

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2023.04.008

# 重庆市万州植烟区土壤养分现状及施肥区划

周嵘<sup>1</sup>, 徐宸<sup>2</sup>, 冉茂<sup>3</sup>, 郑旭川<sup>4</sup>, 周鑫斌<sup>1</sup>, 耿莉娜<sup>3</sup>

1. 西南大学 资源环境学院, 重庆 400715; 2. 中国烟草总公司重庆市公司石柱分公司, 重庆 石柱 409100;  
3. 中国烟草总公司重庆市公司烟叶分公司, 重庆 400020; 4. 中国烟草总公司重庆市公司万州分公司, 重庆 万州 404197

**摘要:** 万州烟田土壤养分空间变异较大, 且缺乏系统研究, 制约了万州烟业的发展. 为了全面掌握万州区烟田土壤养分现状, 2021 年选取该区 5 个乡镇中具有代表性的种植单元土壤进行分析, 得出该区土壤养分现状, 并进行施肥区划及提出相应的施肥方案. 结果表明, 万州植烟区土壤 pH 平均值为 5.32, 75% 的土壤呈酸性, 酸化较为严重. 万州植烟区土壤有机质、碱解氮、有效磷、速效钾、交换性钙和交换性镁适宜的比例分别为 30.4%, 52.7%, 27.6%, 25.9%, 32.1% 和 38.7%, 从当前烟田土壤养分情况看, 土壤有机质较为丰富, 碱解氮供应能力良好, 有效磷总体适中, 速效钾整体偏高. 万州植烟区土壤有效铁、有效锰较高, 有效锌大多处于适宜范围, 土壤有效铜、有效硼、有效钼和水溶性氯缺乏, 且各元素空间分布不均. 万州植烟区土壤 pH 值影响土壤交换性钙、镁, 进而显著影响土壤阳离子交换量. 重庆市万州植烟区应采取“降酸、增碳氮、调磷、减钾、补微”的措施, 以土壤养分测定结果为依据, 根据施肥区划图, 在施肥过程中结合具体区域与地块, 科学合理地提出各区域的施肥管理方案, 为万州区烤烟产业持续发展提供科学参考方案.

**关键词:** 植烟区; 土壤养分; 养分施肥管理; 万州区

中图分类号: S572 文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2023)04-0082-11

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## Evaluation of Soil Nutrient Abundance and Deficiency in Wanzhou Tobacco-Growing Area of Chongqing

ZHOU Rong<sup>1</sup>, XU Chen<sup>2</sup>, RAN Mao<sup>3</sup>,  
ZHENG Xuchuan<sup>4</sup>, ZHOU Xinbin<sup>1</sup>, GENG Lina<sup>3</sup>

1. College of Resources and Environment, Southwest University, Chongqing 400715, China;
2. China Tobacco Corporation Chongqing Branch Shizhu Branch, Shizhu Chongqing 409100, China;
3. China Tobacco Corporation Chongqing Tobacco Branch, Chongqing 400020, China;
4. China Tobacco Head Office Chongqing Wanzhou Branch, Wanzhou Chongqing 404197, China

收稿日期: 2022-05-06

基金项目: 国家自然科学基金项目(31672238); 中国烟草总公司重庆市公司重点项目(B20221NY1314).

作者简介: 周嵘, 硕士研究生, 主要从事植烟土壤肥力研究.

通信作者: 冉茂, 高级农艺师.

**Abstract:** The spatial variation of soil nutrients in Wanzhou tobacco fields is large, and the lack of systematic research restricts the development of Wanzhou tobacco industry. In order to fully grasp the current situation of soil nutrients in tobacco fields in Wanzhou District, in 2021, representative soil samples of planting units in 5 townships in the district were selected for analysis. The current situation of soil nutrients in the district was obtained, and fertilization divisions were carried out and corresponding fertilization plans were proposed. The results showed that the average soil pH in Wanzhou tobacco-growing area was 5.32, and 75% of the soil was acidic, and the soil acidification was serious. The suitable proportions of soil organic matter, alkali-hydrolyzed nitrogen, available phosphorus, available potassium, exchangeable calcium and exchangeable magnesium in Wanzhou tobacco planting area were 30.4%, 52.7%, 27.6%, 25.9%, 32.1% and 38.7%, respectively. In terms of soil nutrients, the soil organic matter is relatively rich, the supply capacity of alkaline hydrolyzable nitrogen is good, the available phosphorus is generally moderate, and the available potassium is generally high. Soil available iron and manganese in Wanzhou tobacco planting area are high, and the effective zinc is in the suitable range with a high percentage soil available copper, available boron, available molybdenum and water-soluble chlorine are deficient. The spatial distribution of each element is uneven. Soil pH in Wanzhou tobacco-growing area affects soil exchangeable calcium and magnesium, which in turn significantly affects soil cation exchange capacity. Therefore, the Wanzhou tobacco planting area of Chongqing City should take the measures of “reducing acid, increasing carbon and nitrogen, adjusting phosphorus, reducing potassium, and supplementing micronutrients”. Based on the results of soil nutrient determination, according to the fertilization zoning map, the fertilization process should be based on the specific areas and plots to put forward scientific and reasonable fertilization scheme of each region. This study provided a scientific reference plan for the sustainable development of the flue-cured tobacco industry in Wanzhou District.

**Key words:** tobacco planting area; soil nutrients; nutrient fertilization management; Wanzhou District

万州区是重庆市重要的植烟区县之一,也是“渝金香”特色优质烟叶的重要生产基地。万州植烟区地形主要为山地,土壤地形复杂,养分空间差异较大,烟农长期重化肥轻有机肥现象突出。目前对万州区烟田土壤肥力状况系统研究较少,导致施肥没有参考依据,这是万州区烟叶质量提升的关键制约因素之一<sup>[1-2]</sup>。以植烟土壤养分的空间差异和丰缺评价为基础制定烤烟养分管理方案,对改善当地烟叶质量,优化烟区植烟施肥方案,保障烟区土壤的可持续利用具有重要意义。西南丘陵山地地形条件复杂,植烟土壤肥力空间分布差异较大,利用普通克里格法研究黔江区各植烟土壤养分要素空间分布特征并确定烤烟种植的适宜程度,为黔江现代烟草土壤养分管理与施肥决策提供了科学依据<sup>[3]</sup>。张璐等<sup>[4]</sup>研究了重庆市南川区植烟土壤养分现状和演变趋势,建立了施肥分区图,实现了南川烟区精准施肥管理,为南川植烟区特色优质烤烟的可持续生产提供了科学依据。杨苏<sup>[5]</sup>研究了湖南江永、龙山、桑植3个烟区植烟土壤中、微量元素养分现状并提出相应施肥方案,根据施肥方案施肥之后烟株营养得到改善,烟草产质量提高,为湖南其他烟区进行养分精准管理提供了实践经验。为了解万州植烟区土壤养分丰缺情况及空间分布特征,于2021年对万州植烟区土壤养分进行总体评价,根据评价对各个种植单元提出施肥区划建议,以此进行精准配方施肥。但到目前为止,有关重庆市万州植烟区土壤养分现状及施肥区划的研究还鲜有报道。本研究通过分析重庆市万州区2021年的植烟土壤养分丰缺状况,对肥力进行综合评价,根据土壤养分综合评价结果制定科学的施肥方案,以此提高烟草产质量,节约肥料,减少面源污染和提高土壤肥力,为万州烟草可持续生产奠定基础。

