

DOI: 10.13758/j.cnki.tr.2022.02.009

孟博, 周一帆, 杨林生, 等. 勐海县甘蔗土壤养分空间分布特征及肥力评价. 土壤, 2022, 54(2): 277–284.

勐海县甘蔗土壤养分空间分布特征及肥力评价^①

孟博¹, 周一帆¹, 杨林生¹, 彭国政², 李加群³, 邓燕^{1*}

(1 西南大学资源环境学院/长江经济带农业绿色发展研究中心, 重庆 400716; 2 云南农业大学资源与环境学院, 昆明 650201; 3 勐海县农业技术推广中心, 云南勐海 666200)

摘要: 对勐海县 10 个甘蔗生产乡镇进行土壤调研取样, 共采集 0~20 cm 土层样品 200 份, 测定了土壤 pH、有机质、碱解氮、有效磷、速效钾、交换性钙和交换性镁含量, 运用 ArcGIS 的 Kriging 插值法分析了蔗区土壤肥力现状与空间分布特征, 并采用改进后的 Nemerow 综合指数法评价了土壤的肥力等级。结果表明: 勐海县蔗区土壤主要为酸性(pH 4.5~5.5)土壤, 占比高达 73.5%, pH<4.5 的强酸性土壤占比 9.5%; 有机质、碱解氮、有效磷、速效钾、交换性钙和交换性镁含量总体较高, 中等及以上等级占比分别为 88.5%、83.5%、71.0%、91.5%、73.5%、85.0%。从空间分布特征看, 勐海县南部土壤 pH 较高, 有机质和速效氮磷钾含量偏低的区域主要在西部和南部部分乡镇, 交换性钙镁含量则在西北部和中东部部分区域偏低。蔗区土壤肥力综合指数为 1.52, 土壤肥力等级为 II 级, 即中等偏上肥力水平。总之, 勐海县蔗区土壤普遍呈酸性, 大部分土壤肥力水平整体较高, 只有个别地区部分养分含量较低, 养分条件总体上适合甘蔗的生长。

关键词: 甘蔗; 土壤养分; GIS; 土壤肥力评价

中图分类号: S158 **文献标志码:** A

Nutrient Spatial Distribution and Fertility Evaluation of Sugarcane Soils in Menghai County

MENG Bo¹, ZHOU Yifan¹, YANG Linsheng¹, PENG Guozheng², LI Jiaqun³, DENG Yan^{1*}

(1 College of Resources and Environment, Southwest University, Interdisciplinary Research Center for Agriculture Green Development in Yangtze River Basin, Chongqing 400716, China; 2 College of Resources and Environment, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China; 3 Menghai County Agricultural Technology Extension Center, Menghai, Yunnan 666200, China)

Abstract: The field survey was conducted in 10 sugarcane-growing towns in Menghai County, and a total of 200 soil samples were collected from the 0–20 cm layer to determine soil pH, organic matter (OM), alkali-hydrolyzable nitrogen (AN), available phosphorus (AP) and potassium (AK), exchangeable calcium (Ca²⁺) and magnesium (Mg²⁺). ArcGIS Kriging interpolation method was used to study the spatial distributions of soil fertility indicators, and improved Nemerow comprehensive index method was applied to evaluate soil comprehensive fertility. The results showed that soil is serious acid, 73.5% and 9.5% of soil samples was in pH 4.5–5.5 and pH<4.5. OM, AN, AP, AK, Ca²⁺ and Mg²⁺ were generally high, with the proportions of the medium and high grades of 88.5%, 83.5%, 71.0%, 91.5%, 73.5%, and 85.0%, respectively. pH was higher in the south, while low levels of OM, AN, AP, AK mainly occurred in the west and south, and low levels of Ca²⁺ and Mg²⁺ were mostly in the northwest and middle-east. The comprehensive soil fertility index was meanly 1.52, belonged to the grade II (middle to high fertility level). In conclusion, soils in sugarcane area of Menghai are mainly acid and the fertility is high in most regions, suitable for sugarcane-growing.

Key words: Sugarcane; Soil nutrients; GIS; Soil fertility evaluation

勐海县位于我国西南边陲, 属于热带、亚热带季风气候, 全年日照充足, 降雨充沛, 光热水资源十分丰富, 适合甘蔗生长。勐海县 2019 年甘蔗种植面积为 1.35 万 hm², 产量为 104.16 万 t^[1], 是云南省主要

①基金项目: 财政部和农业农村部: 国家现代农业产业技术体系项目(CARS-170210)资助。

* 通讯作者(dyan0907@swu.edu.cn)

