

# 广东省韶关地区主要养分指标 农业地球化学评价

叶素琪

广东省化工地质勘查院, 广东 广州  
Email: 414969090@qq.com

收稿日期: 2021年8月19日; 录用日期: 2021年9月16日; 发布日期: 2021年9月23日

---

## 摘要

通过分析统计“韶关市土壤环境背景值调查”项目表层土壤数据,对韶关全区氮、磷、钾、有机质、钙、镁、硫等主要的养分指标进行丰缺评价。结果表明,韶关市土壤中钾、硫等养分较丰富,缺乏磷、有机质、氧化钙、氧化镁等养分,尤其是有机质、氧化钙、氧化镁缺乏严重。并结合不同成土母质特点,研究对比各母质主要养分指标状况,为该区农业发展提供科学依据。

## 关键词

养分指标, 韶关地区, 丰缺评价, 成土母质

---

# Agricultural Geochemical Evaluation of Major Nutrient Indicators in Shaoguan Area, Guangdong Province

Suqi Ye

Guangdong Chemical Geological Survey Institute, Guangzhou Guangdong  
Email: 414969090@qq.com

Received: Aug. 19<sup>th</sup>, 2021; accepted: Sep. 16<sup>th</sup>, 2021; published: Sep. 23<sup>rd</sup>, 2021

---

## Abstract

A statistical analysis was conducted to evaluate the abundance and deficiency of major nutrient

indicators such as nitrogen, phosphorus, potassium, organic matter, calcium, magnesium and sulfur in the whole Shaoguan region. The results show that Shaoguan soil is rich in nutrients such as potassium and sulfur, but lacking in phosphorus, organic matter, calcium oxide, magnesium oxide and other nutrients. Especially, there is a serious deficiency of organic matter, calcium oxide and magnesium oxide. The study also combines the characteristics of different soil-forming parent materials and compares the status of the main nutrient indicators of each parent material and provides a scientific basis for the agricultural development of the area.

## Keywords

Nutrient Index, Shaoguan Area, Abundance and Deficiency Evaluation, Soil-Forming Parent Material

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

早在 1953 年, Dengog C.E. 学者首次提出了“土壤质量”此概念。而 1976 年联合国粮农组织(FAO)出版的“土地评价纲要”更是土地评价方法的一个里程碑[1] [2]。自 1930 年以来我国的土壤质量地球化学调查工作已经从起步阶段迈入高速发展阶段[3]。近 30 年来,国内外土壤地球化学评价的研究资料大大增加,生态农业已成为国家发展和竞争力提升的重要影响因素之一[4] [5] [6]。

土壤质量地球化学评价是农业生产可持续发展的重要的科学支撑和依据。土壤养分是植物生长所需且主要依靠土壤提供的营养元素[7] [8] [9]。土壤养分是土壤肥力的重要物质基础,也是植物营养元素的主要来源,因此,土壤养分的丰缺及分布特征是评价土壤肥力的重要内容之一。因此,对韶关地区土壤的养分指标进行地球化学评价,研究对比各成土母质主要养分指标状况,能有效完善韶关市农业的布局与发展[10] [11] [12] [13] [14]。

## 2. 区域地质概况

研究区位于广东省北部,东起南雄市界址镇界址村,西至乐昌市三溪镇丫告岭村,全境东西跨度约 186.3 公里;北止乐昌市白石镇三界圩村,南至新丰县马头镇路下村,南北直线跨度约 173.4 公里。全市土地面积约 1.84 万平方公里,交通方便,有京广铁路、武广高铁、京珠高速公路等南北方向贯通,四条国道 105、106、107 及 323 贯穿全境。总体地势北高南低,山峦起伏,高峰耸立,中低山广布。

韶关地区的成土岩母质可归纳为岩浆岩类、沉积岩类、变质岩类及近代沉积物 4 大类。岩浆岩类以侵入岩类的花岗岩分布最广,构成韶关地区山地的主要骨架。沉积岩类在韶关地区分布广泛,主要有砂页岩类、红色砂岩、页岩、砾岩类,紫色钙质砂岩、页岩、砾岩类,石灰岩类,以及第四纪红色粘土。变质岩类分布较为分散,面积不大,主要为片岩,其次为板岩、千枚岩、石英岩、大理岩等,零星出露于山地丘陵区。近代沉积物主要有河流冲积物、洪积物、冲积洪积物和坡积物等。调查区土壤以红壤分布面积最为广泛,其次为黄壤、水稻土和石灰土,其余土类分布面积均积较小。全市土地利用现状中以农用地为主,面积 1,686,011 公顷,占土地总面积的 91.70%,建设用地面积 69,126 公顷,占全市土地总面积的 3.77%,其他土地面积 83,364 公顷,比重相对较小,仅占全市土地面积的 4.53%。

