

新疆巴楚县域农田土壤微量元素含量分布特征

买买提江·依明^{1,2}, 张聪^{1,2}, 李天乐^{1,2}, 翟云龙^{1,2}

(1. 塔里木大学农学院, 新疆 阿拉尔 843300; 2. 塔里木大学南疆绿洲农业
资源与环境研究中心, 新疆 阿拉尔 843300)

摘要: 采集了巴楚县域农田土壤样品 300 份, 并对其进行有效铁、有效锰、有效铜、有效锌含量测定, 以明确土壤中微量元素的含量, 探索土壤微量元素结构特征以及成因, 为巴楚县耕地土壤微量元素管理提供理论参考。结果表明, 巴楚县域农田土壤有效铁含量为 4.51~20.00 mg/kg, 平均为 12.37 mg/kg, 其中含铁量丰富的占 67.4%, 中等的占 32.6%; 有效锰含量为 1.01~9.97 mg/kg, 平均为 5.26 mg/kg, 其中含锰量中等的占 56.0%、缺乏的占 44.0%; 有效铜含量为 1.00~6.00 mg/kg, 平均为 3.39 mg/kg, 其中含铜量极丰富的占 77.3%、丰富的占 19.0%、中等的占 3.7%; 有效锌含量为 0.50~2.00 mg/kg, 平均为 1.19 mg/kg, 其中含锌量丰富的占 57.6%、中等的占 35.6%、缺乏的占 6.8%。巴楚县域农田土壤中的微量元素含量为有效铁>有效锰>有效铜>有效锌。综合考察各农田区域土壤微量元素含量, 恰尔巴格乡的综合评价得分最高, 表现较好。建议在作物栽培过程中, 应充分考虑不同乡镇的土壤微量元素含量, 适当补充微量元素, 以达提质增效之目的。

关键词: 土壤养分; 微量元素; 养分分级; 代谢

中图分类号: S158.2

文献标志码: A

文章编号: 2097-2172(2024)07-0660-06

doi: 10.3969/j.issn.2097-2172.2024.07.015

Distribution Characteristics of Trace Element Contents in Farmlands of Bachu County, Xinjiang

MAIMAITIJIANG Yiming^{1,2}, ZHANG Cong^{1,2}, LI Tianle^{1,2}, ZHAI Yunlong^{1,2}

(1. College of Agriculture, Tarim University, Alar Xinjiang 843300, China; 2. Southern Xinjiang Oasis Agricultural Resources
and Environment Research Centre, Tarim University, Alar Xinjiang 843300, China)

Abstract: A total of 300 farmland soil samples were collected from Bachu County, and their contents of available iron, manganese, copper, and zinc were determined to clarify the trace element contents in the soil. This study aimed to explore the structural characteristics and origins of soil microelements, providing theoretical references for microelement management in the farmland soils of Bachu County. The results showed that the available iron content ranged from 4.51 to 20.00 mg/kg, with an average of 12.37 mg/kg, 67.4% of the soils being rich in iron and 32.6% having moderate levels. The available manganese content ranged from 1.01 to 9.97 mg/kg, with an average of 5.26 mg/kg, 56.0% of the soils having moderate levels and 44.0% being deficient. The available copper content ranged from 1.00 to 6.00 mg/kg, with an average of 3.39 mg/kg, 77.3% of the soils being extremely rich, 19.0% rich, and 3.7% having moderate levels. The available zinc content ranged from 0.50 to 2.00 mg/kg, with an average of 1.19 mg/kg, 57.6% of the soils being rich, 35.6% moderate, and 6.8% deficient. The trace element contents in Bachu County's farmland soils were in the order of available iron > available manganese > available copper > available zinc. Among the various farmland regions, Qiaerbage Township had the highest comprehensive evaluation score and performed the best. It is recommended that crop cultivation processes should consider the soil trace element contents of different townships and appropriately supplement trace elements to achieve quality and efficiency improvements.