作者简介: 孟博(1997—), 男, 河南省驻马店人, 硕士研究生, 研究方向为作物养分管理。E-mail: mengbo7@email.swu.edu.cn

的产蔗及产糖县之一^[2]。在有限的土地面积上,如何提高甘蔗单产是勐海县发展蔗糖业面临的主要问题之一^[3]。土壤是甘蔗生存和生长的物质基础,而土壤肥力是土壤物理、化学、生物属性的综合体现。评价土壤肥力重要指标之一是土壤养分,其含量高低关系着甘蔗的生长发育以及甘蔗的品质与产量。研究表明,了解甘蔗种植区的土壤养分丰缺状况,对甘蔗高产高糖的施肥指导具有重要的现实意义^[4]。由于气候、地形、成土母质、栽培管理措施差异,各蔗区的土壤养分问题不尽相同。如云南省耿马县蔗区土壤主要缺乏磷和钾^[5],云南省新平县蔗区土壤主要缺乏有机质、氮和钾^[6],广西桂南蔗区土壤肥力总体水平不高、有机质偏低^[7]。除了分析土壤养分含量丰缺状况,许多学者将 GIS 和地统计学方法相结合,系统揭示特定区域土壤养分的空间分布特征,为制定精准的土壤和施肥管理对策提供了更可靠的依据。如,王秀华等^[8]采用地统计学的 Kriging 插值法对西双版纳州的耕地土壤养分时空变化进行了研究,以此对全州的农业生产管理进行指导。勐海县作为云南省甘蔗主产区之一,当前甘蔗土壤养分限制因子还未明确,无法针对性指导科学施肥以增加甘蔗产量。因此,本研究通过调研广泛采集勐海县甘蔗种植区土壤样品,对主要养分指标进行测定,分析土壤养分空间分布特征,并综合评价土壤肥力状况,以为勐海县蔗区土壤改良及精准施肥提供参考。

1 材料与方 法

1.1 土样采集与处理

本次调研于 2020 年 10 月开展,调研区域包括勐海县西定乡、勐阿镇、勐遮镇、勐满镇、勐往乡、勐海镇、勐宋乡、勐混镇、格朗和乡和布朗山乡 10 个主要甘蔗种植乡镇。其中,甘蔗种植面积最大的是西定乡,其次为勐遮镇、勐阿镇、勐满镇等乡镇。调研取样点如图 1 所示,本次共采集土壤样品 200 份。采样时,利用 GPS 定位,每个调研地块采集 0~20 cm 土层的土壤样品,避开施肥位置按照“S”型路线随机选择 5 点取样,样品混合后,用四分法取 1 kg 左右的样品代表该地块土壤。所有样品做好取样标签,带回实验室。土样放在阴凉通风的样品室风干,去掉植物根系、小矿石等杂质,用橡胶锤粉碎后过 2 mm 筛、瓷研钵磨碎后过 0.15 mm 筛,分别用于不同土壤指标测定。



(该图基于国家测绘地理信息局标准地图服务网站下载的审图号为 GS(2017)1267 号的标准地图制作,底图无修改;下同)

图 1 勐海县蔗区土壤调研取样点分布

Fig. 1 Soil sampling sites of Menghai

1.2 测定项目与方法

依据鲍士旦^[9]主编的《土壤农化分析》对土壤样品进行检测。测试项目及方法如下:土壤 pH(土水质量比 1:2.5)采用电位计法测定;有机质含量采用重铬酸钾容量法(外加热法)测定;碱解氮含量采用碱解扩散法测定;有效磷含量采用氟化铵-盐酸浸提,紫外分光光度法测定;速效钾含量测定采用乙酸铵提取,火焰光度法测定;交换性钙和交换性镁含量采用乙酸铵浸提,原子吸收光谱法测定。

1.3 土壤养分等级分析

土壤 pH 分级及土壤有机质、碱解氮、有效磷、速效钾、交换性钙和交换性镁含量分级标准参照曾艳等^[10]介绍的甘蔗土壤养分分级标准,详见表 1、表 2。

1.4 土壤养分空间分析

地理信息系统(geographical information system, GIS)是以地理空间数据库为基础,借助计算机功能进行分析、模拟以及显示空间相关数据的一种时空信息系统。系统通过运用地理模型处理功能可为揭示土壤养分空间分布特征提供理论依据^[11]。Kriging 插值法是利用原始数据和半方差函数的结构特点,对未知采样点区域进行最优、无偏估计的一种方法^[12]。本研究采用 ArcGIS 提供的 Ordinary Kriging 方法,对研究区土壤 7 项指标作空间插值分析,得出其空间分布。

