



浙江省东阳市农田土壤养分空间分布特征

黄东荣, 张旭, 聂文昌, 夏明, 刘思玥, 董雪珍

(江西省地质调查勘查院基础地质调查所, 江西有色地质矿产勘查开发院, 江西南昌 330030)

摘要:为了更好地掌握东阳市农田土壤养分地球化学等级, 采集东阳市 18 个乡镇、街道表层 0~20 cm 的土样, 共采集土样 3 601 件, 运用土壤化学分析方法测定土壤中 pH、有机质、全氮、全磷、全钾含量, 研究结果表明, 东阳市农田土壤 pH 总体呈酸性, 土壤中有机质、全氮、全磷、全钾含量的变异系数小于 50%, 属于中等强度变异性; 东阳市农田土壤养分空间分布特征及其影响因素, 受土壤类型、土地利用方式等影响, 土壤中有机质、全氮、全磷、全钾含量的平均值分别为 20.98 g/kg、1.38 g/kg、0.59 g/kg、21.83 g/kg; 东阳市主要为三、四等土壤分区, 其总面积为 26 982.27 hm², 占总面积 85.82%, 表明东阳市表层土壤养分总体处于中等、较缺乏状况。土壤中有机质、全氮、全磷与全钾呈弱负相关关系, 全氮与土壤类型、土地利用现状为强相关关系, 全钾与土壤类型弱相关, 与土地利用方式负相关关系; 认为东阳市农田土壤中磷含量普遍偏低, 受地质背景、耕作、侵蚀的影响, 而钾含量除受耕作、施肥量等影响外, 与成土母质和成土条件存在相关关系。

关键词: 土壤养分; 空间分布; 地球化学; 浙江省东阳市

中图分类号: S158

文献标识码: A

doi:10.12128/j.issn.1672-6979.2025.09.012

0 引言

土壤养分空间分布特征及其相关性分析是精准农业和生态修复的重要基础。近年来, 随着人类活动与自然过程的交互作用加剧, 由原来单一作物发展成大宗传统作物、果蔬等全面发展的局面^[1]。耕地是粮食生产的“命根子”^[2], 土壤是作物生长发育的重要物质基础, 是植物生长的载体和养分供给的来源, 是人类赖以生存和发展的物质基础^[3]。土地质量地球化学调查作为一项基础性农业地质调查工作, 土壤中有机质、氮磷钾含量对土壤养分地球化学等级程度的高低, 直接影响农作物的生产和产量^[4]。本文在依托东阳市土地质量地质调查基础上, 对全市农田表层土壤养分元素及土地质量进行分析。研究表明土壤有机质、氮、磷、钾等核心养分的空间分异不仅受地形地貌, 还与耕作强度、施肥模式和土壤类型密切关联; 土壤养分的空间相关性分析是研究其空间分布特征的重要手段。通过分析不同空间位置上土壤养分含量的相关性, 为土壤养分分区管理

和精准施肥提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

东阳市地处浙江省中部, 东北毗连新昌县, 东南与磐安县相邻, 西南与永康市接壤, 西北与义乌市相连; 地势东高西低, 西南部为山地和丘陵, 东北部为平原和盆地; 土壤类型多样, 山地以红壤和黄壤为主, 平原地区多为水稻土和潮土; 属亚热带季风气候区, 年平均气温 17℃, 年平均降雨量 1 015~2 045 mm 之间。全市总面积 1 747 km², 辖 6 个街道、11 个镇、1 个乡; 其中耕地面积 300.87 km², 土壤以红壤、粗骨土、紫色土和水稻土为主。农作物一年二熟, 主要农作物为水稻、小麦、玉米。

1.2 样品采集与数据处理

1.2.1 土壤样品采集与分析

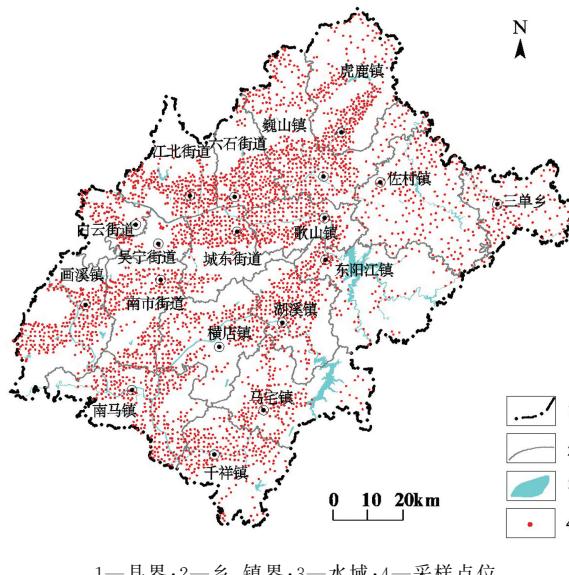
1:5 万土地质量地球化学调查工作底图以土地利用现状图为基础, 对东阳市农田 0~20 cm 表层土

收稿日期: 2025-01-13; 修订日期: 2025-03-14; 编辑: 陶卫卫

基金项目: 东阳市财经基金项目“东阳市土地质量地质调查”(XSZFCG2018-307-2)

