

王彤, 窦玉青, 赵兴能, 等. 植烟土壤有机质含量与烤烟质量关系研究. 土壤, 2025, 57(4): 792–798.

## 植烟土壤有机质含量与烤烟质量关系研究<sup>①</sup>

王 彤<sup>1</sup>, 窦玉青<sup>1</sup>, 赵兴能<sup>2\*</sup>, 虞 沁<sup>3</sup>, 闫 鼎<sup>3</sup>, 殷红慧<sup>2</sup>

(1 中国农业科学院烟草研究所, 山东青岛 266101; 2 云南省烟草公司文山州公司, 云南文山 663099; 3 上海烟草集团有限责任公司, 上海 200082)

**摘要:** 为探究植烟土壤中有机质含量与烤烟质量间的关系, 在云南文山州采集代表性烟田土壤样品和烟叶样品, 检测土壤有机质(SOM)含量以及烟叶的外观质量、物理特性、常规化学成分及感官评吸质量, 分析SOM含量与烟叶质量指标之间的相关性以及SOM不同含量分级土壤所产烟叶质量的差异性。结果表明: ①在外观质量方面, SOM含量与烟叶身份和色度得分分别呈显著的正相关和负相关( $P<0.05$ ); SOM II 级( $10\sim20\text{ g/kg}$ )所产烟叶的颜色得分最高且显著高于SOM IV 级( $30\sim40\text{ g/kg}$ )。②在物理特性方面, SOM含量与烟叶的填充值和平衡含水率得分分别呈极显著正相关和负相关( $P<0.01$ ), 与含梗率得分呈显著负相关( $P<0.05$ ); 烟叶含梗率得分在SOM I 级( $\leq10\text{ g/kg}$ )较高且显著高于SOM V 级( $>40\text{ g/kg}$ )。③在常规化学成分方面, SOM含量与烟叶两糖比和糖碱比分别呈显著正相关和负相关( $P<0.05$ ), 与总糖含量呈极显著负相关( $P<0.01$ )。④在感官质量方面, SOM含量与烤烟细腻柔和程度和余味得分均呈显著负相关( $P<0.05$ ), 与圆润感得分和评吸总分均呈极显著负相关( $P<0.01$ ); SOM I 级所产烤烟的细腻柔和程度得分最高且显著高于SOM IV 级; SOM I 级所产烤烟的圆润感得分最高且显著高于 III( $20\sim30\text{ g/kg}$ )、IV 和 V 3个级别( $P<0.05$ )。总体而言, 随着SOM含量的增加, 烟叶质量多数指标呈先增后减的趋势, SOM II ~ III 级所产烤烟质量较高, 可依据SOM含量高低适当增减有机肥用量。

**关键词:** 土壤有机质; 烤烟; 质量; 化学成分; 感官质量

**中图分类号:** S158    **文献标志码:** A

### Study on Relationship Between Soil Organic Matter Content and Flue-cured Tobacco Quality

WANG Tong<sup>1</sup>, DOU Yuqing<sup>1</sup>, ZHAO Xingneng<sup>2\*</sup>, YU Qin<sup>3</sup>, YAN Ding<sup>3</sup>, YIN Honghui<sup>2</sup>

(1 Tobacco Research Institute of Chinese Academy of Agriculture Sciences, Qingdao, Shandong 266101, China; 2 Wenshan Branch of Yunnan Tobacco Company, Wenshan, Yunnan 663099, China; 3 Shanghai Tobacco Group Co., Ltd., Shanghai 200082, China)

**Abstract:** To investigate the relationship between soil organic matter content and flue-cured tobacco quality, 222 pairs of soil and tobacco leaves samples were collected from typical tobacco fields in Wenshan, Yunnan Province, the contents of soil organic matter (SOM, 0–20 cm) and the appearance qualities, physical indicators, conventional chemical components and sensory qualities of tobacco leaves were determined and calculated, and the correlation between SOM content with the quality indicators of tobacco leaves were analyzed, and the quality indicators of tobacco leaves under different SOM content grades were compared. The results showed that: 1) In terms of appearance quality of tobacco leaves, SOM content was positively correlated to body score ( $P<0.05$ ), and significantly negatively correlated with color intensity score ( $P<0.05$ ). The color score under SOM grade II ( $10\sim20\text{ g/kg}$ ) was the highest and significantly greater than SOM grade IV ( $30\sim40\text{ g/kg}$ ). 2) In terms of physical indicators of tobacco leaves, SOM content reached a significantly positive correlation with filling value score ( $P<0.01$ ), significantly negative correlation with stem content score ( $P<0.05$ ) and equilibrium moisture content ( $P<0.01$ ). The stem content score under SOM grade I ( $\leq10\text{ g/kg}$ ) was higher and significantly greater than SOM grade V ( $>40\text{ g/kg}$ ). 3) In terms of conventional chemical components of tobacco leaves, SOM content was significantly positively correlated with reducing sugar and total sugar ratio ( $P<0.05$ ), significantly negatively correlated with sugar-base ratio ( $P<0.05$ ) and total sugar content ( $P<0.01$ ). 4) In terms of

<sup>①</sup>基金项目: 云南省烟草公司文山州公司科技项目(20245326003)资助。

\* 通信作者(455753605@qq.com)

