氧合、碳氧及高铁血红蛋白拉曼光谱的测定[J].中国输血杂志,2013,26(5):413-416.
- [16] 于彩虹,高希武.棉铃虫细胞色素 P450 CO 差光谱的测定[J].昆虫学报,2005,48(2):301-304.

(上接第 154 页)

- [5] 刘爱云,高建国.江苏省如东县耕地主要土壤养分变化趋势分析[J].江苏农业科学,2020,48(17):287-291.
- [6] 张丹,罗格平,许文强,等.新疆耕地土壤养分时空变化[J].干旱区地理,2008,31(2):254-263.
- [7] 陈兴,吴开彬,王军,等.贵州仁怀市耕地土壤养分地球化学特征及其影响因素研究[J/OL].中国地质,2020-07-14[2021-10-26].http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1167.P.20200714.0956.002.html.
- [8] 董悦,张永清,刘彩彩.晋中市土壤养分空间分布与影响因子的相关性[J].生态学报,2018,38(23):8621-8629.
- [9] 中华人民共和国国土资源部.多目标区域地球化学调查规范(1:250 000);DZ/T 0258—2014[S].北京:中国标准出版社,2015.

- [10] 中华人民共和国国土资源部.土地质量地球化学评价规范;DZ/T 0295—2016[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [11] 安徽省土壤普查办公室.安徽土壤[M].北京:科学出版社,1996:515-554.
- [12] 秦占飞,常庆瑞.县域土壤养分空间变异分析:以蒲城县为例[J].干旱地区农业研究,2012,30(1):30-35.
- [13] 曹诗瑜,郭全恩,南丽丽,等.甘肃九甸峡移民区土壤养分分布特征[J].土壤与作物,2019,8(4):436-442.
- [14] 李春华,王立军,宋立民.浅议土壤肥料的科学施用方法以及推广分析[J].中国农业信息,2013(17):115.
- [15] 武艳荣.土壤肥料的科学施用及推广策略分析[J].农家参谋,2020(24):49.