

DOI: 10.13758/j.cnki.tr.2022.01.013

胡加云, 朱艳梅, 徐天养, 等. 云南省文山州烟田土壤主要肥力指标多年度动态变化. 土壤, 2022, 54(1): 95–102.

云南省文山州烟田土壤主要肥力指标多年度动态变化^①

胡加云¹, 朱艳梅¹, 徐天养¹, 殷红慧¹, 张传树¹, 李纯², 冯再兴¹, 李鹏飞^{1*}

(1 云南省烟草公司文山州公司, 云南文山 663000; 2 文山州农业农村局植保植检站, 云南文山 663000)

摘要: 2005—2020年期间采集了云南省文山州5 176个烟田土壤样品, 测定分析了其pH及有机质(SOM)、碱解氮(AN)、有效磷(AP)和速效钾(AK)含量, 以及各级别分配比例及其年度变化情况。结果表明: 2005—2020年期间, 研究区土壤pH及SOM、AN、AP含量平均分别为6.40、25.65 g/kg、102.25 mg/kg、18.84 mg/kg, 均为植烟适宜水平; 但AK含量平均为164.33 mg/kg, 为偏高水平。AK含量随年份呈现显著的升高趋势($y = 96.13e^{0.0615x}$, $R^2 = 0.8476^{**}$, $P < 0.01$), 但其他指标的变化趋势较为复杂。pH、SOM和AN含量以适宜级别的烟田土壤比例最高, 平均分别为50.02%、65.17%和54.15%; AP和AK含量适宜级别与偏高级别的烟田土壤比例相当, AP分别为46.98%和40.49%, AK分别为46.03%和45.50%。pH和AK含量适宜级别的烟田土壤比例随年份呈现显著降低趋势(pH: $y = 10^{27}e^{-0.029x}$, $R^2 = 0.6093^{**}$, $P < 0.01$; AK: $y = 0.0519x^2 - 211.66x + 215872$, $R^2 = 0.8862^{**}$, $P < 0.01$), SOM、AN和AP含量适宜级别的烟田土壤比例总体上随年份呈现升高的趋势, 但未达到显著水平($P > 0.05$)。2020年文山州尚有25.84%和33.50%的烟田土壤pH偏低和偏高, 7.76%和7.87%、34.42%和42.9%的烟田土壤AN和AP含量偏低、偏高, 绝大部分烟田(73.34%)AK含量偏高, 针对上述问题, 需要采取不同的措施以提升烟田烤烟种植的适宜性。

关键词: 烟田; 土壤肥力指标; 年度变化; 文山州

中图分类号: S158.2 文献标志码: A

Multi-year Changes of Main Soil Fertility Indexes of Tobacco-planting Fields in Wenshan Prefecture of Yunnan Province

HU Jiayun¹, ZHU Yanmei¹, XU Tianyang¹, YIN Honghui¹, ZHANG Chuanshu¹, LI Chun², FENG Zaixing¹, LI Pengfei^{1*}

(1 Wenshan Company of Yunnan Provincial Tobacco Company, Wenshan, Yunnan 663000, China; 2 Plant Protection and Inspection Station of Wenshan Agricultural and Rural Bureau, Wenshan, Yunnan 663000, China)

Abstract: In this study, the topsoil samples of 5 176 in total tobacco-planting fields in Wenshan Prefecture of Yunnan Province were collected annually from 2005 to 2020, and soil pH values, the contents of organic matter (SOM), alkali-hydrolyzed nitrogen (AN), available phosphorus (AP) and rapidly available potassium (AK) were determined, and then their contents, grade proportions and annual changes were analyzed. The results showed that the average pH, SOM, AN and AP were 6.40, 25.65 g/kg, 102.25 mg/kg and 18.84 mg/kg, respectively, which were all belonged to the suitable grades for tobacco-planting, while the average AK was 164.33 mg/kg, which was belonged to the high grade for tobacco-planting. AK was increased significantly with year ($y = 96.13e^{0.0615x}$, $R^2 = 0.8476^{**}$, $P < 0.01$), however, pH, SOM, AN and AP changed irregularly or complex. The sample proportions were the highest in suitable grades for pH, SOM and AN, which meanly were 50.02%, 65.17% and 54.15%, respectively. The sample proportions were roughly similar between the suitable grades and high grades for AP and AK, which were 46.98% and 40.49% for AP, and 46.03% and 45.50% for AK, respectively. The sample proportions of the suitable grades of pH and AK were decreased significantly with year (pH: $y = 10^{27}e^{-0.029x}$, $R^2 = 0.6093^{**}$, $P < 0.01$; AK: $y = 0.0519x^2 - 211.66x + 215872$, $R^2 = 0.8862^{**}$, $P < 0.01$), the sample proportions of the suitable grades of SOM, AN and AP were insignificantly increased with the year ($P > 0.05$). For tobacco planting, there were 25.84% and 33.50% of tobacco-planting fields in 2020 in Wenshan Prefecture were low or high in soil pH, 7.76% and 7.87%, 34.42% and 42.9% of tobacco-planting fields were low or high in AN and AK, while most of the tobacco-planting fields (73.34%) were high in AK. In view of the above problems, different measures

①基金项目: 中国烟草总公司云南省公司科技计划项目(2020530000241030, 2020530000242021)资助。

* 通讯作者(23084838@qq.com)

作者简介: 胡加云(1994—), 女, 云南文山人, 硕士研究生, 主要从事烟草植保研究。E-mail: hujun1615@163.com

should be taken in order to improve the soil suitability of tobacco-planting.