作者简介: 王彤(2000—), 女, 山东潍坊人, 硕士研究生, 主要研究方向为烟叶原料开发。E-mail: wangtongttw@163.com

sensory qualities of tobacco leaves, SOM content showed a significant negative correlation with the scores of fineness and softness and aftertaste ( $P<0.05$ ), and a highly significant negative correlation with the scores of roundness and total smoking evaluation ( $P<0.01$ ). The fineness and softness score under SOM grade I was the highest and significantly higher than SOM grade IV ( $P<0.01$ ). The roundness score under SOM grade I was the highest and significantly higher than SOM grade III (20~30 g/kg), IV and V ( $P<0.05$ ). The comprehensive analysis indicated that with the increase of SOM content, most indexes of tobacco leaf quality increased at first and then decreased, the quality of tobacco leaves was better under SOM grade II~III in the research area, which suggested the amount of organic fertilizers should be adjusted according to SOM content properly.

**Key words:** Soil organic matter; Flue-cured tobacco; Quality; Chemical components; Sensory quality

烟草是我国重要的经济作物之一,烟叶的外观质量、物理特性、化学成分、感官质量受气候、土壤、品种、种植技术、生产因素等众多条件的影响<sup>[1~2]</sup>。烟田土壤条件是烟叶质量的先决条件,土壤养分的丰缺状况将直接影响到烟叶的生长发育及整体质量。土壤有机质(SOM)含量是土壤肥力和质量的核心,对烟草的生长发育、产量和品质有着最直接的影响<sup>[3~4]</sup>。SOM 含量过低,会导致烟株长势弱、植株矮小、叶片小而薄,产量和质量均较差; SOM 含量过高,则会延迟烤烟成熟,使烤烟叶片肥厚、主脉较粗,蛋白质和烟碱等含氮化合物含量增加<sup>[5]</sup>。文山壮族苗族自治州位于云南省云贵高原的东南部,干湿季分明,太阳辐射能丰富,热量资源充足,其主要植烟土壤的 SOM 含量总体处于中上水平,基本可以满足烤烟正常发育的养分需求<sup>[6]</sup>。目前,有关于 SOM 含量与烤烟质量间的关系已有诸多研究,如张新要等<sup>[7]</sup>研究表明 SOM 含量为 4% 的土壤以不施或少施饼肥有利于烟叶品质的提高; SOM 含量为 1.5% 和 1% 的土壤,以少施饼肥为有利。王晓园等<sup>[8]</sup>研究发现适宜的 SOM 含量有利于提高烟叶的整体品质,但若 SOM 含量过高则会引起烟叶生长后期氮素含量过高,影响烟叶品质。张书豪等<sup>[9]</sup>研究揭示化肥减量并施用羊粪有机肥可提高 SOM 含量,当有机肥施用比例较高时可能会造成前期养分供应不足,后期烟叶贪青晚熟。

本研究以云南文山烟区为研究对象,定量剖析 SOM 含量与烟叶质量指标之间的关系,揭示 SOM 含量不同分级对应的烟叶质量差异,旨在明确 SOM 含量对烤烟整体质量的影响,为确定研究区适宜 SOM 含量、有机肥科学施用和土壤配方提供科学参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

土壤样品来自文山州的 7 个烤烟种植县的烟站,分别是砚山(8 个烟叶站)、丘北(11 个工作站)、广南(6 个工作站)、文山(7 个工作站)、马关(4 个工作站)、

西畴(4 个工作站)、麻栗坡(4 个工作站)。确定了 222 个代表性烟田(图 1),代表性烟田位置确定依据地形、母质、轮作制度、土壤类型等信息,在代表性烟田内,按“S”形取 10 个点位采集耕层(0~20 cm)土壤样品,混合均匀,用四分法保留 1 kg 样品带回实验室,风干、除杂后过筛(2 mm)。

烟叶样品(均为云烟 87 品种)来自代表性烟田的采烤后 C3F 烟叶。

### 1.2 土壤样品 SOM 含量测定

依据标准 NY/T 1121.6—2006<sup>[10]</sup>,采用重铬酸钾滴定法测定 SOM 含量。

### 1.3 烟叶样品测定

**1.3.1 外观质量鉴定** 按照烤烟国标 GB2635—1992<sup>[11]</sup>的赋分规则,对烟叶样品的颜色、成熟度、叶片结构、身份、油分、色度 6 项指标进行赋分评价,6 项指标权重依次为 0.10、0.30、0.15、0.15、0.20、0.10 计算外观质量总分<sup>[12]</sup>。

**1.3.2 物理特性检测** 参照文献[13]的方法测定烟叶叶长、叶宽、单叶重、平衡含水率、含梗率、填充值 6 项物理特性,参照文献[12]对单叶重、平衡含水率、含梗率、填充值 4 项物理特性进行赋分,总分为该 4 项得分之和。

**1.3.3 主要化学成分分析** 总植物碱:按照 YC/T 160—2002《烟草及烟草制品 总植物碱的测定 连续流动分析法》<sup>[14]</sup>分析测定。总糖、还原糖:按照 YC/T 159—2019《烟草及烟草制品 水溶性糖的测定 连续流动分析法》<sup>[15]</sup>分析测定。总氮:按照 YC/T 161—2002《烟草及烟草制品 总氮的测定 连续流动分析法》<sup>[16]</sup>分析测定。钾:按照 YC/T 217—2007《烟草及烟草制品 钾的测定 连续流动分析法》<sup>[17]</sup>分析测定。氯:按照 YC/T 162—2011《烟草及烟草制品 氯的测定 连续流动分析法》<sup>[18]</sup>分析测定。