作者简介: 黄东荣(1983—), 男, 江西赣州人, 高级工程师, 主要从事区域地质矿产调查研究工作; E-mail: 461087177@qq.com

壤进行采集,包括 18 个乡镇、街道。在采样点地块内视不同情况采用棋盘法、梅花点法、X 型法等进行多点取样,每个样点采集 5 个或更多样点土样组成 1 个混合样品^[5],共采集 3 601 件土壤样品如图 1。



1—县界;2—乡、镇界;3—水域;4—采样点位。

图 1 研究区采样位置图

每件土样去除杂质自然风干,样品用无污染的行星球磨机粉碎至 200 目粒度,副样装原袋保存。按照土壤检测标准测定其相关指标^[6-7],本次土壤样品检测由自然资源部南昌矿产资源检测中心(江西有色地质矿产勘查开发院)和自然资源部武汉矿产资源监测中心(湖北省地质实验测试中心)国家重点实验室共同完成。测定方法见表 1,检测方法及精密度均采用国家一级土壤标准物质,选用 GB W07407、GB W07447、GB W07449、GB W07451、GB W07452、GB W07453、GB W07455、GB W07431—GB W07435 共 12 个土壤标准物质用选定分析方法进行 12 次分析检验,分别计算每个标准物质平均值与标准值之间的对数偏差($\Delta \lg C$)和相对偏差($RSD\%$),其对数偏差均 $\Delta \lg C \leq 0.1$ 、相对偏差均 $RSD \leq 3.5\%$;本次准确度控制按每 500 件样品插入 12 个土壤国家一级标准物质,分别统计的各指标合格率均为 100%,总合格率 100%;精密度控制采用 4 个兼顾大部分元素高中低含量的土壤一级标准物质进行监控,900 组精密度控制样品,分别统计各指标合格率均为 100%,总体合格率为 100%;pH 测定采用 GBW07412—GB W07417 共 6 个国家一级标准物质进行分析,所有监控样 $\Delta pH \leq 0.1$ 、

$RSD \leq 1.5\%$,合格率为 100%,指标的报出率均为 100%;检测指标值误差均在国家标准物质范围内^[8]。

表 1 土壤养分元素指标测定方法

序号	指标	测定方法	检出限
1	pH	离子选择性电极法(ISE)	0.1 $\mu\text{g/g}$
2	有机质	重铬酸钾容量法(VOL)	0.03%
3	全氮	凯氏容量法	20 $\mu\text{g/g}$
4	全磷	四酸溶矿,ICP-MS 法	10 $\mu\text{g/g}$
5	全钾	四酸溶矿,ICP-MS 法	0.05%

1.2.2 数据处理

依据《土地质量地球化学规范(2016)》和浙江省《土地质量地质调查规范(2019)》,对东阳市农田表层土壤中有机质、全氮、全磷、全钾地球化学等级进行评价;在氮、磷、钾土壤单指标养分等级划分的基础上(表 2),进行土壤养分综合评价,由公式(1)计算土壤养分地球化学综合得分,综合等级划分(表 3)。

表 2 土壤养分分级标准 单位:g/kg

指标	一级	二级	三级	四级	五级
	丰富	较丰富	中等	较缺乏	缺乏
有机质	>50	40~50	20~40	10~20	≤ 10
全氮	>2.5	2.0~2.5	1.0~2.0	0.5~1.0	≤ 0.5
全磷	>1.0	0.8~1.0	0.6~0.8	0.4~0.6	≤ 0.4
全钾	>25	20~25	15~20	10~15	≤ 10

注:浙江省县级土地质量地质调查技术要求(浙江省自然资源厅)。

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

式中: $f_{\text{养综}}$ 为土壤氮、磷、钾评价总得分, $1 \leq f_{\text{养综}} \leq 5$; K_i 为氮、磷、钾权重系数, 分别为 0.4、0.4 和 0.2; f_i 分别为土壤氮、磷、钾的单指标等级得分;本次将东阳市第二次国土调查土地利用现状图作为底图,以区内水田、旱地地类图斑作为主要评价对象,对耕地图斑进行合理的图斑合并。综合区域地球化学评价结果、行政界线、土地利用类型等因素划定评价单元,评价单元与土地利用现状图斑统一一致,且不跨行政村界,确保每个评价单元均有 1~2 个实际采样点;再利用 ArcGIS 软件进行反距离权重插值,将采样点的养分数据通过以点代面的方式在耕地土壤养分评价单元上进行赋值。单指标的等级评价结果为五级、四级、三级、二级、一级,其所对应的 f_i 得分分别为 1、2、3、4、5 分^[9-10]。

表 3 土壤养分地球化学综合等级划分

等级	一等	二等	三等	四等	五等
$f_{\text{养综}}$	≥ 4.5	$4.5 \sim 3.5$	$3.5 \sim 2.5$	$2.5 \sim 1.5$	< 1.5

注:浙江省县级土地质量地质调查技术要求(浙江省自然资源厅)。

土壤样品检测结果使用 Excel 2021、GeoIPAS V3.2 化探专业版和 ArcGIS 10.8 软件进行数据分析统计、制图。

2 结果与分析

使用 GeoIPAS 对土壤养分指标含量进行统计分析,为减少个别异常高值或低值样品带来的影响,各养分指标按 3 倍标准差原则剔除异常值^[11],再通过 ArcGIS 中的半方差、Georgy Voronoi 图剔除短距离内变异较大的异常值,土壤养分指标含量统计结果见表 4。