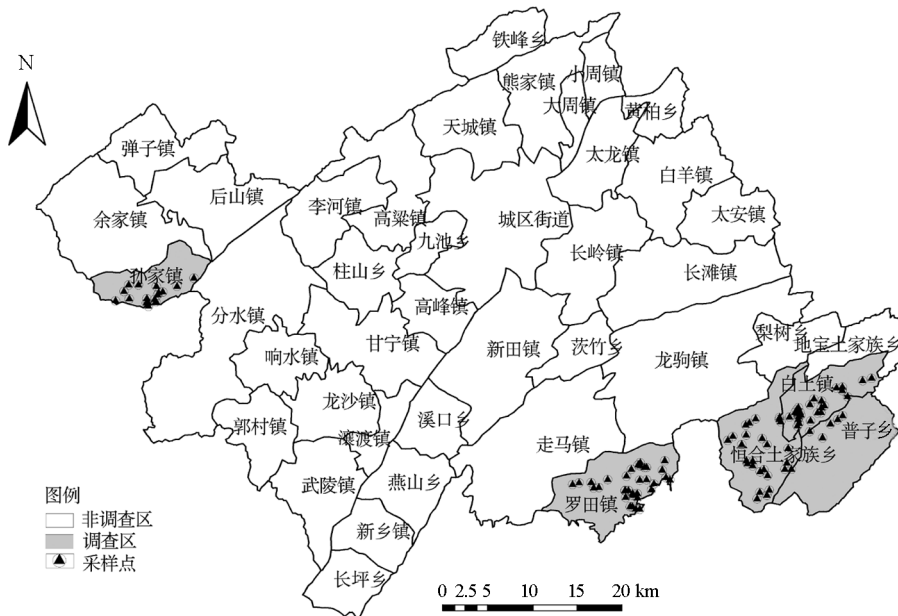
# 1 材料与方法

## 1.1 研究区域概括

万州区位于长江上游地区,处于重庆市东北部,地理位置为  $107^{\circ}52'22''-108^{\circ}53'52''E$ ,  $30^{\circ}23'50''-31^{\circ}0'18''N$ ,属亚热带季风性湿润气候,雨热充足,适宜种植烤烟.万州植烟区海拔大都在 1 000 m 以上,植烟土壤类型以黄壤为主,种植烤烟品种主要为“云烟 87”.

## 1.2 土壤采集与制备

2021 年对万州 5 个烟叶种植乡镇:孙家镇、罗田县、恒合乡、白土镇和普子乡进行采样(图 1),5 个乡镇的烤烟种植面积分别为 115, 257, 114, 217, 49  $hm^2$ . 根据现代烟草农业规划,每个种植单元(约 6.7~8  $hm^2$ )采集一个土样,随机选取该种植单元中能代表该区域主要土壤类型、地形、地貌和生产水平且集中连片的地块进行采样,5 个乡镇的土壤采样数量分别为 17, 33, 23, 34, 5 个,记录采样点的编号、所属农户、经纬度、海拔、烟草前茬作物等辅助信息.按照“S”型采样法,每个土样设置 10 个分样点,每次采样均安排在 2021 年 11-12 月烟田翻整后进行,共采集土壤样品 112 个.各采集土壤样品应满足土体均匀、深浅一致的原则,采用四分法取每份土样 2 kg,剔除明显杂物并混合均匀后带回实验室保存.测定前对土样进行风干、研磨、过筛、分类和装瓶,之后进行各项指标测定分析.



审图号:渝 S(2020)068 号

图 1 万州植烟区土壤分布图

## 1.3 测定项目及分析方法

采用土壤农化分析的常规方法分析土样.土壤 pH 值采用 pH 计测定,土水比为 1:2.5<sup>[6]</sup>;土壤有机质采用重铬酸钾容量法中的外加热法测定<sup>[6]</sup>;土壤全氮采用克氏消化法前处理,半微量凯氏定氮法测定<sup>[6]</sup>;土壤碱解氮采用扩散法测定<sup>[6-7]</sup>;土壤有效磷采用 Olsen 法前处理,钼锑抗比色法测定<sup>[6]</sup>;土壤速效钾采用  $NH_4Ac$  浸提,火焰光度计法测定<sup>[6]</sup>;交换性钙、镁采用  $NH_4Cl-NH_4Ac$  测定法测定<sup>[6]</sup>;土壤有效钼采用催化极谱法测定<sup>[6]</sup>;土壤有效硼采用姜黄素比色法测定<sup>[6]</sup>;土壤有效铁、锰、铜、锌采用 DTPA 浸提-原子吸收分光光度法测定<sup>[6]</sup>;土壤水溶性氯采用硝酸银滴定法测定<sup>[6]</sup>.

## 1.4 土壤养分的等级划分标准

以全国第二次土壤普查资料为基础,以近年来万州植烟区实际生产情况及相关的植烟区土壤养分研究为参考<sup>[8-10]</sup>,充分结合当地烟叶种植技术与土壤生态环境等多因素综合制定了万州区植烟土壤养分含量分级标准(表 1).

表 1 万州植烟区土壤 pH 值与养分含量分级标准

指标	极低	较低	适宜	较高	极高
pH 值	<5	[5, 5.5)	[5.5, 6.5)	[6.5, 7.5)	≥7.5
有机质/(g·kg <sup>-1</sup> )	<10	[10, 20)	[20, 30)	[30, 40)	≥40
碱解氮/(mg·kg <sup>-1</sup> )	<65	[65, 100)	[100, 180)	[180, 240)	≥240
有效磷/(mg·kg <sup>-1</sup> )	<10	[10, 15)	[15, 30)	[30, 40)	≥40
速效钾/(mg·kg <sup>-1</sup> )	<80	[80, 150)	[150, 220)	[220, 350)	≥350
交换性钙/(cmol·kg <sup>-1</sup> )	<3	[3, 6)	[6, 10)	[10, 18)	≥18
交换性镁/(cmol·kg <sup>-1</sup> )	<0.5	[0.5, 1)	[1, 1.6)	[1.6, 3.2)	≥3.2
有效铁/(mg·kg <sup>-1</sup> )	<2.5	[2.5, 4.5)	[4.5, 10)	[10, 60)	≥60
有效锰/(mg·kg <sup>-1</sup> )	<5	[5, 10)	[10, 20)	[20, 40)	≥40
有效铜/(mg·kg <sup>-1</sup> )	<0.2	[0.2, 0.5)	[0.5, 1)	[1, 3)	≥3
有效锌/(mg·kg <sup>-1</sup> )	<0.5	[0.5, 1)	[1, 2)	[2, 4)	≥4
有效硼/(mg·kg <sup>-1</sup> )	<0.15	[0.15, 0.3)	[0.3, 0.6)	[0.6, 1)	≥1
有效钼/(mg·kg <sup>-1</sup> )	<0.1	[0.1, 0.15)	[0.15, 0.2)	[0.2, 0.3)	≥0.3
水溶性氯/(mg·kg <sup>-1</sup> )	<5	[5, 10)	[10, 30)	[30, 40)	≥40