### 3. 样品采集与分析

#### 3.1. 样品采集

参照中国地质调查局《多目标区域地球化学调查规范(1:25 万)》(DZ/T0258-2014) [15]要求,在样品布设时,主要考虑采样小格地形地貌、土地利用等,以具有代表性为主要原则,兼顾空间分布均匀性和合理性,分一般区和放稀区进行分别布设,分别采集表层土壤和深层土壤。表层土壤采样密度为 1 点/4~8 km<sup>2</sup> (采样深度为 0~20 cm),深层土壤样采样密度为 1 个/16~32 km<sup>2</sup> (采样深度为 1.5~2.0 m)。全区共采集表层土壤样 4006 件、深层土壤样 1023 件,表层、深层土壤调查面积 18,412 km<sup>2</sup>。

#### 3.2. 分析测试

表层土壤、深层土壤样品采用单样分析,共测定 54 项指标。有机碳、总碳分别采用 VOL、高频红外(HFIR)法测定。样品的分析质量控制系统选择了以 XRF (X 射线荧光光谱仪)、ICP-MS (等离子体质谱仪)和 ICP-OES (等离子体光学发射光谱仪)为主体,结合其他先进灵敏的专项分析仪器所组成。在本项目测试任务过程中,同步测试的国家一级标准物质、监控样分析的对数标准偏差合格率全部达到了 100%,每组监控样的标准差( $\lambda$ )均满足“规范”要求,全图幅元素报出率、重复性检验和异常点抽查合格率满足“规范”、“技术要求”要求。分析方法可行,检出限符合设计要求,合格率均大于 95%,达到规定要求。元素分析的准确度和精确度均在规范规定要求标准内,分析质量的可靠的,分析数据准确。

### 4. 土壤养分地球化学等级划分方法

#### 4.1. 划分标准

本次评价标准参照土地质量地球化学评价规范(DZ/T0295-2016) [16],土壤中有有机质、氮、磷、钾等养分指标的分级标准见表 1,而钙、镁、硫等养分指标分级标准值见表 2。

**Table 1.** Criteria for classifying the full amount of soil N, P, K and organic matter nutrient indicators

**表 1.** 土壤 N、P、K 和有机质养分指标全量等级划分标准

指标	一级	二级	三级	四级	五级
	丰富	较丰富	中等	较缺乏	缺乏
全氮(mg/kg)	>2000	1500~2000	1000~1500	750~1000	≤750
全磷(mg/kg)	>1000	800~1000	600~800	400~600	≤400
全钾(%)	>2.5	2.0~2.5	1.5~2.0	1.0~1.5	≤1.0
有机质(%)	>4.0	3.0~4.0	2.0~3.0	1.0~2.0	≤1.0

**Table 2.** Criteria for the classification of soil Ca, Mg, S and other nutrient indicators

**表 2.** 土壤 Ca、Mg、S 等养分指标划分标准

指标	一级	二级	三级	四级	五级
	丰富	较丰富	中等	较缺乏	缺乏
氧化钙(%)	>5.54	2.68~5.54	1.16~2.68	0.42~1.16	≤0.42
氧化镁(%)	>2.16	1.72~2.16	1.20~1.72	0.70~1.20	≤0.7
硫(μg/g)	>343	270~343	219~270	172~219	≤172

#### 4.2. 划分方法

按照表 1 和表 2 的土壤养分分级标准,进行土壤单指标养分地球化学等级划分。

在氮、磷、钾土壤单指标养分地球化学等级划分基础上, 计算土壤养分地球化学综合得分  $f_{\text{养综}}$ , 公式如下:

$$f_{\text{养综}} = \sum_{i=1}^n K_i f_i \quad [16] \quad (1)$$

式(1)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, 单指标评价结果为五等、四等、三等、二等、一等时对应的  $f_i$ 得分分别为 1 分、2 分、3 分、4 分、5 分。土壤养分地球化学综合等级划分见表 3。

**Table 3.** Comprehensive geochemical classification of soil nutrients  
**表 3.** 土壤养分地球化学综合等级划分表

等级	一等	二等	三等	四等	五等
$f_{\text{养综}}$	$\geq 4.5$	4.5~3.5	3.5~2.5	2.5~1.5	$< 1.5$
含义	丰富	较丰富	中等	较缺乏	缺乏

## 5. 养分指标农业地球化学评价

### 5.1. N、P、K、有机质丰缺评价

统计结果显示, 调查区土壤氮含量范围在 111~9842 mg/kg 之间, 平均含量为 1206 mg/kg, 是中国土壤平均含量(640 mg/kg)的 1.88 倍(表 4)。丰缺评价结果显示(表 5), 调查区以三级土壤为主, 分布面积为 10,941 km<sup>2</sup>, 占调查区总面积的 59.42%, 主要分布在新丰县、翁源县、仁化县、韶关市南部等地区; 一、二级(丰富)土壤面积为 4017 km<sup>2</sup>, 占总面积的 21.82%, 主要分布在乳源瑶族自治县、乐昌市西部及始兴县南部, 其它地区有零星分布; 低于四级(贫乏)的土壤面积为 3454 km<sup>2</sup>, 占总面积的 18.76%, 主要分布在南雄盆地、仁化县东南部大桥镇 - 黄坑镇及翁源县北部江尾镇等地(见图 1)。