Key words: Tobacco-planting fields; Soil fertility indexes; Annual change; Wenshan Prefecture

烤烟是我国重要的经济作物,种植面积和总产量占世界的 1/3 以上^[1]。云南省是我国第一植烟大省,烟叶产量约占全国总产量的 45%。文山州位于云南省东南部,地处 103°35′~106°12′ E 和 22°40′~24°28′ N,光、热、水、土资源非常适宜优质烤烟的生长,故被誉为“东方的津巴布韦”^[2-3],是“云南黄金走廊”生态特色优质烟区的核心区域,目前烟叶种植面积 2.47 万 hm²,是全国大型烟区之一。

烟草对土壤条件的反应相当敏感,土壤条件影响甚至决定烟叶产量和质量^[4-8]。为保障优质烤烟的生产,我国烟草行业对烟田土壤管理非常严格,各烟区均制定了烤烟栽培技术规范,其中对施肥技术有较为详细的规定。国内关于烟田土壤肥力方面的研究报道很多,在中国知网(<https://kns.cnki.net/>)以“烟”“土壤”和“肥力”为关键词检索出的中文文献就近 600 篇,其中关于文山州的有 6 篇^[9-14],但这些文献报道多关注肥力指标的现状,甚少涉及其动态变化。监测烟田土壤肥力指标的动态变化,有助于及时发现土壤存在的问题、指导科学施肥和开展相应的土壤保育工作。为此,本研究利用获取的 2005—2020 年期间文山州烟田土壤主要肥力指标信息,分析了其动态变化情况,以为合理施肥和土壤保育提供科学指导,以进一步促进烤烟产质量的协同发展。

1 材料与方 法

1.1 土样采集与测定

2005—2020 年间(不含 2015 年)在文山州 7 个主要植烟片区(文山、丘北、砚山、广南、西畴、马关和麻栗坡)采集 6 554 个烟田的耕层土样(0~20 cm),按平均值 $\pm 3 \times$ 标准差方法剔除测定结果异常值后,剩余烟田土样 5 176 个(图 1)。

调查采样烟田的确定主要是考虑烟田的空间分布均匀性和烟叶长势,采样时间为每年烤烟完全采摘后至第二年整地施肥移栽前,在确定的烟田中用不锈钢土钻随机采集 5~8 个点的耕作层(0~20 cm)土壤,充分混匀后用“四分法”留取 1.5 kg 装入布袋带回文山州土壤肥料测试中心。土样在室内经自然风干、去杂、研磨过不同孔径筛后,分别采用电位计法测定 pH,重铬酸钾外加热法测定有机质(SOM),碱解扩散法测定碱解氮(AN),钼锑抗比色法测定有效磷(AP),火焰光度计法测定速效钾(AK)^[15-16]。

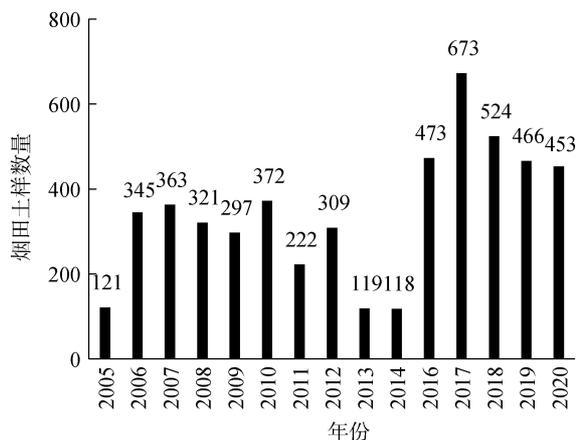


图 1 2005—2020 年期间采集的烟田土样数量
Fig. 1 Numbers of soil samples collected from 2005 to 2020

1.2 烟田土壤肥力指标分级

我国关于烟田土壤肥力指标分级的报道较多,在研究全国第二次土壤普查养分分级标准基础上,依据文山州实际情况^[17],并结合云南其他烟区植烟土壤肥力指标分级报道^[18-23],按照便捷服务于分类管理的理念,将文山州烟田土壤肥力指标简单划分为偏低、适宜和偏高 3 个级别,具体分级标准见表 1。

表 1 文山州烟田土壤肥力指标分级标准
Table 1 Grading standards of soil fertility indexes for tobacco-growing fields in Wenshan

级别	pH	SOM (g/kg)	AN (mg/kg)	AP (mg/kg)	AK (mg/kg)
偏低	<5.5	<10	<60	<5	<50
适宜	5.5~7.5	10~30	60~120	5~20	50~150
偏高	≥ 7.5	≥ 30	≥ 120	≥ 20	≥ 150

1.3 数据处理

文中数据的统计及回归分析、显著性检验和制图等采用 Microsoft Excel 2016 和 IBM Statistics SPSS 20.0 软件进行,测定指标异常值的剔除按平均值 $\pm 3 \times$ 标准差方法进行。

2 结果与分析

2.1 土壤肥力指标描述性统计

表 2~表 6 分别为 2005—2020 年文山州烟田土壤 pH、SOM、AN、AP 和 AK 的描述性统计信息。

由表 1 数据可知,研究区各年份土壤 pH 平均值介于 6.01~6.71,总体平均为 6.40,为适宜水平;SOM

含量介于 23.52 ~ 27.67 g/kg, 平均为 25.65 g/kg, 为适宜水平; AN 含量介于 77.84 ~ 126.25 mg/kg, 介于适宜-偏高水平, 平均为 102.25 mg/kg, 为适宜水平; AP 含量介于 11.26 ~ 25.96 mg/kg, 介于适宜-偏高水平, 平均为 18.84 mg/kg, 为适宜水平; AK 含量介于 104.27 ~ 319.95 mg/kg, 介于适宜-偏高水平, 平均为 164.33 mg/kg, 为偏高水平。