## 1.5 数据分析

采用 Origin 2021 和 Excel 2019 进行原始数据处理及分析, MapGIS 67 和 Section 2016 进行制图及空间叠加分析。

## 2 结果分析

### 2.1 土壤 pH 状况

研究区植烟土壤 pH 平均值为 5.32。由图 2 可知, 研究区 19.6% 的土壤酸碱性适宜烟草生长; 75% 的土壤呈酸性, 酸化较为严重; pH>6.5 的植烟土壤占比为 5.4%。与 2012 年相比, 研究区植烟土壤 pH 平均值从 5.57 下降到 5.32, 降低 4.49%。恒合乡与罗田镇土壤酸化严重, 呈极酸性的土壤占比为 52.2% 和 57.6%; 普子乡土壤酸碱性不适宜烟草生长。由此可见, 万州植烟区大部分土壤偏酸, 需采取相应措施进行调节。

### 2.2 土壤有机质质量分数状况

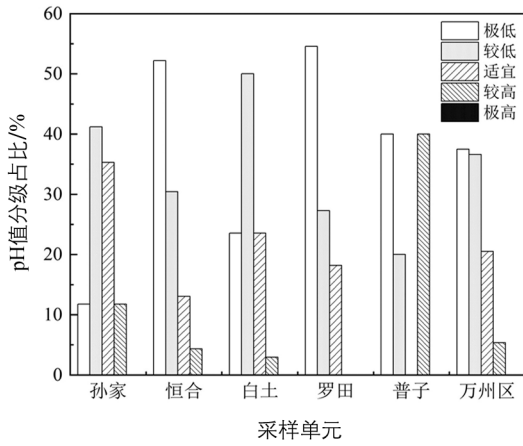
研究区植烟土壤有机质质量分数平均值为 19.44 g/kg。与 2012 年相比, 研究区植烟土壤有机质质量分数平均值从 19.74 g/kg 下降到 19.44 g/kg, 下降 1.52%。由图 3 可以看出, 土壤有机质缺乏、适宜、过占比例分别为 67.8%, 30.4%, 1.8%, 由此可知万州植烟区大部分土壤缺乏有机质。尤其是恒合乡、白土镇和罗田镇, 土壤有机质缺乏比例分别达到了 78.2%, 85.3% 和 69.7%, 因此需对该区域增施有机肥。只有普子乡土壤有机质质量分数全部处于适宜范围。

### 2.3 土壤氮素质量分数状况

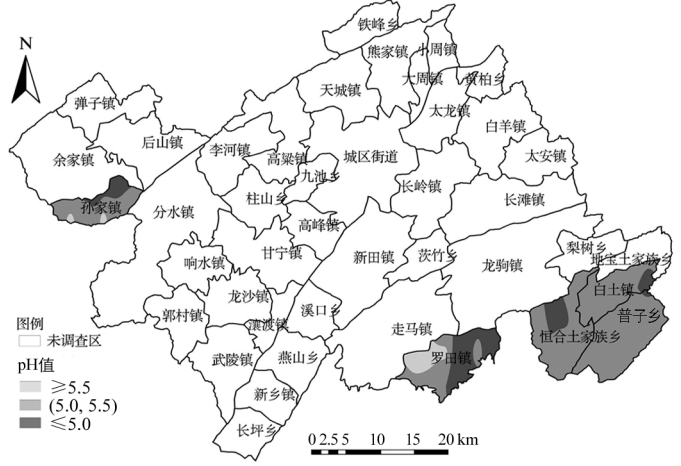
研究区植烟土壤碱解氮质量分数平均值为 107.12 mg/kg, 与 2012 年相比, 研究区植烟土壤碱解氮质量分数平均值从 102.73 mg/kg 上升到 107.12 mg/kg, 提高 4.27%。由图 4 可知, 碱解氮缺乏、适宜、过量比例分别为 47.3%, 52.7%, 0。恒合乡、白土镇和罗田镇土壤碱解氮缺乏比例分别为 43.4%, 64.7% 和 54.4%; 孙家镇和普子乡土壤碱解氮处于适宜范围所占比例较高, 达到了 82.4% 与 100%; 各个植烟乡镇均无碱解氮过量的土壤。由此可知研究区植烟土壤部分缺乏碱解氮。

### 2.4 土壤有效磷质量分数状况

研究区植烟土壤有效磷质量分数平均值为 28.6 mg/kg, 处于适宜范围。与 2012 年相比, 研究区植烟土壤有效磷质量分数平均值从 35.35 mg/kg 下降到 28.60 mg/kg, 降低 19.09%。由图 5 可知, 研究区植烟土壤有效磷缺乏、适宜、过量比例分别为 32.2%, 27.6%, 40.2%。普子乡土壤有效磷丰富比例为 60%; 罗田镇土壤有效磷缺乏比例为 42.4%。由此可见, 研究区植烟土壤有效磷空间分布差异较大。