调查区土壤磷平均含量为 520 mg/kg, 与中国土壤平均含量(520 mg/kg)持平。区内土壤磷含量分布较不均匀, 其含量范围为 62~2781 mg/kg, 土壤磷含量低于 600 mg/kg (缺乏)的样点占 66%。按照土地质量地球化学评价规范土壤中磷全量分级标准(表 1)进行的丰缺评价结果显示(表 5), 调查区土壤磷较为缺乏, 低于四级的土壤面积达 12,116 km<sup>2</sup>, 占调查区总面积的 65.8%, 调查区各个市县均有分布, 其中乳源、仁化、新丰缺乏较严重; 富磷土壤(一级、二级)分布面积仅为 1251 km<sup>2</sup>, 占总面积的 6.79%, 主要分布在曲江、乐昌市周边及北部山区、翁源县南部(见图 2)。

调查区 K<sub>2</sub>O 平均含量为 2.89% (表 4), 高于中国土壤平均含量(2.5%)。区内 K<sub>2</sub>O 变差较大, 变化范围为 0.40%~7.28%, 最大值是最小值的 18 倍之多。根据土地质量地球化学评价规范钾全量分级标准(表 1), 对调查区表层土壤钾丰缺进行评价, 结果显示(表 5), 调查区一、二级(丰富)土壤面积为 10,122 km<sup>2</sup>, 占调查区总面积的 54.97%, 主要分布在乐昌 - 仁化 - 始兴北部山区、乳源西南部、翁源县北部及新丰西部, 与区内花岗岩类分布极为吻合。三级(适中)土壤总面积为 5321 km<sup>2</sup>, 占调查区总面积的 28.90%。但也有部分地区土壤 K 含量较贫乏(低于四、五级标准), 这部分土壤面积为 2969 km<sup>2</sup>, 占调查区总面积的 16.13%, 主要分布在韶关市北侧犁市镇及东侧、乐昌市西部, 其它地方有零星分布(见图 3)。

值的 267 倍多。丰缺评价结果表明(表 5), 调查区内土壤有机质以四级土壤分布面积最广, 达 9845 km<sup>2</sup>, 占调查区总面积的 53.47%, 在调查区内成片分布; 有机质极为缺乏的土壤(五级)分布面积为 4696 km<sup>2</sup>, 调查区有机碳平均含量为 1.33%, 含量范围为 0.06%~16.03%, 区内分布十分不均匀, 最大值是最小占调查区面积的 25.50%, 多分布在南雄盆地、仁化南部及翁源县东西两侧; 有机质较丰富(一、二级)的土壤

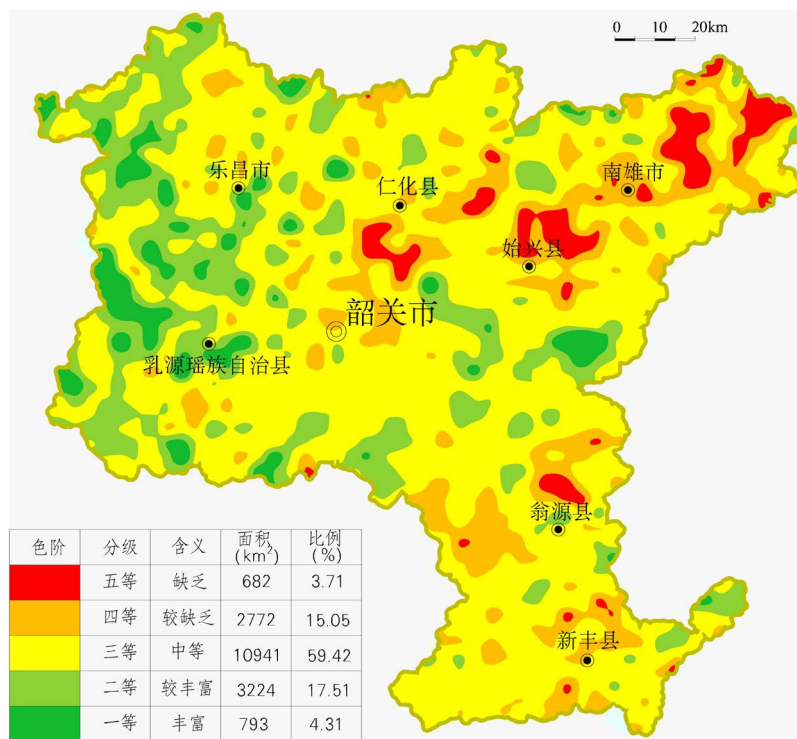
**Table 4.** Descriptive statistics of soil N, P, K and organic carbon content in the survey area  
**表 4.** 调查区土壤 N、P、K、有机碳含量描述性统计