各肥力指标在各年份均表现为中度变异(变异系数介于 10% ~ 100%), 以 pH 的变异系数最低, 介于

11.48% ~ 17.14%, 平均为 14.02%; 其次是 SOM, 介于 26.94% ~ 42.09%, 平均为 34.16%; AN 介于 27.07% ~ 41.91%, 平均为 34.75%; 之后是 AK, 介于 30.14% ~ 57.32%, 平均为 48.89%; AP 最高, 介于 56.79% ~ 79.39%, 平均为 69.06%。pH 在不同年份分别表现为正偏态分布(偏度>0)、负偏态分布(偏度<0)和接近正态分布(偏度≈0), SOM、AN、AP 和 AK 则表现为正偏态分布或接近正态分布。pH、SOM、AN、AP 和 AK 均为缓峰分布形式(峰度绝对值<3)。

表 2 2005—2020 年烟田土壤 pH 描述性统计

Table 2 Descriptive statistics of soil pH value of tobacco-planting fields from 2005 to 2020

年份	最低值	最大值	平均值 ± 标准差	变异系数	斜度	峰度
2005	4.65	8.62	6.55 ± 0.84	12.86	0.19	-0.31
2006	3.72	8.12	6.12 ± 0.86	14.08	0.25	-0.48
2007	4.40	8.36	6.43 ± 0.75	11.64	-0.03	-0.19
2008	4.58	8.40	6.33 ± 0.84	13.30	0.31	-0.82
2009	4.93	8.30	6.36 ± 0.80	12.60	0.34	-0.78
2010	4.13	8.47	6.01 ± 0.94	15.64	0.45	-0.46
2011	4.50	8.00	6.02 ± 0.91	15.19	0.33	-1.03
2012	4.50	8.40	6.61 ± 0.98	14.80	-0.05	-1.11
2013	4.40	8.20	6.36 ± 0.96	15.05	0.15	-1.17
2014	4.90	8.10	6.40 ± 0.83	12.94	0.31	-0.96
2016	4.60	8.03	6.71 ± 0.77	11.48	-0.53	-0.48
2017	4.17	8.21	6.37 ± 0.89	13.98	-0.14	-1.09
2018	4.35	8.37	6.44 ± 1.10	17.14	0.01	-1.36
2019	4.44	8.30	6.68 ± 1.01	15.07	-0.33	-1.11
2020	4.33	8.77	6.58 ± 0.96	14.60	-0.25	-1.00

表 3 2005—2020 年烟田土壤 SOM 含量描述性统计

Table 3 Descriptive statistics of soil SOM content of tobacco-planting fields from 2005 to 2020

年份	最低值	最大值	平均值 ± 标准差	变异系数	斜度	峰度
2005	10.27	42.31	26.15 ± 7.05	26.94	0.26	-0.37
2006	3.55	51.98	27.50 ± 8.49	30.88	0.14	-0.10
2007	3.44	51.36	24.47 ± 9.10	37.21	0.16	-0.11
2008	6.95	50.77	27.67 ± 7.89	28.50	0.27	0.10
2009	4.24	46.80	24.62 ± 9.38	38.12	0.05	-0.55
2010	1.09	53.70	27.03 ± 9.14	33.81	0.25	0.13
2011	5.90	46.60	24.15 ± 7.52	31.15	0.34	0.09
2012	5.90	50.60	25.92 ± 8.46	32.63	0.45	0.20
2013	4.20	46.60	24.93 ± 9.05	36.29	0.17	-0.21
2014	4.48	61.30	27.24 ± 11.47	42.09	0.53	0.17
2016	3.96	48.90	25.08 ± 8.90	35.50	0.00	-0.35
2017	3.01	49.29	23.52 ± 8.82	37.50	0.32	-0.17
2018	2.80	48.72	23.65 ± 8.63	36.47	0.03	-0.22
2019	4.71	52.28	25.23 ± 9.30	36.86	0.35	0.04
2020	5.68	50.44	27.55 ± 7.85	28.50	0.04	-0.04

表 4 2005—2020 年烟田土壤 AN 含量描述性统计
Table 4 Descriptive statistics of soil AN content of tobacco-planting fields from 2005 to 2020

年份	最低值	最大值	平均值 ± 标准差	变异系数	斜度	峰度
2005	29.00	133.00	77.84 ± 24.15	31.02	0.02	-0.68
2006	35.00	172.00	91.98 ± 30.74	33.42	0.18	-0.83
2007	24.00	188.00	87.97 ± 34.76	39.06	0.55	-0.10
2008	37.00	221.00	111.53 ± 38.64	34.64	0.35	-0.25
2009	26.00	202.00	91.93 ± 38.53	41.91	0.49	-0.33
2010	40.00	246.00	114.53 ± 45.18	39.45	0.64	0.25
2011	47.20	227.90	122.46 ± 35.53	29.02	0.67	0.37
2012	42.80	243.20	124.74 ± 39.57	31.72	0.33	-0.28
2013	40.90	250.00	126.25 ± 43.23	34.24	0.38	0.06
2014	31.50	243.00	116.39 ± 45.14	38.78	0.61	-0.12
2016	11.56	194.57	94.05 ± 34.05	36.21	0.20	-0.33
2017	14.54	172.94	87.45 ± 30.33	34.69	0.22	-0.34
2018	7.70	180.46	88.85 ± 30.71	34.56	0.03	-0.18
2019	21.03	188.89	93.04 ± 33.04	35.51	0.32	-0.16
2020	19.14	187.55	104.71 ± 28.35	27.07	0.13	0.21