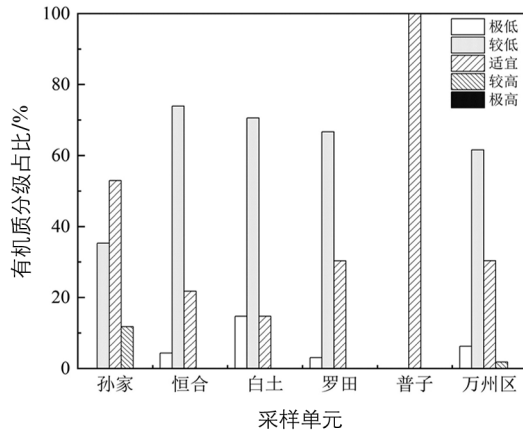
a. 土壤pH值分级占比



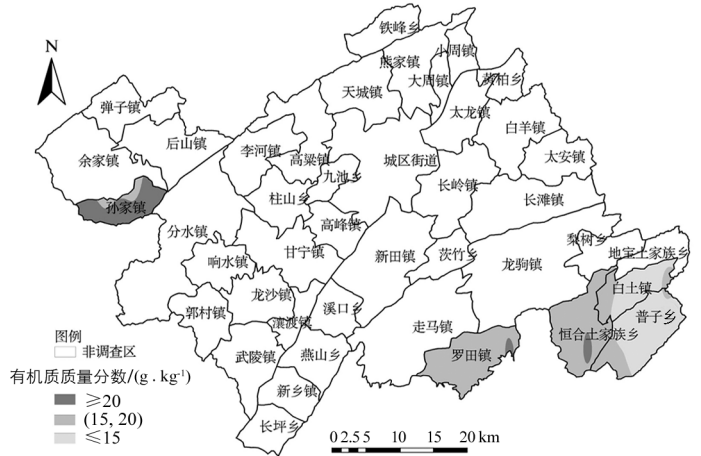
b. 土壤pH值空间分布状况

审图号: 渝 S(2020)068 号

图 2 万州植烟区土壤 pH 值分级占比图及空间分布状况



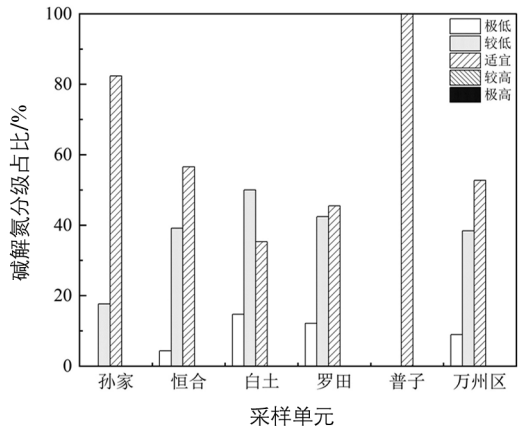
a. 土壤有机质分级占比



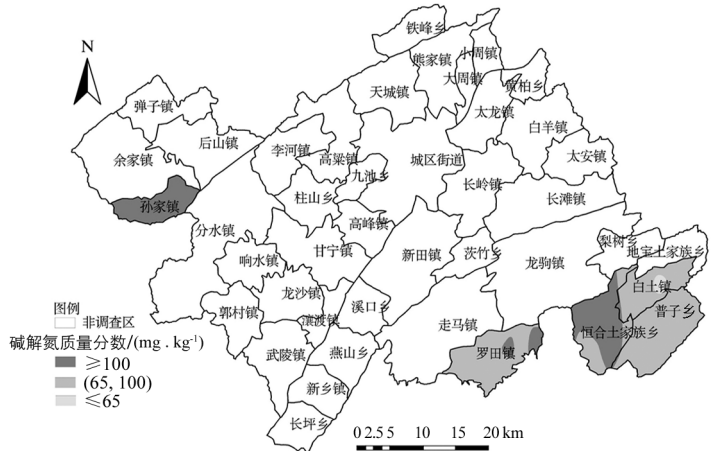
b. 土壤有机质空间分布状况

审图号: 渝 S(2020)068 号

图 3 万州植烟区土壤有机质分级占比图及空间分布状况



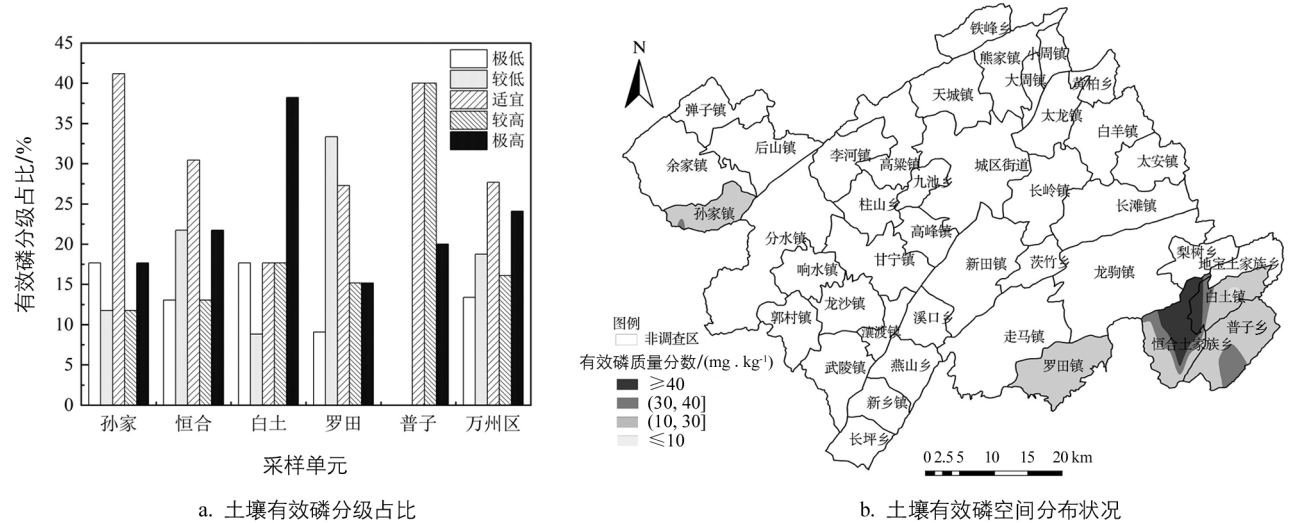
a. 土壤碱解氮分级占比



b. 土壤碱解氮空间分布状况

审图号: 渝 S(2020)068 号

图 4 万州植烟区土壤碱解氮分级占比图及空间分布状况

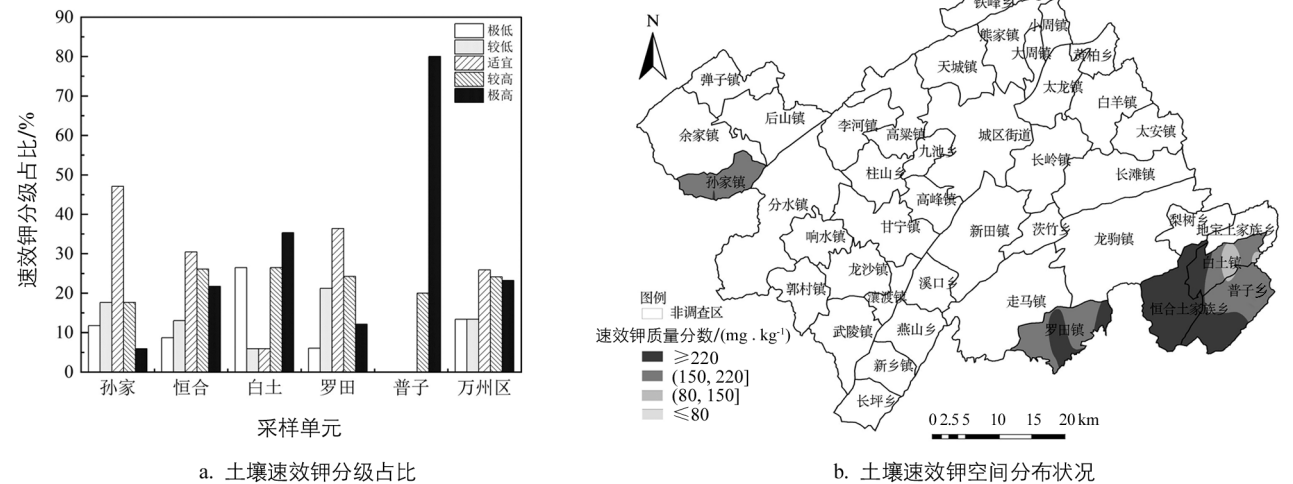


审图号: 渝 S(2020)068 号

图 5 万州植烟区土壤有效磷分级占比图及空间分布状况

### 2.5 土壤速效钾含量状况

万州研究区植烟土壤速效钾质量分数平均值为 278.30 mg/kg. 由图 6 可知, 万州研究区植烟土壤速效钾缺乏、适宜、过量比例分别为 26.8%, 25.9%, 47.3%. 与 2012 年相比, 研究区植烟土壤速效钾质量分数平均值从 167.20 mg/kg 上升到 278.30 mg/kg, 提高 66.45%. 孙家镇土壤速效钾处于适宜范围比例最高, 为 47.1%, 普子乡土壤不缺乏速效钾, 从整体上看万州植烟区土壤速效钾较为丰富.

