

来宾市兴宾区蔗田土壤理化性质调查分析

孙晓波, 郭松, 李银婷, 王小明* (广西科技师范学院食品与生化工程学院, 广西来宾 546199)

摘要 [目的]了解来宾市兴宾区蔗田土壤理化性质状况。[方法]以来宾市兴宾区蔗田土壤为研究对象,对其含水率、pH、有机质、总碳、全钾、全磷、全氮、速效钾、有效磷等理化指标进行分析和检测。[结果]兴宾区蔗田土壤整体呈偏酸性, pH 平均值为 5.4, 有机质含量 0.73%~2.60%;全氮、全磷、全钾含量分别在 0.049%~0.210%、0.017%~0.093%、0.044%~0.130%, 均呈很缺或极缺水平;速效钾含量在 46.21~146.67 mg/kg 呈缺乏水平;有效磷分布差异较大,在 0.97~302.10 mg/kg。[结论]广西来宾市兴宾区土壤养分整体情况较差,为推进行来宾市糖料蔗绿色高产高糖产业发展,可通过改良机耕、施肥、灌溉等农业种植方式,改善蔗田土壤养分状况。

关键词 蔗田;土壤;理化指标;理化性质;来宾市兴宾区

中图分类号 S153 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2022)02-0078-04

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2022.02.020

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Investigation and Analysis of Physical and Chemical Properties of Sugarcane Field Soil in Xingbin District of Laibin City

SUN Xiao-bo, GUO Song, LI Yin-ting et al (College of Food and Biochemical Engineering, Guangxi Science and Technology Normal University, Laibin, Guangxi 546199)

Abstract [Objective] To understand the physical and chemical properties of sugarcane field soil in Xingbin District of Laibin City. [Method] Taking the sugarcane field soil in Xingbin District of Laibin City as the research object, its water content, pH, organic matter, total carbon, total potassium, total phosphorus, total nitrogen, available potassium, available phosphorus and other physical and chemical indicators were analyzed and tested. [Result] The overall soil of sugarcane field in Xingbin District was strongly acidic, with an average pH of 5.4 and organic matter content of 0.73%~2.6%. The contents of total nitrogen, total phosphorus and total potassium were 0.049%~0.210%, 0.017%~0.093%, 0.044%~0.130% respectively, all showing very or extremely lacking levels. The content of available potassium ranged from 46.21 to 146.67 mg/kg, showing a deficiency level; the distribution of available phosphorus was quite different, ranging from 0.97 to 302.10 mg/kg. [Conclusion] The overall situation of soil nutrients in Xingbin District of Laibin City was poor. In order to promote the development of green, high-yield and high-sugar industry of sugarcane in Laibin City, soil nutrients in sugarcane field should be improved by improving agricultural planting methods such as machine ploughing, fertilization and irrigation.

Key words Sugarcane field; Soil; Physical and chemical indicators; Physical and chemical properties; Xingbin District of Laibin City

来宾市地处桂中腹地,系典型的亚热带季风气候,日照、气温和降水等自然条件十分适合甘蔗生长需求,其中来宾市兴宾区甘蔗种植面积、产量和产糖量已连续 10 年位居全国县(区)首位,2019—2020 年榨季产糖量 64.24 万 t,是名副其实的“中国糖都”^[1]。2020 年来宾市通过发展甘蔗循环经济链,形成制糖、造纸、酵母等协同发展的新格局,蔗渣、糖蜜、滤泥等蔗糖产业副产物循环利用率均达到 100%,年制糖及副产品综合利用价值近 100 亿元,约占当年来宾市地区生产总值的 14.17%^[2]。土壤是农作物赖以生存的基础,土壤理化性质直接影响农作物的生长状态,进而影响到农作物的产量和品质^[3-4]。阳景阳等^[5]研究表明,在中等养分水平范围内,土壤有机质变化量对甘蔗茎长、茎粗和节长的提高具有极显著影响,土壤全氮变化量影响甘蔗节的生产,土壤全磷变化量对甘蔗茎长、茎粗的提高有显著影响。近年来,随着农业机械化、产业化的不断推进,受农机具压实、机耕方式和化肥滥用等因素影响,部分蔗田土壤恶化现象突出,出现土壤肥力下降、农作物产量和品质提升困难等问题^[6]。该研究通过对土壤含水率、pH、有机质、总碳、全钾、全磷、全氮、速效

