

# 云南烟区植烟土壤养分状况综合评价

胡 玲, 周丽娟, 王 娟, 张晓龙\*, 王 涛, 潘义宏, 单晓云

(云南瑞升烟草技术(集团)有限公司, 云南 昆明 650106)

**摘要:** 为了解云南烟区植烟土壤养分状况, 从云南省六大烟区共采集 515 个土壤样品进行土壤养分含量测定, 并运用主成分分析法确定了各土壤养分指标的权重, 通过估算土壤肥力综合指标值对云南省植烟土壤养分状况进行综合性评价。结果表明: 云南六大典型烟区植烟土壤综合肥力均处于中等水平; pH 值均值除滇东北外其余烟区都在种植优质烤烟的最适宜 pH 值范围内; 碱解氮、速效钾含量均值都达到丰富及以上水平, 总体上均超出适宜烤烟生长的碱解氮、速效钾含量上限; 滇东和滇东南烟区的土壤速效磷含量有利于生产优质烤烟, 其余烟区含量偏高; 除滇东北烟区有机质、全磷含量均值处于种植优质烤烟的最适宜含量范围内, 其余烟区含量偏高; 除滇东和滇中烟区外, 其余烟区土壤全氮含量适宜; 滇中的全钾含量均值最高(10.87 g/kg), 但也处于较为缺乏的状态。

**关键词:** 云南; 烤烟; 土壤养分; 综合评价

**中图分类号:** S158 S527 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2014)07-0052-08

## Comprehensive Evaluation of Soil Fertility in Tobacco-growing Areas in Yunnan Province

HU Ling, ZHOU Li-juan, WANG Juan, ZHANG Xiao-long\*,

WANG Tao, PAN Yi-hong, SHAN Xiao-yun

(Yunnan Reascend Tobacco Technology(Group) Co., Ltd., Kunming 650106, China)

**Abstract:** The 515 soil samples were collected from six tobacco-growing areas in Yunnan province, the contents of soil nutrients were determined and comprehensively evaluated with integrated fertility index, and the weight values of soil nutrients determined by the methods of principal component analysis. The results indicated comprehensive fertility of soils in all the six typical tobacco-growing areas were in the medium level in Yunnan province; the average pH values were within the limits of pH value for the growth of high quality tobacco except the northeast of Yunnan; the contents of available N and available K were high, which were beyond the limits of available N and available K contents which were suitable for the growth of tobacco; the contents of available P in the east and southeast of Yunnan were most suitable for the growth of high quality tobacco, and that in the other areas were high; the contents of organic matter and total P were most suitable for the growth of high quality tobacco in the northeast of Yunnan, and that in the other areas were high; the content of total N was suitable except the east and centre of Yunnan, the content of total K was the highest(10.87 g/kg) in the centre of Yunnan, but was still below the normal level.

**Key words:** Yunnan; flue-cured tobacco; soil nutrient; comprehensive evaluation

收稿日期: 2013-12-11

基金项目: 红云红河烟草(集团)有限公司项目(HYHH2012YL01)

作者简介: 胡 玲(1986-), 女, 四川德阳人, 助理工程师, 硕士, 主要从事烟草技术相关研究。E-mail: ynyj32@126.com

\* 通讯作者: 张晓龙(1978-), 男, 云南嵩明人, 工程师, 博士, 主要从事烟草技术相关研究。

E-mail: zhangxiaolong@reascend.com

烤烟是云南省重要的经济作物,是税收的重要来源。烤烟品质由遗传因素、生态因素和栽培技术共同作用决定。土壤是烤烟养分的重要来源,土壤养分丰缺与否,直接影响烤烟生长发育的营养水平,进而影响烟叶的产量、品质和风味<sup>[1-3]</sup>。研究发现,烤烟适宜种植在中等肥力的土壤上,所以植烟土壤要求氮素含量中等偏低,磷、钾相对丰富,微量元素供应充分或至少不十分缺乏<sup>[4]</sup>。一般认为,pH 值为 5.6~6.5、有机质含量为 10~20 g/kg、全氮含量为 0.76~1.68 g/kg、碱解氮含量为 45~135 mg/kg、全磷含量为 0.61~1.83 g/kg、速效磷含量为 10~35 mg/kg、速效钾含量为 120~200 mg/kg 的土壤适宜优质烟生产<sup>[5-6]</sup>。