Key words: Soil nutrient; Trace element; Nutrient grading; Metabolism

土壤微量元素是土壤质量的重要表征之一^[1], 同时也是作物生长必需的营养元素, 具有促进作

收稿日期: 2023-11-21; 修订日期: 2024-05-06

基金项目: 兵团重大科技项目(NYHXGG,2023AA308); 塔里木大学校长基金创新团队项目(TDZKCX202301)。

作者简介: 买买提江·依明(1979—), 男, 新疆阿图什人, 硕士, 主要从事作物栽培与管理方面的相关研究工作。Email: 993101337@qq.com。

通信作者: 翟云龙(1979—), 男, 河南扶沟人, 教授, 博士, 主要从事作物栽培与管理方面的相关研究工作。Email: zylzky@163.com。

物生长、改善作物品质、提高化肥利用率、减轻作物病虫害等重要作用^[2-4]。铁元素作为土壤中重要的微量元素, 影响植物的各项生长阶段, 参与植物呼吸作用、光合以及各项氮代谢过程, 土壤中的铁元素可以通过植物的根部进行吸收, 然后转运到植物所需的各个部位, 维持植物正常生长发育, 土壤中铁的氧化还原反应对于土壤氧化还原环境也有着一定影响^[5-8]。锰元素能够促进其他养分的吸收和利用, 特别是对铁、钾、钙等具有促进作用, 植物缺少锰元素会出现生长缓慢、叶片发黄等症状; 锰还是植物体内重要的抗氧化剂, 可以参与清除自由基以及保护细胞膜的作用, 作为多种酶的辅助因子, 可以达到促进酶活性的作用, 从而间接参与植物中的许多代谢^[9-11]。铜、锌元素对于植物的病害具有抑制作用, 可以抑制一些细菌、真菌及部分病毒所带来的病害。近年来, 随着测土配方技术的推广, 不少学者对土壤微量元素进行了分析。安玉亭等^[1]研究发现, 贵州省普定县喀斯特山地有效态微量元素的表聚效应明显; 董国涛等^[12]运用 GIS 技术对天山北坡三工河流域冲积平原型绿洲土壤表层微量元素进行分析得知, 土壤微量元素铁、锰、铜、锌具有强烈的空间自相关性, 呈现出明显的片状和斑块状分布, 且有效铁、锰、铜、锌含量均比较低; 李泽岩等^[13]通过对新疆区域内 730 个土壤样品的分析发现, 新疆土壤中铜含量较为丰富, 锰含量处于中等水平, 锌含量较为匮乏; 郑德明等^[14]研究发现, 新疆土壤的铁、锰、铜含量与第二次土壤普查相比均具有大幅下降, 土壤锌含量略有提高。我们分析了巴楚县域 10 个乡镇耕层土壤有效态微量元素含量特征, 以探索土壤微量元素结构特征以及成因, 为巴楚县耕地土壤微量元素管理提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

巴楚县 (东经 77° 22'~79° 56', 北纬 38° 47'~40° 17') 地处新疆西南部, 隶属喀什地区。属温带大陆性干旱气候, 年平均气温 12.1 °C, 年日照数 2 859~3 130 h, 年均无霜期 225 d, 平均年降水量 60 mm 左右。

1.2 样品采集与测定

2022 年在巴楚县 10 个乡镇 (镇) 进行布点采样, 每个采样单元按“随机、等量、多点混合”的原则, 按“S”形设置打钻点, 每 10.00~33.33 hm² 为 1 个单元, 每个单元采集 12 个点后混合, 合计混合土样 300 份采用 DTPA 浸提-原子吸收分光光度法测定土壤有效铁、有效锰、有效铜、有效锌含量。

1.3 数据分析

采用 Excel 对数据进行统计分析。采用 origin 2022 软件做微量元素含量情况图, 采用 WPS 软件做出微量元素分级占比图。

2 结果与分析

2.1 新疆农田土壤养分总体状况

通过查询第二次全国土壤普查新疆农田土壤有效态微量元素含量及第二次全国土壤普查土壤养分分级标准 (表 1) 可知^[15-16], 新疆农田土壤有效铁含量为 11.90 mg/kg, 处于丰富级别; 有效锰含量为 7.13 mg/kg, 处于中等级别; 有效铜含量为 1.81 mg/kg, 处于极丰富级别; 有效锌含量为 0.79 mg/kg, 处于中等级别。