钾、有效磷等的测定来分析来宾市兴宾区蔗田土壤的理化性质,以期为来宾市糖料蔗绿色高产高糖(简称绿色双高)产业发展提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况 来宾市兴宾区地处广西壮族自治区中部(108°44'~109°36'E、23°16'~24°04'N),位于红水河下游,东与象州、武宣县交界,南连贵港市、宾阳县,西与上林县接壤,北邻忻城、柳江区,西北与合山市毗邻。全区总面积 4 364.18 km²,耕地面积 16 万 hm²。区境南北最大纵距 88.6 km,东西最大横距 88.2 km。兴宾区属亚热带季风气候,年平均气温为 20.9 ℃,年均降水量为 1 327.5 mm,年均日照时数为 1 567.2 h。气候温暖、雨量充沛、日照充足、雨热同季、干湿季节分明、无霜期长。兴宾区极端气温在 -3.3~39.1 ℃,全年最热月是 7 月,最冷月为 1 月。日照变化特点为夏季最多,其中 7 月份可达 54%;春季最少,其中 2 月仅为 19%。

1.2 样品采集 2020 年 12 月选取来宾市兴宾区甘蔗种植较为集中、种植时间较久的 3 个收获期水浇旱田糖蔗种植区,在每片种植区内随机布点,并用 GPS 进行定位(表 1)。每个采样点用五点法采集表层(0~20 cm)土壤混合样品,共采集样品 10 份,剔除石块、砖头等异物后用粉碎机粉碎,使样品全部通过 80 目孔径尼龙筛,封装标记并置于阴凉处备用。

1.3 样品分析与测试 土壤水分测定采用烘干法(NY/T

基金项目 2019 年度广西壮族自治区中青年教师基础能力提升项目(2019KY0862);广西糖资源工程技术研究中心培育建设项目(桂科 ADI6450040);广西科技师范学院糖蔗资源绿色高效技术开发与应用青年科研创新团队(GXKS2020QNTD01)。

作者简介 孙晓波(1987—),女,河南安阳人,讲师,硕士,从事糖资源与开发利用研究。*通信作者,高级工程师,博士,从事糖资源与食品工程技术研发工作。

收稿日期 2021-04-18

52—1987);pH 测定采用 2.5:1 水土比电位法 (NY/T 1377—2007);碳含量测定采用气体容量法 (GB/T 6730.50—2016);有机质测定采用重铬酸钾容量法 (NY 525—2012);全钾测定采用火焰光度法 (GB/T 14506.11—2010);全磷测定采用钼

锑抗比色法 (GB/T 9837—88);全氮测定采用半微量凯氏法 (NY 525—2012);有效磷测定采用钼锑抗比色法 (NY/T 1121.7—2014);速效钾测定采用火焰光度法 (NY/T 1849—2010)。

表 1 土壤样点分布情况

Table 1 Distribution of soil sample sites

序号 No.	地点 Site	纬度 Latitude	经度 Longitude	海拔 Elevation//m
1	广西来宾市兴宾区良塘镇	23°49'04"N	109°06'55"E	100
2	广西来宾市兴宾区良塘镇	23°48'10"N	109°06'51"E	100
3	广西来宾市兴宾区良塘镇	23°47'04"N	109°09'28"E	80
4	广西来宾市兴宾区华侨农场	23°47'29"N	109°12'47"E	90
5	广西来宾市兴宾区华侨农场	23°48'09"N	109°14'02"E	100
6	广西来宾市兴宾区华侨农场	23°47'54"N	109°14'37"E	100
7	广西来宾市兴宾区“绿色双高基地”	23°48'06"N	109°12'03"E	90
8	广西来宾市兴宾区“绿色双高基地”	23°49'12"N	109°12'10"E	110
9	广西来宾市兴宾区“绿色双高基地”	23°49'39"N	109°12'46"E	120
10	广西来宾市兴宾区“绿色双高基地”	23°50'55"N	109°13'40"E	110

1.4 土壤理化性质评价 土壤养分采用全国第二次土壤污染普查分级标准,见表 2;土壤水分含量和干旱程度分级标准见表 3。土壤 pH 分级标准^[9]:pH<4.5,强酸性;4.5~5.5,酸性;>5.5~6.5,微酸性;>6.5~7.5,中性;>7.5~8.5,碱性;>8.5,