元素	样本数	平均含量		含量范围	变异系数(%)	频数统计量			分布形态	中国土壤平均含量
		算数均值	几何均值			X25%	X50%	X75%		
N	3833	1206	1109	111~9842	0.50	878	1182	1533	偏态	640
P	3847	520	473	62~2781	0.49	363	499	673	偏态	520
K <sub>2</sub> O	3966	2.89	2.57	0.40~7.28	0.47	1.84	2.56	3.96	偏态	2.5
OrgC	3808	1.33	1.20	0.06~16.03	0.61	0.92	1.29	1.75	偏态	0.60

注: N、P, mg/kg; K<sub>2</sub>O、OrgC, %。

**Table 5.** Grading statistics of soil essential macronutrient content  
**表 5.** 土壤必需大量营养元素含量分级统计表

元素	等级	一等	二等	三等	四等	五等
	含义	丰富	较丰富	中等	较缺乏	缺乏
K	面积(km <sup>2</sup> )	6745	3377	5321	2718	251
	比例(%)	36.63	18.34	28.90	14.76	1.36
N	面积(km <sup>2</sup> )	793	3224	10941	2772	682
	比例(%)	4.30	17.51	59.42	15.05	3.71
有机质	面积(km <sup>2</sup> )	53	873	2944	9845	4696
	比例(%)	0.29	4.74	15.99	53.47	25.50
P	面积(km <sup>2</sup> )	164	1087	5046	9010	3105
	比例(%)	0.89	5.90	27.40	48.94	16.86



**Figure 1.** Distribution of soil nitrogen abundance and deficiency in Shaoguan City  
**图 1.** 韶关市土壤氮元素丰缺分布图



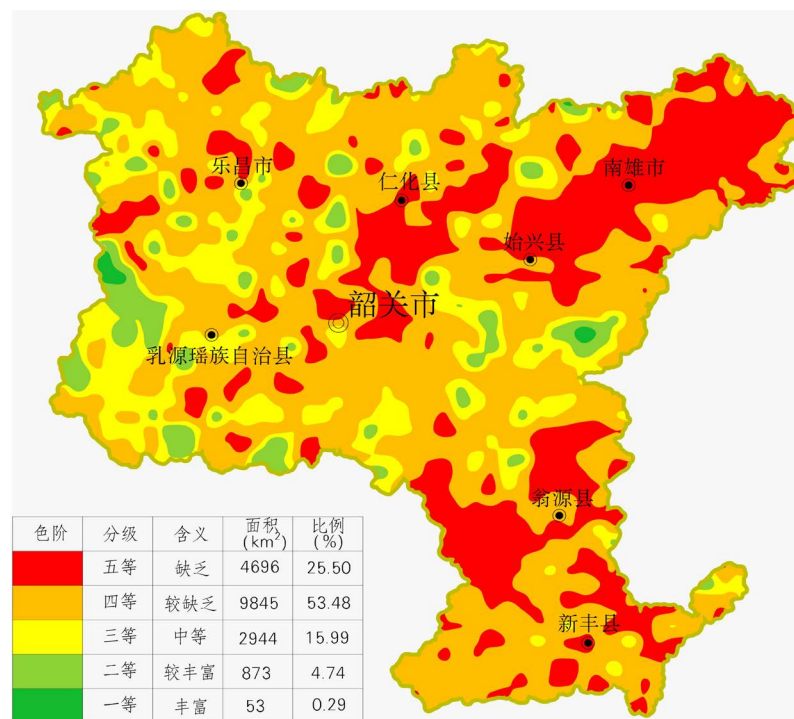


Figure 4. Distribution of soil organic matter in Shaoguan

图 4. 韶关市土壤有机质丰缺分布图

在区内分布较少, 面积仅为 927 km<sup>2</sup>, 占调查区总面积的 5.03%, 主要分布在乳源南水水库西北部、始兴罗坝镇南部, 其它地区有零星分布(见图 4)。

上述评价结果显示, 调查区土壤钾含量相对较丰富, 有 54.97% 的土壤为一、二级土壤, 但也有 16.13% 的土壤钾含量较缺乏, 相对而言, 氮含量较适中, 而磷、有机质含量则非常缺乏, 缺乏土壤面积比例分别为全区总面积的 65.80% 和 78.98%。