表 1 土壤 pH 分级标准
Table 1 Classification standard of soil pH

指标	强酸性	酸性	弱酸性	中性	碱性	强碱性
pH	<4.5	4.5 ~ 5.5	5.5 ~ 6.5	6.5 ~ 7.5	7.5 ~ 8.5	>8.5

表 2 土壤养分分级标准
Table 2 Classification standards of soil nutrients

土壤养分	极高	高	中	低	极低
有机质(g/kg)	>40	30 ~ 40	20 ~ 30	10 ~ 20	<10
碱解氮(mg/kg)	>120	90 ~ 120	60 ~ 90	30 ~ 60	<30
有效磷(mg/kg)	>40	20 ~ 40	10 ~ 20	5 ~ 10	<5
速效钾(mg/kg)	>160	100 ~ 160	60 ~ 100	30 ~ 60	<30
交换性钙(mg/kg)	-	>700	500 ~ 700	300 ~ 500	<300
交换性镁(mg/kg)	-	>150	70 ~ 150	30 ~ 70	<30

1.5 土壤肥力综合评价

与单因素评价相比,土壤综合肥力评价更能真实反映土壤质量。本研究选取测定的 7 个指标对勐海县蔗区土壤进行综合肥力评价,采用修正的 Nemerow 综合指数法计算土壤肥力综合指数^[13]。

土壤肥力指标高低评价标准,一是根据评价目的参考相关标准,选定适宜的指标体系,确定相应的各指标标准值(S_i);二是根据表 3 和表 4 建议作为评价标准值(S_i)或单项肥力指数(P_i)。本研究采用改进后的 Nemerow 法,进行单项及综合肥力指数计算。

单项肥力指数:

$$P_i = C_i / S_i \quad (1)$$

式中: P_i 为土壤中指标 i 的单项肥力指数, P_i 越高表明该指标越丰富,肥力越高; C_i 为土壤中指标 i 的实测数据; S_i 为土壤中指标 i 的评价标准值(本研究标准值参照表 3 和表 4)。

土壤肥力综合指数:

$$P_{\text{综}} = \sqrt{((P_{\text{ave}})^2 + (P_{\text{min}})^2) / 2 \times ((n-1) / n)} \quad (2)$$

式中: $P_{\text{综}}$ 为土壤肥力综合指数; $(P_{\text{ave}})^2$ 为土壤各属性肥力指数的平均值平方,当 $P_i > 3$ 时,在 $P_{\text{综}}$ 计算时以 $P_i = 3$ 计; $(P_{\text{min}})^2$ 为土壤所有指标中单项肥力指数最小值平方,当 $P_i > 3$ 时,该项肥力指数以 $P_i = 3$

计; n 为参与评价的土壤肥力指标个数。

本研究通过计算土壤肥力综合指数,并采用表 5^[10]中建议对研究区土壤综合肥力进行划分。

表 3 土壤肥力评价指标参考标准值
Table 3 Reference standard values of soil fertility indicators

土壤指标	建议标准值(S_i)
有机质(g/kg)	12.5
碱解氮(mg/kg)	105
有效磷(mg/kg)	7.5
速效钾(mg/kg)	80
交换性钙(mg/kg)	600
交换性镁(mg/kg)	110

表 4 土壤 pH 单项肥力指数
Table 4 Suggested values of single fertility index of soil pH

pH	建议单项肥力指数(P_i)
$\leq 5.0, \geq 9.0$	1.0
5.0 ~ 5.5, 8.5 ~ 9.0	1.5
5.5 ~ 6.0, 8.0 ~ 8.5	2.0
6.0 ~ 6.5, 7.5 ~ 8.0	2.5
6.5 ~ 7.5	3.0

1.6 数据处理与统计分析

采用 Excel 2016、SPSS 21.0 软件对数据进行整理、分析。

表 5 土壤综合肥力等级划分^[10]
Table 5 Classification of soil comprehensive fertility

等级划分	土壤肥力指数	评价描述
I 级	$P_{\text{综}} \geq 1.7$	土壤肥力处于高水平、肥沃或很肥沃,不缺肥,作物产量较高,施肥增产的边际效应降低
II 级	$0.9 \leq P_{\text{综}} < 1.7$	土壤肥力处于一般水平、尚可,个别指标可能显示缺乏,作物产量随施肥量提高较明显
III 级	$P_{\text{综}} < 0.9$	土壤肥力处于低水平、贫瘠,作物处于缺肥状态,大部分肥力指标缺乏,个别指标严重缺乏或不,施肥增产显著

2 结果与分析

2.1 土壤 pH、有机质及养分现状

从表 6 可知, 研究区所有土样均表现为偏酸性, 其中酸性(pH 4.5 ~ 5.5)土壤占比高达 73.5%, 且有 9.5% 属于 pH<4.5 的强酸性土壤。土壤有机质含量处于高等级土样比例最大, 达 31.0%, 极高等级土样占 28.0%, 研究区土壤有机质含量总体处于较高水平(表 7)。土壤碱解氮含量处于高和极高水平的土样比例约占 60%, 总体较丰富。土壤平均有效磷含量处于较高水平, 处于高和极高等级的土样占比 42.0%, 但有 29.0% 的土样有效磷缺乏。土壤速效钾的含量处于高和极高等级的土样比例高达 78.0%, 总体处于丰富水平。土壤交换性钙和镁含量总体处于较高水平, 分别有 73.5% 和 85.0% 的土样处于中等及以上等级。有效磷、速效钾和交换性钙镁含量的变异范围均