强碱性。

1.5 数据统计 采用 Excel 2010 和 Origin 2018 进行数据处理、统计分析和图表绘制。

表 2 土壤养分分级标准^[7]

Table 2 Classification criteria of soil nutrients

级别 Level	有机质 OM %	全氮 TN %	全磷 TP %	全钾 Total potassium mg/kg	速效钾 Available potassium mg/kg	有效磷 Available phosphorus mg/kg
很丰富 Very rich	>4.0	>0.200	>0.25	>3.0	>200	>40
丰富 Rich	>3.0~4.0	>0.150~0.200	>0.20~0.25	>2.5~3.0	>150~200	>20~40
中等 Medium	>2.0~3.0	>0.100~0.150	>0.15~0.20	>2.0~2.5	>100~150	>10~20
缺乏 Lack	>1.0~2.0	>0.075~0.100	>0.10~0.15	1.5~2.0	>50~100	>5~10
很缺乏 Very lacking	0.6~1.0	0.050~0.075	0.05~0.10	<1.5	30~50	3~5
极缺乏 Extremely lacking	<0.6	<0.050	<0.05		<30	<3

表 3 土壤含水率和干旱程度分级标准^[8]

Table 3 Classification criteria of soil water content and drought degree

等级 Grade	干旱程度 Drought degree	土壤含水率 Soil water content %
偏湿 Partial wet	湿	>20
适宜 Suitable	潮湿	>15~20
轻旱 Light drought	湿润	>12~15
中旱 Moderate drought	黄半干	5~12
重旱 Heavy drought	干	<5

2 结果与分析

2.1 土壤含水率 从来宾市兴宾区蔗田土壤含水率(图 1)可以看出,土壤整体含水率偏低,平均值为 6.89%;除良塘镇 2 号取样点土壤为重旱外,其他 9 个取样点土壤含水率均在 5%~12%,呈中旱状态。来宾市兴宾区位于桂中腹地,虽然雨热同季、降水较多,但因低山丘陵地貌影响^[10],土地平整度较差,大量降雨通过地表径流汇入西江上游干流红水河,兼之日照充足、年均气温在 20℃以上等因素共同影响,土壤含水率多处于中旱状态。

2.2 土壤 pH 土壤 pH 直接影响土壤中化学成分的迁移,进而影响农作物对土壤养分的吸收利用,其中甘蔗生长和发

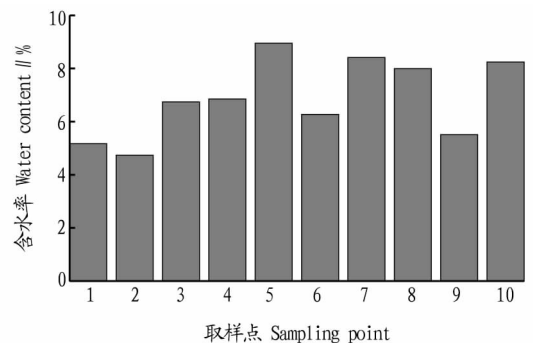


图 1 来宾市兴宾区蔗田土壤含水率

Fig.1 Water content of sugarcane field soil in Xingbin District of Laibin City

育最适宜的土壤 pH 为 5.5~8.0^[11]。来宾市兴宾区蔗田土壤 pH 测定结果如图 2 所示,蔗田土壤呈现偏酸性,pH 平均值为 5.4,其中强酸性和酸性土壤占 50%;适宜甘蔗生长和发育的微酸性、中性土壤占 50%,来宾市兴宾区华侨农场(4~6 号)蔗田土壤整体呈较强酸性。

2.3 土壤有机质含量 土壤有机质是反映土壤营养状态的重要指标,土壤有机质与土壤供氮、供硫能力有直接的对应关系,与土壤的保水保肥能力密切相关^[12-13]。来宾市兴宾区