土壤肥力评价是根据土壤肥力的各项指标、特性、数量、质量对土壤肥力综合水平的评定,为科学、合理利用土壤提供依据<sup>[7-12]</sup>。土壤肥力综合评价常用的方法有主成分分析法、聚类分析法、因子分析法、指数分析法、判别分析法、模糊数学法、因子加权综合法等<sup>[13-18]</sup>。本研究运用综合评价法评价云南省六大典型烟区植烟土壤常规养分的丰缺程度,旨在为合理利用土壤养分资源、提高平衡施肥的有效性和肥料利用率、保证植烟土壤的持续利用和云南烟叶生产可持续发展提供参考依据。

1 材料和方法

1.1 样品采集

2012 年以县(区)为单位,从云南省六大典型烟区(滇中、滇东、滇西、滇东南、滇东北和滇西南)采集

515 个土壤样品进行土壤常规养分测定。具体采样方法为:长方形地块采取之字形、较为方正的地块采用对角线或棋盘形采集耕层土壤 20 cm 深的土样,在同一采样单元内每 8~10 个点的土样构成一个 0.5~2.0 kg 的混合土样。从田间采集的土样经登记编号后进行预处理,经过风干、磨细、过筛、混匀、装瓶后备用。

1.2 测定项目及方法

土壤样品经风干后,测定 pH 值及有机质、全氮、全磷、全钾、碱解氮、速效磷、速效钾含量。其中 pH 值测定采用 NY/T 1121.2-2006 pH 计法(水土质量比 2.5:1),有机质含量测定采用 NY/T 1121.6-2006 重铬酸钾滴定法,碱解氮含量测定采用 LY/T 1229-1999 碱解扩散法,速效磷含量测定采用 NY/T 1121.7-2006 氟化钼-钼锑抗比色法,速效钾含量测定采用 NY/T 889-2004 乙酸铵浸提-火焰光度法,全氮含量测定采用 NY/T 1121.24-2012 凯氏定氮法,全磷含量测定采用 GB 9837-1988 氢氧化钠碱熔法,全钾含量测定采用 GB 9836-1988 氢氟酸消解-火焰光度法。

1.3 土壤养分分级标准

参考全国第二次土壤普查暂行技术规程<sup>[19]</sup>对土壤养分进行分级(表 1)。级别越高,代表该元素含量越丰富。对于 pH 值来说,1~5 级分别代表碱性、中性、偏酸性、酸性和强酸性;对于除 pH 值外的其他指标来说,1~6 级分别代表含量很丰富、丰富、中等、缺乏、很缺乏和极缺乏。

表 1 土壤养分分级标准

级别	pH	有机质/ (g/kg)	全氮/ (g/kg)	全磷/ (g/kg)	全钾/ (g/kg)	碱解氮/ (mg/kg)	速效磷/ (mg/kg)	速效钾/ (mg/kg)
1	>7.6	>40	>2.0	>1.0	>25	>150	>40	>200
2	6.6~7.5	30~40	1.5~2.0	0.8~1.0	20~25	120~150	20~40	150~200
3	5.6~6.5	20~30	1.0~1.5	0.6~0.8	15~20	90~120	10~20	100~150
4	4.6~5.5	10~20	0.75~1.0	0.4~0.6	10~15	60~90	5~10	50~100
5	<4.5	6~10	0.5~0.75	0.2~0.4	5~10	30~60	3~5	30~50
6		<6	<0.5	<0.2	<5	<30	<3	<30

1.4 土壤肥力综合评价方法

本研究首先运用主成分分析法计算出各项肥力指标的权重,再利用模糊数学中的隶属度函数计算土壤肥力综合指标(integrated fertility index,IFI)值<sup>[20-21]</sup>,以此来评价土壤肥力。IFI 能够反映土壤

养分状况,取值为 0~1,值越高,说明土壤肥力质量越好<sup>[22]</sup>,按公式(1)计算。

$$IFI = \sum_{i=1}^p N_i W_i \tag{1}$$

其中,p 为指标个数,N<sub>i</sub> 和 W<sub>i</sub> 分别为第 i 种肥

力指标的隶属度和相应的权重。

1.4.1 土壤肥力权重的确定 对测定的土壤肥力 8 项指标进行主成分分析,提取公因子,计算各项肥

力指标的公因子方差,其大小反映该指标对土壤肥力总体变异的重要程度,将公因子方差进行归一化,结果作为各项肥力指标的权重,结果见表 2。

表 2 各项肥力指标公因子方差和权重

项目	pH	有机质	全氮	全磷	全钾	碱解氮	速效磷	速效钾
公因子方差	0.467	0.610	0.585	0.523	0.367	0.606	0.231	0.517
权重	0.120	0.156	0.150	0.134	0.094	0.155	0.059	0.132