较大, 其中速效钾的变异性最大。

2.2 土壤 pH、有机质与有效养分的相关性

从表 8 可知, 调研土壤 pH 与速效钾($r=0.282^{**}$)、交换性钙($r=0.593^{**}$)和交换性镁($r=0.566^{**}$)含量均呈极显著的正相关关系, 与土壤有机质($r=-0.184^{**}$)和碱解氮($r=-0.270^{**}$)含量呈极显著的负相关关系; 土壤有机质与碱解氮($r=0.458^{**}$)和有效磷($r=0.220^{**}$)含量极显著正相关, 而与交换性镁($r=-0.143^{**}$)含量极显著负相关。

2.3 土壤 pH、有机质及养分空间分布特征

2.3.1 土壤 pH 及有机质 从图 2 可知, 勐海县蔗区土壤除南部和北部小部分土壤表现为弱酸性, 其余乡镇大多表现为酸性, 没有碱性土壤。10 个乡镇中布朗山乡的 pH 平均值最高, 为 5.59, 酸性土壤占比为 60.0%; 勐遮镇的 pH 平均值最低, 为 4.90, 酸性土壤占比高达 75.0%, 强酸性土壤占比为 20.0%。

表 6 勐海县蔗区土壤 pH 状况
Table 6 Statistics of soil pH of sugarcane area in Menghai

指标	范围	均值 ± 标准差	变异系数(%)	样品分布(%)					
				强酸性	酸性	弱酸性	中性	碱性	强碱性
pH	3.90 ~ 6.50	5.12 ± 0.47	9.25	9.5	73.5	17.0	0	0	0

表 7 勐海县蔗区土壤养分状况
Table 7 Statistics of soil nutrients of sugarcane area in Menghai

指标	范围	均值 ± 标准差	变异系数(%)	样品分布(%)				
				极高	高	中	低	极低
有机质(g/kg)	9.64 ~ 85.80	34.38 ± 13.65	39.70	28.0	31.0	29.5	10.0	1.5
碱解氮(mg/kg)	11.40 ~ 367.00	104.94 ± 48.45	46.16	32.0	28.5	23.0	13.5	3.0
有效磷(mg/kg)	1.70 ~ 134.80	22.10 ± 19.80	89.61	14.5	27.5	29.0	15.5	13.5
速效钾(mg/kg)	26.00 ~ 1 568.00	220.71 ± 226.55	102.65	47.0	31.0	13.5	8.0	0.5
交换性钙(mg/kg)	40.00 ~ 5 120.00	1 039.44 ± 870.27	83.73	-	57.5	16.0	11.0	15.5
交换性镁(mg/kg)	2.40 ~ 1 152.00	222.39 ± 187.81	84.45	-	56.0	29.0	6.5	8.5

表 8 勐海县蔗区土壤养分相关性
Table 8 Correlation between soil fertility indicators in sugarcane area of Menghai

	有机质	碱解氮	有效磷	速效钾	交换性钙	交换性镁
pH	-0.184 ^{**}	-0.270 ^{**}	0.000	0.282 ^{**}	0.593 ^{**}	0.566 ^{**}
有机质	-	0.458 ^{**}	0.220 ^{**}	0.045	-0.112	-0.143 ^{**}

注: ** 表示在 $P<0.01$ 水平(双侧)上显著相关。

勐海县中东部蔗区土壤有机质含量总体处于丰富水平, 北部及西部部分乡镇土壤有机质含量多为中等水平, 而在西南部有机质含量则较低(图 2)。10 个乡镇中格朗和乡有机质含量平均值最高, 为 42.97 g/kg, 其中极高和高等级土壤占比为 80.0%;

勐满镇的有机质含量平均值最低, 为 26.00 g/kg, 其中低等级土壤占比为 35.0%。

2.3.2 土壤碱解氮、有效磷及速效钾 勐海县蔗区土壤碱解氮、有效磷和速效钾含量空间分布特征如图 3 所示。中部和北部蔗区土壤碱解氮含量大多处于丰富水平, 南部多处于中低或极低水平。10 个乡镇中勐遮镇的碱解氮含量平均值最高, 为 135.27 mg/kg, 其中极高和高等级共占比为 85.0%; 勐混镇的碱解氮含量平均值最低, 为 49.73 mg/kg, 其中低和极低等级占比为 80.0%。