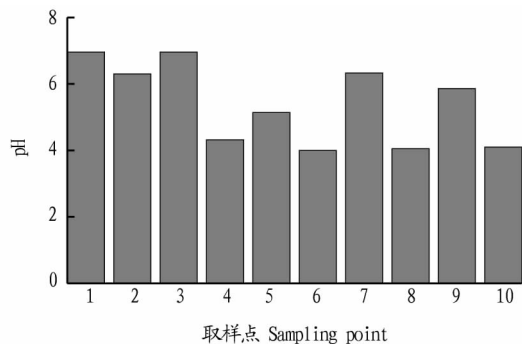


图2 来宾市兴宾区蔗田土壤 pH

Fig.2 pH of sugarcane field soil in Xingbin District of Laibin City

蔗田土壤有机质含量如图3所示,土壤有机质含量在0.73%~2.60%,平均值为1.67%,土壤养分含量处于缺乏等级。在所有土壤采样点中,仅有2个采样点土壤样本中的有机质含量超过2%,有1个采样点土壤样本中的有机质含量还不足1%处于很缺等级,有7个采样点土壤样本中的有机质含量属于缺乏等级。这可能与来宾市当地秸秆还田率低、露天焚烧多发、有机肥施用率偏低等农业活动有关。

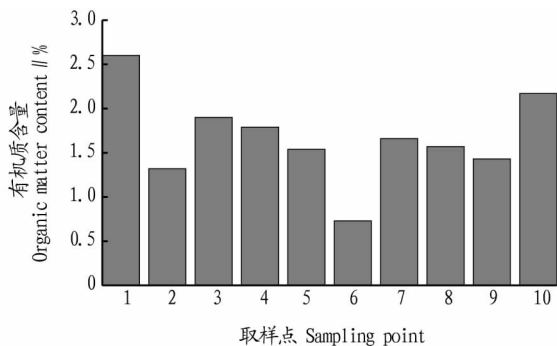


图3 来宾市兴宾区蔗田土壤有机质含量

Fig.3 Organic matter content of sugarcane field soil in Xingbin District of Laibin City

2.4 土壤总碳含量 农田土壤碳库是陆地生态系统碳库的重要组成部分,具有较强的固碳能力,受到人类活动的影响强烈^[14]。土壤总碳由总无机碳和总有机碳两部分构成,土壤有机碳能够为植物提供生长所必需的营养,是土壤微生物维持生命活动的重要能量来源。来宾市兴宾区蔗田土壤总碳含量如图4所示,土壤总碳含量在0.53%~1.34%。

2.5 土壤全钾含量 钾具备促进光合作用和蛋白质合成等作用^[15]。来宾市兴宾区蔗田土壤全钾含量如图5所示,含量在0.044%~0.130%,平均含量为0.084%,仅为土壤全钾含量“很缺”状态上限值的5.6%。测试结果显示,蔗田土壤全钾均处于很缺状态。这可能是由于来宾市兴宾区蔗田土壤主要由含钾量较低的岩石发育而成,在土壤风化和淋溶等作用影响下,土壤中钾含量整体偏低^[16]。

2.6 土壤全磷含量 土壤全磷含量对甘蔗茎长、茎粗的提高有显著影响。来宾市兴宾区蔗田土壤全磷含量如图6所示,含量在0.017%~0.093%,平均含量0.043%。受成土母质影响,来宾市兴宾区蔗田土壤全磷含量整体偏低。来宾市兴宾

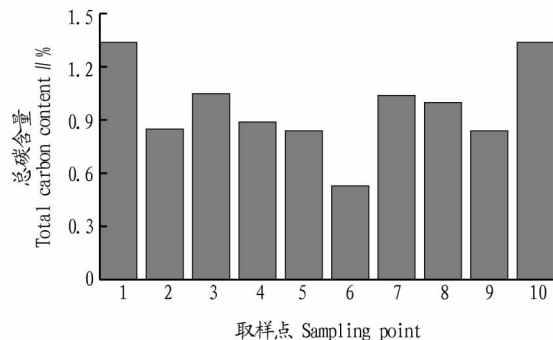


图4 来宾市兴宾区蔗田土壤总碳含量

Fig.4 Total carbon content of sugarcane field soil in Xingbin District of Laibin City

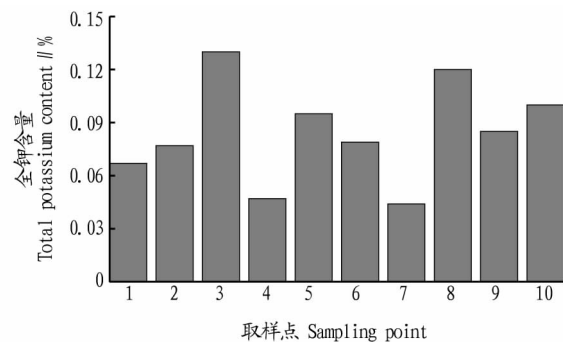


图5 来宾市兴宾区蔗田土壤全钾含量

Fig.5 Total potassium content of sugarcane field soil in Xingbin District of Laibin City

