

# 植烟土壤酸碱度与烤烟质量关系研究

韩璐<sup>1,2</sup>, 胡棕根<sup>3</sup>, 窦玉青<sup>1</sup>, 孙婷婷<sup>1</sup>, 李鹏飞<sup>3</sup>, 殷红慧<sup>3</sup>, 胡加云<sup>3</sup>, 赵兴能<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>中国农业科学院烟草研究所, 山东 青岛

<sup>2</sup>中国农业科学院研究生院, 北京

<sup>3</sup>云南省烟草公司文山州公司, 云南 文山

收稿日期: 2024年6月21日; 录用日期: 2024年9月3日; 发布日期: 2024年9月10日

## 摘要

目的: 为研究文山州植烟土壤酸碱度与烤烟质量的关系, 为优质烟叶的生产提供参考依据。方法: 选取了云南文山州7个烤烟种植县的222份土壤样品以及222份烤烟样品, 检测了土壤样品的pH值, 并对不同pH值土壤所产烟叶样品进行了外观质量鉴定、物理指标检测、化学成分分析及感官评吸质量评价。结果: 1) 土壤pH与烟叶外观质量总分、油分得分和含梗率呈负相关关系, 与叶宽呈极显著正相关关系, 且随着土壤pH值升高烟叶颜色和成熟度得分呈下降趋势。2) 土壤pH值与烟叶总植物碱含量呈正相关关系, 与钾含量、氮碱比和两糖比呈负相关关系; 随着土壤pH值的上升, 还原糖含量有下降趋势。3) 土壤pH值与烟叶的杂气、烟气细腻柔和程度和干燥感呈负相关关系, 土壤pH (5.5~6.5)所产烟叶评吸总分表现最好。结论: 植烟土壤的酸碱度对烤烟质量存在明显影响, 适宜的土壤pH (5.5~6.5)有利于提高烟叶的整体质量。

## 关键词

烤烟, 土壤酸碱度, 外观质量, 常规化学成分, 感官评吸质量

# Study on the Relationship between Soil Acidity and Alkalinity of Tobacco Planting and the Quality of Flue-Cured Tobacco

Lu Han<sup>1,2</sup>, Zongling Hu<sup>3</sup>, Yuqing Dou<sup>1</sup>, Tingting Sun<sup>1</sup>, Pengfei Li<sup>3</sup>, Honghui Yin<sup>3</sup>, Jiayun Hu<sup>3</sup>, Xingneng Zhao<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Tobacco Research Institute of Chinese Academy of Agriculture Sciences, Qingdao Shandong

<sup>2</sup>Graduate School of Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing

<sup>3</sup>Wenshan Branch of Yunnan Tobacco Company, Wenshan Yunnan

\*通讯作者。

文章引用: 韩璐, 胡棕根, 窦玉青, 孙婷婷, 李鹏飞, 殷红慧, 胡加云, 赵兴能. 植烟土壤酸碱度与烤烟质量关系研究[J]. 植物学研究, 2024, 13(5): 524-532. DOI: 10.12677/br.2024.135055

## Abstract

**Background:** In order to study the relationship between the pH of tobacco planting soil and the quality of roasted tobacco in Wenshan Prefecture, and to provide a reference basis for the production of high-quality tobacco. **Methods:** A total of 222 soil samples and 222 roasted tobacco samples from seven tobacco growing counties in Wenshan Prefecture, Yunnan Province were selected, and the pH values of the soil samples were detected. Tobacco samples produced from soils with different pH values were analyzed for the identification of appearance quality, physical indexes, and chemical composition, and combined with the organoleptic evaluation of the smoking quality of the tobacco leaves to identify the influence of soil pH on the quality of roasted tobacco. **Results:** 1) Soil pH was negatively correlated with the total score of tobacco appearance quality, oil score and stems rate, and it was significantly positively correlated with leaf width, and the color and maturity scores of tobacco leaf showed a decreasing trend with the rise of soil pH. 2) Soil pH was positively correlated with the total alkaloid content of tobacco leaves, and negatively correlated with potassium content, nitrogen-alkali ratio and two-sugar ratio; with the rise of soil pH, the reducing sugar content had a decreasing trend. 3) Soil pH was negatively correlated with tobacco odor, smoke fineness and softness, and dryness, and the total score of tobacco produced by soil pH (5.5~6.5) was the best. **Conclusion:** The acidity and alkalinity of the tobacco planting soil have obvious influence on the quality of roasted tobacco, and the suitable soil pH (5.5~6.5) is conducive to improving the overall quality of tobacco.