## 5.2. Ca、Mg、S 丰缺程度评价

本次评价标准参照土地质量地球化学评价规范(DZ/T0295-2016), 对 Ca、Mg、S 元素进行丰缺评价, 评价结果见表 7。

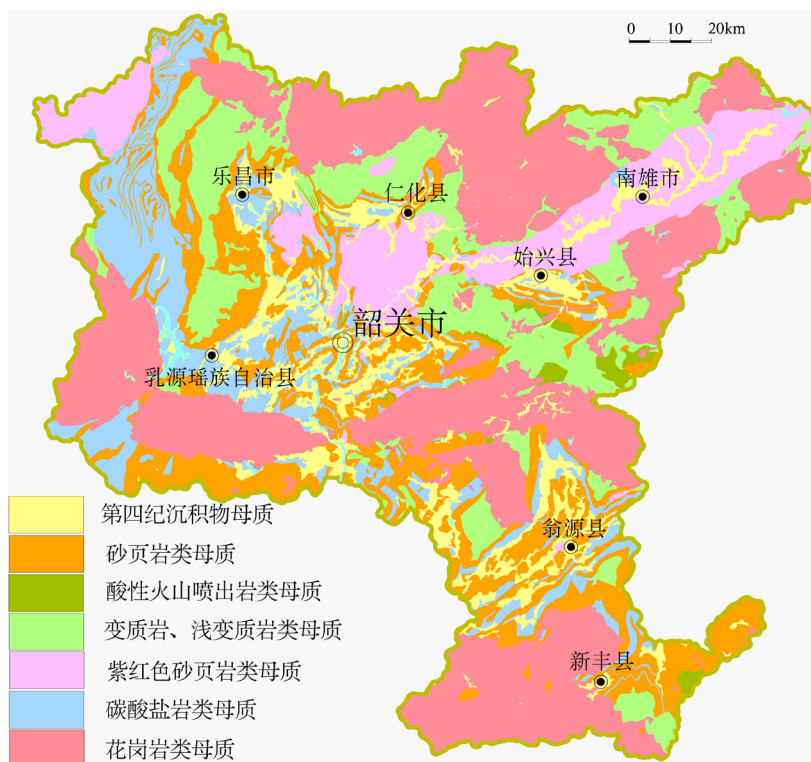
统计结果显示(表 6), 调查区土壤 CaO、MgO、S 的平均含量分别为 0.15% (0.01%~32%)、0.48% (0.07%~8.92%) 和 228.1 mg/kg (58.5 mg/kg~4936 mg/kg)。相对中国土壤平均含量, 调查区土壤 S 相对富集, 是中国土壤平均含量 1.6 倍, 而 CaO、MgO 则呈现出区域性贫乏(表 6), 平均含量仅为中国土壤(CaO: 3.2%; MgO: 1.8%)的 5% 和 27%。

Table 6. Descriptive statistics of medium nutrient elements in soil

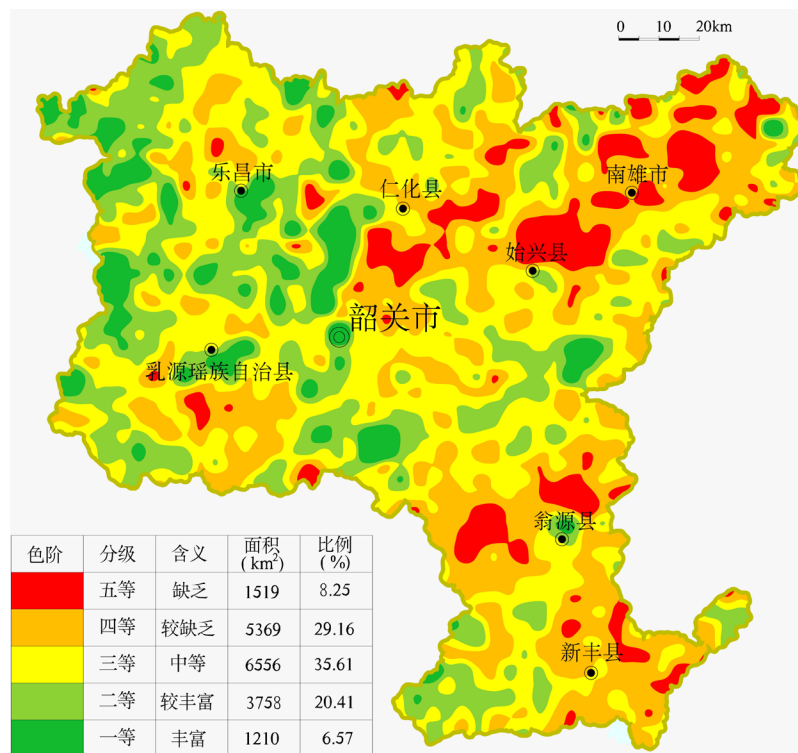
表 6. 土壤中量营养元素描述性统计

元素	样本数	平均含量		含量范围	变异系数(%)	频数统计量			分布形态	中国土壤平均含量
		算数均值	几何均值			X25%	X50%	X75%		
CaO	3473	0.15	0.13	0.01~32	3.4	0.1	0.15	0.25	偏态	3.20%
MgO	3749	0.48	0.43	0.07~8.92	0.73	0.32	0.46	0.66	偏态	1.80%
S	3809	228.1	214.1	58.5~4936	0.57	172	221	287	偏态	150

注: S-mg/kg; CaO、MgO-%。



**Figure 5.** Spatial distribution of soil-forming parent material in Shaoguan  
**图 5.** 韶关市成土母质空间分布图



**Figure 6.** Distribution of soil sulfur abundance and deficiency in Shaoguan  
**图 6.** 韶关市土壤硫元素丰缺分布图





丰缺评价结果显示(表 7), 调查区土壤硫相对较丰富, 一、二级土壤(丰富)面积之和 4968 km<sup>2</sup>, 占调查区总面积的 26.96%, 主要分布在乐昌、乳源西部, 北江流域的两侧, 三级土壤面积为 6556 km<sup>2</sup>, 占调查区总面积的 35.61%, 四、五级土壤(缺乏)面积为 6888 km<sup>2</sup>, 占调查区总面积的 37.41%, 主要分布在南雄盆地、仁化县南部、翁源 - 新丰一带(图 6)。