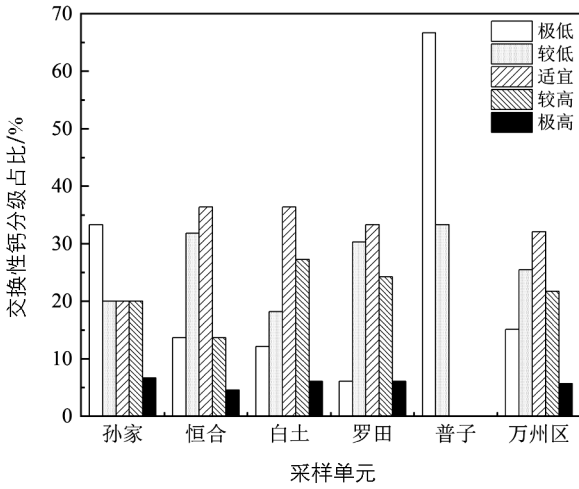


审图号: 渝 S(2020)068 号

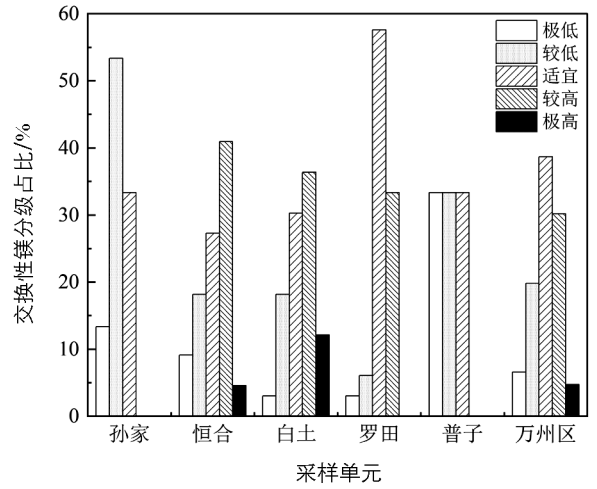
图 6 万州植烟区土壤速效钾分级占比图及空间分布状况

### 2.6 土壤交换性钙、镁质量分数状况

对万州 106 个土壤样品进行分析得出其土壤交换性钙含量平均值为 6.96 cmol/kg. 与 2012 年相比, 研究区植烟土壤交换性钙质量分数平均值从 7.98 cmol/kg 下降到 6.96 cmol/kg, 降低 12.78%. 从图 7 可知, 研究区交换性钙缺乏、适宜、过量比例分别为 40.6%, 32.1%, 27.3%, 普子乡所有土壤均缺乏交换性钙, 恒合乡土壤交换性钙缺乏比例为 45.4%. 由此得出, 万州植烟区大部分土壤缺乏交换性钙. 万州植烟土壤交换性镁含量平均值为 1.38 cmol/kg, 与 2012 年相比, 万州研究区植烟土壤交换性镁质量分数平均值从 2.29 cmol/kg 下降到 1.38 cmol/kg, 降低 39.74%. 研究区土壤交换性镁缺乏、适宜、过量比例分别为 26.4%, 38.7%, 34.9%; 只有普子乡土壤交换性镁缺乏占比较高, 达到 66.6%. 由此可知, 万州植烟区土壤交换性镁含量空间分布差异较大.



a. 土壤交换性钙分级占比



b. 土壤交换性镁分级占比

图 7 2021 年万州植烟区土壤交换性钙、镁分级占比图

## 2.7 土壤微量元素质量分数状况

由图 8 可知, 万州植烟区土壤有效铁、有效锰、有效铜、有效锌、有效硼、有效钼、水溶性氯缺乏比例分别为 3.57%, 0.89%, 33.93%, 15.18%, 47.32%, 88.39%, 53.57%, 适宜比例分别为 21.43%, 15.18%, 37.5%, 50.89%, 28.57%, 4.46%, 41.96%, 过量比例分别为 75%, 83.93%, 28.57%, 33.93%, 24.11%, 7.15%, 4.47%。总体来看, 万州植烟区土壤有效铁、有效锰质量分数较高, 除有效锌质量分数处于适宜范围, 其余微量元素均有不同程度缺乏。

## 2.8 土壤 pH 值与交换性钙、镁质量分数的相互关系

由图 9 可知, 万州植烟区土壤 pH 值与交换性钙、镁含量均呈一元一次函数关系, 且斜率均大于 0, 交换性钙增幅大于交换性镁增幅, 万州植烟区土壤 pH 值与交换性钙含量存在显著正相关关系 ( $r^2=0.47$ )。

## 2.9 土壤阳离子交换量与交换性钙、镁质量分数的相互关系

由图 10 可知, 万州植烟区土壤阳离子交换量与交换性钙、镁含量呈一元一次函数关系, 且斜率均大于 0, 交换性镁增幅大于交换性钙增幅, 万州植烟区土壤交换性钙质量分数与土壤阳离子交换量存在极显著正相关关系 ( $p<0.01$ ), 万州植烟区土壤交换性镁质量分数与土壤阳离子交换量存在显著正相关关系。

# 3 讨论

## 3.1 万州植烟区土壤肥力现状分析

近年来, 随着现代烟草农业的发展和优质烟叶需求的提升, 烟区土壤养分综合评价分析受到了广泛关注, 对植烟土壤养分进行综合评价已经成为确定各烟区烤烟生产潜力的一个重要手段<sup>[11]</sup>。前人研究表明, 烤烟生长的适宜土壤 pH 值范围为 5.5~6.5<sup>[12]</sup>。万州区土壤 pH<5.5 的酸性烟田占比为 74.1%, 土壤 pH 值过低会降低烟草对土壤养分的吸收效率, 影响土壤中有益微生物的活动, 继而影响烟株的生长和品质<sup>[1]</sup>。万州植烟区土壤酸化的主要原因是烟田多年连作, 烟株持续吸钙、镁、钾、钠等