1.4.2 土壤肥力指标隶属度的估算 本研究选用 2 种类型隶属度函数,即 S 型和抛物线型如公式(2)和公式(3)。

$$f(x)=\begin{cases} 1 & x \geq b \\ 0.1+0.9(x-a)/(b-a) & a \leq x < b \\ 0.1 & x < a \end{cases} \quad (2)$$

$$f(x)=\begin{cases} 0.1 & x < a \text{ 或 } x > b \\ 0.1+0.9(x-a)/(c-a) & a \leq x < c \\ 1 & c \leq x \leq d \\ 1-0.9(x-d)/(b-d) & x \geq b \end{cases} \quad (3)$$

式中, $x$  为各土壤养分指标实际值, $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$  分别代表各土壤养分指标的下临界值、上临界值、下限最优值、上限最优值。参照文献[23-24]的研究结果,并结合生产实践,确定各项肥力指标所适用的隶属度函数和阈值,具体见表 3。

表 3 土壤肥力指标所属隶属度函数的类型及阈值

阈值	抛物线型			
	pH	有机质/ (g/kg)	全氮/ (g/kg)	碱解氮/ (mg/kg)
$a$	5.0	15	0.9	30
$c$	5.5	25	1.4	50
$b$	7.0	35	2.5	70
$d$	7.5	45	3.5	100

  

阈值	S 型			
	全磷/ (g/kg)	全钾/ (g/kg)	速效磷/ (mg/kg)	速效钾/ (mg/kg)
$a$	0.5	9	10	100
$d$	12	20	20	150

## 1.5 数据处理

采用 Excel 2010 和 SPSS 19.0 软件对数据进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 云南烟区植烟土壤 pH 值水平

云南省不同烟区植烟土壤 pH 值水平见表 4。

表 4 不同烟区土壤的 pH 值及各级比例

烟区	pH 均值	变异系数/%	各级比例/%				
			1 级	2 级	3 级	4 级	5 级
全省	6.20	11.82	5.24	21.94	53.59	18.25	0.98
滇中	6.16	11.50	7.04	15.49	54.93	22.54	0.00
滇东	6.21	13.00	7.02	21.05	52.64	17.54	1.75
滇西	6.02	9.43	0.00	14.45	63.33	22.22	0.00
滇东南	6.04	13.12	2.99	17.91	53.73	24.62	0.75
滇东北	6.62	9.90	13.21	36.79	38.68	11.32	0.00
滇西南	6.14	9.69	0.00	24.56	66.67	3.51	5.26

对于云南植烟土壤来说,pH 值均值为 6.20,变幅为 4.23~8.27,变异程度较小,变异系数为 11.82%。其中,烤烟生长的最适宜土壤 pH 值介于 5.6~6.5<sup>[5-6]</sup>,该 pH 值区间样本占 56.9%;烤烟生长的适宜土壤 pH 值为 5.0~7.0<sup>[25]</sup>,该 pH 值区间样本占 82.72%。各烟区土壤 pH 值的差异较小,均值都在适宜种植优质烤烟的范围内。其中以滇东北烟区最高,均值为 6.62;其次是滇

东;滇西最低,为 6.02。滇东南烟区的土壤 pH 值变异系数最高,为 13.12%,变异系数相对较小的是滇西(9.43%)。对于烤烟生产来说,云南植烟土壤 pH 值总体适宜。

### 2.2 云南烟区植烟土壤有机质含量

云南省不同烟区植烟土壤有机质含量统计见表 5。对于云南植烟土壤来说,有机质含量介于 0.59~89.32 g/kg,平均值为 25.09 g/kg,变异系数

为 61.60%, 低于 10.0 g/kg 的土壤仅占 22.33%, 生产优质烤烟的最适宜土壤有机质含量介于 10.0~20.0 g/kg<sup>[5-6]</sup>, 有机质含量介于该区间的土壤样本占 11.26%, 而有机质含量中等及以上土壤比例占 66.41%。土壤有机质含量在各烟区差别较小, 以滇东南烟区最高, 均值达到 29.20 g/kg, 滇中、滇东、滇西和滇西南的有机质含量也较高, 均值超过了