## Keywords

Flue-Cured Tobacco, Soil pH, Appearance Quality, Conventional Chemical Composition, Sensory Evaluation Quality

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 前言

土壤的酸碱度会影响植株的形态和生长发育,而且和土壤的养分含量、形态和土壤酶活性等密切相关[1]-[3]。在烤烟种植过程中,土壤酸碱度会直接影响烤烟的生长发育[4]-[6]。目前,国际上推荐适宜烤烟生长的土壤pH为5.5~6.5[7]-[9],研究表明,烟草在pH 4.5~8.5的土壤环境中均能生长[8],但并不是在这个范围内都能产出优质的烟叶,研究表明,土壤不同的酸碱条件对烤烟烟叶的品质有明显的影响[10][11],当pH值在5.5~7.5范围内时,烟叶的余味、杂气和刺激性有明显差异[12]。土壤pH过高时,OH<sup>-</sup>含量增加,导致其他阴离子吸收减少,养分活性降低;pH过低,则会导致土壤有效养分的淋失[13],对烟株的生长发育产生负面影响,推迟烟株的生长发育。土壤的酸碱度与烟叶的内在化学成分和感官评吸质量也有着密切的关系[14][15]。当土壤pH在合适的范围内,更有利于烟叶总糖的提高、总多酚及其他化学成分含量的累积[16]。徐晓燕等研究表明,在土壤在pH 4.5~7.5范围内,随土壤pH降低施木克值自2.48降低至2.01,蛋白质含量也在逐渐上升,不利于烤烟品质的提高[17]。朱列书等[18]研究结果表明,土壤pH过低可导致烟叶糖碱比失调,进而影响烟叶的评吸质量。为了进一步探索植烟土壤酸碱度与烤烟质量关系,研究土壤pH

值对烤烟品质的影响,开展本项研究,为优质烟叶的生产及种植提供科学依据。

## 2. 材料与方法

### 2.1. 研究材料

#### 2.1.1. 土壤样品

在烟叶样品采集地块,取耕层 0~20 cm 代表性土样。每一采样点按 S 型取 10 钻土壤,然后混合均匀,用四分法保留 1 kg 样品,带回实验室,风干过筛(2 mm)。总共采集土样 222 个。

#### 2.1.2. 烟叶样品

本研究烟叶样品来自云南省文山州的 7 个烤烟种植县,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),共计采集烟叶样品 222 份,等级为 C3F。

### 2.2. 样品分析鉴定方法

#### 2.2.1. 土壤样品 pH 测定

采用 pH 计法(水土比为 1:2.5) (NY/T 1121.2-2006)检测土壤样品的 pH。

#### 2.2.2. 烟叶样品外观质量鉴定

按照 GB2635-92,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。

#### 2.2.3. 烟叶样品常规化学成分分析

总植物碱:按照 YC/T160-2002 烟草及烟草制品总植物碱的测定——连续流动分析法分析测定。总糖、还原糖:按照 YC/T159-2002 烟草及烟草制品水溶性糖的测定——连续流动分析法分析测定。总氮:按照 YC/T161-2002 烟草及烟草制品总氮的测定——连续流动分析法分析测定。钾:按照 YC/T173-2003 烟草及烟草制品钾的测定——连续流动分析法分析测定。氯:按照 YC/T162-2002 烟草及烟草制品氯的测定——连续流动分析法分析测定。