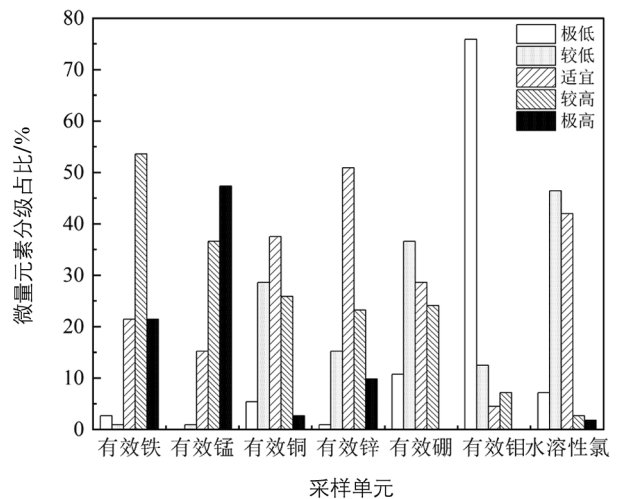


图 8 万州植烟区土壤微量元素分级占比图

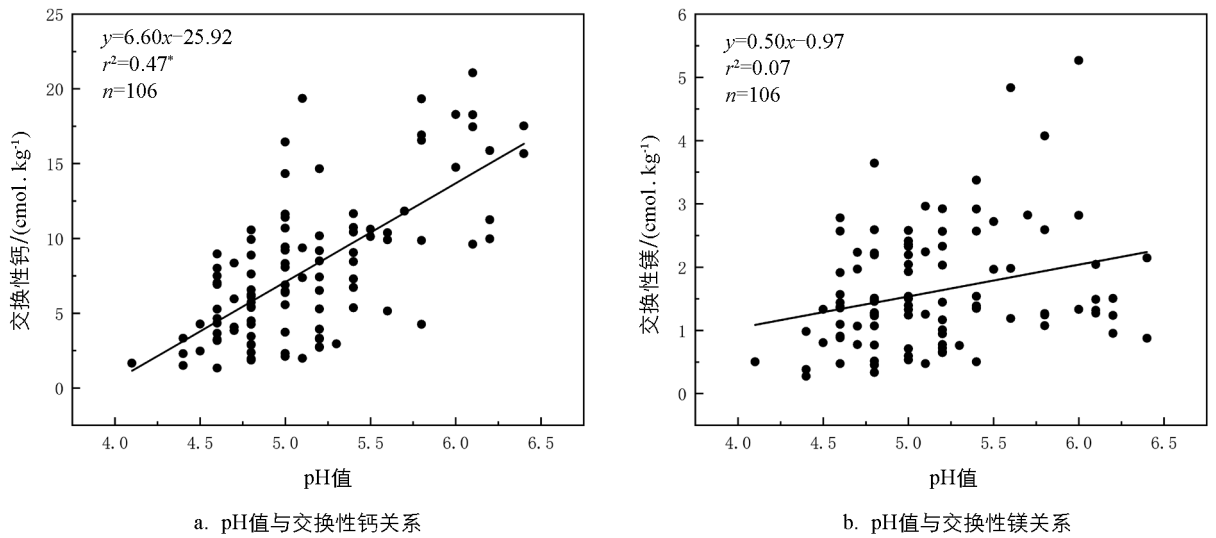
\* 表示  $p < 0.05$ 

图9 万州植烟区土壤 pH 值与交换性钙、镁关系图

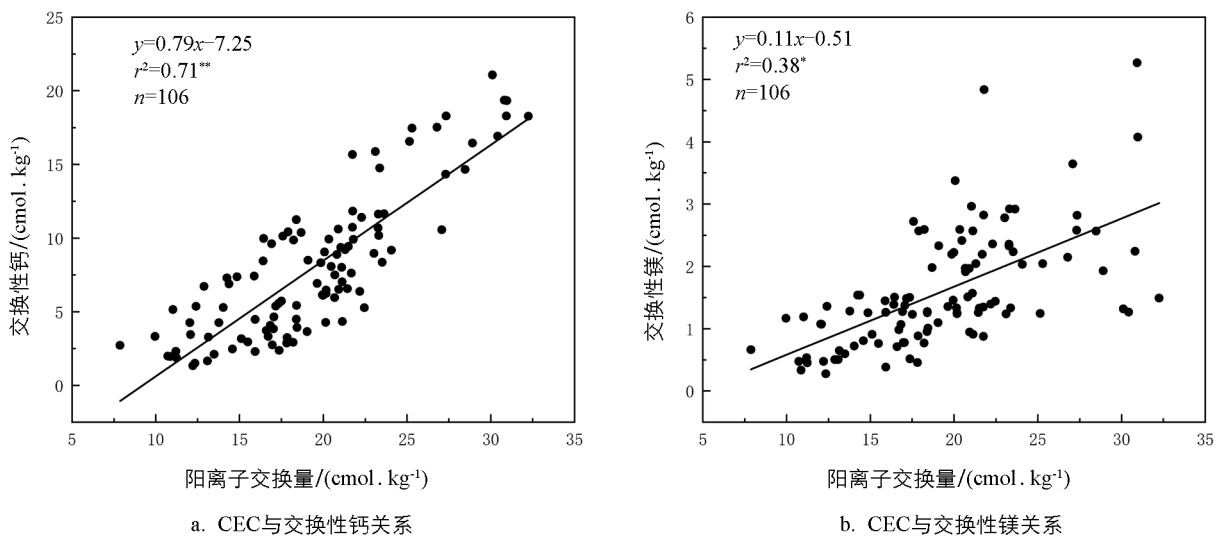
\*\* 表示  $p < 0.01$ , \* 表示  $p < 0.05$ 

图10 万州植烟区 CEC 与交换性钙、镁关系图

盐基离子,但这些养分没有及时归还于土壤,使得  $Al^{3+}$  和  $H^+$  成为土壤中主要的交换性阳离子,导致土壤 pH 值下降<sup>[13-15]</sup>。万州植烟区恒合乡、罗田镇土壤酸化程度高,达到了 82.6%与 84.9%,需对这部分土壤进行针对性施用碱性肥。对于酸性植烟土壤,可撒施生石灰 375~750 kg/hm<sup>2</sup>、白云石粉 2 250 kg/hm<sup>2</sup>、条施草木灰 750~900 kg/hm<sup>2</sup><sup>[16]</sup>,采用此种施肥方式能提升烟草长势与经济效益,增强土壤微生物活性,降低烟草根茎的发病率。

土壤中的氮素是对烟草生长发育和产量品质影响最大的营养元素<sup>[17]</sup>。万州植烟区土壤碱解氮在恒合乡、白土镇和罗田镇含量较低,这可能是由于烟农认识到尿素对土壤的危害,降低了氮肥的施用量,从而引起氮素的缺乏;万州植烟区有效磷缺乏的土壤占比为 32.2%,烟草缺磷时,烟株根系变小,叶片变窄,会严重影响烟草品质,因此急需对这部分土壤增施磷肥。土壤磷素过多也会造成烟叶弹性变差、油分不足<sup>[18]</sup>。在土壤磷素较高的区域,慎施或少施过磷酸钙、钙、镁磷肥等肥料,防止磷少量或过量对烟叶产生不利影响;钾离子是烟草细胞中含量最丰富的阳离子,被认为是烟草的优质元素。总体来看万州植烟区土



壤速效钾含量丰富. 钾对烟草品质的改善具有非常重要的作用, 可以增加烟叶香气<sup>[19]</sup>, 因此烟农更易过量施用钾肥. 万州植烟区土壤速效钾含量普遍偏高, 虽然不会对烟草产质量产生显著影响, 但容易造成烟叶易吸潮且不耐储存.

万州植烟区土壤交换性钙、镁总体含量分布不均衡, 高低并存. 钙是构成细胞壁的主要成分, 镁是叶绿素和蛋白质合成的主要成分, 若土壤中钙、镁含量缺乏或过高, 烟株的生长发育会受到抑制, 从而降低烟叶的抗病性和产量<sup>[20-21]</sup>. 应根据区域情况, 合理施用适量比例的含钙、镁的土壤改良剂或肥料. 根据前人研究并结合万州植烟区土壤交换性钙、镁综合情况分析得出, 施用过磷酸钙 750 kg/hm<sup>2</sup> 与硫酸镁 75 kg/hm<sup>2</sup> 时, 烟草产质量提高<sup>[22-23]</sup>.