区良塘镇(1~3号)、华侨农场(4~6号)蔗田土壤除个别区域外,其他土壤全磷含量均属于“极缺”状态。“绿色双高基地”(7~10号)蔗田土壤全磷含量处于“很缺”状态,但又分别超出良塘镇、华侨农场等蔗田土壤全磷含量1.56、1.69倍,这可能是近年来“绿色双高基地”引导蔗农科学施肥政策对改良土壤全磷含量起到积极作用。

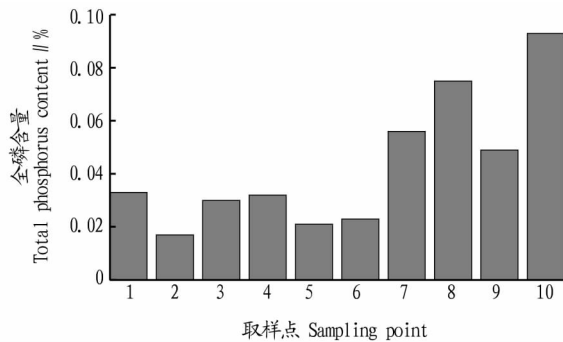


图6 来宾市兴宾区蔗田土壤全磷含量

Fig.6 Total phosphorus content of sugarcane field soil in Xingbin District of Laibin City

2.7 土壤全氮含量 氮是农作物生长所需的三大元素之首,是构成植物蛋白的主要成分,全氮含量是评价土壤供氮能力的重要指标^[17]。来宾市兴宾区蔗田土壤全氮含量如图7所示,含量在0.049%~0.210%,平均含量为0.090%。除华侨农场5号取样点全氮含量达到很丰富水平外,其他9个取样点土壤均呈现缺乏或很缺水平,其中“绿色双高基地”9号取样

点全氮含量达到极缺水平。这可能与蔗田常年种植糖蔗、未与豆类植物轮种或施肥不当有关。

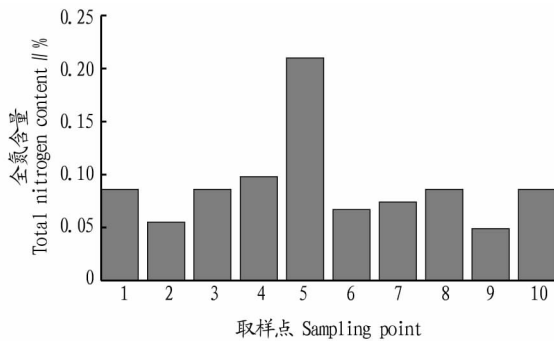


图7 来宾市兴宾区蔗田土壤全氮含量

Fig.7 Total nitrogen content of sugarcane field soil in Xingbin District of Laibin City

2.8 土壤速效钾含量 钾对碳水化合物的合成、运转、转化等起着重要的作用,可促进作物的成熟,提高其品质和耐贮性,提高其抗寒、抗旱、耐高温和抗病虫能力,土壤中速效钾为土壤全钾中能够被当季植物直接吸收利用的部分^[18]。来宾市兴宾区蔗田土壤速效钾含量如图8所示,含量在46.21~146.67 mg/kg,平均含量为87.20 mg/kg。兴宾区蔗田大部分土壤的速效钾含量在40.00~100.00 mg/kg,处于缺乏、很缺水平;仅有3个采样点的土壤速效钾含量超过100.00 mg/kg,达到中等水平。

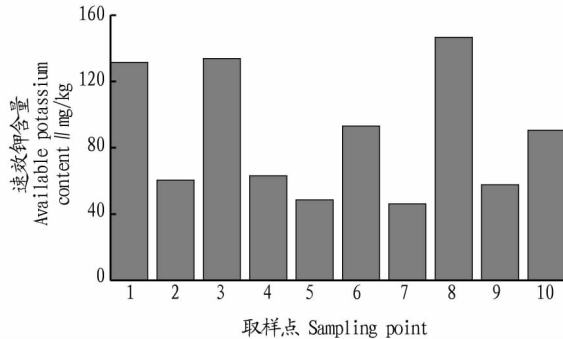


图8 来宾市兴宾区蔗田土壤速效钾含量

Fig.8 Available potassium content of sugarcane field soil in Xingbin District of Laibin City