采用指数和法计算化学成分评价分值:

$$J = \sum K_i \times L_i \quad (1)$$

式中:  $J$ , 烤烟化学成分协调性综合质量分值;  $K_i$ ,

第  $i$  个化学成分指标分值;  $L_i$ , 第  $i$  个化学成分指标的权重。总植物碱、总氮、还原糖、钾、氮碱比值、糖碱比值、钾氯比、两糖比的权重分别为 0.14、0.07、0.14、0.06、0.15、0.22、0.10、0.12<sup>[12]</sup>。

**1.3.4 烟叶样品感官质量评吸鉴定** 由上海烟草集团技术中心原料与配方研究人员按照行业标准 YC/T138—1998<sup>[19]</sup>进行评价, 对烟气浓度、劲头、香气质、香气量、透发性、杂气、细腻柔和程度、圆润感、刺激性、干燥感、余味 11 个评吸指标分别赋分(单项最高分为 9 分), 计算出感官质量总分。

#### 1.4 数据处理

试验原始数据采用 Excel 2021 整理, 应用 SPSS Statistics 24 进行数据分析处理, 采用 Pearson 法进行相关性分析, 单因素方差分析进行差异显著性检验。应用 ArcMap10.5 绘制烟田空间分布图。应用 Origin 2024 进行烤烟感官评价雷达图绘制。

参照《耕地地力调查与质量评价技术规程》等文献<sup>[20-21]</sup>, 将 SOM 含量分为 5 级(I、II、III、IV、V), 统计分析 SOM 各级与所产烟叶外观质量分数、物理特性实测值、物理特性得分、常规化学成分实测值、常规化学成分得分、感官评吸质量得分的相关关系和差异显著性。

## 2 结果与分析

### 2.1 烟田土壤有机质含量

SOM 含量分级统计基本情况见表 1。由表 1 可见, I、II、III、IV、V 级样本分别为 12、57、94、39、20 个, 分别占总样本数的 5.41%、25.68%、42.34%、17.57%、9.01%, SOM 平均含量分别为 6.82、15.81、24.85、34.76、51.06 g/kg。85.59% 土壤 SOM 含量适中, 但有 5.41% 土壤 SOM 含量过低。SOM 含量各级别变异系数介于 7.99% ~ 37.85%, 虽均为中度变异, 但空间变异程度还是较为明显。

表 1 烟田土壤有机质含量统计  
Table 1 Statistic description of SOM contents of tobacco fields under different SOM content grades

级别	SOM 含量分级(g/kg)	样本数	占样品总数比例(%)	范围(g/kg)	平均值(g/kg)	变异系数(CV)	峰度	偏度
I	≤10	12	5.41	2.80 ~ 9.78	6.82	0.379	-1.609 ± 1.232	-0.330 ± 0.637
II	10 ~ 20	57	25.68	10.13 ~ 20.00	15.81	0.180	-0.975 ± 0.623	-0.272 ± 0.316
III	20 ~ 30	94	42.34	20.16 ~ 29.94	24.85	0.107	-0.996 ± 0.493	0.204 ± 0.249
IV	30 ~ 40	39	17.57	30.13 ~ 39.49	34.76	0.080	-1.240 ± 0.741	0.079 ± 0.378
V	>40	20	9.01	40.82 ~ 81.03	51.06	0.205	4.382 ± 0.992	2.075 ± 0.512

### 2.2 有机质含量与烟叶外观质量得分相关性

表 2 为 222 个代表性烟田 SOM 含量与相应的烟叶

外观指标得分相关系数, 数据表明, SOM 含量与烟叶身份得分显著正相关, 与色度得分显著负相关( $P<0.05$ )。

表 2 土壤有机质含量与烟叶外观质量得分相关性( $n=222$ , 下同)  
Table 2 Correlation between SOM content and appearance quality scores of tobacco leaves

	颜色	成熟度	叶片结构	身份	油分	色度	外观总分
有机质	-0.088 8	-0.092 7	0.083 1	0.145 7*	-0.102 3	-0.139 6*	-0.036 5

注: \*表示相关性达  $P<0.05$  显著水平。

表 3 为不同 SOM 含量分级土壤所产烟叶的外观质量得分。数据显示, SOM I ~ III 级烟叶的颜色得分较高, 其中 II 级显著高于 IV 级。V 级烟叶的

身份得分最高且显著高于 III 级。随着 SOM 含量的增加, I ~ IV 级烟叶的成熟度、油分、色度以及外观总分得分都呈现一定程度的下降趋势。

表 3 不同有机质含量分级下烟叶外观质量得分  
Table 3 Appearance qualities of tobacco leaves under different SOM content grades