CaO 以四、五级土壤(缺乏)为主, 面积为 16,405 km<sup>2</sup>, 占调查区面积的 90.73%, 其中以五级土壤所占比例最大, 分布面积高达 14,956 km<sup>2</sup>, 占调查区总面积的 81.23%, 在韶关市广泛分布; 三级土壤(中等)分布面积为 1067 km<sup>2</sup>, 占调查区总面积的 5.8%, 一、二级土壤(丰富)分布面积仅为 639 km<sup>2</sup>, 占调查区总面积的 3.47%, 主要分布在乐昌沙坪镇、乳源大桥镇、乳源 - 龙归 - 西联一带, 其它地区有零星分布, 其分布位置和范围与碳酸盐岩类地层分布吻合较好(图 7)。

**Table 7.** Grading statistics of the content of medium nutrients in soil

**表 7.** 土壤中量营养元素含量分级统计表

元素	等级	一等	二等	三等	四等	五等
	含义	丰富	较丰富	中等	较缺乏	缺乏
CaO	面积(km <sup>2</sup> )	221	419	1067	1749	14956
	比例(%)	1.20	2.28	5.80	9.50	81.23
MgO	面积(km <sup>2</sup> )	32	38	356	3363	14623
	比例(%)	0.17	0.21	1.94	18.27	79.42
S	面积(km <sup>2</sup> )	1210	3758	6556	5369	1519
	比例(%)	6.57	20.41	35.61	29.16	8.25

MgO 的丰缺及分布特征与 CaO 相似, 四、五级土壤(缺乏)面积为 17,986 km<sup>2</sup>, 占调查区总面积的 97.69%, 其中 79.42%为五级土壤, 广泛分布在韶关市各个市县; 三级以上土壤(适中 - 丰富)分布面积为 426 km<sup>2</sup>, 仅占总面积的 2.31%, 主要分布在乳源大布、南雄等地方, 呈零星分布(图 8)。

## 6. 成土母质主要养分指标特征

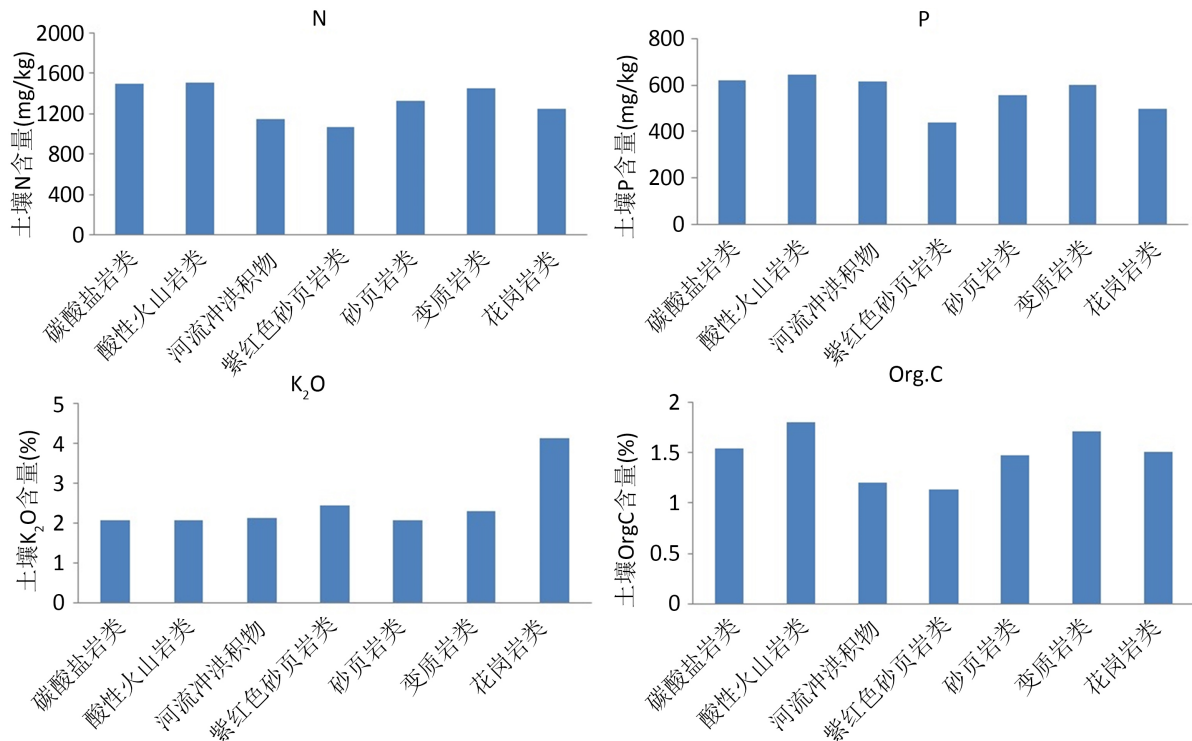
### 6.1. N、P、K、有机质养分指标特征

不同成土母质土壤 N、P、K、有机碳含量特征见图 9。结果表明, 土壤中 K、有机质、P 的分布明显受到土壤母质的控制, 而 N 的分布受成土母质的影响程度相对较弱。