2.9 土壤有效磷含量 土壤有效磷是土壤磷素养分供应水平高低的指标,能够提高农作物根系的吸收能力,促进新根的发生和生长,提高作物抗寒、抗旱能力。来宾市兴宾区蔗田土壤有效磷含量如图9所示,含量在0.97~302.10 mg/kg,平均含量为97.49 mg/kg。华侨农场(4~6号)、“绿色双高基地”(7~10号)蔗田土壤有效磷含量均显示为丰富、很丰富水平,仅良塘镇2处(1号、3号)蔗田有效磷含量处于极缺水平,这可能与良塘镇当地蔗农连茬种植糖蔗的种植方式有关。

3 结论与讨论

蔗田土壤是甘蔗赖以生长的基础,来宾市兴宾区蔗田土壤抽样检测结果表明,蔗田土壤肥力总体水平较低。50%的土壤不在最适宜甘蔗生长和发育的pH范围内,土壤呈现偏酸性;虽然来宾市年均降水量较多,但因受地貌、降雨量全年

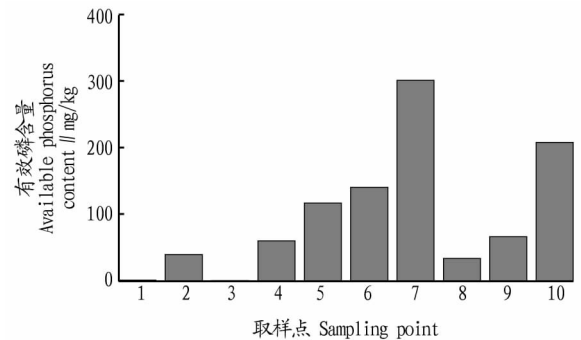


图9 来宾市兴宾区蔗田土壤有效磷含量

Fig.9 Available phosphorus content of sugarcane field soil in Xingbin District of Laibin City

分布不均,耕作层较浅等因素影响,土壤整体含水率偏低,平均值为6.89%,全部土壤样品呈现中旱和重旱状态;土壤有机质含量整体偏低,平均值为1.67%,仅有2个样本含量达到中等水平;土壤中全氮含量整体偏低,平均值为0.090%,9个土壤样本含量与中等水平相差较大;土壤中全钾平均含量为0.084%,属于很缺水平;土壤中全磷含量处于极缺水平,平均值仅为0.043%,土壤样本均显示为很缺、极缺水平;土壤速效钾分布不均,整体处于缺乏水平,平均值为87.20 mg/kg;土壤有效磷含量相对丰富,仅有2个样本显示极缺水平,其他样本均处于丰富、很丰富水平。

为改良来宾市兴宾区蔗田土壤状况,提高土壤肥力,提升甘蔗品质及产量,根据上述研究成果,对来宾市兴宾区蔗田土壤提出以下建议:①改良土壤酸碱性,甘蔗最适宜生长和发育的土壤酸碱度为微酸性和中性,应该通过增施石灰或有机肥等方式,中和土壤酸性。②提高土壤蓄水能力,应采取深松耕的机耕方式,将机耕深度由常规的浅旋耕方式的25 cm增加到犁底层的35 cm左右;增施有机肥,提高土壤保水能力;改良灌溉技术,以喷灌方式取代传统的大水漫灌,改善土壤板结状况,提高水资源利用效率。③合理施肥,按照土壤各养分的状况及甘蔗生长周期不同养分需求,有机肥、化肥混合施用,确保土壤养分均衡,肥效持久。