SOM 含量分级	颜色	成熟度	叶片结构	身份	油分	色度	外观总分
I	8.13 ± 0.77 ab	8.17 ± 0.58 a	8.40 ± 0.67 a	8.00 ± 0.83 ab	7.17 ± 0.49 a	6.38 ± 0.83 a	53.63 ± 3.63 a
II	8.20 ± 0.89 a	7.99 ± 1.05 a	8.04 ± 0.67 a	7.81 ± 0.82 ab	6.90 ± 0.86 a	6.31 ± 1.07 a	53.36 ± 5.08 a
III	8.04 ± 0.79 ab	7.90 ± 0.89 a	7.82 ± 0.84 a	7.56 ± 0.98 b	6.76 ± 0.77 a	6.05 ± 0.99 a	52.03 ± 5.18 a
IV	7.78 ± 1.07 b	7.58 ± 1.22 a	8.15 ± 0.75 a	7.96 ± 0.89 ab	6.53 ± 1.11 a	5.78 ± 1.23 a	51.76 ± 6.35 a
V	8.00 ± 0.87 ab	7.83 ± 1.03 a	8.25 ± 0.64 a	8.25 ± 0.94 a	6.78 ± 0.72 a	5.90 ± 0.93 a	53.08 ± 4.87 a

注: 同列数据小写字母不同表示不同 SOM 含量级别间差异达  $P<0.05$  显著水平, 下同。

### 2.3 土壤有机质含量与烟叶物理特性相关性

表4为222个代表性烟田的SOM含量与烟叶物理指标得分相关系数。由数据可知,SOM含量与烟叶填充值得分呈极显著正相关( $P<0.01$ ),与烟叶平衡含水率得分呈极显著负相关( $P<0.01$ ),与烟叶含梗率得分呈显著负相关( $P<0.05$ )。

**表4 土壤有机质含量与烟叶物理特性得分相关性**  
Table 4 Correlation between SOM content and physical traits of tobacco leaves

	单叶重	平衡含水率	含梗率	填充值
有机质	0.122 7	-0.185 4**	-0.171 3*	0.221 3**

注: \*、\*\*分别表示相关性达 $P<0.05$ 和 $P<0.01$ 显著水平,下同。

**表5 不同有机质含量分级下烟叶物理特性得分**  
Table 5 Physical traits scores of tobacco leaves under different SOM content grades

有机质含量分级	单叶重	平衡含水率	含梗率	填充值
I	67.39 ± 14.68 a	96.67 ± 6.43 a	85.10 ± 8.27 a	38.56 ± 12.07 a
II	67.31 ± 17.69 a	96.46 ± 5.89 a	83.87 ± 12.94 ab	40.34 ± 13.50 a
III	65.38 ± 20.87 a	95.66 ± 6.25 a	83.31 ± 13.17 ab	45.74 ± 17.57 a
IV	65.39 ± 18.33 a	92.76 ± 6.82 a	81.89 ± 14.15 ab	50.96 ± 19.02 a
V	75.16 ± 19.24 a	93.83 ± 6.17 a	74.57 ± 19.89 b	48.06 ± 15.63 a

**表6 土壤有机质含量与烟叶常规化学成分含量和协调性相关性**

Table 6 Correlation between SOM content and contents and coordination of conventional chemical components of tobacco leaves

	总植物碱	总糖	还原糖	总氮	钾	氯	糖碱比	氮碱比	两糖比	钾氯比
有机质	0.1112	-0.203 9**	-0.110 3	0.127 8	-0.105 8	-0.056 1	-0.164 3*	-0.061 0	0.144 6*	-0.021 8

表7为222个代表性烟田SOM含量与烟叶化学成分和协调性得分相关系数。由数据可知,SOM含量与烟叶还原糖、氮碱比、两糖比、总植物碱、钾、总氮、糖碱比、钾氯比以及化学成分总分得分的相关性均未达到显著水平。

表8为SOM含量不同分级的烟叶常规化学成分含量和协调性。数据显示,随SOM含量增加,烟叶总植物碱含量呈现先升后降的趋势,其中SOM IV级

表5为SOM含量不同分级的烟叶物理指标得分。数据显示,随SOM含量增加,烟叶的含梗率得分呈降低趋势,其中SOM I级的烟叶含梗率得分最高且显著高于V级的烟叶。随SOM含量增加,烟叶填充值得分呈现先升后降的趋势,烟叶单叶重和平衡含水率得分呈现先降后升的趋势,但差异不显著。

### 2.4 土壤有机质含量与烟叶主要化学成分相关性

表6为222个代表性烟田SOM含量与烟叶化学成分含量和协调性相关系数。由数据可知,SOM含量与烟叶两糖比呈显著正相关( $P<0.05$ );与烟叶总糖和糖碱比呈显著负相关,其中,与烟叶总糖含量呈极显著负相关( $P<0.01$ ),与烟叶糖碱比呈显著负相关( $P<0.05$ )。

**表5 不同有机质含量分级下烟叶物理特性得分**

Table 5 Physical traits scores of tobacco leaves under different SOM content grades

的烟叶总植物碱含量最高且显著高于SOM I级的烟叶。随SOM含量增加,烟叶总糖含量、还原糖含量和糖碱比总体呈现先降后升的趋势。其中SOM I级的烟叶总糖含量最高,且显著高于IV级的烟叶;SOM I级的烟叶还原糖含量最高且显著高于III级的烟叶;SOM I级的烟叶钾含量最高且显著高于IV、V 2级的烟叶;SOM I级的烟叶糖碱比最高,且显著高于IV级的烟叶。