20.0 g/kg; 最低的为滇东北烟区, 均值仅为 15.84 g/kg。在云南的六大烟区中, 有机质含量变幅最小的为滇中烟区, 变异系数仅为 41.55%。从有机质含量均值来看, 滇东北烟区比较适宜优质烤烟生产, 其他烟区含量偏高。总体来看, 云南植烟土壤有机质含量处于中等水平, 对于烤烟生产来说, 有机质含量偏高。

表 5 不同烟区土壤的有机质含量及各级比例

烟区	有机质含量 均值/(g/kg)	变异系数/ %	各级比例/%					
			1 级	2 级	3 级	4 级	5 级	6 级
全省	25.09	61.60	15.73	21.36	29.32	11.26	2.72	19.61
滇中	27.88	41.55	18.31	33.80	29.58	7.04	0.00	11.27
滇东	25.64	63.96	17.54	29.82	19.30	7.02	0.00	26.32
滇西	26.23	51.37	12.22	30.00	33.33	6.67	2.22	15.56
滇东南	29.20	54.46	18.65	20.90	32.84	15.67	2.98	8.96
滇东北	15.84	96.06	8.49	6.60	25.47	8.49	5.67	45.28
滇西南	26.78	52.28	22.81	12.28	31.57	22.81	3.51	7.02

2.3 云南烟区植烟土壤氮素含量

2.3.1 全氮 云南省不同烟区土壤全氮含量见表 6。云南省植烟土壤全氮含量介于 0.23~5.33 g/kg, 均值为 1.64 g/kg, 变异系数较高(41.13%), 其中 54.18% 的样品全氮含量达丰富及较高水平, 中等及以上水平样本占 86.02%, 缺乏(4 级及以下)的样本仅占 13.98%。适宜种植优质烤烟烟区土壤全氮含量介于 0.76~1.68 g/kg<sup>[5-6]</sup>, 而云南烟区有 52.62% 的植烟土壤全氮含量在这个范围内。云南

植烟土壤全氮含量总体以滇东烟区最高, 均值为 1.94 g/kg; 滇中次之, 均值为 1.69 g/kg; 而全氮含量最缺乏的烟区为滇东南, 均值为 1.55 g/kg, 4 级及以下的样本占 15.68%。变异系数最小的是滇东北烟区, 为 36.50%; 滇西南最大, 为 45.95%; 其他 4 个烟区的变异系数差异较小。从全氮含量均值来看, 除滇中和滇东烟区外, 其他烟区含量适宜优质烤烟的生产。总体来看, 云南植烟土壤全氮含量处于丰富水平, 对于烤烟生产来说, 土壤全氮含量适宜。

表 6 不同烟区土壤的全氮含量及各级比例

烟区	全氮含量均 值/(g/kg)	变异系数/ %	各级比例/%					
			1 级	2 级	3 级	4 级	5 级	6 级
全省	1.64	41.13	26.41	27.77	31.84	8.16	3.30	2.52
滇中	1.69	39.89	28.17	35.21	23.94	7.04	2.82	2.82
滇东	1.94	39.54	36.84	36.84	24.57	0.00	1.75	0.00
滇西	1.62	41.33	23.33	31.11	28.89	8.89	4.45	3.33
滇东南	1.55	40.85	25.37	23.13	35.82	7.46	2.99	5.23
滇东北	1.57	36.50	18.87	27.36	42.45	8.49	2.83	0.00
滇西南	1.66	45.95	35.09	15.79	24.56	17.55	5.26	1.75

2.3.2 碱解氮 云南省不同烟区土壤碱解氮含量见表 7。云南省植烟土壤碱解氮含量介于 12.31~851.86 mg/kg, 均值为 161.59 mg/kg, 变异系数为 65.70%; 从土壤碱解氮含量分布来看, 碱解氮含量小于 60 mg/kg 的样本仅占 5.05%, 碱解氮含量

丰富及以上水平的样本占 62.92%, 碱解氮含量处于适宜烤烟生产范围(45~135 mg/kg)<sup>[5-6]</sup> 的样本占 44.66%。土壤碱解氮含量在各烟区的差别较大, 以滇东烟区最高, 超过了 200 mg/kg; 滇中、滇西、滇东北、滇东南和滇西南的碱解氮含量均值差

异较小且都超过了135 mg/kg。滇中烟区土壤碱解氮含量变幅最小,变异系数仅为 44.12%,其余五大烟区变异系数差异较小(60.38%~71.35%)。从碱解氮含量均值来看,六大烟区碱解氮含量均