全区表层土壤 N 的分布主要受成土母质与人为因素双重影响, 各类成土母质土壤中 N 的平均含量变化范围为 1069~1516 mg/kg, 其中酸性火山岩类母质土壤含量相对较高, 平均含量为 1516 mg/kg, 其次是碳酸盐岩类、变质岩类母质, 平均含量分别为 1498 mg/kg、1451 mg/kg, 紫红色砂页岩类成土母质土壤含量最低, 平均含量仅为 1069 mg/kg。

全区表层土壤 P 的分布与成土母质关系不大, 各类母质土壤表层 P 平均含量变化范围为 442~645 mg/kg, 除紫红色砂页岩类及花岗岩类相对较低, 其它类型母质含量相差不多。按照土壤磷分级标准, 各类母质处于适中 - 稍缺的范围。

相对而言, 全区表层土壤 K<sub>2</sub>O 的分布与成土母质关系较密切, 不同成土母质土壤 K<sub>2</sub>O 的平均含量介于 2.08%~4.14%之间, 按照 K<sub>2</sub>O 含量 2%划分高钾(≥2%)和中低钾(≤2%)两类母质区, 调查区各母质类均为高钾区, 其中花岗岩类母质土壤 K<sub>2</sub>O 平均含量最高, 为 4.14%, 是其它成土母质类的 1.7~2 倍, 其它成土母质类的 K<sub>2</sub>O 平均含量相差不大, 变化范围 2.08%~2.45%。

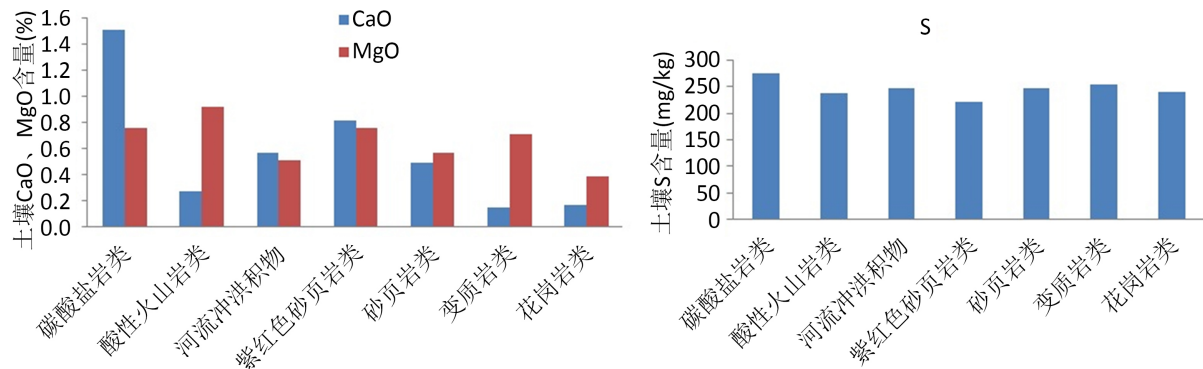


**Figure 9.** Comparison of the content of massive elements of different parent soils in Shaoguan City  
**图 9.** 韶关市不同母质土壤大量元素含量对比图

全区表层土壤有机质的分布与成土母质关系较密切, 各类母质土壤表层有机质平均含量变化范围为 1.14%~1.81%, 其中酸性火山岩类、变质岩类母质土壤含量相对较高, 平均含量分为 1.181%、1.72%, 紫红色砂页岩类、河流冲洪积物类成土母质土壤含量最低, 平均含量分为 1.14%、1.21%。如按照有机质含量分级标准划分, 调查区各类成土母质均为四等土壤(稍欠缺)。

## 6.2. Ca、Mg、S 养分指标特征

不同成土母质土壤 CaO、MgO 和 S 的含量特征(图 10)表明, 土壤中 CaO、MgO、S 的分布均受到土壤母质的控制, 但对 S 的影响程度相对较弱。



**Figure 10.** Comparison of medium element content of different parent soils in Shaoguan City  
**图 10.** 韶关市不同母质土壤中量元素含量对比图

调查区内各类母质土壤 CaO 的平均含量范围在 0.14%~1.51%之间, 其中最高的为碳酸盐岩类母成土

质, 平均含量为 1.51%; 其次为紫红色砂页岩类, 平均含量为 0.81%; 而变质岩类、花岗岩岩类母质的平均含量为区内 CaO 低含量区, 平均含量分别为 0.14%、0.16%。各类母质土壤表层 MgO 平均含量范围在 0.38%~0.91% 之间, 其中最高的为酸性火山岩类, 最低为花岗岩类, 区域上 MgO 的分布与 CaO 相似, 两者呈极显著正相关, CaO、MgO 两氧化物具有基本相同的分布趋势。