**表7 土壤有机质含量与烟叶常规化学成分及协调性得分相关性**

Table 7 Correlation between SOM content and scores of conventional chemical components and coordination of tobacco leaves

	总植物碱	还原糖	钾	总氮	糖碱比	氮碱比	两糖比	钾氯比	化学成分总分
有机质	-0.097 2	0.052 7	-0.084 5	-0.093 1	-0.074 9	0.063 1	0.060 0	-0.130 0	-0.128 0

**表8 不同有机质含量分级下烟叶的常规化学成分含量和协调性**

Table 8 Contents and coordination of conventional chemical components of tobacco leaves under different SOM content grades

有机质含量分级	总植物碱(%)	总糖(%)	还原糖(%)	总氮(%)	钾(%)	氯(%)	糖碱比	氮碱比	两糖比	钾氯比
I	2.14 ± 0.40 b	34.27 ± 4.05 a	25.11 ± 2.40 a	1.89 ± 0.30 a	2.08 ± 0.27 a	0.17 ± 0.07 a	16.79 ± 4.87 a	0.89 ± 0.08 a	0.74 ± 0.04 a	14.27 ± 4.76 a
II	2.32 ± 0.55 ab	32.30 ± 3.66 ab	24.12 ± 3.00 ab	1.94 ± 0.29 a	1.92 ± 0.25 ab	0.17 ± 0.07 a	15.19 ± 6.04 ab	0.86 ± 0.15 a	0.75 ± 0.08 a	12.93 ± 4.43 a
III	2.44 ± 0.56 ab	31.14 ± 4.30 ab	22.93 ± 2.85 b	2.00 ± 0.33 a	1.89 ± 0.36 ab	0.17 ± 0.07 a	13.85 ± 5.28 ab	0.84 ± 0.14 a	0.74 ± 0.07 a	12.83 ± 5.57 a
IV	2.53 ± 0.50 a	30.36 ± 4.66 b	23.43 ± 3.50 ab	2.05 ± 0.39 a	1.82 ± 0.26 b	0.16 ± 0.06 a	12.82 ± 4.39 b	0.82 ± 0.12 a	0.78 ± 0.07 a	12.79 ± 4.87 a
V	2.35 ± 0.44 ab	30.53 ± 4.93 ab	23.33 ± 3.71 ab	2.02 ± 0.33 a	1.83 ± 0.23 b	0.15 ± 0.04 a	13.73 ± 4.67 ab	0.87 ± 0.12 a	0.77 ± 0.06 a	12.69 ± 3.65 a

表 9 为 SOM 含量不同分级的烟叶常规化学成分及协调性得分。数据显示, 随 SOM 含量增加, 烟叶总植物碱得分、糖碱比得分和化学成分总分均呈现先降后升的趋势。其中 SOM I 级的烟叶总植物碱得分最高且显著高于 SOM IV 级的烟叶; SOM I 级的烟叶糖碱比得分最高且显著高于 SOM III 级的烟叶; SOM I 级

的烟叶化学成分及协调性总分最高且显著高于 SOM III、IV 和 V 3 个级别的烟叶。两糖比随 SOM 含量的增加而下降, SOM I 级的烟叶两糖比得分最高且显著高于 III、IV 和 V 3 个级别的烟叶。随着 SOM 含量的增加, 烟叶的还原糖得分、钾含量得分、总氮得分和氮碱比得分均呈现一定程度的下降趋势。

表 9 不同有机质含量分级下烟叶的常规化学成分和协调性得分

Table 9 Conventional chemical components scores of tobacco leaves under different SOM content grades

有机质含量分级	总植物碱	还原糖	钾	总氮	氯碱比	糖碱比	钾氯比	两糖比	化学成分总分
I	95.42 ± 6.68 a	96.12 ± 7.75 a	87.27 ± 6.63 a	96.17 ± 6.06 a	90.84 ± 9.03 a	88.60 ± 9.37 a	99.15 ± 2.93 a	79.51 ± 12.35 a	91.36 ± 2.70 a
II	90.08 ± 16.04 ab	91.09 ± 11.27 a	86.12 ± 7.07 a	87.58 ± 16.31 a	90.72 ± 9.22 a	81.57 ± 22.31 ab	98.93 ± 3.62 a	71.47 ± 13.48 ab	86.75 ± 6.94 ab
III	86.78 ± 17.95 ab	91.64 ± 10.83 a	86.91 ± 7.88 a	91.72 ± 15.00 a	90.42 ± 8.77 a	72.81 ± 23.06 b	98.69 ± 4.04 a	68.40 ± 17.22 b	84.27 ± 7.37 b
IV	81.87 ± 22.18 b	91.27 ± 9.89 a	85.07 ± 8.54 a	91.42 ± 11.75 a	87.13 ± 11.29 a	75.96 ± 25.93 ab	99.21 ± 2.99 a	67.55 ± 15.17 b	83.55 ± 9.14 b
V	87.35 ± 21.36 ab	95.23 ± 6.70 a	85.31 ± 5.92 a	93.45 ± 11.45 a	89.05 ± 8.39 a	76.20 ± 20.71 ab	99.81 ± 0.86 a	64.46 ± 14.44 b	85.06 ± 7.50 b