勐海县蔗区土壤有效磷含量呈东西部偏低、中部及南北部较高的分布趋势。10 个乡镇中勐阿镇有效

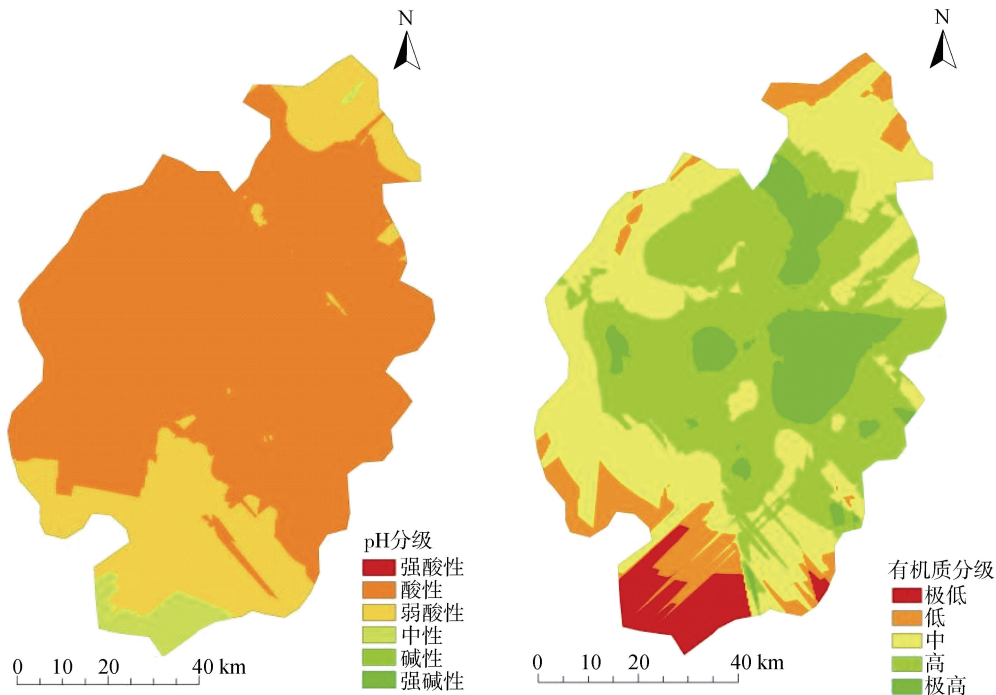


图 2 勐海县蔗区土壤 pH 和有机质含量空间分布特征
 Fig. 2 Spatial distributions of soil pH and OM in sugarcane area of Menghai

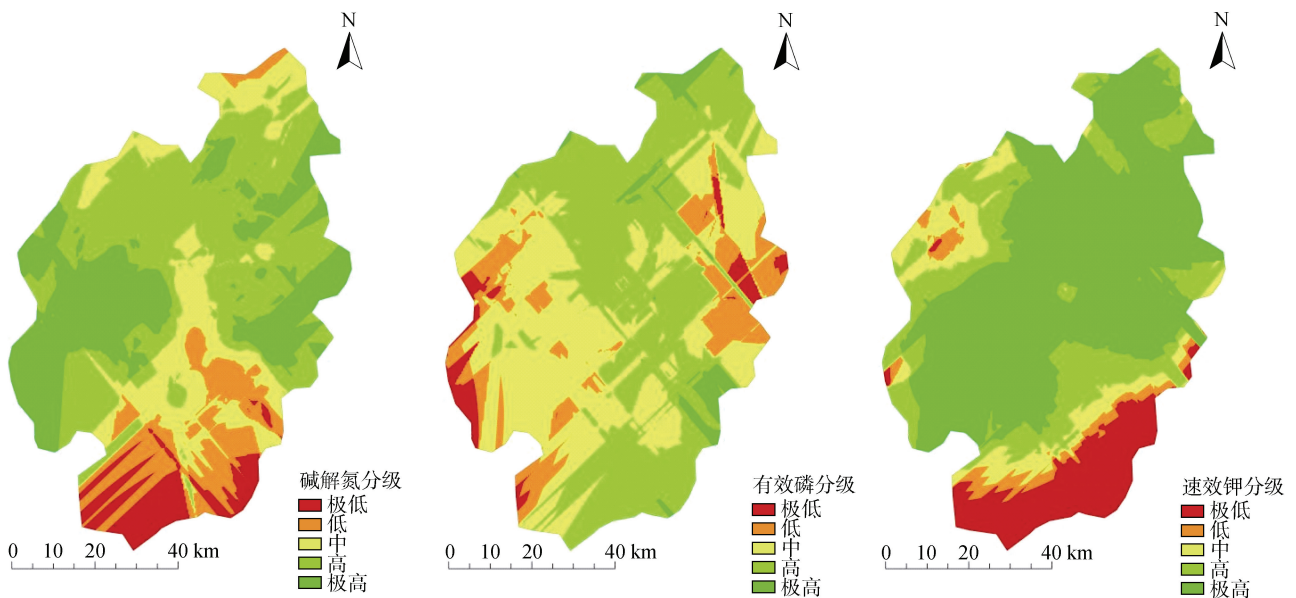


图 3 勐海县蔗区土壤碱解氮、有效磷和速效钾含量空间分布特征
 Fig. 3 Spatial distributions of soil AN, AP and AK in sugarcane area of Menghai