表 4 土壤养分指标含量统计结果

项目	pH	有机质	全氮	全磷	全钾	$f_{\text{养综}}$
最大值	9.17	74.13	13.2	3.57	45.8	4.8
最小值	3.69	0.98	0.13	0.09	4.4	1.2
平均值	5.35	20.98	1.38	0.59	21.83	2.82
中位数	5.25	20.83	1.37	0.50	21.8	2.8
标准差	0.7	6.77	0.48	0.32	5.89	0.59
剔除前变异系数	13.08	32.27	34.78	54.23	26.98	20.92
剔除后变异系数	9.1	31.21	33.27	44.25	26.56	20.92
金华市土壤背景值 ^[12-13]	—	—	1.15	0.45	26.8	—
全国土壤背景值 ^[14]	6.7	31.0	0.64	0.52	18.6	—

注:pH、 $f_{\text{养综}}$ 为无量纲;有机质、全氮、全磷、全钾含量单位为 g/kg;变异系数的单位为%。

2.1 土壤养分含量特征

由表 4 可看出,养分指标剔除后的变异系数均小于 50%,为中等强度变异性;从表中可以看出全磷变异系数最高,其变异系数为 44.25%,其次为全钾,变异系数 26.56%。土壤中全磷和全钾含量变化大的主要原因是耕地土地利用方式不同,种植蔬菜瓜果比粮食作物土壤中的氮、磷、钾含量要高,土壤养分积累较多^[15]。pH、有机质、全氮、全磷、全钾平均值分别为 5.35、20.98 g/kg、1.38 g/kg、0.59 g/kg、21.83 g/kg。与全国土壤背景值对比,东阳市土壤酸化严重^[16];有机质平均值比全国土壤背景值低 32.3%,全氮高于 115.6%,全磷、全钾相当;与金华市背景值相比,全氮、全磷平均含量高于 20.0%、31.1%,全钾低于 18.5%。

2.2 土壤养分空间分布状况

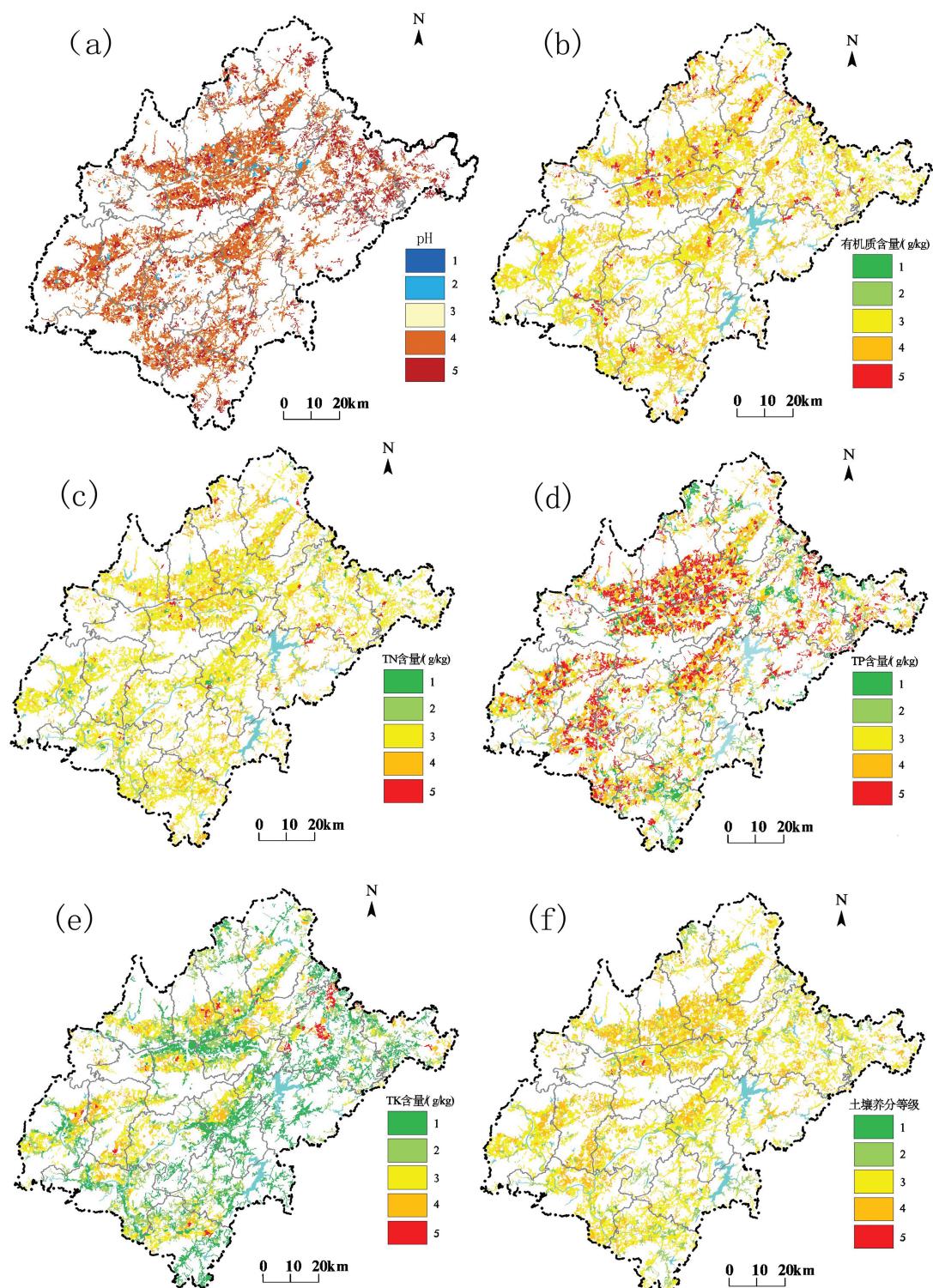
东阳市农田土壤养分进行地球化学等级统计,具体统计结果见表 5,单项指标丰缺程度不一,差异较大,全钾整体处于较丰富—丰富水平,全磷整体处于较缺乏—缺乏水平,全氮处于中等水平,土壤养分指标含量与土壤养分等级的空间分布见图 2。