## 2.5 土壤有机质含量与烟叶感官评吸质量相关性

表 10 为 222 个代表性烟田 SOM 含量与烟叶感官评吸得分相关系数。数据表明, SOM 含量与细腻柔和程度得分、余味得分呈显著负相关( $P<0.05$ ), 与圆润感得分和评吸总分呈极显著负相关( $P<0.01$ )。

表 11 为 SOM 含量不同分级的烟叶感官评吸得分。数据显示, 随 SOM 含量增加, 烟叶劲头得分呈现先升后降的趋势, 其中 SOM IV 级的烟叶劲头得分最高且显著高于 SOM I 级烟叶。随 SOM 含量增加, 烟叶细

腻柔和程度得分、圆润感得分和总分整体呈现先降后升的趋势, 其中 SOM I 级的细腻柔和程度得分最高且显著高于 SOM IV 级的烟叶; SOM I 级烟叶的圆润感得分最高且显著高于 SOM III、IV 和 V 3 个级别; SOM I 级的烟叶总分最高且显著高于 SOM II ~ V 级别的烟叶。由图 1 可知, 随着 SOM 含量的增加, 烟叶感官评价总分整体呈现下降的趋势, 其中 SOM I 和 II 两个级别烟叶的感官雷达剖面图所示面积较大, 感官质量优于 SOM 的其他 3 个级别。

表 10 土壤有机质含量与烤烟感官评吸得分相关性  
Table 10 Correlation between SOM content and sensory qualities of tobacco leaves

	浓度	劲头	香气质	香气量	透发性	杂气	细腻柔程度	圆润感	刺激性	干燥感	余味	评吸总分
有机质	0.020	0.112	-0.140	-0.061	-0.107	-0.068	-0.184*	-0.232**	-0.086	-0.094	-0.153*	-0.260**

表 11 不同有机质含量分级下烤烟感官评价得分  
Table 11 Sensory evaluation of tobacco leaves under different SOM content grades

有机质含量分级	浓度	劲头	香气质	香气量	透发性	杂气	细腻柔程度	圆润感	刺激性	干燥感	余味	总分
I	5.80 ± 0.40 a	5.12 ± 0.21 b	5.68 ± 0.15 a	5.71 ± 0.30 a	5.63 ± 0.31 a	5.56 ± 0.95 a	5.90 ± 0.26 a	5.80 ± 0.31 a	5.82 ± 0.27 a	5.64 ± 0.22 a	5.72 ± 0.18 a	68.70 ± 1.59 a
II	5.84 ± 0.32 a	5.29 ± 0.32 ab	5.80 ± 0.27 a	5.72 ± 0.36 a	5.63 ± 0.32 a	5.43 ± 0.82 a	5.87 ± 0.23 ab	5.74 ± 0.29 ab	5.74 ± 0.27 a	5.71 ± 0.28 a	5.77 ± 0.26 a	67.80 ± 2.67 b
III	5.77 ± 0.35 a	5.29 ± 0.31 ab	5.76 ± 0.29 a	5.73 ± 0.37 a	5.61 ± 0.33 a	5.28 ± 0.91 a	5.83 ± 0.28 ab	5.69 ± 0.26 b	5.71 ± 0.34 a	5.68 ± 0.28 a	5.72 ± 0.26 a	67.44 ± 2.49 b
IV	5.82 ± 0.37 a	5.41 ± 0.36 a	5.66 ± 0.30 a	5.66 ± 0.26 a	5.57 ± 0.35 a	5.33 ± 0.90 a	5.73 ± 0.30 b	5.58 ± 0.28 b	5.70 ± 0.30 a	5.60 ± 0.27 a	5.66 ± 0.26 a	67.29 ± 1.50 b
V	5.79 ± 0.44 a	5.27 ± 0.41 ab	5.73 ± 0.24 a	5.61 ± 0.27 a	5.50 ± 0.38 a	5.28 ± 0.88 a	5.82 ± 0.25 ab	5.60 ± 0.26 b	5.66 ± 0.36 a	5.65 ± 0.31 a	5.67 ± 0.23 a	67.38 ± 1.59 b

## 3 讨论

物理特性是烟叶综合质量中的重要部分, 对烟叶的耐加工性能、卷烟产品风格及成本有直接影响<sup>[22]</sup>。水分是烟草及其制品的重要组分之一。平衡含水率

高, 烟叶的组织疏松, 持水能力强; 平衡含水率低, 烟叶持水能力弱, 脆性增加, 运输过程中易造成损耗; 烟叶含梗率影响着烤烟最终的感官质量, 烟梗中纤维素含量高, 一般不作为烤烟制品的有效填充料, 所以含梗率高的烟叶制成的烤烟香气淡, 劲头小, 利用率