采用指数和法计算化学成分评价分值,见公式(1)。

$$J = \sum Ki \times Li \quad (1)$$

式中:  $J$ ——烤烟化学成分协调性综合质量分值;  $Ki$ ——第  $i$  个化学成分指标分值;  $Li$ ——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、钾氯比值、两糖比值的权重分别为 0.14、0.07、0.14、0.06、0.15、0.22、0.10、0.12。

#### 2.2.4. 烟叶样品物理指标检测

参考冉法芬等[19]方法检测烟叶叶长、叶宽、单叶重、平衡含水率、含梗率、填充值 6 项物理指标,参照文献[20]对单叶重、平衡含水率、含梗率、填充值 4 项物理指标进行赋分,总分为单叶重、平衡含水率、含梗率、填充值得分之和。

#### 2.2.5. 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 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。

### 2.3. 数据处理

试验原始数据采用 Excel 整理,应用 SPSS 20 进行数据分析处理。

## 3. 结果与分析

### 3.1. 植烟土壤 pH 与烟叶外观质量得分关系

由表 1 可以看出,植烟土壤的 pH 对烟叶外观质量有一定的影响,土壤 pH 对烟叶外观总分呈显著负相关,对油分得分呈极显著负相关。

**Table 1.** Correlation coefficient between soil pH and appearance quality score of tobacco leaves

**表 1.** 土壤 pH 与烟叶外观质量得分相关系数

	颜色	成熟度	叶片结构	身份	油分	色度	外观总分
pH	-0.7949	-0.8508	-0.9168	-0.9142	-0.9992**	-0.9027	-0.9528*

注: \*代表显著相关; \*\*代表极显著相关。

不同档次 pH 土壤所产烟叶的外观质量差异如表 2 所示,当植烟土壤 pH < 5.5 时,烟叶颜色油分色度及评分均为最高,但差异均为达到显著水平;植烟土壤 pH < 5.5 时土壤所产烟叶的成熟度在 10% 水平显著高于 pH > 6.5 档土壤所产烟叶;土壤 pH < 5.5 档土壤所产烟叶的外观总分在 10% 水平显著高于 pH > 7.5 档次。烟叶外观颜色成熟度油分色度及外观总分 5 项指标均随土壤 pH 升高有降低趋势。

**Table 2.** Difference analysis of appearance quality of tobacco leaves produced in different grades of pH soil

**表 2.** 不同档次 pH 土壤所产烟叶的外观质量差异性分析

pH	颜色	成熟度	叶片结构	身份	油分	色度	外观总分
<5.5	8.24 a	8.13 a	8.05 a	7.87 a	6.87 a	6.28 a	53.51 a
5.5~6.5	7.98 a	7.83 ab	8.06 a	7.89 a	6.82 a	6.06 a	52.54 ab
6.5~7.5	7.98 a	7.80 b	7.98 a	7.76 a	6.75 a	6.03 a	52.35 ab
>7.5	7.97 a	7.77 b	7.88 a	7.61 a	6.70 a	5.98 a	51.83 b

注: 小写字母代表 10% 显著水平。

### 3.2. 植烟土壤 pH 含量与烟叶物理指标及其得分关系

#### 3.2.1. 植烟土壤 pH 含量与烟叶物理指标及其得分相关性分析

植烟土壤 pH 对烟叶物理指标也有一定的影响,土壤 pH 含量与烟叶物理指标及物理指标得分相关系数结果如表 3、表 4 所示。由表 3 可知,土壤 pH 含量与叶宽呈极显著正相关;与烟叶含梗率呈极显著负相关。由表 4 可知,土壤 pH 含量只与含梗率得分呈极显著正相关。