万州区近年来植烟土壤中各种微量元素空间分布不均. 万州植烟区土壤有效铁、有效锰与有效锌过量的比例分别为 75%, 83.93%, 33.93%, 过量施用微量元素肥料, 会造成烤烟微量元素中毒、抵抗力减弱及发育不完全等. 但万州植烟区土壤有效铜、有效硼、有效钼及水溶性氯缺乏的比例分别为 33.93%, 47.32%, 88.39%, 53.57%. 在补充铜、锌、硼和钼时可施用硫酸铜 7.5~15 kg/hm<sup>2</sup>、硫酸锌 12~18 kg/hm<sup>2</sup>、硼砂 10.5~22.5 kg/hm<sup>2</sup>、钼酸铵 1.5~6 kg/hm<sup>2</sup><sup>[5, 23-24]</sup>, 在补充氯肥时可施用氯化钾 30~45 kg/hm<sup>2</sup><sup>[25]</sup>, 但要注意在施用时常深施覆土, 因为烟草从根部吸收氯元素, 施肥过浅会导致烟草氯素吸收过量, 而烟草是忌氯作物, 烟草含氯过多会使烟叶质地疏松, 燃烧性变差.

### 3.2 万州植烟区土壤 pH 值、CEC 与交换性钙、镁含量相关性分析

万州植烟区土壤 pH 值与交换性钙、镁含量呈显著正相关关系. 邓小华等<sup>[26]</sup>提出, 当土壤 pH 值较低时, 钙、镁盐在土壤中的溶解速率增大, 从而提高了钙、镁离子的活性, 并加快了钙、镁离子在土壤中的迁移与淋洗; 曹胜等<sup>[27]</sup>发现, 随着 pH 值的增加, 钙、镁离子在土壤中的溶解程度下降, 从而使钙、镁离子在土壤中的迁移与损失逐渐减小, 并持续富集, 交换性钙、镁含量便会升高.

CEC 直接反映土壤保蓄、供应和缓冲阳离子养分的能力, 所能吸收的阳离子总量包括交换性盐基(K<sup>+</sup>、Na<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>和 Mg<sup>2+</sup>)和水解性酸. 由图 11 可知, CEC 与交换性钙、镁之间相关性最强, 而土壤中钙、镁离子含量又与交换性钙、镁含量关系密切. 胡志明等<sup>[28]</sup>发现土壤 pH 值与 CEC 具有极显著的正相关关系, 在万州植烟区 CEC 与土壤 pH 值相关性显著. 土壤在酸化后, 土壤胶体表面的盐基阳离子被致酸离子所替代, 从而使交换性酸含量增加, 交换性盐基含量降低, 从而使土壤肥力下降<sup>[29-30]</sup>. 因此, 在土壤酸化后及时补充钙、镁, 才能改良土壤结构, 增强土壤养分循环能力, 提高土壤肥效.

### 3.3 万州植烟区施肥区划建议

万州植烟区在经过土壤肥力评价后根据试验结果得出土壤养分现状, 此结果可对万州植烟区域进行针对性施肥提供参考. 在施肥过程中要结合具体区域与地块, 做到土壤“降酸、增碳氮、调磷, 减钾、补微”, 并通过叠加土壤分析图、土壤有机质质量分数图、土壤碱解氮质量分数图、土壤有效磷质量分数图、土壤速效钾质量分数图形成综合施肥区划图, 根据土壤肥力分区提出科学合理的施肥方案(图 12). 在施肥时, 根据施肥区划图精确各个种植单元氮磷钾比例, 以此进行精准施肥. 为保证烟田土壤肥力合

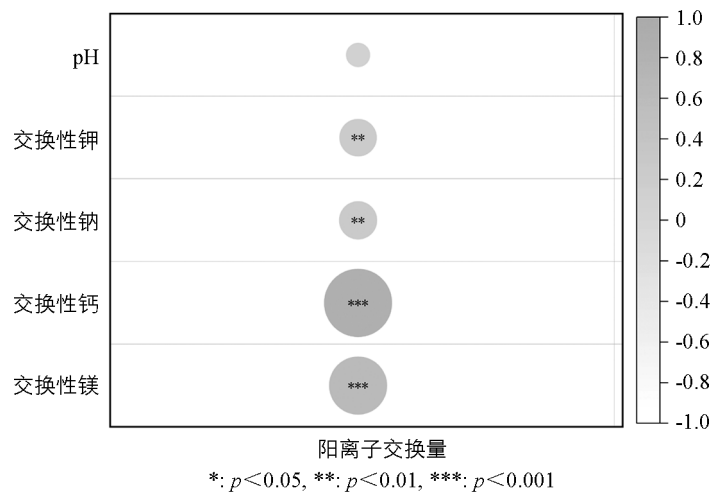
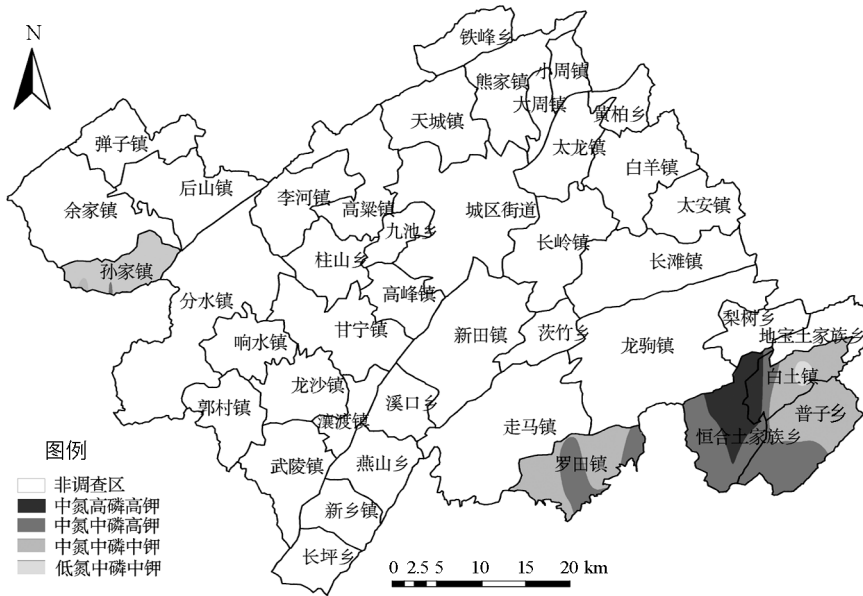


图 11 万州植烟区 CEC 与交换性盐基相关性分析图

理,万州烤烟氮用量基本控制在  $90\sim 120\text{ kg/hm}^2$ ,磷用量基本控制在  $75\sim 120\text{ kg/hm}^2$ ,钾用量基本控制在  $225\sim 270\text{ kg/hm}^2$ .根据土壤肥力分区及前人研究<sup>[4,18,31-34]</sup>,不同区域土壤氮磷钾肥建议施用比例分别为:中氮高磷高钾区为  $1:0.7:2.1$ ,中氮中磷高钾区为  $1:0.9:2.1$ ,中氮中磷中钾区为  $1:0.9:2.4$ ,低氮中磷中钾区为  $1:0.8:2.1$ ,低氮高磷低钾区为  $1:0.6:2.3$ ,低氮高磷高钾区为  $1:0.6:1.9$ .