表 5 2005—2020 年文山州烟田土壤 AP 含量描述性统计
Table 5 Descriptive statistics of soil AP content of tobacco-planting fields from 2005 to 2020

年份	最低值	最大值	平均值 ± 标准差	变异系数	斜度	峰度
2005	1.50	74.90	25.96 ± 16.36	63.00	0.86	0.40
2006	0.50	85.10	25.57 ± 20.22	79.07	0.99	0.32
2007	0.18	73.40	23.18 ± 16.75	72.27	0.78	0.11
2008	0.00	76.00	23.40 ± 18.34	78.35	0.86	0.06
2009	3.00	53.00	19.14 ± 11.31	59.08	0.91	0.26
2010	1.00	47.00	15.37 ± 10.54	68.60	1.02	0.53
2011	0.40	42.60	14.80 ± 9.51	64.24	0.91	0.46
2012	0.30	33.10	11.26 ± 7.49	66.55	0.89	0.05
2013	0.70	42.10	16.14 ± 9.17	56.79	0.79	0.26
2014	0.52	57.40	18.05 ± 14.33	79.39	0.98	0.16
2016	0.48	52.24	15.50 ± 12.30	79.32	0.97	0.12
2017	0.82	45.97	14.88 ± 10.77	72.36	0.90	0.06
2018	0.91	52.71	17.44 ± 12.05	69.07	0.90	0.07
2019	0.88	53.59	18.56 ± 11.77	63.45	0.75	-0.06
2020	1.24	67.33	23.32 ± 15.01	64.35	0.94	0.21

表 6 2005—2020 年文山州烟田土壤 AK 含量描述性统计
Table 6 Descriptive statistics of soil AK content of tobacco-planting fields from 2005 to 2020

年份	最低值	最大值	平均值 ± 标准差	变异系数	斜度	峰度
2005	1.00	243.10	104.27 ± 48.23	46.25	0.83	0.51
2006	19.80	303.30	121.79 ± 60.74	49.88	0.78	0.04
2007	11.80	313.80	126.52 ± 62.98	49.78	0.74	0.24
2008	20.90	282.90	117.31 ± 57.38	48.91	0.52	-0.26
2009	21.30	267.60	114.41 ± 55.58	48.58	0.65	-0.18
2010	8.50	354.90	135.49 ± 77.66	57.32	0.75	-0.14
2011	18.20	337.00	149.84 ± 65.83	43.93	0.41	-0.22
2012	25.40	345.60	145.89 ± 70.13	48.07	0.68	-0.17
2013	35.80	380.20	158.81 ± 85.62	53.91	1.07	0.34
2014	24.00	512.00	205.82 ± 106.91	51.94	0.86	0.31
2016	23.87	469.80	185.57 ± 96.64	52.08	0.71	-0.02
2017	20.59	475.80	178.27 ± 100.78	56.53	0.82	-0.08
2018	27.58	430.03	183.88 ± 84.44	45.92	0.59	-0.19
2019	31.72	536.07	217.15 ± 108.93	50.16	0.57	-0.16
2020	200.05	597.00	319.95 ± 96.45	30.14	0.90	0.10

由土壤肥力指标年度间变化程度显著性检验结果(表 7)可知, pH 及 AN、AP 含量分别有 8 个、7 个和 6 个年份间的差异达到了显著水平($P<0.05$,下同),

SOM 和 AK 含量则均有 9 个年份间差异达到了显著水平。值得注意的是, 2017 年后, AK 含量的年度升高程度均达到显著水平($P<0.01$)。

表 7 土壤肥力指标不同年度间差异显著性检验结果
Table 7 Results of significance test of soil fertility indexes between different years

年份	pH		SOM		AN		AP		AK	
	<i>t</i>	<i>P</i>								
2005—2006	3.47	0.001**	-2.78	0.006**	-4.58	0.000**	-1.69	0.094	-92.55	0.000**
2006—2007	-4.77	0.000**	4.08	0.000**	1.19	0.233	0.96	0.338	-1.58	0.115
2007—2008	1.29	0.197	-3.95	0.000**	-7.86	0.000**	2.29	0.023*	3.14	0.002**
2008—2009	0.28	0.781	4.66	0.000**	6.78	0.000**	4.01	0.000**	2.38	0.018*
2009—2010	10.81	0.000**	-3.54	0.000**	-7.03	0.000**	4.04	0.000**	-4.70	0.000**
2010—2011	34.94	0.000**	3.85	0.000**	-2.16	0.032*	0.89	0.375	-0.82	0.410
2011—2012	-64.18	0.000**	-2.23	0.027*	-0.04	0.968	4.52	0.000**	-0.20	0.838
2012—2013	23.50	0.000**	0.55	0.580	-1.04	0.302	-3.61	0.000**	-0.87	0.384
2013—2014	-0.24	0.814	-1.76	0.081	1.78	0.078	-1.21	0.230	-3.92	0.000**
2016—2017	4.91	0.000**	-0.29	0.773	0.28	0.776	-1.46	0.144	-62.24	0.000**
2017—2018	-0.45	0.655	2.40	0.017*	2.11	0.035*	-1.65	0.100	42.88	0.000**
2018—2019	-2.91	0.004**	-0.96	0.335	-0.61	0.545	-0.24	0.813	-12.77	0.000**
2019—2020	1.84	0.066	-4.00	0.000**	-5.79	0.000**	-5.23	0.000**	-132.13	0.000**