超出了适宜优质烤烟生产的土壤养分含量上限。总体来看,云南植烟土壤碱解氮含量处于丰富至很丰富水平,对于烤烟生产来说,土壤碱解氮含量偏高。

表 7 不同烟区土壤的碱解氮含量及各级比例

烟区	碱解氮含量 均值/(mg/kg)	变异系数/ %	各级比例/%					
			1 级	2 级	3 级	4 级	5 级	6 级
全省	161.59	65.70	39.81	23.11	17.67	14.36	2.33	2.72
滇中	150.93	44.12	45.07	23.94	16.90	11.27	1.41	1.41
滇东	201.63	71.27	50.88	31.58	7.01	7.02	0.00	3.51
滇西	167.67	71.10	45.56	15.56	20.00	14.44	3.33	1.11
滇东南	155.24	60.38	37.31	20.90	20.90	18.66	2.23	0.00
滇东北	147.89	63.40	28.30	29.25	21.70	12.26	2.83	5.66
滇西南	165.62	71.35	40.35	19.30	10.53	19.30	3.51	7.01

## 2.4 云南烟区植烟土壤磷素含量

2.4.1 全磷 云南省不同烟区土壤全磷含量见表 8。云南省植烟土壤全磷含量总体偏高,介于 0.03~13.92 g/kg,平均为 2.13 g/kg,变异较大,变异系数为 81.14%。其中,74.75%的植烟土壤全磷含量达到中等及以上水平,22.91%的植烟土壤全磷含量处于适宜烤烟生产范围(0.61~1.83 g/kg)<sup>[5-6]</sup>,25.26%的植烟土壤全磷含量缺乏,这部分土壤应及时补充磷元素。云南

各烟区土壤全磷含量平均值以滇东烟区最高,达到 2.51 g/kg;滇东北全磷含量均值最低,为 1.70 g/kg,其余四大烟区全磷含量均值差异较小。全磷含量变幅最大的为滇东北,变异系数高达 110.02%;变异系数最小的是滇西南,为 47.45%。从全磷含量均值来看,滇东北烟区适宜优质烤烟的生产,其他烟区含量偏高。云南烟区全磷含量均值主要集中在 1 级,处于很丰富水平,对烤烟生长来说土壤全磷含量偏高。

表 8 不同烟区土壤的全磷含量及各级比例

烟区	全磷含量 均值/(g/kg)	变异系数/ %	各级比例/%					
			1 级	2 级	3 级	4 级	5 级	6 级
全省	2.13	81.14	68.93	3.88	1.94	1.94	1.76	21.55
滇中	2.21	70.90	87.32	1.41	1.41	0.00	0.00	9.86
滇东	2.51	72.24	70.18	3.51	0.00	0.00	0.00	26.31
滇西	2.11	69.23	66.67	7.78	2.23	4.44	4.44	14.44
滇东南	2.21	88.82	64.92	6.72	2.99	3.73	2.99	18.65
滇东北	1.70	110.02	51.89	0.00	1.89	0.94	0.00	45.28
滇西南	2.30	47.45	89.48	1.75	1.75	0.00	1.75	5.27

2.4.2 速效磷 云南省不同烟区土壤速效磷含量见表 9。云南烟区的速效磷含量介于 0.80~290.55 mg/kg,平均值达 35.92 mg/kg,变异系数为 84.18%。其中,65.44%的植烟土壤速效磷含量达到丰富及以上水平,13.98%的植烟土壤速效磷含量达到中等水平,35.92%的植烟土壤速效磷含量处于适宜烤烟生产范围(10~35 mg/kg)<sup>[5-6]</sup>,20.58%的植烟土壤速效磷含量偏低。云南不同烟区土壤速效磷含量存在明显差异,其均值大小依次为滇西、滇西

南、滇中、滇东北、滇东南、滇东,其中滇西烟区依次比其他烟区高 9.23%、14.74%、16.36%、22.25%、102.75%。滇中烟区土壤速效磷含量变幅最小,变异系数为 47.61%,滇东北变异系数最大,高达 108.74%。从速效磷含量均值来看,滇东和滇东南烟区适宜优质烤烟的生产,其他烟区含量偏高。总体看来,云南大部分植烟土壤速效磷含量处于丰富水平,且各烟区分布不均,对于烤烟生产来说,土壤速效磷含量偏高。