东阳市农田土壤 pH 在 5.50~6.50 的占 95.83%,说明东阳市大部分农田土壤为酸性土壤,土壤酸碱性是影响土壤养分有效性和土壤肥力的关键因素^[17]。由图 2(a)示意强酸性土壤主要分布在三单乡、佐村镇、虎鹿镇北部,其他乡镇(街道)零星分布;中—碱性土壤占 4.17%,主要分布在巍山镇、佐村镇,其他乡镇(街道)呈零星分布。

农田土壤中有机质含量的平均值为 20.98 g/kg,对照表 2 土壤养分分级标准属于中等、较缺乏。由图 2(b)和表 5 可知,有机质含量高于 40 g/kg 占农田总面积 5.0%,其丰富占农田总面积 0.06% 和较丰富占 0.44%,丰富零散分布于虎鹿镇、三单乡,较丰富零散分布于歌山镇、南市街道;有机质含量低于 20.0 g/kg 占农田总面积的 44.83%,其较缺乏、缺乏占 39.68%、5.15%;从图 2(b)显示较缺乏、缺乏具分带出现,沿东阳江、白溪江的两岸,尤以巍山镇有机质含量低于 10.0 g/kg 分布最广,与吴忌等^[18]研究的结果是一致。

农田土壤中全氮含量的平均值为 1.38 g/kg,是金华市土壤背景值的 1.2 倍,表明东阳市农田氮肥施入量较多,使土壤中呈现富集;从图 2(c)和表 5 可以看出,全氮含量在 1.0~2.0 g/kg 之间占农田总面积 72.89%,属于中等;全氮含量高于 2.0 g/kg 占农田总面积 7.27%,其丰富、较丰富占 0.82%、6.45%,零散分布于佐村镇、湖溪镇、南马镇等地;全氮含量低于 1.0 g/kg 占农田总面积 19.83%,其缺乏、较缺乏占 18.31%、1.52%,呈零散分布全区,其中城东街道呈现小片集中分布地块。

农田土壤中全磷含量的平均值为 0.59 g/kg,高于金华市土壤背景值 1.3 倍。从图 2(d)和表 5 可知,全磷含量小于 0.6 g/kg 占农田总面积 62.62%,属于较缺乏—缺乏;全磷含量高于 0.8 g/kg 占农田总面积 18.54%;属于丰富和较丰富占 9.92% 和 8.57%,主要集中分布于佐村镇、千祥镇。



(a) 土壤 pH 空间分布图: 1—>8.5, 2—7.5~8.5, 3—6.5~7.5, 4—5~6.5, 5—<5; (b) 土壤中有机质含量空间分布图: 1—>50, 2—40~50, 3—20~40, 4—10~20, 5—<10; (c) 土壤中全氮含量空间分布图: 1—>2.5, 2—2.0~2.5, 3—1~1.2, 4—0.5~1.0, 5—<0.5; (d) 土壤中全磷含量空间分布图: 1—>1.0, 2—0.8~1.0, 3—0.6~0.8, 4—0.4~0.6, 5—<0.4; (e) 土壤中全钾含量空间分布图: 1—>25, 2—20~25, 3—15~20, 4—10~15, 5—<10; (f) 土壤养分等级空间分布图: 1—一等, 2—二等, 3—三等, 4—四等, 5—五等。

图 2 东阳市土壤养分含量和土壤养分等级空间分布图

表 5 土壤养分等级统计

土壤养分等级	含义	有机质		全氮		全磷		全钾		$f_{养综}$	
		面积/ hm^2	占比/%								
一等	丰富	17.41	0.06	258.93	0.82	3135.86	9.97	10149.74	32.28	60.85	0.19
二等	较丰富	137.92	0.44	2029.13	6.45	2694.77	8.57	9047.16	28.78	4353.06	13.85
三等	中等	17188.75	54.67	22915.00	72.89	5921.30	18.83	7959.45	25.32	17546.22	55.81
四等	较缺乏	12474.27	39.68	5757.62	18.31	10371.12	32.99	3551.53	11.3	9436.05	30.01
五等	缺乏	1619.80	5.15	477.45	1.52	9314.13	29.63	730.25	2.32	41.94	0.13
总计		31438.13	100	31438.13	100	31438.13	100	31438.13	100	31438.13	100