注: **、*分别表示在 $P<0.01$ 、 $P<0.05$ 水平差异显著。

2.2 土壤肥力指标随年份的变化趋势

表 8 为各肥力指标年度平均值与年份之间的 Pearson 相关系数, 图 2 为各肥力指标年度平均值随年份变化趋势图。表 8 和图 2 表明, 仅 AK 含量与年份之间达到了显著相关, 呈现出随年份显著升高趋势 ($y = 96.13e^{0.0615x}$, $R^2 = 0.8476^{**}$, $P<0.01$)。pH 在 2005—2010 年期间总体呈下降趋势, 之后总体呈现升高趋势; SOM 含量变化趋势最为复杂, 2005—2017 年期间基本呈现升降交互趋势, 之后呈现逐步升高趋势; AN 含量在 2005—2013 年期间总体呈现升高趋势, 2014—2017 年期间呈现降低趋势, 之后又呈现升高趋势; AP 含量在 2005—2012 年期间总体呈现降低趋势, 之后总体呈现升高趋势。

表 8 各土壤肥力指标年度平均值与年份之间的 Pearson 相关性

指标	pH	SOM	AN	AP	AK
<i>r</i>	0.463	-0.270	0.070	-0.450	0.696**
<i>P</i>	0.07	0.31	0.80	0.08	0.00

注: **、*分别表示在 $P<0.01$ 、 $P<0.05$ 水平显著相关。

2.3 土壤肥力指标分级统计及其变化趋势

表 9 给出了 2005—2020 年期间各肥力指标各级别中的烟田土壤比例情况。由表 9 可见, 2005—2020

年, pH 和 SOM、AN 含量均以适宜级别的烟田土壤比例最高, 分别介于 35.62% ~ 66.00%、58.18% ~ 74.60%、40.30% ~ 64.44%, 平均分别为 50.02%、65.17%、54.15%; 但 AP 和 AK 含量适宜级别与偏高级别的烟田土壤比例相当, AP 含量适宜和偏高级别分别介于 32.67% ~ 61.52% 和 19.94% ~ 59.88%, 平均分别为 46.98% 和 40.49%; AK 含量适宜和偏高级别分别介于 25.54% ~ 70.93% 和 13.87% ~ 73.34%, 平均分别为 46.03% 和 45.50%。

就适宜级别烟田土壤比例随年份变化情况来看(表 10 和图 3), pH 和 AK 含量适宜级别的烟田土壤比例随年份呈现显著降低趋势($pH: y = 10^{27}e^{-0.029x}$, $R^2 = 0.6093^{**}$, $P<0.01$; $AK: y = 0.0519x^2 - 211.66x + 215872$, $R^2 = 0.8862^{**}$, $P<0.01$), SOM、AN 和 AP 含量适宜级别的烟田土壤比例总体上随年份呈现升高的趋势, 但没有达到显著水平($P>0.05$)。

3 讨论

本研究结果表明, 2005—2020 年期间, 文山州烟田土壤 pH 介于 6.01 ~ 6.71, 平均为 6.40, 处于适宜水平(5.5 ~ 7.5)。这主要是烟草公司为了保障烤烟种植适宜的土壤 pH, 会不定期地对酸性土壤($pH<5.5$)施用碱性物料(如石灰、白云山粉、生物质炭等)进行