区内各类母质土壤 S 平均含量相差不大, 范围在 222~275 mg/kg 之间, 其中碳酸盐岩类母质土壤 S 含量最高, 最低的为紫红色砂页岩类风化物母质土壤, 按照土壤 S 分级标准, 调查区各类母质土壤 S 含量属三等(适中)。

## 7. 小结

1、通过对韶关市土壤主要养分指标丰缺评价, 韶关市土壤钾、硫等元素较为丰富, 缺乏磷、有机质、氧化钙、氧化镁等元素, 尤其是有机质、氧化钙、氧化镁严重缺乏。

2、通过不同成土母质(见图 5)土壤元素含量对比发现, 韶关市主要养分指标的含量变化与成土母质类型密切相关。

3、因韶关市主要成土母质类型为花岗岩类成土母质, 母岩多为富钾的二长花岗岩, 围岩多受硫化物中低温热液矿化蚀变, 土壤中钾、硫等元素较为丰富。

4、因韶关市主要成土母岩为火成花岗岩类及干燥强氧化沉积的碎屑岩类, 而还原生物富集成因的碎屑岩较少, 土壤中有有机质、磷等元素相对缺乏。

5、因韶关市成土母岩中碳酸盐岩及钙屑碎屑岩分布较少, 土壤中氧化钙、氧化镁严重总体缺乏。

## 参考文献

- [1] 向莉莉. 凉山州甘洛县田坝镇土壤生态地球化学评价[D]: [硕士学位论文]. 成都: 成都理工大学, 2020: 1-10.
- [2] 周爽. 六盘水市水城县杨梅乡耕地土壤地球化学特征与质量评价[D]: [硕士学位论文]. 成都: 成都理工大学, 2019: 1-4.
- [3] 武春林, 王瑞廷, 丁坤, 韩玲. 中国土壤质量地球化学调查与评价的研究现状和进展[J]. 西北地质, 2018, 51(3): 240-252.
- [4] 杨帆, 张舜尧, 宋云涛, 王惠艳, 韩伟, 郭志娟, 彭敏, 王成文, 陈子万, 白兵. 云南省盐津县 1:5 万土地质量地球化学评价方法研究[J]. 现代地质, 2020, 34(6): 15.
- [5] 姜华, 雷天赐, 鲍波, 徐宏林, 林梦茹. 广西贵港市大安镇土地质量地球化学评价[J]. 华南地质, 2020, 36(3): 254-262.
- [6] 段续川, 李苹, 黄勇, 林赞, 袁国礼, 罗先熔. 北京市密云区农业土壤重金属元素地球化学特征及生态风险评价[J]. 现代地质, 2018, 32(1): 10.
- [7] 刘春英, 吴杰李, 发跃. 贵州省贵阳市云岩区耕地质量地球化学调查评价及特色耕地分布特征研究[J]. 贵州地质, 2020, 37(4): 439-446.
- [8] 赵秀芳, 张永帅, 冯爱平, 王艺璇, 夏立献, 王宏雷, 杜伟. 山东省安丘地区农业土壤重金属元素地球化学特征及环境评价[J]. 物探与化探, 2020, 44(6): 190-198.
- [9] 晁旭, 王杰杰, 孟秦宇, 张志敏. 陕西省西安市耕地土壤养分地球化学评价[J]. 中国锰业, 2018, 36(4): 58-61.
- [10] 余飞, 张风雷, 张永文, 王锐, 王佳彬. 重庆典型农业区土壤硒地球化学特征及影响因素[J]. 物探与化探, 2020, 44(4): 830-838.
- [11] 武春林, 成欢, 王瑞廷, 董英, 杨宏林. 陕西省西咸新区窑店镇土地质量地球化学评价及合理开发建议[J]. 地质调查与研究, 2019, 42(3): 225-234.
- [12] 李明辉, 吴正, 刘超, 张笑蓉, 李杨. 安徽西部大别山区土壤养分丰缺状况研究[J]. 西部资源, 2019(5): 184-186.
- [13] 马骁, 陈智贤, 林联桂, 王彪, 敦妍冉. 福建浦城县耕地土壤元素地球化学评价[J]. 中国地质调查, 2020, 7(2): 89-94.

- [14] 汪实, 朱鑫, 黎旭荣, 罗思亮. 广东雷州半岛土壤氮、磷、钾元素地球化学特征及其土壤肥力评价[J/OL]. 中国地质: 1-15[2021-09-08]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1167.P.20201019.1501.006.html>
- [15] 中华人民共和国国土资源部. DZ/T0258-2014 多目标区域地球化学调查规范(1: 250000) [S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.
- [16] 中华人民共和国国土资源部. DZ/T0295-2016 土地质量地球化学评价规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.