**Table 3.** Correlation coefficient between soil pH content and physical indexes of tobacco leaves

**表 3.** 土壤 pH 含量与烟叶物理指标相关系数

	叶长	叶宽	单叶重	平衡含水率	含梗率	填充值
pH 含量	0.0379	0.9954**	0.9340	0.7564	-0.9925**	-0.6735

注: \*\*代表极显著相关。

**Table 4.** Correlation coefficient between soil pH content and physical index score of tobacco leaves**表 4.** 土壤 pH 含量与烟叶物理指标得分相关系数

	单叶重	平衡含水率	含梗率	填充值
pH 含量	-0.9305	0.7019	0.9811**	-0.7412

注: \*\*代表极显著相关。

### 3.2.2. 植烟土壤 pH 含量与烟叶物理指标及其得分差异性分析

在所取样品的物理指标中, 由表 5 可知, 烟叶单叶重随土壤 pH 的增加有增高趋势。pH > 7.5 的植烟土壤所产的烟叶单叶重显著高于其他档次, 极显著高于土壤 pH < 5.5 档次。叶长在 pH 6.5~7.5 档次最短, 显著低于 pH 5.5~6.5 和 pH > 7.5 的档次; 叶宽在 pH > 7.5 档次最高, 极显著高于 pH < 5.5 档次。pH > 7.5 档次土壤所产烟叶的平衡含水率最高, 在 10% 水平显著高于 pH < 5.5 档次; pH < 5.5 档次土壤所产烟叶含梗率最高, 在 10% 水平显著高于 pH > 7.5 档次。由表 6 物理指标得分差异性分析中可以看出, pH < 7.5 的植烟土壤所产烟叶的单叶重得分在 10% 水平显著高于 pH > 7.5 土壤所产烟叶得分; 其中土壤 pH < 5.5 档次的烟叶单叶重得分最高, 极显著高于 pH > 7.5 的档次。

**Table 5.** Differences in physical indexes of tobacco leaves produced in different grades of pH content soil**表 5.** 不同档次 pH 含量土壤所产烟叶的物理指标差异性

	叶长	叶宽	单叶重	平衡含水率	含梗率	填充值
<5.5	69.57 ab, A	23.13 b, B	13.85 b, B	13.32 b, A	30.58 a, A	3.19 a, A
5.5~6.5	70.53 a, A	23.64 ab, AB	14.45 b, AB	13.42 ab, A	30.31 ab, A	3.21 a, A
6.5~7.5	68.89 b, A	24.12 a, AB	14.55 b, AB	13.35 ab, A	29.63 ab, A	3.21 a, A
>7.5	70.28 a, A	24.41 a, A	15.57 a, A	13.52 a, A	29.23 b, A	3.11 a, A

注: 小写字母代表 5% 显著水平; 大写字母代表 1% 显著水平; 平衡含水率、含梗率小写字母代表 10% 显著水平。

**Table 6.** Differences in physical index scores of tobacco leaves produced in different grades of soil with pH content**表 6.** 不同档次 pH 含量土壤所产烟叶的物理指标得分差异性

	单叶重	平衡含水率	含梗率	填充值
<5.5	72.75 a, A	94.49 a, A	81.05 a, A	46.27 a, A
5.5~6.5	68.51 a, AB	95.31 a, A	81.67 a, A	46.47 a, A
6.5~7.5	67.76 a, AB	94.60 a, A	82.74 a, A	46.35 a, A
>7.5	59.99 b, B	96.39 a, A	84.18 a, A	41.80 a, A

注: 小写字母代表 10% 显著水平; 大写字母代表 1% 显著水平。

### 3.3. 植烟土壤 pH 与烟叶主要化学成分及其得分关系

#### 3.3.1. 植烟土壤 pH 与烟叶主要化学成分及得分相关性分析

由表 7、表 8 可知, 植烟土壤 pH 与总糖、还原糖、总氮、氯、糖碱比、钾氯比 6 项指标相关性较弱, 未达到显著水平; 总植物碱、钾含量以及氮氯比、两糖比的相关性较强, 其中与总植物碱含量呈显著正相关, 与氮氯比和两糖比呈显著负相关, 与钾含量呈极显著负相关。而在常规化学成分得分关系中, 土壤 pH 则与还原糖、两糖比及化学成分总分相关性较强, 其中与还原糖得分呈极显著负相关, 两糖比呈显著负相关, 与化学成分总分呈显著正相关。