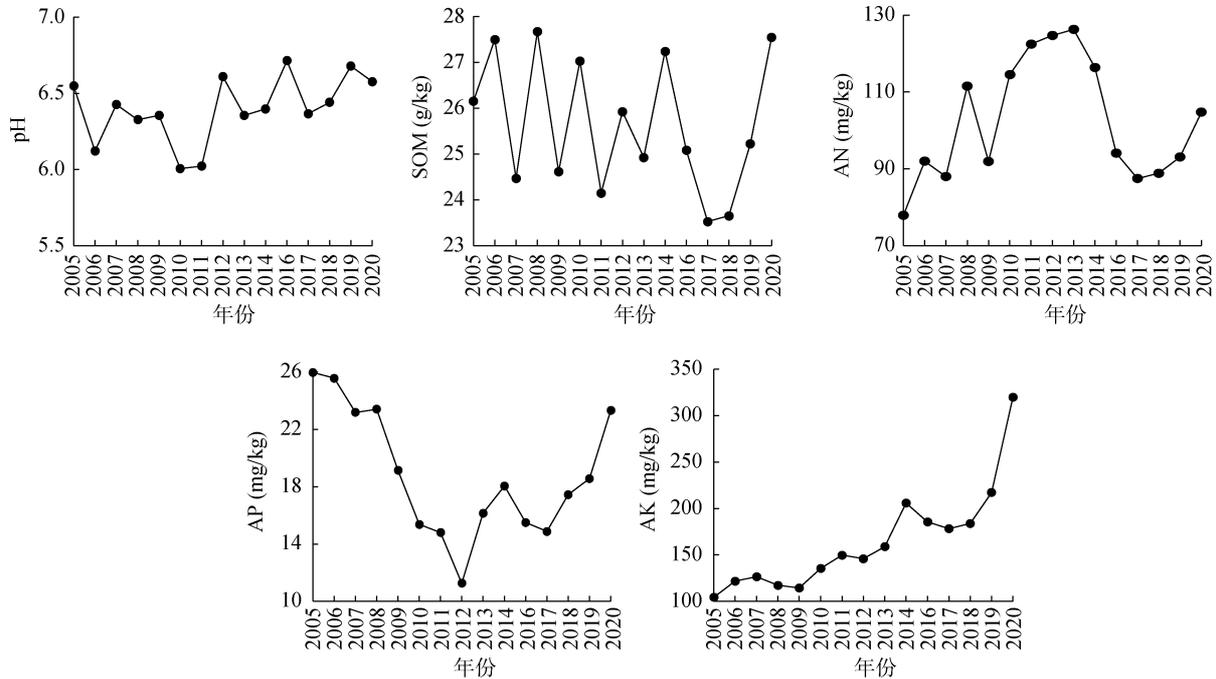


图 2 土壤肥力指标年度平均值随年份变化

Fig. 2 Changes of soil fertility indexes with year

表 9 肥力指标各级别土样占比分布统计

Table 9 Proportions of soil samples in different grades of fertility indexes

年份	pH			SOM			AN			AP			AK		
	偏低	适宜	偏高	偏低	适宜	偏高	偏低	适宜	偏高	偏低	适宜	偏高	偏低	适宜	偏高
2005	11.63	58.72	29.65	0.00	69.77	30.23	26.16	63.37	10.47	5.81	34.30	59.88	9.30	70.93	19.77
2006	25.74	56.84	17.43	1.34	58.18	40.48	18.77	58.18	23.06	13.14	33.51	53.35	8.58	61.66	29.76
2007	16.22	66.00	17.78	5.56	66.67	27.78	23.75	54.75	21.50	10.89	32.67	56.44	7.56	59.78	32.67
2008	19.94	55.40	24.65	0.83	61.50	37.67	8.03	47.37	44.60	15.24	33.24	51.52	10.25	59.83	29.92
2009	16.72	61.09	22.19	5.17	63.83	31.00	20.97	54.41	24.62	4.86	52.89	42.25	11.55	61.09	27.36
2010	35.80	48.40	15.80	1.73	62.22	36.05	11.60	48.15	40.25	13.09	55.56	31.36	11.36	52.35	36.30
2011	36.51	47.62	15.87	1.19	74.60	24.21	0.79	47.22	51.98	11.90	56.35	31.75	4.37	45.63	50.00
2012	17.42	46.91	35.67	1.40	64.89	33.71	2.81	40.73	56.46	18.54	61.52	19.94	2.25	50.84	46.91
2013	22.39	44.03	33.58	2.99	65.67	31.34	5.22	40.30	54.48	6.72	57.46	35.82	2.24	50.00	47.76
2014	16.28	58.14	25.58	4.65	58.91	36.43	7.75	48.06	44.19	13.95	44.19	41.86	1.55	32.56	65.89
2016	7.81	50.93	41.26	3.53	63.38	33.09	15.06	58.55	26.39	20.07	44.24	35.69	2.60	35.87	61.52
2017	20.45	49.87	29.68	4.81	69.65	25.53	17.78	64.44	17.78	16.84	51.34	31.82	3.21	41.18	55.61
2018	26.77	35.62	37.61	5.29	65.26	29.45	14.81	63.99	21.20	8.22	49.81	41.97	1.25	31.88	66.87
2019	17.52	38.48	44.00	3.43	65.90	30.67	14.48	63.05	22.48	9.52	45.14	45.33	1.14	28.38	70.48
2020	25.84	40.65	33.50	2.35	60.57	37.08	7.76	57.81	34.42	7.87	49.23	42.90	1.12	25.54	73.34
最低	7.81	35.62	15.80	0.00	58.18	24.21	0.79	40.30	10.47	4.86	32.67	19.94	1.12	25.54	13.87
最高	36.51	66.00	44.00	5.56	74.60	40.48	26.16	64.44	56.46	23.70	61.52	59.88	57.23	70.93	73.34
平均	21.33	50.02	28.65	2.95	65.17	31.89	12.70	54.15	33.14	12.52	46.98	40.49	8.47	46.03	45.50

改酸所致。这一点也反映在 pH 适宜级别的烟田比例最高方面(介于 35.62%~66.00%，平均为 50.02%)。

2005—2020 年期间,文山州烟田 SOM 介于 23.52~27.67 g/kg, 平均为 25.65 g/kg, 处于适宜水平(10~

30 g/kg)。SOM 是衡量土壤肥力的重要指标, 不仅是烟株生长所需养分的主要来源, 而且对改善烟叶化学品质、协调和提高烟叶香气品质有重要作用^[24-28]。但 SOM 含量过高或过低均会对烟叶产量和质量产生不

良影响^[29]。文山州农田 SOM 本底较高(50% 以上土壤有机质 20 g/kg 以上)^[30],加之秸秆还田^[31]以及烤烟种植常年的饼肥基施,使得文山州烟田 SOM 总体上基本能够维持在烤烟种植的适宜水平,也保证了 2005—2020 年期间烟田 SOM 适宜级别的烟田比例最高(介于 58.18%~74.60%,平均为 65.17%)。本研究发现,2017 年后 SOM 呈现逐步升高趋势,这是注意到前几年 SOM 出现了较为明显的降低(图 2),为此采取了相应措施增加了有机物料(如秸秆还田、加施饼

肥和施用生物有机肥等)的投入以提高 SOM 的结果。

表 10 肥力指标适宜级别土样比例与年份的 Pearson 相关性

Table 10 Correlation between sample proportions in suitable grades of fertility indexes with year