农田土壤中全钾含量的平均值为 21.83 g/kg,

属于中等, 低于金华市土壤背景值的 1.2 倍。从图 2(e)和表 5 可知, 全钾含量 15~20 g/kg 之间占农田总面积 25.32%; 全钾含量高于 20 g/kg 占农田总面积 61.06%, 其丰富和较丰富占比 32.28% 和 28.78%; 全钾含量低于 15 g/kg 占农田总面积 13.62%, 其缺乏和较缺乏占比 11.3% 和 2.32%, 主要分布于巍山镇、六石街道等地, 缺乏区主要分布于佐村镇。

2.3 土壤养分的综合评价等级

通过土壤养分综合评价统计(表 4、表 5), 其中养分综合最高值为 4.8, 最低值为 1.2, 综合平均得分为 2.82, 根据表 3 等级划分所示; 其中土壤养分综合得分 3.5~4.5 之间占农田总面积 13.85%, 属于二等(较丰富), 2.5~3.5 之间占农田总面积 55.81%, 属于三等(中等), 1.5~2.5 分之间占农田总面积 30.01%, 属于四等(较缺乏), 结果表明农田土壤养分总体为三等(中等)水平。如图 2(f)所示, 巍山镇北部、佐村镇东北部、千祥镇、马宅镇一带土壤养分较丰富, 可依据地形地貌因地制宜地开展农业种植; 江北街道—六石街道—巍山镇和西南部的画溪镇—南市街道—南马镇一带的土壤养分含量以较缺乏为主, 城东街道有部分农田土壤养分含量为缺乏, 需补充养分元素。

3 讨论

3.1 不同土壤类型对土壤养分的影响

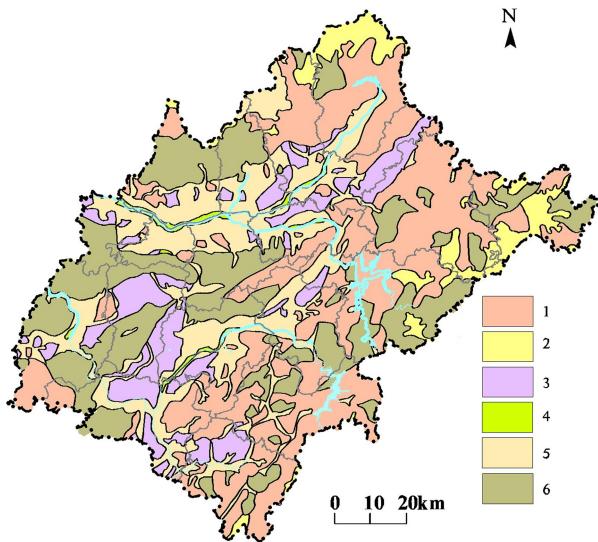
东阳市土壤类型主要有水稻土、粗骨土、紫色土、红壤、其他土壤(包括黄壤和潮土)如图 3 所示, 潮土主要分布于东阳江、白溪流域两岸零星散布, 黄壤主要分布巍山北部及三单乡东部。本次采集的土壤样各土壤类型均有分布, 研究将采集的土壤以红壤、粗骨土、紫色土和水稻土为主, 不同类型的土壤养分含量特征如表 6 所示。

表 6 土壤类型的养分含量特征

土壤类型	样品数	项目	pH	有机质	全氮	全磷	全钾	$f_{养综}$
水稻土	1677	平均值	5.57	22.4	1.38	0.67	21.66	3.2
		最大值	7.68	74.13	13.2	3.57	24.5	4.8
		最小值	4.77	3.33	0.15	0.5	8.8	1.4
		变异系数	23.5	43.55	31.4	60.2	12.5	21.0
红壤	788	平均值	5.38	21.06	1.15	0.76	18.5	3.0
		最大值	6.89	53.96	1.2	3.13	45.3	4.6
		最小值	3.69	3.52	0.17	0.7	4.4	1.4
		变异系数	24.9	44.19	35.1	61.2	29.8	22.73
紫色土	650	平均值	5.57	20.81	1.16	0.51	19.35	2.8
		最大值	9.117	45.56	2.1	2.58	37.6	4.6
		最小值	4.56	3.98	0.19	0.09	14.7	1.2
		变异系数	30.15	23.77	31.9	61.4	23.8	24.8
粗骨土	356	平均值	5.20	19.89	1.19	0.54	19.9	2.6
		最大值	6.75	38.67	2.36	1.68	24.1	4.4
		最小值	4.32	4.58	0.18	0.4	5.2	1.0
		变异系数	22.8	35.64	40.2	55.9	25.3	22.0
黄壤	78	平均值	4.47	17.56	1.15	0.54	19.6	2.6
		最大值	6.34	30.25	2.3	1.55	25	4.4
		最小值	4.21	3.98	0.13	0.1	5.7	1.0
		变异系数	27.3	24.12	37.9	63.7	23.7	30.73
潮土	52	平均值	5.63	20.54	1.02	0.46	21.79	2.8
		最大值	6.79	40.89	2.37	0.92	35.0	4.2
		最小值	5.26	5.64	0.68	0.21	5.5	1.4
		变异系数	21.36	23.47	38.3	39.3	13.5	16.8