**Table 7.** Correlation coefficient between soil pH and conventional chemical components of tobacco leaves**表 7.** 土壤 pH 与烟叶常规化学成分含量相关系数

	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
pH	0.9830*	0.2866	-0.9289	0.5261	-0.9902**	0.3881	-0.8924	-0.9886*	-0.9608*	-0.9265

注：\*代表显著相关；\*\*代表极显著相关。

**Table 8.** Correlation coefficient between soil pH and conventional chemical composition score of tobacco leaves**表 8.** 土壤 pH 与烟叶常规化学成分得分相关系数

	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
pH	0.1990	-0.9941**	-0.6727	0.0533	0.0851	0.3310	-0.9782*	-0.4350	0.9506*

注：\*代表显著相关；\*\*代表极显著相关。

### 3.3.2. 不同档次 pH 含量的植烟土壤所产烟叶常规化学成分及得分差异性分析

不同档次 pH 土壤所产烟叶的常规化学成分含量差异如表 9 所示，pH > 7.5 植烟土壤所产烟叶的总植物碱含量最高，显著高于 pH < 5.5 档次；pH 5.5~6.5 档次土壤所产烟叶的还原糖含量在 10% 水平显著高于 pH > 7.5 档次土壤所产烟叶。pH 5.5~6.5 植烟土壤所产烟叶糖碱比含量最高，显著高于 pH < 5.5 档次；两糖比在土壤 pH > 7.5 档次最低，显著低于 pH < 5.5 档次。

**Table 9.** Differences in conventional chemical components of tobacco leaves produced in different grades of pH soil**表 9.** 不同档次 pH 土壤所产烟叶的常规化学成分含量差异性

pH	总植物碱	总糖	还原糖	总氮	钾	氯	氮碱比	糖碱比	钾氯比	两糖比
<5.5	2.30 b, A	31.16 a, A	23.85 ab, A	2.04 a, A	1.94 a, A	0.16 a, A	0.83 a, A	13.33 b, A	13.49 a, A	0.76 a, A
5.5~6.5	2.37 ab, A	31.61 a, A	23.89 a, A	1.94 a, A	1.87 a, A	0.15 a, A	0.87 a, A	15.42 a, A	13.55 a, A	0.75 ab, A
6.5~7.5	2.40 ab, A	30.95 a, A	23.39 ab, A	2.00 a, A	1.89 a, A	0.17 a, A	0.85 a, A	14.19 ab, A	12.42 a, A	0.75 ab, A
>7.5	2.52 a, A	31.87 a, A	22.89 b, A	1.99 a, A	1.87 a, A	0.17 a, A	0.84 a, A	13.71 ab, A	12.36 a, A	0.74 b, A

注：还原糖小写字母代表 10% 显著水平；其他指标小写字母代表 5% 显著水平。

在烟叶常规化学成分得分中，由表 10 可以看出，pH 5.5~6.5 档次土壤所产烟叶总植物碱得分最低，显著低于其他档次，极显著低于 pH < 5.5 和 pH > 7.5 档次；pH > 7.5 档次土壤所产烟叶的总氮得分最高，显著高于 pH 6.5~7.5 档次；pH < 5.5 档次土壤所产烟叶的糖碱比得分最高，显著高于 pH 5.5~6.5 档次；pH 6.5~7.5 档次土壤所产烟叶的两糖比得分最高，显著高于 pH 5.5~6.5 档次；在常规化学成分总分中，则是 pH > 7.5 档次土壤所产烟叶评分最高，极显著高于 pH < 5.5 和 pH 5.5~6.5 档次。