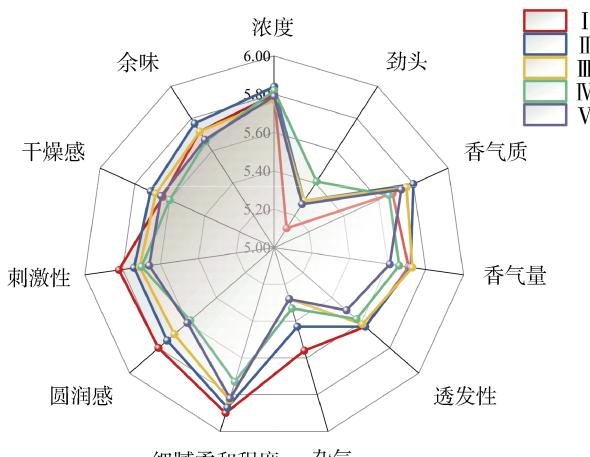


图1 土壤有机质含量不同分级的烤烟感官评价雷达图  
Fig. 1 Radar plot of sensory evaluation of tobacco leaves under different SOM content grades

较低；填充值是影响烤烟感官质量的重要指标，填充值大，则卷烟的吸阻小，体验好<sup>[23]</sup>。本文研究结果显示，SOM 含量与烟叶平衡含水率得分呈极显著负相关( $P<0.01$ )，与含梗率得分呈显著负相关( $P<0.05$ )，与填充值得分呈极显著正相关( $P<0.01$ )。即随着 SOM 含量的增加，烟叶平衡含水率和含梗率得分整体呈下降趋势，而填充值得分整体呈上升趋势。这与陆俊平等<sup>[24]</sup>、肖飞等<sup>[25]</sup>的研究有所不同，可能与种植密度<sup>[26]</sup>、土壤理化性质及土壤养分含量差异有关<sup>[27]</sup>。

烟叶的化学特性是影响其整体质量的重要因素，综合相关性分析和差异性分析结果可知，SOM 含量与烤烟的化学成分及协调性关系密切。随着 SOM 含量的增加，烟叶的氯含量和糖碱比随之下降，总氮含量随之增加，这与李佳颖等<sup>[28]</sup>的研究结果一致；烟叶的总糖、还原糖、钾含量、氮碱比和钾氯比总体呈下降趋势，这与聂庆凯等<sup>[29]</sup>、邱岭军等<sup>[30]</sup>、王源等<sup>[31]</sup>的研究结果不一致，可能与研究地点、SOM 含量、烤烟品种、烟区海拔<sup>[32]</sup>、气候条件及土壤体系<sup>[33]</sup>不一致有关<sup>[34-35]</sup>。

烤烟感官质量是卷烟在吸食过程中燃烧产生的烟气所带来的综合感受，由于烟草特殊的需氮规律<sup>[36]</sup>，只有在土壤有机质含量适宜的情况下，烟叶才能拥有优质的外观质量和理化品质，所制成的烟草制品也才会有优良的感官体验。根据 SOM 含量与烤烟感官质量间的相关性分析和差异性分析结果可知，SOM 含量的高低与烤烟的感官品质高低关系密切，与烤烟细腻柔程度得分、余味得分呈显著负相关( $P<0.05$ )，与圆润感得分和评吸总分呈极显著负相关( $P<0.01$ )；且在 SOM 含量处于低到中等范围内时，

烤烟的整体感官质量较高，香气质、香气量和劲头得分提高，这与肖飞等<sup>[25]</sup>、李银科等<sup>[37]</sup>的结论一致。而杂气、刺激性等指标的得分随 SOM 含量的增加而降低，这与其他研究结论不一致，可能是由于地域和土壤养分构成的差异导致。且如表 9 所示，烟叶的总糖和还原糖含量随 SOM 含量的增加而降低，不利于消除蛋白质燃烧所产生的不良气味<sup>[25]</sup>，增加了杂气，导致得分降低。

随着 SOM 含量的增加，烟叶的综合质量有所下降，本研究发现文山烟区的 SOM 含量为 II ~ III 级时，烟叶有较好的外观质量和感官质量，这与王小东等<sup>[38]</sup>、时强<sup>[5]</sup>、刘逊等<sup>[39]</sup>的观点基本一致。

## 4 结论

本研究通过对代表性烟田土壤和烟叶的采样、分析测定表明，文山大多数烟田 SOM 含量适中，当 SOM 含量介于 10.13 ~ 29.94 g/kg 时，烟叶具有更好的外观质量、物理特性、化学成分及协调性以及感官质量。

## 参考文献：

- [1] 褚继登, 顾毓敏, 蔡宪杰, 等. 文山初烤烟叶主要理化指标与感官评吸质量的关系分析[J]. 东北农业科学, 2022, 47(2): 150-155.
- [2] 胡战军, 马林, 程昌新, 等. 烤烟外观质量与感官评吸指标间的关系分析[J]. 云南农业大学学报(自然科学版), 2011, 26(6): 809-814.
- [3] 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.
- [4] 国芳芳, 张瑞平, 刘余, 等. 攀西山区植烟土壤 pH 和有机质含量特征与关系研究[J]. 土壤, 2021, 53(6): 1318-1324.
- [5] 时强. 土壤有机质对烤烟品质的影响[J]. 农业科技与装备, 2021(2): 12-13.
- [6] 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.
- [7] 张新要, 李天福, 蒲文宣, 等. 不同有机质含量土壤饼肥用量对烤烟产量及品质的影响[J]. 耕作与栽培, 2015, 35(5): 24-26.
- [8] 王晓园, 黄瑞寅, 谢旭明, 等. 广东梅州烟区土壤与烟叶化学成分特征评价及其相关性分析[J]. 广东农业科学, 2023, 50(6): 62-72.
- [9] 张书豪, 王玉洁, 黄培元, 等. 化肥减量配施羊粪有机肥对烤烟生长、产质量及土壤养分的影响[J]. 山东农业科学, 2024, 56(4): 72-80.
- [10] 中华人民共和国农业部. 土壤检测 第6部分: 土壤有机质的测定: NY/T 1121.6—2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.