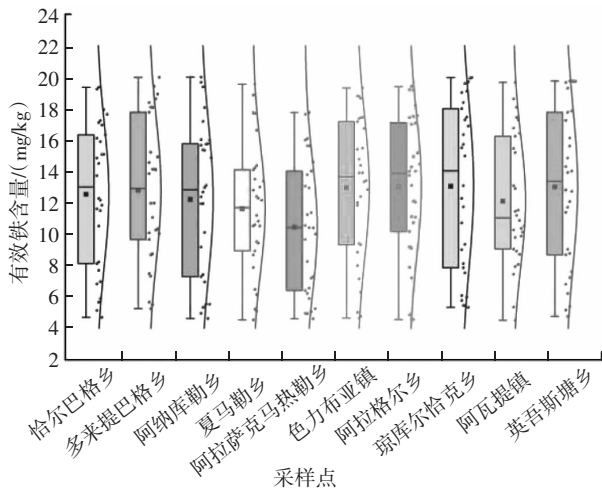
2.2 巴楚县域农田土壤有效铁含量

由图 1 可知, 巴楚县域 300 份混合土样的农田土壤有效铁含量为 4.51~20.00 mg/kg, 平均为 12.37 mg/kg, 处于丰富级别, 与全疆农田土壤有效铁含量相比提高了 3.95%。其中, 琼库尔恰克乡农田土壤平均有效铁含量最高, 为 13.05 mg/kg; 夏

表 1 新疆农田土壤有效态微量元素含量及土壤养分分级标准

有效态微量元素含量	背景值	极丰富	丰富	中等	缺	极缺
有效铁	11.90	>20	10.0~20.0	4.5~10.0	2.5~4.5	<2.5
有效锰	7.13	>30	15.0~30.0	5.0~15.0	1.0~5.0	<1.0
有效铜	1.81	>1.8	1.0~1.8	0.2~1.0	0.1~0.2	<0.1
有效锌	0.79	>3.0	1.0~3.0	0.5~1.0	0.3~0.5	<0.3

马勒乡、阿拉萨克马热勒乡较低，分别较全疆农田土壤有效铁含量低 2.45%、12.22%。参照新疆农田土壤有效微量元素分级含量及土壤养分分级标准(表1)，巴楚县域农田土壤有效铁含量主要处在丰富、中等的级别，其中丰富占比为 67.4%、中等占比为 32.6%(图 2)。



图中球形代表每一个样点；箱体中正中间的小正方形代表平均数；箱体中间的短横线代表中位数；箱体边界分别代表 75%与 25%含量区间，下同。

图 1 巴楚县域农田土壤有效铁含量

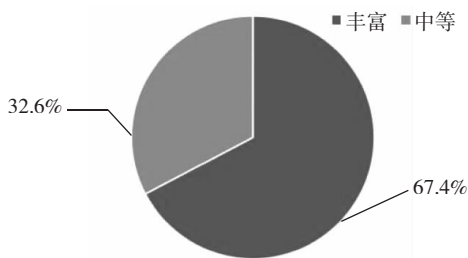


图 2 巴楚县域农田土壤有效铁分级占比

2.3 巴楚县域农田土壤有效锰含量

由图 3 可知，巴楚县域农田土壤有效锰含量为 1.01 ~ 9.97 mg/kg，平均为 5.26 mg/kg，处于中等级别，与全疆农田土壤有效锰含量相比降低了 26.23%。其中，琼库尔恰克乡农田土壤平均有效锰含量最高，为 6.04 mg/kg；多来提巴格乡最低，为 4.22 mg/kg。参照分级标准来看，巴楚县域农田土壤锰含量主要处于中等、缺的级别，其中中等占比为 56.0%，缺占比为 44.0%(图 4)。农田土壤有效锰含量较高的地区主要集中在琼库尔恰克乡、恰尔巴格乡、阿拉萨克马热勒乡，均处于