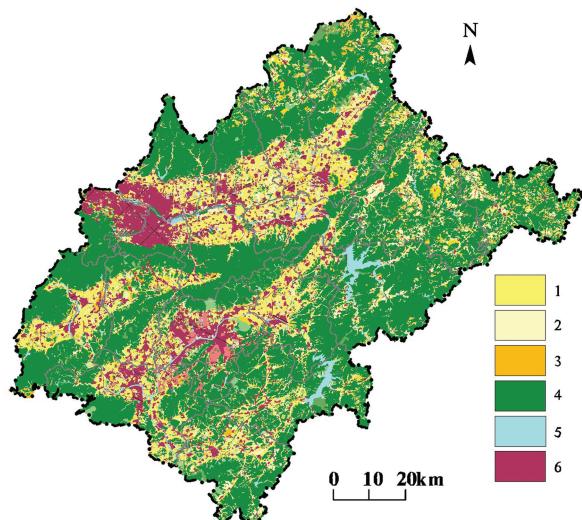
注:pH、 $f_{养综}$ 为无量纲; 有机质、全氮、全磷、全钾含量单位为 g/kg; 变异系数的单位为%。

从表 6 可以看出, 土壤 pH 4.47~5.63, 黄壤平均值最低; 有机质含量平均值水稻土>红壤>紫色土>潮土>粗骨土>黄壤, 水稻土中有机质和全氮的平均含量均高于其他类型土壤, 由于水稻土主要分布集中连片区域, 表层轮耕秸秆还田和氮肥施肥量较大, 从而水稻土中有机质和全氮有一定的累积^[19~20]; 东阳市农田土壤中全磷呈缺乏现状, 主要地质背景和磷肥施用量不足存在一定关系, 另一方面与土壤 pH 有关; 东阳市农田土壤酸化总体较严重, 酸化土壤与磷酸根发生反应, 产生不溶物体, 与唐高霞等^[21]研究结果一致; 土壤中全钾含量总体处于较丰富—丰富水平, pH 与钾含量又存在一定关



1—红壤;2—黄壤;3—紫色土;4—潮土;5—水稻土;6—粗骨土。

图 3 土壤类型分布图



1—水田;2—旱地;3—园地;4—林地;5—水域;6—其他用地。

图 4 土地利用现状图

系,不同土壤类型 pH 增加,则速效钾含量减少^[22]。

3.2 土地利用现状对土壤养分的影响

根据第三次国土调查土地利用现状,将采集的土壤样点位置筛选,主要分为水田、旱地、园地和林地,不同土地利用现状的土壤养分营养元素含量的结果如表 7、图 4 所示,全市耕地的土壤平均酸碱度呈酸性;从不同土地利用现状分析,有机质平均含量最高为水田,其次为园地,林地最低;全氮平均含量最高为水田,其次为旱地,林地最低;全磷平均含量最高水田、园地,其次为旱地,林地最低;全钾平均含量最高林地,其次为水田,园地为最低。

土壤有机质是养分的重要来源,不同土地利用现状会影响土壤养分变化的差异,影响土壤肥力,有机质的分解与转化,与李东等^[23]研究结果一致。由表 7 可以看出,水田有机质含量最高,平均值 21.94 g/kg;园地次之,平均含量 20.75 g/kg;旱地平均含量 18.95 g/kg,林地最低,平均含量 14.36 g/kg。主要水田残留的根茬转化成有机质,土壤有机质在长期淹育下分解较慢,促进土壤中的铁、锰与有机质螯合^[24-25]。东阳市园地主要分布在坡度较缓地带,土质多为红壤,土壤孔隙度适中,透气透水性较好,保水保肥能力较强,养分含量较高,该区域主要种植冬枣、香榧等特色农业,园地表土枯枝落叶及植物根系归还,有机质含量较高;从实地调查结果来看,过度开挖坡面易水土流失,不利于速效氮和有机质的有效利用,保水保肥能力减弱;需关注土壤中有机质和全氮的土壤养分地球化学等级状况,引入水肥一体化设施,借助滴灌将水和无机肥直接运输到冬枣、香榧根系最发达的地方,有效提高肥料利用^[26-27];旱地由于不集中连片,轮番耕作较少,主要种植旱作物,以砂壤土为主,土壤通气条件较好,不易保水保肥能力;林地有机质主要来源枯枝落叶腐化,由于风化层(土壤)较薄紧实,导致表层土壤有机质流失,因此有机质含量低。

表 7 土地利用现状的土壤养分含量特征

土壤利用现状	样品数	项目	pH	有机质	全氮	全磷	全钾	$f_{养综}$
水田	2411	平均值	5.31	21.94	1.43	0.59	21.85	2.8
		最大值	8.66	45.84	3.53	3.57	45.8	5.0
		最小值	3.69	2.41	0.17	0.096	6.0	1.0
		变异系数	10.1	29.94	28.6	54.6	25.3	20.58
旱地	618	平均值	5.38	18.95	1.39	0.56	21.68	2.8
		最大值	8.72	45.84	2.5	2.76	45.3	4.6
		最小值	3.76	0.98	0.13	0.36	4.4	1.0
		变异系数	15.4	35.15	34.8	60.0	31.5	20.73
园地	298	平均值	5.45	20.75	1.36	0.59	19.8	3.0
		最大值	9.17	74.13	13.2	2.99	42.0	5.0
		最小值	4.01	0.98	0.19	0.1	5.2	1.2
		变异系数	17.3	31.42	44.0	66.0	29.5	70.67
林地	274	平均值	5.38	14.36	0.96	0.53	24.3	2.4
		最大值	8.34	36.3	3.36	2.99	45.1	4.4
		最小值	4.17	1.35	0.16	0.102	5.37	1.0
		变异系数	12.8	73.56	46.6	66	28.4	37.45