磷含量平均值最高，为 38.24 mg/kg，其中极高和高等级土壤共占比为 75.0%；勐宋乡有效磷含量平均值最低，为 10.76 mg/kg，其中中和极低等级土壤占比为 50.0%。

勐海县蔗区土壤速效钾含量总体处于较丰富水平，较缺乏的区域集中在东南部 and 西北部部分乡镇。10 个乡镇中勐遮镇速效钾含量平均值最高，为

405.05 mg/kg，其中极高和高等级土壤共占比为 85.0%；勐满镇速效钾含量平均值最低，为 97.20 mg/kg，其中中和极低等级土壤占比为 30.0%。

2.3.3 土壤交换性钙及交换性镁 勐海县蔗区土壤交换性钙镁含量空间分布特征见图 4。大部分乡镇土壤交换性钙含量丰富，仅在东部和西北部少数地区表现为中低水平。10 个乡镇中勐往乡交换性钙含量平

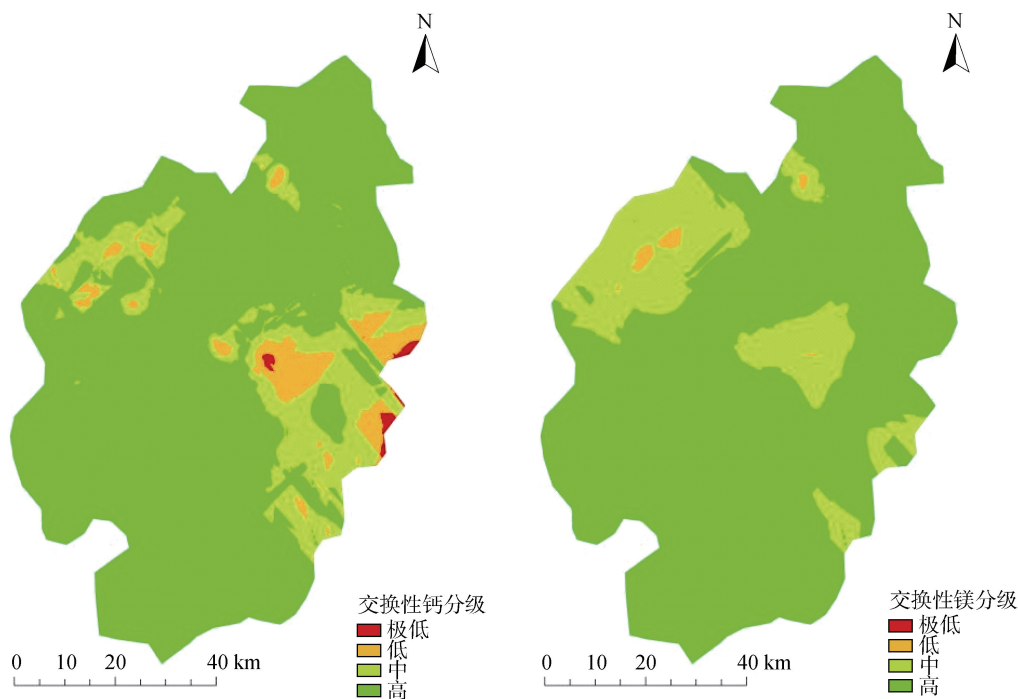


图 4 勐海县蔗区土壤交换性钙和交换性镁含量空间分布特征
Fig. 4 Spatial distributions of soil Ca^{2+} and Mg^{2+} in sugarcane area of Menghai

均值最高,为 2 108.00 mg/kg,其中高等级土壤共占比为 75.0%;格朗和乡交换性钙含量平均值最低,为 612.00 mg/kg,其中低和极低等级土壤占比为 50.0%。

同样,勐海县蔗区土壤交换性镁含量总体丰富,仅在西北部和中部部分地区表现为中等偏低水平。10 个乡镇中勐往乡交换性镁含量平均值最高,为 500.40 mg/kg,其中高等级土壤占比为 80.0%;勐海镇交换性镁含量平均值最低,为 89.04 mg/kg,其中低和极低等级土壤占比为 35.0%。