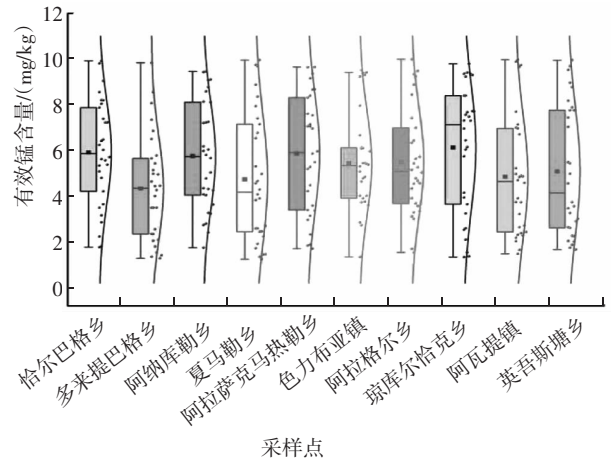


图 3 巴楚县域农田土壤有效锰含量

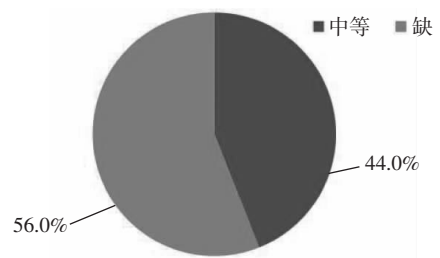


图 4 巴楚县域农田土壤有效锰分级占比

中等水平；农田土壤有效锰含量较低的地区主要集中在夏马勒乡、多来提巴格乡、阿瓦提镇，均处于缺乏水平。

2.4 巴楚县域农田土壤有效铜含量

由图 5 可知，巴楚县域农田土壤有效铜含量为 1.00~6.00 mg/kg，平均为 3.39 mg/kg，处于极丰富级别，与全疆农田土壤有效铜含量相比提高了 87.29%。其中，夏马勒乡农田土壤平均有效铜含量最高，为 3.90 mg/kg；英吾斯塘乡最低，为 2.64

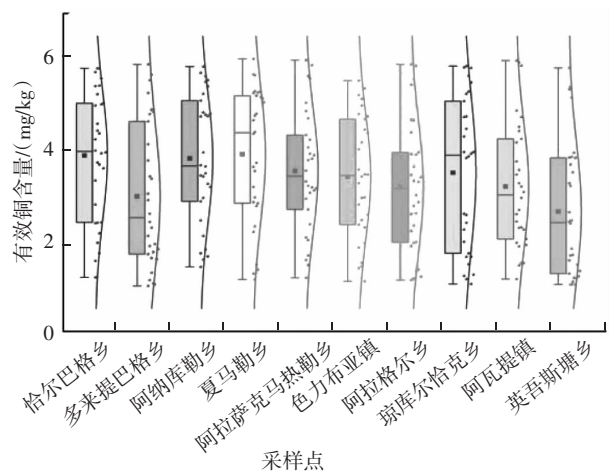


图 5 巴楚县域农田土壤有效铜含量

mg/kg。参照分级标准, 巴楚县域农田土壤有效铜含量为极丰富、丰富、中等的级别, 其中极丰富占比为 77.3%、丰富占比为 19.0%、中等占比为 3.7% (图 6)。农田土壤有效铜含量较高的地区主要集中在夏马勒乡、阿纳库勒乡、恰尔巴格乡, 农田土壤有效铜含量较低的地区主要集中在英吾斯塘乡、多来提巴格乡、阿拉格尔乡。