注:pH、 $f_{养综}$ 为无量纲;有机质、全氮、全磷、全钾含量单位为 g/kg;变异系数的单位为%。

3.3 相关性分析

通过 pH、土地利用现状、土壤类型与农田土壤

养分之间相关性分析,分析结果如表 8 所示。从表 8 中可以看出 pH 与有机质、全氮为负相关性,相关系数分别为 0.399、0.026;pH 与全磷、全钾为弱相关性;这与秦川等^[28]的研究相一致。土壤中有机质、全氮、全磷与全钾之间呈现弱负相关关系,相关系数分别为 0.431、0.088、0.198;土壤中全氮与全钾之间呈现负相关关系,与土壤类型、土地利用现状呈现强相关关系,与张玉斌等^[29]研究观点一致,认为土壤中的氮素主要受人类的耕作影响。全磷与土壤类型为弱相关,与土地利用现状为强相关关系,全钾与土壤类型弱相关,与土地利用现状为负相关关系,这与廖晓勇等^[30]研究一致,认为土壤中磷含量受地质背景、耕作、侵蚀的影响;而土壤中钾含量除受耕作、施肥量等影响外,与成土母质和成土条件存在相关关系。

表 8 土壤养分相关性分析结果

指标	pH	有机质	全氮	全磷	全钾	$f_{\text{养综}}$
pH	1					
有机质	-0.399	1				
全氮	-0.026	0.620	1			
全磷	0.19	0.433	0.572	1		
全钾	0.228	-0.431	-0.088	-0.198	1	
$f_{\text{养综}}$	0.483	0.823	0.576	0.666	-0.353	1
土壤类型	0.879	0.458	0.746	0.192	0.284	0.626
土地利用现状	0.718	0.943	0.833	0.996	-0.995	0.756

注:pH、 $f_{\text{养综}}$ 为无量纲;有机质、全氮、全磷、全钾含量单位为 g/kg;变异系数的单位为%。

4 结论

(1)东阳市农田土壤主要呈酸性;土壤中有机质、全氮、全钾含量的平均值分别为 20.98 g/kg、1.38 g/kg、21.83 g/kg,均属于中等;全磷含量的平均值 0.59 g/kg,为较缺乏。

(2)东阳市农田土壤与金华市土壤背景值比较,东阳市农田土壤中全氮、全磷呈现富集,全钾普遍偏低现象;与全国土壤背景对比东阳市土壤酸化严重,而有机质明显偏低,因此,应适当控制氮磷肥的投入,确保钾肥、有机肥的施用量。

(3)东阳市农田土壤养分综合评价总体为中等,占农田总面积 55.81%;较缺乏占农田总面积 30.01%,缺乏占农田总面积 0.13%;结果表明东阳市农田土壤养分综合总体处于中等、较缺乏的状况,应在缺乏、较缺乏农田补充营养元素。

(4)东阳市农田土壤养分影响,土壤类型中有机质含量平均值水稻土>红壤>紫色土>潮土>粗骨土>黄壤;土地利用现状中水田土壤有机质含量最高,园地次之,林地最低。

(5)东阳市农田土壤养分与土壤类型、土地利用现状等存在一定的关系;土壤中有机质、全氮、全磷与全钾呈弱负相关关系,全氮与土壤类型、土地利用现状呈强相关关系;全钾与土壤类型弱相关关系,与土地利用现状负相关关系;土壤中的磷受地质背景、耕作的影响;而土壤中的钾除耕作、施肥量等影响外,与成土母质和成土条件存在关系。

参考文献:

- 胡红军,余干干. 安徽省砀山县葛集镇土地质量地球化学评价[J]. 山东国土资源,2023,39(10):38-45.
- 唐裕莹,吴云青,密长林,等. 大都市区耕地非农化的时空跃迁特征分析:以天津市为例[J]. 山东国土资源,2024,40(11):63-72.
- 陈自然,刘卫,李霞,等. 河北坝上高原如意河流域上游地区土壤养分调查与评价[J]. 矿产勘查,2022,13(9):1376-1383.
- 沈玥,李倩怡,赵文慧,等. 东海县农田土壤养分状况与肥力评价[J]. 河南农业科学,2023,52(12):77-87.
- 多目标区域地球化学调查规范(1:250000)[S]. 中国地质调查局,2014.
- 鲍士旦. 土壤农化分析(3 版)[M]. 北京:中国农业出版社,2000.
- 中华人民共和国农业部. 土壤检测第 20 部分:土壤微团聚体组成的测定:NY/T 1121.20-2008[S]. 北京:中国标准出版社,2008.
- 生态地球化学样品分析技术要求[S]. 中国地质调查局,2005.
- 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/T0295-2016[S]. 北京:中国标准出版社,2016.
- 土地质量地质调查规范:DB33/T 2224-2019[S]. 浙江省市场监督管理局,2019.
- 李放,魏建林,徐洪明,等. 东阿县县域耕地土壤养分空间分布状况[J]. 中国农学通报,2016,32(36):125-135.
- 黄春雷,龚日祥,宋明义,等. 浙江金华地区农业地质学研究[M]. 北京:科学出版社,2016.
- 董岩翔,褚先尧,黄春雷. 浙江省土地质量地球化学调查研究[M]. 杭州:浙江科学技术出版社,2020.
- 中国环境监测总站. 中国土壤元素背景值[M]. 北京:中国环境科学出版社,1990.
- 李冰. 蔬菜施肥中存在的问题及解决措施[J]. 天津农林科技,2014(1):8.
- 黄东荣,聂文昌,张旭,等. 东阳市农田土壤和农作物重金属污染评价及相关性分析[J]. 中国农学通报,2024,40(17):56-62.