- [11] 全国烟草标准化技术委员会. 烤烟: GB 2635—1992[S]. 北京: 中国标准出版社, 1992.
- [12] 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.
- [13] 杨成翠, 朱宣全, 史普酉, 等. 不同磷肥施用量对烤烟产质量的影响[J]. 江西农业学报, 2019, 31(3): 97–101.
- [14] 国家烟草专卖局. 烟草及烟草制品 总植物碱的测定 连续流动法: YC/T 160—2002[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
- [15] 国家烟草专卖局. 烟草及烟草制品 水溶性糖的测定连续流动法: YC/T 159—2019[S]. 北京: 中国标准出版社, 2019.
- [16] 国家烟草专卖局. 烟草及烟草制品 总氮的测定连续流动法: YC/T 161—2002[S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.
- [17] 国家烟草专卖局. 烟草及烟草制品 钾的测定 连续流动法: YC/T 217—2007[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [18] 国家烟草专卖局. 烟草及烟草制品 氯的测定 连续流动法: YC/T 162—2011[S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.
- [19] 国家烟草专卖局. 烟草及烟草制品 感官评价方法: YC/T 138—1998[S]. 北京: 中国标准出版社, 1998.
- [20] 王海洋, 陈杰, 韩杏杏, 等. 基于 Fisher 判别分析算法的县域耕地地力等级预测——以河南省辉县市为例[J]. 安徽农业科学, 2017, 45(25): 199–202, 252.
- [21] 中华人民共和国农业部. 耕地地力调查与质量评价技术规程: NY/T 1634—2008[S]. 北京: 中国农业出版社, 2008.
- [22] 李瑞丽, 张保林, 王建民, 等. 河南烤烟综合物理特性的因子分析及规律性研究[J]. 中国烟草学报, 2014, 20(6): 90–96.
- [23] 王瑞新. 烟草化学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [24] 陆俊平, 谢新乔, 李湘伟, 等. 玉溪烟区土壤主要理化性状与烟叶品质的相关性分析[J]. 黑龙江农业科学, 2022(10): 38–44, 49.
- [25] 肖飞, 王东飞, 王伟, 等. 增施生物有机肥对云烟 87 生长发育与产质量的影响[J]. 贵州农业科学, 2022, 50(12): 44–52.
- [26] 齐永杰, 邓小华, 徐文兵, 等. 种植密度和施氮量对上部烟叶物理性状的影响效应分析[J]. 中国农业科技导报, 2016, 18(6): 129–137.
- [27] 周孚美, 唐红丽, 谷云松, 等. 绿肥还田对植烟土壤·烟叶产质量的影响[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(21): 87–88.
- [28] 李佳颖, 刘新源, 李洪臣, 等. 三门峡土壤有机质含量分布特征及其与烟叶品质的关系[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(12): 475–479.
- [29] 聂庆凯, 王静, 孙兴广, 等. 有机肥部分替代化肥对植烟土壤生化特性和烤烟品质的影响[J]. 中国烟草科学, 2020, 41(4): 26–32.
- [30] 邱岭军, 李亮, 张翔, 等. 有机无机氮肥用量与配比对土壤生物学特性及烟叶品质的影响[J]. 土壤通报, 2020, 51(4): 920–927.
- [31] 王源, 朱毓蓉, 欧阳铖人, 等. 有机肥施用对植烟农田土壤肥力及烟叶质量的影响研究进展[J]. 土壤通报, 2020, 51(4): 1003–1009.
- [32] 杜佩颖, 张海涛, 郭龙, 等. 平原丘陵过渡区土壤有机质空间变异及其影响因素[J]. 土壤学报, 2018, 55(5): 1286–1295.
- [33] 汪景宽, 徐英德, 丁凡, 等. 植物残体向土壤有机质转化过程及其稳定机制的研究进展[J]. 土壤学报, 56(3): 528–540.
- [34] 王文辉, 袁文彬, 李谨成, 等. 海拔高度对会理烤烟品质及代谢组学的影响[J]. 西南农业学报, 2023, 36(6): 1180–1187.
- [35] 周悦, 褚克坚, 苏良湖, 等. 农艺措施对土壤可溶性有机质的影响研究进展[J]. 土壤, 54(3): 437–445.
- [36] 孙燕, 高焕梅, 和林涛. 土壤有机质及有机肥对烟草品质的影响[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(20): 6160–6161.
- [37] 李银科, 王菲, 羊波, 等. 微肥施用对云南烟叶化学成分和感官评吸的影响[J]. 湖北农业科学, 2014, 53(5): 1090–1095.
- [38] 王小东, 田晓莉, 许自成, 等. 不同土壤有机质水平对烤烟内在品质的影响[J]. 西北农业学报, 2011, 20(5): 99–105.
- [39] 刘逊, 邓小华, 周米良, 等. 湘西植烟土壤有机质含量分布及其影响因素[J]. 核农学报, 2012, 26(7): 1037–1042.