2.4 土壤综合肥力评价

从表 9 可知,勐海县蔗区土壤碱解氮的单项肥力指数最低,为 1.00,有效磷的单项肥力指数最高,为 2.95,土壤综合肥力指数为 1.52,肥力等级为 II 级,处于中等偏高肥力水平。单项肥力指数排序依次为:碱解氮<pH<交换性钙<交换性镁<有机质<速效钾<有效磷。在所有单项肥力指数中有有机质、有效磷、速效钾、交换性钙和交换性镁的肥力指数达到 I 级($P_i \geq 1.7$),分别为 2.75、2.95、2.76、1.73 和 2.02,占所有测定指标之和的 71.4%;pH 和碱解氮的单项肥力指数达到 II 级($0.9 \leq P_i < 1.7$),分别为 1.50 和 1.00,占所有测定指标之和的 28.6%。

3 讨论

此次调研结果表明,勐海县蔗区酸性(pH 4.5 ~

5.5)土壤占比高达 73.5%,且有近 10% 属于 pH<4.5 的强酸性土壤。土壤酸碱性是土壤理化性状的基础,对土壤肥力、养分循环、微生物活性以及甘蔗的生长发育均有明显影响^[14]。甘蔗最适宜生长的土壤 pH 范围是 6.1~7.7^[15],土壤过酸会导致土壤阳离子交换量和盐基饱和度降低、土壤矿物质营养元素缺乏等现象,从而影响甘蔗的产量及品质^[16-17]。本次调研发现,土壤 pH 与速效钾和交换性钙镁含量均呈极显著的正相关关系,表明较高的 pH 有利于钾钙镁养分的供应。导致土壤呈现酸性的原因很多,而土壤自然酸化的过程比较缓慢,因此人为活动的增加是造成土壤酸化加剧的主要因素^[18]。研究表明,农田土壤酸化加剧主要是因为大量化学肥料尤其是尿素和铵态氮肥的不

表 9 勐海县蔗区土壤肥力检测与结构分析
Table 9 Soil fertility test and structure analysis of sugarcane area in Menghai

评价指标	平均值	单项肥力指数	综合肥力指数	肥力等级
pH	5.12	1.50	1.52	II 级
有机质(g/kg)	34.38	2.75		
碱解氮(mg/kg)	104.94	1.00		
有效磷(mg/kg)	22.10	2.95		
速效钾(mg/kg)	220.71	2.76		
交换性钙(mg/kg)	1 039.44	1.73		
交换性镁(mg/kg)	222.39	2.02		

合理施用^[14]。本次调研中土壤 pH 与碱解氮含量之间呈极显著的负相关关系,也可以表明偏施氮肥对土壤 pH 的影响。古慧娟等^[19]研究表明,缓/控释肥料可以在作物不减产的基础上明显提高肥料利用率,从而减少氮的输入,减轻土壤酸化作用。大量研究表明,蔗叶还田不仅可以提高蔗田土壤 pH,还可以增有机质和速效氮磷钾含量,培肥地力,促进甘蔗生长^[20]。庞孜钦等^[21]研究表明,在酸化程度较高的土壤上施入适量石灰可以直接减轻土壤酸化,提高土壤养分有效性,还可以增加微生物物种丰富度,抑制土壤中致病微生物功能。勐海蔗区针对土壤普遍酸化的问题,应综合采用多种措施改良酸性土壤,尤其是酸化比较严重的西南部区域应重视。

郭家文等^[16,22]2005—2008 年对云南甘蔗主产区土壤养分的研究表明,云南蔗区土壤有机质、碱解氮、速效磷含量处于中等偏低水平,速效钾含量处于中等偏高水平。王秀华等^[8]对西双版纳州 1983 年和 2013 年的耕地土壤养分进行时空变化分析,结果表明西双版纳州耕地土壤肥力处于中等偏上水平,碱解氮和速效磷含量呈明显上升趋势。本次调研发现,勐海县蔗区土壤肥力总体较高,与前人研究相比,主要养分水平有所上升。土壤有机质含量的上升可能与当地推广酒精废液施用、蔗叶还田等措施有关。本研究中,土壤有机质与碱解氮和有效磷含量极显著正相关,表明土壤有机质含量增加有助于提高土壤氮磷供应水平,需要继续推广提升土壤有机质的措施。除了有机质水平升高的影响,土壤氮磷钾速效养分含量上升主要与甘蔗生产中氮磷钾肥的大量施用有关^[2]。氮磷钾肥合理施用可以增产增糖,但过量施用增加了种植成本,也加大了环境污染风险,最好结合基础地力进行合理施肥。从养分空间分布特征可知,勐海县西部和南部部分区域土壤速效氮磷钾含量偏低,尤其是有效磷缺乏的比例近 30%。总体来说,勐海县蔗区应根据当前土壤氮磷钾养分含量水平,针对性制定进一步提升或维持养分水平的施肥推荐策略,并且基于“4R”的施肥原则从施肥量、施肥时期、肥料形态和施肥位置这 4 方面探索氮磷钾肥高效利用的途径。虽然勐海县蔗区土壤交换性钙镁含量总体较丰富,但在西北和中东部区域有部分乡镇存在含量较低的情况,主要是勐满镇、勐海镇和格朗和乡,这些区域需因地制宜,推广钙镁肥与氮磷钾大量元素肥料配合施用,争取更好的经济效益与生态效益^[23]。