指标	pH	SOM	AN	AP	AK
<i>r</i>	-0.776**	0.028	0.268	0.448	-0.939**
<i>P</i>	0.000	0.919	0.316	0.082	0.000

注: **、*分别表示在 $P < 0.01$ 、 $P < 0.05$ 水平显著相关。

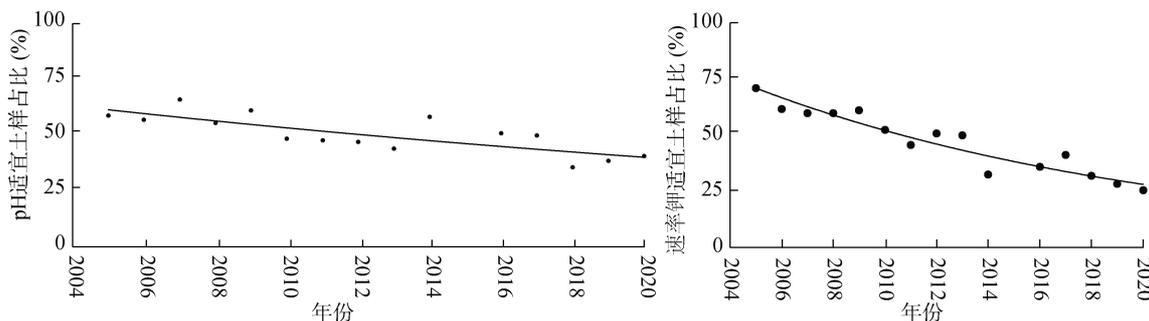


图 3 pH 和 AK 含量适宜级别土样比例随年份的变化

Fig. 3 Changes of soil sample proportions in suitable grades of pH and AK with year

2005—2020 年期间,文山州烟田土壤 AN 含量为 77.84~126.25 mg/kg,介于适宜—偏高水平,平均为 102.25 mg/kg,为适宜水平。出现 AN 含量偏高的一个主要原因是一些烟农出于以高产获取高收益的想法,私下追施氮肥所致。但总体而言,由于土壤氮肥利用率相对较高,易被作物吸收,且氮在土壤中迁移率较高,易随着降雨而流失,不易在土壤中积累,所以烟田土壤 AN 含量总体上能够维持在烤烟生产的适宜水平。烟田土壤 AN 含量在 2013 年之前总体上呈现升高趋势,2014—2017 年期间呈现降低趋势,之后又呈现升高趋势,这与烟草公司针对烟田土壤 AN 含量的不同变化情况,在不同时期采取了氮肥用量增减的措施有关。

2005—2020 年期间,文山州烟田土壤 AP 含量为 11.26~25.96 mg/kg,介于适宜—偏高水平,平均为 18.84 mg/kg,为适宜水平。烟田土壤 AP 含量在 2005—2012 年期间总体上呈现降低趋势,之后总体上呈现升高趋势(图 2)。这是由于 2005 年的土壤调查发现,文山州烟田土壤 AP 含量总体上较高,平均含量约 26 mg/kg,已处于偏高水平,为此烟草公司采取了降低烤烟专用复合肥中的磷素比例的措施,以逐步降低土壤 AP 含量。但 2012 年后调查发现,此时烟田土壤的 AP 含量已降到适宜水平的低值,于是重新调整烤烟专用复合肥配方,适当增加了磷素,

于是烟田土壤 AP 含量总体上又开始逐年提升。

2005—2020 年期间,文山州烟田土壤 AK 含量为 104.27~319.95 mg/kg,介于适宜—偏高水平,平均为 164.33 mg/kg,为偏高水平。由于富钾烟叶燃烧性好、香气足、吃味佳、油分充足,且烤烟是喜钾作物,故钾常被作为评价烟叶品质优劣的重要指标之一^[32-33],因此烟田土壤 AK 含量随着年份的增加呈现显著的升高趋势。我国土壤普遍缺钾^[34],为了保证和提升烤烟烟叶含钾量,一般强调施用较多钾肥,文山州烟田每亩施用氧化钾(K_2O)为约 22 kg/亩(1 亩=667m²),远远高于其他作物(如玉米一般为 5~8 kg/亩)。

根据本研究结果,目前文山州尚有 25.84% 和 33.50% 的烟田土壤 pH 偏低和偏高,前者需要注意施用碱性物料改酸,后者需要注意施用酸性物料改碱。尚有 7.76% 和 7.87%、34.42% 和 42.9% 的烟田土壤 AN 和 AP 含量偏低、偏高,前者需要注意适当增施氮磷肥,后者需要注意适度削减氮磷肥用量。但值得注意的是,目前文山州已有 73.34% 的烟田土壤 AK 含量偏高,考虑烟农的肥料投入成本,今后应采取有效措施提高残留于土壤中的钾素利用率,依据烤烟的长势酌情减少追施的钾肥量。

4 结论

本研究表明,2005—2020 年期间,文山州烟田

土壤 pH 和 SOM 含量总体处于烤烟种植的适宜水平, 但 AN、AP 和 AK 含量总体处于烤烟种植的适宜—偏高水平。AK 含量随年份呈现显著增加趋势, pH 及 SOM、AN、AP 含量随年份的变化趋势较为复杂。2020 年文山州烟田土壤尚存在 pH、AN 和 AP 含量偏低或偏高的情况, 需要酌情改酸改碱、适当增减氮磷肥施用。对于绝大部分烟田土壤 AK 含量偏高的突出情况, 需提高残留于土壤中的钾素利用率, 酌情减少钾肥的追施量。