审图号:渝 S(2020)068 号

图 12 万州植烟区施肥区划图

## 4 结论

- 1) 万州植烟区土壤酸化较为严重,应尽快对  $\text{pH}<5.5$  的酸化烟田进行分段降酸治理。
- 2) 万州植烟区土壤有机质缺乏较为严重,应针对小于  $20\text{ g/kg}$  的土壤进行增施处理;碱解氮、有效磷、速效钾和交换性钙、镁空间分布不均,应根据其施肥区划进行合理施肥。
- 3) 万州植烟区有效铁、有效锰含量相对较高,有效铜、有效锌、有效硼、有效钼和水溶性氯较为缺乏,应根据其空间分布合理补充微量元素肥料。万州植烟区土壤  $\text{pH}$  与交换性钙、镁之间存在显著正相关关系,因此,当土壤  $\text{pH}$  降低后应及时补充钙、镁肥料,从而提高土壤养分利用率。
- 4) 根据万州区植烟土壤养分现状,建立施肥区划图,可达到“降酸、增碳氮、调磷,减钾,补微”的目标,为万州区烤烟产业的可持续发展提供科学参考方案。

## 参考文献:

- [1] 梁红. 重庆植烟土壤肥力特征及评价 [D]. 重庆:西南大学,2014.
- [2] 杨超. 重庆万州区烟草黑胫病发病情况调查及综合防治效果 [D]. 长沙:湖南农业大学,2014.
- [3] 汪璇. 基于 GIS 和计算智能的烤烟生态适宜性评价 [D]. 重庆:西南大学,2009.
- [4] 张璐,徐宸,石孝均,等. 重庆市南川植烟区土壤养分演变趋势及施肥区划 [J]. 西南大学学报(自然科学版),2020,42(8):17-25.
- [5] 杨苏. 湖南烤烟主产区增施中、微量元素对烟叶产质量的影响 [D]. 长沙:湖南农业大学,2017.
- [6] 杨剑虹,王成林,代亨林. 土壤农化分析与环境监测 [M]. 北京:中国大地出版社,2008.
- [7] 侯建伟,邢存芳,杨莉琳. 土壤碱解氮测定方法优化改革 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版),2021,46(7):45-49.
- [8] 吴杰,李向鹏,陈鑫,等. 重庆市涪陵区植烟土壤养分的适宜性评价及变异分析 [J]. 土壤,2020,52(1):106-112.

- [9] 王韦燕, 常乃杰, 胡向丹, 等. 黔西南土壤养分与烤烟糖含量的关系 [J]. 植物营养与肥料学报, 2021, 27(11): 2010-2018.
- [10] 韦秀龙, 周晔, 黄训文, 等. 广西百色植烟区土壤及烟株硼含量特征研究 [J]. 地球与环境, 2022, 50(6): 856-862.
- [11] 李卫, 张树锋, 向成高, 等. 云南文山烟区土壤有机质的时空分布特征 [J]. 中国烟草科学, 2014, 35(6): 44-47.
- [12] 袁玉波. 土壤酸度调节对烤烟生长发育和产质量的影响 [D]. 长沙: 湖南农业大学, 2013.
- [13] ZHANG Y T, HE X H, LIANG H, et al. Long-Term Tobacco Plantation Induces Soil Acidification and Soil Base Cation Loss [J]. Environmental Science and Pollution Research International, 2016, 23(6): 5442-5450.
- [14] LESTURGEZ G. Soil Acidification without pH Drop under Intensive Cropping Systems in Northeast Thailand [J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2006, 114(2/4): 239-248.
- [15] 谭智勇, 湛潇雄, 刘杰, 等. 贵州铜仁市植烟土壤 pH 特征及其酸化驱动因子分析 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2021(10): 52-57.
- [16] 张东. 重庆烟区植烟土壤酸化现状及改良措施研究 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2015.
- [17] 高嘉宁, 张丹, 杨蒙岭, 等. 氮、磷、钾配施对烟叶生物量和品质成分含量的影响 [J]. 西南农业学报, 2021, 34(6): 1269-1276.
- [18] 魏修彬. 重庆植烟土壤养分状况分析及合理施肥初探 [D]. 郑州: 河南农业大学, 2012.
- [19] 潘金华, 王美艳, 史学正, 等. 玉溪烟区土壤钾镁交互作用对烤烟化学及感官品质的影响 [J]. 土壤, 2022, 54(3): 490-497.
- [20] 秦华, 程森, 吴家森, 等. 烤烟烟叶卷曲症状的诊断及其机理研究 II. 组织分析和水培试验 [J]. 土壤学报, 2007, 44(6): 1090-1096.
- [21] 魏文娟. 烤烟镁营养诊断和土壤镁丰缺指标的研究 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2013.
- [22] 何明辉, 魏成熙. 微量元素对烤烟品质效应的影响 [J]. 贵州农业科学, 2006, 34(3): 19-21.
- [23] 尼金玉, 胡蓉花, 王俊, 等. 增施中、微量元素对烤烟品质及主要经济性状的影响 [J]. 江苏农业科学, 2021, 49(11): 65-71.
- [24] 李晓宁, 高明, 慈恩. 重庆市植烟土壤有效态微量元素含量评价 [J]. 中国生态农业学报, 2007, 15(3): 25-28.
- [25] 徐茜. 南平烤烟氯化钾的施用效应与影响机理研究 [D]. 福州: 福建农林大学, 2011.
- [26] 邓小华, 张瑶, 田峰, 等. 湘西植烟土壤 pH 和主要养分特征及其相互关系 [J]. 土壤, 2017, 49(1): 49-56.
- [27] 曹胜, 欧阳梦云, 周卫军, 等. 湖南省柑橘园土壤 pH 和主要养分特征及其相互关系 [J]. 中国土壤与肥料, 2020(1): 31-38.
- [28] 胡志明, 谢龙杰, 段必挺, 等. 保山植烟土壤 pH 与有机质组分及离子含量的关系研究 [J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2022, 37(1): 177-183.
- [29] 刘莉, 谢德体, 李忠意, 等. 酸性紫色土的阳离子交换特征及其对酸缓冲容量的影响 [J]. 土壤学报, 2020, 57(4): 887-897.
- [30] LI Q, LI S, XIAO Y, et al. Soil Acidification and Its Influencing Factors in the Purple Hilly Area of Southwest China from 1981 to 2012 [J]. CATENA, 2019, 175: 278-285.
- [31] 贺彩平. 基于 GIS 和模糊聚类的巫山县烟草施肥区划研究 [D]. 重庆: 西南大学, 2013.
- [32] 陈洁菲, 查宇璇, 杨超, 等. 重庆市石柱县烟田土壤肥力演变与施肥区划 [J]. 土壤, 2021, 53(6): 1207-1214.
- [33] 杨淳婷, 冯雨晴, 李玉静, 等. 白肋烟与茄子嫁接对烟叶生物碱等化学成分含量和感官质量的影响 [J]. 河南农业大学学报, 2022, 56(5): 750-758.
- [34] 朱晨辉, 王淼淼, 陈博, 等. 丘陵区履带式烟叶采收机液压行驶系统的创新设计与试验 [J]. 河南农业大学学报, 2022, 56(4): 532-542.