表 9 不同烟区土壤的速效磷含量及各级比例

烟区	速效磷含量 均值/(mg/kg)	变异系数/ %	各级比例/%					
			1 级	2 级	3 级	4 级	5 级	6 级
全省	35.92	84.18	33.79	31.65	13.98	13.01	4.66	2.91
滇中	37.25	47.61	33.80	47.89	14.08	4.23	0.00	0.00
滇东	21.08	88.17	21.05	15.79	21.05	21.05	14.04	7.02
滇西	42.74	67.38	50.00	23.33	11.11	14.45	1.11	0.00
滇东南	34.96	80.92	34.33	28.36	15.67	11.19	3.73	6.72
滇东北	36.73	108.74	27.36	35.85	12.26	15.09	7.55	1.89
滇西南	39.13	83.16	31.57	40.35	10.53	14.04	3.51	0.00

2.5 云南烟区植烟土壤钾素含量

2.5.1 全钾 云南省不同烟区土壤全钾含量见表 10。云南植烟土壤全钾含量介于 0.34~32.33 g/kg, 变异系数较大,为 80.63%,平均值仅为 8.47 g/kg。全钾含量大部分处于缺乏水平(80.38%),处于丰富及以上水平的土壤样本占 7.58%,处于中等水平的土壤样本占 12.04%。云南六大烟区全钾含量以滇

东区最低,均值仅为 5.02 g/kg;其次是滇东,为 7.66 g/kg;滇中、滇西和滇西南的全钾含量差异较小,分别为 10.87、10.76、9.86 g/kg。各烟区土壤全钾含量变异较大,变异系数最大的是滇东北,为 118.41%;变异系数相对较小的是滇中,为 57.23%。对照全国烟区土壤全钾含量分级标准,云南烟区全钾含量主要集中在第 4、5、6 级,处于缺乏水平。

表 10 不同烟区土壤的全钾含量及各级比例

烟区	全钾含量均 值/(g/kg)	变异系数/ %	各级比例/%					
			1 级	2 级	3 级	4 级	5 级	6 级
全省	8.47	80.63	1.17	6.41	12.04	16.31	23.30	40.77
滇中	10.87	57.23	0.00	8.45	16.90	26.77	23.94	23.94
滇东	7.66	78.15	0.00	7.02	7.02	5.26	52.63	28.07
滇西	10.76	68.17	1.11	10.00	23.33	10.00	31.12	24.44
滇东南	8.17	80.19	2.24	2.99	10.45	23.13	17.16	44.03
滇东北	5.02	118.41	1.89	3.77	2.83	7.55	14.15	69.81
滇西南	9.86	68.89	0.00	10.53	14.03	24.56	12.28	38.60

2.5.2 速效钾 云南省不同烟区土壤速效钾含量见表 11。云南植烟土壤速效钾含量介于 24.38~1575.79 mg/kg,平均值为 247.92 mg/kg,变异系数较高,达 88.08%。其中,土壤速效钾含量分布在 1、2、3 级的样本分别占 43.50%、20.19%、19.42%,速效钾含量低于 50.0 mg/kg 的样本仅占 2.33%,即云南省绝大部分植烟土壤速效钾含量处于丰富及以上水平。云南省六大烟区速效钾含量均值都超过 200 mg/kg,全部处于很丰富水平,最高为滇东北烟区,

含量均值高达 313.27 mg/kg;最低的滇西烟区含量均值为 212.42 mg/kg。滇中、滇东、滇西、滇东南、滇东北和滇西南速效钾含量达到中等及以上的样本分别占 87.33%、78.95%、70.01%、89.55%、92.45%、70.18%。只有滇西烟区存在极少量植烟土壤速效钾含量小于 30 mg/kg。从全省范围来看,有 31.26%的土壤速效钾含量处于适宜烤烟生产范围(120~200 mg/kg)<sup>[5-6]</sup>。总体看来,云南植烟土壤速效钾含量很丰富。对于烤烟生产来说,土壤速效钾含量偏高。

表 11 不同烟区土壤的速效钾含量及各级比例

烟区	速效钾含量 均值/(mg/kg)	变异系数/ %	各级比例/%					
			1 级	2 级	3 级	4 级	5 级	6 级
全省	247.92	88.08	43.50	20.19	19.42	14.56	1.94	0.39
滇中	220.00	68.52	40.85	21.13	25.35	12.67	0.00	0.00
滇东	272.38	97.60	35.09	35.09	8.77	21.05	0.00	0.00
滇西	212.42	109.03	27.78	15.56	26.67	23.33	4.44	2.22
滇东南	233.39	77.41	47.76	22.39	19.40	8.96	1.49	0.00
滇东北	313.27	84.56	56.60	16.98	18.87	6.61	0.94	0.00
滇西南	226.94	73.09	45.62	12.28	12.28	24.56	5.26	0.00