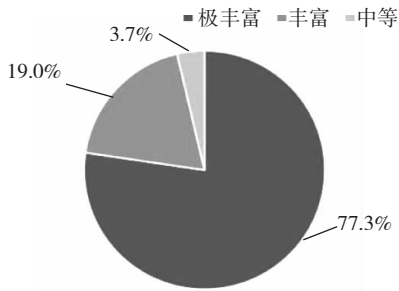


图 6 巴楚县域农田土壤有效铜分级占比

2.5 巴楚县域农田土壤有效锌含量

由图 7 可知, 巴楚县域农田土壤有效锌含量为 0.50~2.00 mg/kg, 平均为 1.19 mg/kg, 处于丰富级别, 与全疆农田土壤有效锌含量相比提高了 50.63%。其中, 阿瓦提镇农田土壤平均有效锌含量最高, 为 1.31 mg/kg; 恰尔巴格乡农田土壤平均有效锌含量最低, 为 1.12 mg/kg。参照分级标准, 巴楚县域农田土壤有效锌含量主要处在丰富、中等、缺的级别, 其中丰富占比为 57.6%、中等占比为 35.6%、缺占比为 6.8%(图8)。其中, 农田土壤有效锌含量较高的地区主要集中在阿瓦提镇、阿纳库勒乡、阿拉格尔乡; 农田土壤有效锌含量较低的地区主要集中在恰尔巴格乡、多来提巴格乡、琼库尔恰克乡。

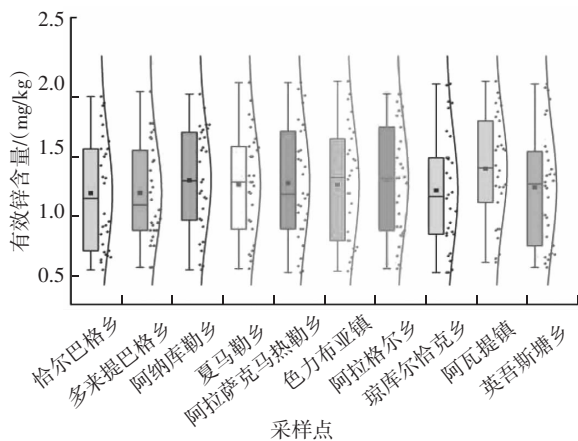


图 7 巴楚县域农田土壤有效锌含量

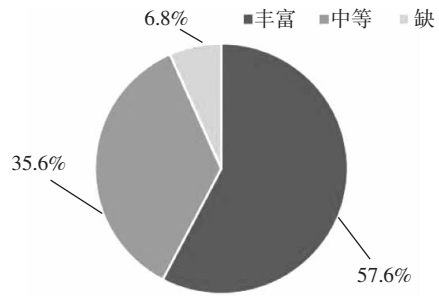


图 8 巴楚县域农田土壤有效锌分级占比

2.6 巴楚县域农田土壤有效态微量元素含量综合评价

对巴楚县域农田土壤有效铁含量 (X1)、有效锰含量(X2)、有效铜含量(X3)、有效锌含量(X4)进行主成分分析, 结果见表 2。从表 2 表明, 根据特征值大于 1 为标准提取出的 2 个主成分累计方差贡献率为 73.065%, 能够代表巴楚县域农田土壤有效态微量元素的大部分信息。第 1 个主成分的贡献率为 41.812%, 主要综合了土壤有效锰、有效铜、有效锌含量的信息; 第 2 个主成分的贡献率为 31.253%, 主要综合了土壤有效铁含量的信息。基于表中的特征向量和各指标的标准化值, 构建出以下 2 个主成分的得分表达式。

$$F_1 = -0.537X_1 + 0.495X_2 + 0.677X_3 + 0.088X_4;$$

$$F_2 = 0.461X_1 + 0.456X_2 + 0.129X_3 - 0.75X_4。$$

表 2 影响巴楚县域农田土壤有效态微量元素的 2 个主成分和特征向量、特征值、贡献率

因子	主成分	
	F ₁	F ₂
X ₁	-0.537	0.461
X ₂	0.495	0.456
X ₃	0.677	0.129
X ₄	0.088	-0.750
特征值	1.672	1.25
方差贡献率/%	41.812	31.253
累计方差贡献率/%	41.812	73.065

将主成分方差贡献率作为权数, 建立巴楚县域农田土壤有效态微量元素的综合评价方程: $F = 0.41812F_1 + 0.31253F_2$, 以此计算出巴楚县域农田土壤有效态微量元素的综合得分(表 3)。由表 3 可知, 巴楚县域农田土壤有效态微量元素的综合评价表现为恰尔巴格乡>琼库尔恰克乡>阿拉萨克马热勒乡>阿纳库勒乡>夏马勒乡>色力布亚镇>阿拉