本研究主要对勐海县蔗区土壤 pH、有机质及大量营养元素现状进行了调研分析,未对土壤物理、生物学性状及微量元素含量做更多探讨,今后需要进一步开展工作,以更加全面了解勐海蔗区土壤肥力状况。

4 结论

勐海县蔗区土壤以酸性为主,土壤有机质、碱解氮、有效磷、速效钾、交换性钙和交换性镁含量均处于较高水平,土壤肥力总体较高,大部分种植区域比较适合甘蔗生长。建议勐海县蔗区重视土壤酸化的治理,合理施用氮磷钾肥料,做好蔗叶还田和酒精废液合理施用,继续提高土壤肥力。

参考文献:

- [1] 伍彩云, 旗尔, 纪新时, 等. 勐海甘蔗温水脱毒种苗试验研究[J]. 中国糖料, 2016, 38(1): 25-26, 28.
- [2] 樊仙, 郭家文, 邓军, 等. 云南不同生态蔗区甘蔗施肥现状分析与评价[J]. 植物营养与肥料学报, 2018, 24(1): 245-254.
- [3] 李春秀, 特芮, 杨建荣, 等. 勐海县蔗糖业的发展现状与对策[J]. 现代园艺, 2012(20): 21-23.
- [4] 郭家文. 云南甘蔗主产区土壤养分状况研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2011.
- [5] 刀静梅, 刘少春, 张跃彬, 等. 耿马甘蔗种植区土壤速效养分状况分析[J]. 中国农学通报, 2015, 31(21): 194-198.
- [6] 马家斌, 杨敏芳, 田旺海, 等. 新平县蔗区土壤养分状况及施肥水平建议[J]. 中国糖料, 2014, 36(2): 56-58.
- [7] 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.
- [8] 王秀华, 谢志英, 黄立文, 等. 基于 GIS 的西双版纳州耕地土壤养分时空变化分析[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2014, 29(5): 727-733.
- [9] 鲍士旦. 土壤农化分析. 3 版[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [10] 曾艳, 周柳强, 黄金生, 等. 广西蔗区土壤肥力特征与评价[J]. Agricultural Science & Technology, 2017, 18(3): 443-448, 451.
- [11] 张涛. 基于 GIS 的江汉平原土壤养分空间分异及土壤有机碳研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2015.
- [12] 王历, 周忠发, 牛颖超, 等. 基于熵权 TOPSIS 模型和 GIS 的黔北农产品区土壤养分空间分析及综合评价[J]. 水土保持研究, 2018, 25(4): 274-282.
- [13] 包耀贤, 徐明岗, 吕粉桃, 等. 长期施肥下土壤肥力变化的评价方法[J]. 中国农业科学, 2012, 45(20): 4197-4204.
- [14] 徐仁扣. 土壤酸化及其调控研究进展[J]. 土壤, 2015, 47(2): 238-244.
- [15] 张跃彬, 刘少春. 南方蔗作土壤与养分状况分析[J]. 西南农业学报, 2004, 17(S1): 130-133.

- [16] 郭家文, 刘少春, 张跃彬, 等. 云南甘蔗主产区土壤 pH、全氮磷钾的分布状况[J]. 土壤, 2012, 44(5): 868-872.
- [17] 李素丽, 梁晓莹, 韦本辉, 等. 有机肥对粉垄蔗地土壤养分及甘蔗产量品质的影响[J]. 广西植物, 2021, 41(9): 1509-1515.
- [18] 易杰祥, 吕亮雪, 刘国道. 土壤酸化和酸性土壤改良研究[J]. 华南热带农业大学学报, 2006(1): 23-28.
- [19] 古慧娟, 石元亮, 于阁杰, 等. 我国缓/控释肥料的应用效应研究进展[J]. 土壤通报, 2011, 42(1): 220-224.
- [20] 樊仙, 郭家文, 张跃彬. 国内外甘蔗养分管理概况[J]. 中国糖料, 2014, 36(3): 71-73, 81.
- [21] 庞孜钦, 胡朝华, 袁照年. 石灰改良对甘蔗生长及其土壤微生物组成和功能的影响[C]. 2019 年中国作物学会学术年会论文摘要集, 杭州, 2019-10-27.
- [22] 郭家文, 张跃彬, 刘少春, 等. 云南甘蔗主产区土壤有机质和速效养分分布研究[J]. 土壤通报, 2010, 41(4): 872-876.
- [23] 刘逊忠, 黄健, 朱伦. 砖赤红壤施用钙镁肥对甘蔗的效应[J]. 中国糖料, 2013, 35(2): 11-14.