参考文献

- [1] 来宾市兴宾区糖业发展局.兴宾区2019/2020年榨季工作总结及2020/2021年榨季工作计划[EB/OL].(2020-11-12)[2020-11-13].<http://www.xingbin.gov.cn/xwzx/bmdt/t6988378.shtml>.
- [2] 2019年来宾市蔗糖业全产业链总产值近100亿元[J].广西糖业,2020(3):49.
- [3] 王绍强,周成虎,李克让,等.中国土壤有机碳库及空间分布特征分析[J].地理学报,2000,55(5):533-544.
- [4] 宋秀丽,林小娟,王冰雪,等.不同种植方式对土壤理化性质及玉米生长的影响[J].黑龙江农业科学,2021(3):7-15.
- [5] 阳景阳,黄智刚.蔗地土壤养分与甘蔗生长的关系模型研究[J].中国糖料,2016,38(3):18-20,23.
- [6] 王小明,覃逸明,廖政达,等.糖料蔗生产中土壤劣变原因、机制与治理对策综述[J].江苏农业科学,2018,46(21):6-11.
- [7] 冯慧敏,孔德庸,李海渤,等.不同农田土壤理化性质的分析与评价[J].韶关学院学报,2021,42(3):59-64.
- [8] 左丹丹,黄金文,岳梅,等.庐江矾矿区土壤理化特性研究[J].安庆师范大学学报(自然科学版),2018,24(1):88-91,113.
- [9] 胡永亮,陈玉芹,李庆聪,等.云南辣木园土壤营养成分调查分析[J].湖南农业科学,2018(11):83-86.

对各样点的生态风险程度进行统计,结果发现(表 8),所有样点的 As、Zn、Cu、Pb 和 Cr 的潜在生态危害系数均为低风险,而对比重金属污染物 Cd,有 13.04%的样点达到较强风险,73.92%的样点达到很强风险,13.04%的样点达到极强风险,由此可见,最主要的生态风险因子是 Cd。其他重金属的生态风险较低,各样点均属于低风险。

淮北平原土壤重金属的综合潜在风险指数(RI)为 21.63~5 488.73,极差高达 5 467.10,RI 平均值从小到大依次为 Zn<Cr<As<Cu<Pb<Cd,排序顺序与淮北平原土壤各个重金属单项的平均值大小顺序相同,其中,Zn、Cr、As、Cu 属于低风险,Pb 为中等风险,Cd 为很强风险。从各个样点的综合潜在风险指数(RI)来看,处于低生态风险水平的样点数占样

点总数的 65.66%,处于中等风险和很强风险水平的样点数均占样点总数的 17.17%。

表 7 重金属潜在生态风险法评价结果

Table 7 Assessment results of potential ecological risk of heavy metals

重金属 Heavy metal	单项潜在生态危害系数(E_i^p)			综合潜在生 态风险指数(RI) Comprehensive potential ecological risk index
	Single potential ecological hazard coefficient			
	最小值 Minimum	最大值 Maximum	平均值 Average	
Pb	4.46	11.43	6.70	154.13
Cd	116.20	490.14	238.64	5 488.73
Cr	1.74	4.63	2.88	66.18
Zn	0.54	1.56	0.94	21.63
Cu	4.08	8.54	6.46	148.66
As	1.87	5.40	3.39	78.07

表 8 不同生态风险级别样点数占样点总数的百分比

Table 8 Percentage of sample points of different ecological risk levels in total sample points

风险等级 Risk level	E_i^p							RI
	Pb	Cd	Cr	Zn	Cu	As		
低 Low	100	0	100	100	100	100	100	65.66
中等 Medium	0	0	0	0	0	0	0	17.17
较强 Stronger	0	13.04	0	0	0	0	0	0
很强 Very strong	0	73.92	0	0	0	0	0	17.17
极强 Extremely strong	0	13.04	0	0	0	0	0	—

3 结论

(1) 淮北平原麦地土壤中 Pb、Cd、Cr、Zn、Cu 和 As 的平均含量分别为 46.11、1.13、94.67、80.31、32.71 和 6.11 mg/kg。Cu、Pb、Zn、Cr 这 4 种重金属元素为中等变异,As 和 Cd 这 2 种重金属元素为强变异。

(2) 运用污染负荷指数法和内梅罗综合污染指数法综合评价,淮北平原麦地土壤中 As 为无污染,Pb、Cr 和 Cu 处于轻度污染,Cd 为重度污染,Zn 经污染负荷指数法计算为无污染、内梅罗综合污染指数法计算为轻度污染。

(3) 淮北平原麦地土壤中各个重金属潜在生态危害系数(E_i^p)的平均值由小到大依次为 Zn<Cr<As<Cu<Pb<Cd。其中,Zn、Cr、As、Cu 属于低风险,Pb 为中等风险,Cd 为很强风险,可见 Cd 是最主要的污染因子,也是最为主要的潜在生态风险因子。

参考文献

- [1] 江丽,钟九生,黄国金,等.贵州丹寨县铅锌矿区小流域土壤重金属污染特征及生态风险评价[J].有色金属(冶炼部分),2021(3):57-64.
- [2] 张富贵,彭敏,王惠艳,等.基于乡镇尺度的西南重金属高背景区土壤重金属生态风险评价[J].环境科学,2020,41(9):4197-4209.
- [3] 任加国,王彬,师华定,等.沱江上游支流土壤重金属污染空间相关性及其变异解析[J].农业环境科学学报,2020,39(3):530-541.