参考文献:

- [1] 刘国顺. 烟草栽培学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003: 58-64.
- [2] 夏时波. 文山烟区生态条件及烟叶质量特征分析[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2014.
- [3] 云南省烟草公司文山州公司. 文山特色优质烟叶生产年鉴[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2018: 37-38.
- [4] 王永齐, 潘义宏, 符秀华, 等. 不同土壤改良措施对植烟土壤理化性质及烟叶品质的影响[J]. 江西农业学报, 2020, 32(4): 84-89.
- [5] 陈翔, 高艾飞, 李晓清, 等. 不同栽培措施组合对白肋烟 TSNAs 含量及品质的影响[J]. 烟草科技, 2017, 50(2): 1-8.
- [6] 罗万麟, 李永栋, 杨柳. 四川烟区植烟土壤理化性质对烟叶物理特性的影响[J]. 天津农业科学, 2018, 24(1): 71-75.
- [7] 任四海, 徐辰生, 孙敬权, 等. 土壤肥力因子与烤烟品质的关系[J]. 安徽农业科学, 2004, 32(2): 368-369, 390.
- [8] 赵阿娟, 文婧, 丁春霞, 等. 长沙植烟区土壤理化性质与烟叶常规化学成分相关性分析[J]. 作物研究, 2018, 32(6): 511-515.
- [9] 周炼川, 徐天养, 张家征, 等. 文山烟区植烟土壤 pH 分布特点及其与主要养分的相关关系[J]. 中国烟草学报, 2014, 20(1): 61-64.
- [10] 殷红慧, 张家征, 徐天养, 等. 文山烟区主要植烟土壤养分综合评价与分析[J]. 云南农业大学学报, 2014, 29(6): 888-895.
- [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] 殷红慧, 许龙, 冯坤, 等. 文山植烟土壤有机质和氮含量的研究[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2015, 30(6): 902-908.
- [13] 王政, 张晓龙, 敖金成, 等. 文山市不同生态区土壤养分的时空异质性及适宜性[J]. 中国烟草科学, 2016, 37(6): 37-42.
- [14] 王治伟. 文山烟区植烟土壤养分状况及烤烟种植施肥建议[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2015.
- [15] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [16] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.
- [17] 葛江云, 王跃能, 阎超, 等. 云南文山植烟土壤肥力 Fuzzy 综合评价[J]. 作物研究, 2014, 28(4): 375-378.
- [18] 王育军, 李爽, 李强, 等. 云南陆良县烟区土壤肥力评价及其影响因素[J]. 湖南文理学院学报(自然科学版), 2018, 30(3): 89-94.
- [19] 王育军, 鲁鑫浪, 陈丽鹃, 等. 云南宜良烟区土壤肥力适宜性评价[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2014, 40(3): 246-252.
- [20] 谭智勇, 周冀衡, 王超, 等. 云南保山市植烟土壤养分含量及肥力适应性评价[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2013, 39(4): 429-434, 444.
- [21] 胡海洲, 丁根胜, 陈志强, 等. 云南牟定主要植烟区土壤肥力评价[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(19): 8158-8162.
- [22] 段必挺, 苏仕开, 张儒和, 等. 云南施甸烟区植烟土壤肥力综合评价[J]. 江西农业学报, 2012, 24(3): 122-124, 131.
- [23] 李卫, 周冀衡, 张一扬, 等. 云南曲靖烟区土壤肥力状况综合评价[J]. 中国烟草学报, 2010, 16(2): 61-65.
- [24] 罗华元, 王绍坤, 常寿荣, 等. 烤烟钾含量与土壤 pH、有机质和速效钾含量的关系[J]. 中国烟草科学, 2010, 31(3): 29-32.
- [25] 何承刚, 张金华, 苏德艳, 等. 保山烤烟总糖含量与植烟土壤有机质含量的分布特征及关系分析[J]. 云南农业大学学报, 2008, 23(6): 832-835.
- [26] 赵铭钦, 刘金霞, 刘国顺, 等. 增施不同的有机质对烤烟多酚和石油醚提取物含量的影响[J]. 云南农业大学学报, 2008, 23(4): 536-539.
- [27] 许自成, 王林, 王金平, 等. 湖南烤烟化学成分与土壤有机质含量的关系[J]. 生态学杂志, 2006, 25(10): 1186-1190.
- [28] 李强, 张一扬, 程昌新, 等. 曲靖烤烟钾含量特征及其与主要生态因子关系研究[J]. 核农学报, 2017, 31(5): 918-926.
- [29] 王彦亭, 谢剑平, 李志宏. 中国烟草种植区划[M]. 北京: 科学出版社, 2010.
- [30] 蒲敏昌. 略谈云南耕作土壤的有机质状况及其改善途径[J]. 云南农业科技, 1980(5): 43-46.
- [31] 薄国栋. 秸秆还田对植烟土壤理化性质及生物学特性影响研究[D]. 中国农业科学院, 2014.
- [32] 中国农业科学院烟草研究所. 中国烟草栽培学[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1987.
- [33] 闫慧峰, 石屹, 李乃会, 等. 烟草钾素营养研究进展[J]. 中国农业科技导报, 2013, 15(1): 123-129.
- [34] 冀宏杰, 张怀志, 张维理, 等. 我国农田土壤钾平衡研究进展与展望[J]. 中国生态农业学报, 2017, 25(6): 920-930.