## 2.6 云南烟区植烟土壤养分状况综合评价

将计算出的 IFI 值划分为 5 个等级,即:高( $IFI \geq 0.8$ )、较高( $0.6 \leq IFI < 0.8$ )、中( $0.4 \leq IFI < 0.6$ )、较低( $0.2 \leq IFI < 0.4$ )和低( $IFI < 0.2$ ),不同烟区各等级土壤样品所占比例见表 12。云南省土壤 IFI 值介于 0.21~0.81,均值是 0.54。从全省范围来看,有 87.77%的植烟土壤肥力处于中等及以上水平,

仅有 12.23%处于较低水平,土壤肥力状况良好。各烟区土壤 IFI 均值都处于中等水平,滇中土壤 IFI 值略高于其他烟区,平均值为 0.58。各烟区土壤 IFI 值变异系数都在 20%左右,变异系数最小的为滇中烟区,为 18.91%;变异系数最大的是滇西烟区,为 22.28%。滇中 49.30%的植烟土壤综合肥力处于较高及以上水平,而滇东仅为 21.05%。

表 12 云南植烟烟区土壤肥力综合评价结果

烟区	各等级比例/%					IFI		
	高	较高	中	较低	低	平均值	标准差	变异系数/%
全省	0.39	31.46	55.92	12.23	0.00	0.54	0.12	21.74
滇中	1.41	47.89	45.07	5.63	0.00	0.58	0.11	18.91
滇东	0.00	21.05	57.90	21.05	0.00	0.51	0.11	22.17
滇西	0.00	35.56	52.22	12.22	0.00	0.54	0.12	22.28
滇东南	0.75	32.84	54.48	11.93	0.00	0.54	0.12	21.16
滇东北	0.00	24.53	63.21	12.26	0.00	0.51	0.11	21.33
滇西南	0.00	24.56	63.16	12.28	0.00	0.52	0.12	21.94

## 3 结论与建议

本研究结果表明,云南六大烟区植烟土壤综合肥力总体均处于中等水平;pH 值均值除滇东北烟区外其余烟区都在种植优质烤烟的最适宜 pH 值范围内;碱解氮、速效钾含量均值都达到丰富及以上水平,均超出适宜烤烟生长的土壤碱解氮、速效钾含量上限;滇东和滇东南烟区的土壤速效磷含量有利于种植优质烟叶,其余烟区土壤速效磷含量偏大;有机质、全磷含量均值除滇东北烟区处于种植优质烤烟的最适宜含量范围内,其余烟区含量偏大;除滇东和滇中烟区外,其余烟区土壤全氮含量适宜;滇中的全钾含量均值最高(10.87 g/kg),但也处于较为缺乏的状态。本研究依据土壤常规养分数据,结合文献资料,并针对云南六大典型烟区开展土壤肥力综合评价,具体评价结果及施肥建议如下。

1)对于云南植烟土壤来说,各个烟区植烟土壤 pH 值差异较小,土壤 pH 值总体适宜,但也存在少量偏碱性植烟土壤,这些土壤应采取相应的措施,如施用农家肥或有机无机复合肥,避免施用碱性肥料,将 pH 值调整到适宜范围。

2)土壤有机质含量过高或过低都不利于烟草的正常生长发育。云南省有 66.41%的土壤有机质含量偏高,其中以滇东南烟区有机质含量最高。有机质含量偏高,使烟株生长后期容易出现土壤氮素供应过量、烟叶贪青晚熟,甚至黑暴的现象。因此,必

须注意严格控制烤烟施氮水平,施用有机肥时也要注意使用充分腐熟后的有机肥。

3)云南省植烟土壤中有 54.18%的样本全氮含量和 62.92%的样本碱解氮含量达丰富及以上水平。全氮含量受地域影响相对较小,碱解氮含量因烟区不同差异较大,碱解氮含量以滇东烟区最高,均值超过 200 mg/kg。全省绝大部分植烟土壤磷素含量达丰富及以上水平,尤其是部分土壤速效磷含量异常偏大,这可能是烟农盲目施肥所致。土壤全钾含量偏低,但速效钾含量丰富,有 80.38%的植烟土壤全钾含量处于缺乏水平,其中以滇东北烟区最严重,也可能与烟农施用大量钾肥有关。因此,必须重视并严格控制氮、磷、钾肥施用。