格尔乡>英吾斯塘乡>多来提巴格乡>阿瓦提镇。可见, 恰尔巴格乡农田土壤有效态微量元素含量在巴楚县域内整体表现最好。

表 3 巴楚县域农田土壤有效态微量元素综合评价

乡镇名称	F_1	F_2	F	排名
恰尔巴格乡	1.059	1.505	0.913	1
多来提巴格乡	-1.951	0.180	-0.760	9
阿纳库勒乡	1.166	-0.086	0.461	4
夏马勒乡	0.797	-0.726	0.106	5
阿拉萨克马热勒乡	1.913	-0.789	0.553	3
色力布亚镇	-0.305	0.419	0.003	6
阿拉格尔乡	-0.615	-0.070	-0.279	7
琼库尔恰克乡	0.288	1.611	0.624	2
阿瓦提镇	-0.413	-2.233	-0.871	10
英吾斯塘乡	-1.938	0.189	-0.751	8

3 讨论与结论

微量元素是土壤的重要组成部分, 是表征土壤质量的重要因子^[17], 微量元素不仅影响作物的生长发育、产量及农作物品质^[18-20], 也在一定程度上影响到人类的健康^[21-22]。本研究表明, 巴楚县域农田土壤有效铁、有效铜、有效锌平均含量相较于全疆土壤背景值提高了 3.95%~87.29%, 有效锰平均含量相较于全疆土壤背景值降低了 26.23%。巴楚县域农田土壤中的有效铁含量为 4.51~20.00 mg/kg, 平均为 12.37 mg/kg, 其中含铁量丰富的占比为 67.4%、中等的占比为 32.6%; 有效锰含量为 1.01~9.97 mg/kg, 平均为 5.26 mg/kg, 其中含锰量中等的占比为 56.0%、缺乏的占比为 44.0%; 有效铜含量为 1.00~6.00 mg/kg, 平均为 3.39 mg/kg, 其中含铜量极丰富的占比为 77.3%、丰富的占比为 19.0%、中等的占比为 3.7%; 有效锌含量为 0.50~2.00 mg/kg, 平均为 1.19 mg/kg, 其中含锌量丰富的占比为 57.6%、中等的占比为 35.6%、缺乏的占比为 6.8%。巴楚县域农田土壤中的微量元素含量为有效铁>有效锰>有效铜>有效锌。恰尔巴格乡的农田土壤微量元素的综合评价得分最高, 表现较好。

巴楚县域各乡镇农田土壤微量元素整体分布不均, 在各乡镇参差不齐、差异过大。巴楚县域农田土壤有效铁含量较为丰富, 但仍存在部分地块有效铁含量不足的情况, 应注意适当补充铁元素, 避免作物缺铁。巴楚县域农田土壤有效锰含

量处于中等偏低水平, 甚至在多来提巴格乡、夏马勒乡、阿瓦提镇、英吾斯塘乡出现土壤有效锰缺乏的现象, 且相较于全国第二次土壤普查, 巴楚县域农田土壤有效锰含量降低显著, 说明在近 20 年来巴楚县域农田对锰元素的补充并未重视, 今后田间追肥过程中应注重锰肥的补充。巴楚县域农田土壤有效铜含量处于极丰富水平, 这与田间管理时喷施含铜制剂的化肥与农药高度相关, 今后的田间管理中应尽量避免施用含铜制剂的化肥、农药, 避免产生土壤重金属污染。巴楚县域农田土壤有效锌含量整体处于丰富水平, 但与铁元素一样, 仍有部分土壤出现缺锌现象, 应注意适当补充锌元素, 避免作物出现缺锌。因此, 在作物栽培过程中, 应充分考虑不同乡镇微量元素状况, 适当补充微量元素, 以达到提质增效的目的。

参考文献:

- [1] 安玉亭, 薛建辉, 吴永波, 等. 喀斯特山地不同类型人工林土壤微量元素含量与有效性特征[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2013, 37(3): 65-70.
- [2] 张亚峰, 王颖维, 钱信禹, 等. 丹江源地区土壤有效态微量元素空间变异特征及其影响因素[J/OL]. 生态学杂志, 1-11(2023-06-27)[2024-05-07]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/21.1148.Q.20230626.1747.008.html>.
- [3] 李志刚, 王 灿, 杨建峰, 等. 连作对胡椒园土壤和植株中微量元素含量的影响及相关特征分析[J]. 热带作物学报, 2017, 38(12): 2215-2220.
- [4] 穆桂珍, 罗 杰, 蔡立梅, 等. 广东揭西县土壤微量元素与有机质和 pH 的关系分析[J]. 中国农业资源与区划, 2019, 40(10): 208-215.
- [5] 高 飞, 崔增团, 贾蕊鸿, 等. 甘肃省休耕试点区域主要技术模式及实施效果[J]. 中国农学通报, 2021, 37(20): 93-97.
- [6] 王雪梅, 柴仲平, 毛东雷. 不同质地耕层土壤有效态微量元素含量特征[J]. 水土保持通报, 2015, 35(2): 189-192.
- [7] 潘方杰, 王宏志, 王璐瑶, 等. 湖北省土壤微量元素县域分异特征及其与健康相关性[J]. 华中师范大学学报(自然科学版), 2019, 53(1): 137-146.
- [8] 丁少男, 薛 蕙, 刘国彬, 等. 长期施肥对黄土丘陵区农田土壤微量元素有效含量的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2017, 45(1): 124-130.
- [9] 黄国勤, 赵其国. 中国典型地区轮作休耕模式与发展策略[J]. 土壤学报, 2018, 55(2): 283-292.

- [10] 赵维俊, 刘贤德, 金 铭, 等. 祁连山青海云杉林土壤有效微量元素含量特征[J]. 土壤通报, 2015, 46(2): 386-391.
- [11] 李秋燕, 张一鹤, 魏明辉, 等. 海伦市土壤主要微量元素空间分布特征[J]. 物探与化探, 2022, 46(5): 1114-1120.
- [12] 董国涛, 罗格平, 许文强, 等. 三工河流域下游绿洲土壤微量元素有效含量空间变异特征[J]. 中国沙漠, 2010, 30(4): 862-869.
- [13] 李泽岩, 谢玉英, 田秀芬, 等. 新疆土壤微量元素的含量与分布[J]. 土壤学报, 1986(4): 330-334.
- [14] 郑德明, 姜益娟, 朱朝阳, 等. 新疆农田土壤有效态微量元素含量现状[J]. 塔里木农垦大学学报, 2003(2): 8-10.
- [15] 李象榕. 中国土壤普查技术[M]. 北京: 农业出版社, 1992.
- [16] 劳红磊, 黄莹莹. 安徽中北部耕地土壤肥力调查分析[J]. 安徽农学通报, 2024, 30(5): 66-70.
- [17] 唐春国, 翟争光, 钟越峰, 等. 湖南烟稻轮作区微量元素分布和有效性评价及与容重的关系[J]. 中国烟草学报, 2021, 27(2): 27-34.
- [18] 迪里木拉提·玉苏甫, 木合塔尔·艾买提, 玉苏甫·买买提, 等. 温宿县植棉土壤表层有效性微量元素空间分布特征[J]. 土壤通报, 2018, 49(5): 1115-1122.
- [19] 杨蕊菊, 张久东, 车宗贤, 等. 陇东半干旱区果园间作绿肥对土壤肥力的影响研究[J]. 寒旱农业科学, 2023, 2(12): 1116-1120.
- [20] 樊廷录, 李尚中, 赵 刚, 等. 西北旱地农业研究进展及科技创新重点内容[J]. 寒旱农业科学, 2022, 1(1): 26-31.
- [21] 徐 昕. 增温条件下土壤不同粒级有机碳和全氮的分布及对微量元素锌的吸附研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2018.
- [22] 魏小慧, 佘国涵, 张友臣, 等. 十堰植烟土壤有效态微量元素分布特征及评价[J]. 安徽农业科学, 2017, 45(8): 128-131; 134.

·公益广告·

加快经济社会发展全面绿色转型，健全生态环境治理体系，推进生态优先、节约集约、绿色低碳发展，促进人与自然和谐共生。