- [17] 李莎,胡自远,张永帅,等.山东省临沭县北部土壤养分特征及综合肥力评价[J].山东国土资源,2023,39(3):88-95.
- [18] 吴忌,张彩香,许佳薇,等.于都县农业土壤养分调查与评价[J].安全与环境工程,2021,28(4):88-94.
- [19] 姚卫举,牟晓杰,万斯昂,等.不同土地利用方式土壤碳、氮、磷、硫含量及其生态化学计量特征[J].江苏农业科学,2023,51(17):231-239.
- [20] 张晗,欧阳真程,赵小敏,等.江西省不同农田利用方式对土壤碳、氮和碳氮比的影响[J].环境科学学报,2018,38(6):2486-2497.
- [21] 唐高霞,金春花.土壤酸碱度对蔬菜生长的影响[J].吉林农业,2006(1):27.
- [22] 高维常,袁玉波,潘首慧,等.贵州烟田不同土壤类型 pH 和速效钾含量分布特征[J].中国农学通报,2023,39(10):88-94.
- [23] 李东,王子芳,郑杰炳,等.紫色丘陵区不同土地利用方式下土壤有机质和全量氮磷钾含量状况[J].土壤通报,2009,40(2):310-314.
- [24] 林建平,邓爱珍,赵小敏,等.南方典型丘陵山区不同高程耕地土壤养分变化特征分析[J].农业机械学报,2019,50(5):300-309.
- [25] 刘杰,张杨珠,罗尊长,等.湘南丘岗红壤地区土壤肥力质量指标的空间变异特征[J].湖南农业大学学报(自然科学版),2012,38(1):96-101.
- [26] 吴玉蓉,张栋梅,崔钰雪,等.三种生长调节剂对设施冬枣新梢生长及果实品质的影响[J].湖北农业科学,2024,63(1):96-101.
- [27] 刘艾涛,叶碧欢,陈友吾,等.香榧藻斑病原的分离鉴定及防治药剂筛选[J].林业科学,2024,60(1):111-119.
- [28] 秦川,何丙辉,蒋先军.三峡库区不同土地利用方式下土壤养分含量特征研究[J].草业学报,2016(1):10-19.
- [29] 张玉斌,吴发启,曹宁,等.泥河沟流域不同土地利用土壤养分分析[J].水土保持通报,2005(2):23-26.
- [30] 廖晓勇,陈治谏,刘邵权,等.三峡库区小流域土地利用方式对土壤肥力的影响[J].生态环境,2005(9):99-101.

Spatial Distribution Characteristics and Correlation Analysis of Soil Nutrients in Farmland of Dongyang City in Zhejiang Province

HUANG Dongrong, ZHANG Xu, NIE Wenchang, XIA Ming, LIU Siyue, DONG Xuezhen

(Basic Geoloical Survey Institute of Jiangxi Geological Survey and Exploration Institute, Jiangxi Nonferrous Geological Mineral Exploration and Development Institute, Jiangxi Nanchang 330030, China)

Abstract: In order to better understand geochemical levels of soil nutrients in farmland of Dongyang city, 3601 soil samples have been collected from the surface layer of 0~20cm in 18 townships and streets in Dongyang city. By using chemical analysis, pH, soil organic matter, total nitrogen, total phosphorus and total potassium content of the soil have been determined. It is indicated that the pH value of farmland soil in Dongyang city is generally acidic, and the coefficient of variation of soil organic matter, total nitrogen, total phosphorus and total potassium content is less than 50%, which belong to moderate variability. The spatial distribution characteristics and influencing factors of soil nutrients in farmland in Dongyang city are affected by soil type, land use patterns and other factors. The average content of soil organic matter, total nitrogen, total phosphorus and total potassium are 20.98 g/kg, 1.38 g/kg, 0.59 g/kg and 21.83 g/kg respectively. Dongyang city is the third and fourth grade soil zones with a total area of 26982.27 hm², and account for 85.82% of the total area. It is indicated that the surface soil nutrients in Dongyang city are generally in a moderate and relatively deficient state. There is a weak negative correlation between organic matter, total nitrogen, total phosphorus, and total potassium in soil. Total nitrogen is strongly correlated with soil type and land use status, while total potassium is weakly correlated with soil type and negatively correlated with land use pattern. It is believed that the phosphorus content in farmland soil in Dongyang city is generally low. It is influenced by geological background, cultivation and erosion, while the potassium content is not only affected by cultivation and fertilization, but also related to the parent material and soil forming conditions.

Key words: Soil Nutrient; spatial distribution; geochemistry; Dongyang city in Zhejiang province