4)土壤肥力综合评价表明,云南省较低或低的植烟土壤肥力区域较少,有 87.77%的植烟土壤肥力处于中等及以上水平,说明云南省不仅具备特有的立体气候优势,还具备与优质烤烟生产相适应的土壤条件;另一方面也说明了近年来云南植烟区域施肥方法科学、平衡,建议继续大力实施测土配方施肥,进一步提升烟叶生产管理水平,持续增强优质烟叶有效供给能力。

### 参考文献:

- [1] 郑立臣,宇万太,马强,等.农田土壤肥力综合评价研究进展[J].生态学杂志,2004,23(5):156-161.
- [2] 洛东奇,白洁,谢德体.论土壤肥力评价指标和方法

- [J]. 土壤与环境, 2002, 11(2): 202-205.
- [3] 肖汉乾, 罗建新, 王国宝, 等. 湖南优质烟区不同产量水平土壤肥力状况分析[J]. 作物研究, 2003, 17(1): 28-30.
- [4] 云南省烟草科学研究所, 中国烟草育种研究(南方)中心. 云南烟草栽培学[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [5] 李艳青. 湘西植烟土壤养分状况研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2010.
- [6] 秦钟立. 贵州植烟土壤养分特征研究[D]. 重庆: 西南大学, 2007.
- [7] 林志堃. 主成分分析、聚类分析在耕地适宜性评价中的应用[J]. 甘肃教育学院学报: 自然科学版, 2001, 15(2): 40-46.
- [8] 苏海民, 陈健飞. 土地适宜性的综合评判物元模型[J]. 曲阜师范大学学报, 2005, 31(1): 115-119.
- [9] 付大友, 袁东. 聚类分析在土壤研究中的应用[J]. 四川理工学院学报: 自然科学版, 2005, 18(2): 66-72.
- [10] 黎妍妍, 许自成, 肖汉乾, 等. 湖南省主要植烟区土壤肥力状况综合评价[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2006, 34(11): 179-183.
- [11] 王迪华, 杨碧荣. 盐湖区蔬菜用地土壤肥力综合评价[J]. 山西农业科学, 2012, 40(5): 502-504.
- [12] 李国强, 冯晓, 郑国清, 等. 基于改进灰色关联模型的土壤肥力综合评价[J]. 河南农业科学, 2013, 42(4): 71-74.
- [13] 郑立臣, 宇万太, 马强, 等. 农田土壤肥力综合评价研究进展[J]. 生态学杂志, 2004, 23(5): 156-161.
- [14] 腊贵晓, 刘国顺, 曹杰, 等. 基于地统计学和 GIS 的喀斯特烟田土壤肥力综合评价——以贵州省毕节地区为例[J]. 河南农业科学, 2012, 41(4): 63-68.
- [15] 王宏伟. 云南省峨山县植烟土壤肥力的综合评价及变异分析[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2012.
- [16] 冯婉婉, 张学雷, 段金龙. 豫南水耕地土壤肥力评价及其与水稻产量相关分析[J]. 河南农业科学, 2012, 41(6): 65-70.
- [17] 闫铁军, 吴风光, 毛福利, 等. 襄樊烟区土壤养分状况的综合评价[J]. 华北农学报, 2010, 25(增刊): 200-203.
- [18] 张水清, 黄绍敏, 郭斗斗. 主成分分析在潮土土壤肥力评价中的应用[J]. 河南农业科学, 2011, 40(4): 82-86.
- [19] 全国土壤普查办公室. 全国第二次土壤普查暂行技术规程[M]. 北京: 农业出版社, 1979.
- [20] 马强, 宇万太, 赵少华, 等. 黑土农田土壤肥力质量综合评价[J]. 应用生态学报, 2004, 15(10): 1916-1920.
- [21] 唐晓平. 四川紫色土肥力的 Fuzzy 综合评判[J]. 土壤通报, 1997, 28(3): 107-109.
- [22] 吕晓男, 陆允甫, 王人潮. 土壤肥力综合评价初步研究[J]. 浙江大学学报: 农业与生命科学版, 1999(4): 378-382.
- [23] 骆伯胜, 钟继洪, 陈俊坚. 土壤养分数值化综合评价研究[J]. 土壤, 2004, 36(1): 104-106.
- [24] 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.
- [25] 闫克玉, 赵铭钦. 烟草原科学[M]. 北京: 科学出版社, 2008.