- [4] 闫晓露,孙才志,胡远满,等.围垦对辽东湾北部滨海湿地土壤重金属含量的影响及生态风险评价[J].生态学报,2021,41(3):1055-1067.
- [5] 费强,闫丽静.基于单因子分析法的表层土壤重金属污染的研究[J].南方农机,2020,51(17):19-28.
- [6] 李阳.基于 PMF 模型的煤矿区重金属污染土壤修复研究[J].环境科学与管理,2020,45(6):121-125.
- [7] 王娜.城市表层土壤重金属污染分析模型[J].硅谷,2014,7(13):180,169.
- [8] 李一蒙,马建华,刘德新,等.开封城市土壤重金属污染及潜在生态风险评价[J].环境科学,2015,36(3):1037-1044.
- [9] 李姗姗,谭光超,彭晓晨,等.重要风险区域土壤重金属污染特征及来源分析[J].资源环境与工程,2019,33(4):495-498.
- [10] 苏海民,孙朋,张勇.宿州市沱河城市景观河流重金属富集及污染评价[J].河南师范大学学报(自然科学版),2021,49(2):118-124.
- [11] 李苏,闫志宏,徐丹,等.改进的内梅罗指数法在水库水质评价中的应用[J].科学技术与工程,2020,20(31):13079-13084.
- [12] 尹国庆,江宏,王强,等.安徽省典型区农用地土壤重金属污染成因及特征分析[J].农业环境科学学报,2018,37(1):96-104.
- [13] 颜浩,李法松,邓力,等.安徽省怀宁城区排污河道底泥重金属污染特征分布及潜在生态风险评价[J].安徽化工,2020,46(4):85-89.
- [14] 韩晋仙,李二玲,班凤梅.常规农业村土壤重金属污染及潜在生态风险评价:山西寿阳县为例[J].中国土壤与肥料,2020(6):246-253.
- [15] 王磊,向甲甲,殷瑶,等.河道底泥重金属的含量特征与潜在生态风险[J].净水技术,2020,39(10):162-167,172.
- [16] HAKANSON L. An ecological risk index for aquatic pollution control: A sedimentological approach[J]. Water research,1980,14(8):975-1001.
- [17] 盛维康.海水入侵对土壤重金属元素的影响:以珠江三角洲为例[D].北京:中国地质大学(北京),2020.

(上接第 81 页)

- [10] 孙慧静,温远豪,罗苏杰.广西来宾市现代特色农业发展研究[J].农村经济与科技,2019,30(13):171-173.
- [11] 谢如林,谭宏伟,周柳强,等.广西来宾市兴宾蔗区土壤养分丰缺状况分析[J].甘蔗糖业,2004(1):6-10.
- [12] 曾艳,黄金生,周柳强,等.广西桂南蔗区土壤养分状况调查分析[J].南方农业学报,2014,45(12):2198-2202.
- [13] 周敏,杨国顺.葡萄园土壤养分状况分析与肥力评价[J].安徽农业科学,2019,47(22):164-169.
- [14] 师晨迪,李娟,程杰.渭北台塬区废弃宅基地整治前后土壤总碳变化研

- 究:以陕西省澄城县为例[J].西部大开发(土地开发工程研究),2018,3(10):26-29.
- [15] 李志强.山西庞泉沟落叶松林土壤理化性质分析[J].山西林业科技,2020,49(2):22-25,54.
- [16] 何天春,闫青云.来宾市兴宾区蔗区土壤养分普查结果简报[J].广西蔗糖,2004(2):12-16.
- [17] 杨积涛,许静,蔡江桥,等.深圳市公园绿地土壤理化性质研究[J].安徽农业科学,2019,47(18):52-55,77.
- [18] 范海荣,常连生,王洪海,等.昌黎县葡萄园土壤肥力综合评价与对策研究[J].安徽农业科学,2011,39(4):2169-2173.