**Table 10.** Differences in scores of conventional chemical components of tobacco leaves produced in different grades of pH soil**表 10.** 不同档次 pH 土壤所产烟叶的常规化学成分得分差异性

pH	总植物碱	还原糖	钾	总氮	氮碱比	糖碱比	钾氯比	两糖比	总分
<5.5	90.80 a, A	92.31 a, A	87.50 a, A	91.87 ab, A	71.80 a, A	80.55 a, A	98.88 a, A	90.48 ab, A	70.69 b, B
5.5~6.5	80.50 b, B	92.48 a, A	85.65 a, A	90.73 ab, A	69.79 a, A	70.37 b, A	99.66 a, A	87.38 b, A	72.49 b, B
6.5~7.5	88.00 a, AB	91.70 a, A	86.21 a, A	88.01 b, A	69.93 a, A	77.04 ab, A	98.71 a, A	91.06 a, A	77.62 ab, AB
>7.5	90.11 a, A	91.59 a, A	85.83 a, A	93.24 a, A	66.22 a, A	79.06 a, A	98.68 a, A	90.28 ab, A	86.51 a, A

注：小写字母代表 5% 显著水平；大写字母代表 1% 显著水平。

### 3.4. 植烟土壤 pH 与烟叶感官评吸质量关系

表 11 表明, 土壤 pH 与烟叶感官质量存在一定相关性, 其中与杂气、烟气细腻柔和程度及干燥感相关性较强, 其中土壤 pH 与烟叶杂气和烟气细腻柔和程度呈显著负相关, 与干燥感呈极显著负相关。

**Table 11.** Correlation coefficient between soil pH and sensory evaluation score of tobacco leaves

**表 11.** 土壤 pH 与烟叶感官评吸得分相关系数

	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	评吸总分
pH	-0.4041	0.7943	-0.7399	0.6017	-0.0164	-0.9510*	-0.9710*	-0.8775	-0.8744	-0.9993**	-0.8578	-0.8746

注: \*代表显著相关; \*\*代表极显著相关。

由表 12 可知, pH < 5.5 档次土壤所产烟叶烟气细腻柔和程度得分最高显著高于 pH > 6.5 档次; pH < 6.5 档次土壤所产烟叶卷烟评吸的烟气圆润感得分显著高于 pH > 6.5 档次, 其中 pH 5.5~6.5 档次土壤所产烟叶圆润感得分极显著高于 pH > 7.5 档次土壤所产烟叶; 在感官评吸的刺激性表现中, pH < 5.5 档次土壤所产烟叶刺激性得分最高, 显著高于 pH > 6.5 档次; pH 5.5~6.5 档次土壤所产烟叶评吸质量总分得分最高, 极显著高于 pH > 6.5 档次。

**Table 12.** Difference analysis of sensory smoking quality of tobacco leaves produced in different grades of pH soil

**表 12.** 不同档次 pH 土壤所产烟叶的感官评吸质量差异性分析

pH	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	总分
<5.5	5.79 a, A	5.28 a, A	5.77 a, A	5.65 a, A	5.58 a, A	5.46 a, A	5.90 a, A	5.73 a, AB	5.82 a, A	5.72 a, A	5.76 a, A	68.07 a, AB
5.5~6.5	5.84 a, A	5.26 a, A	5.81 a, A	5.73 a, A	5.63 a, A	5.44 a, A	5.87 ab, A	5.76 a, A	5.71 ab, A	5.69 a, A	5.74 a, A	68.32 a, A
6.5~7.5	5.81 a, A	5.33 a, A	5.72 a, A	5.70 a, A	5.59 a, A	5.34 a, A	5.79 b, A	5.63 b, AB	5.69 b, A	5.66 a, A	5.70 a, A	67.09 b, B
>7.5	5.76 a, A	5.32 a, A	5.72 a, A	5.72 a, A	5.60 a, A	5.18 a, A	5.78 b, A	5.61 b, B	5.68 b, A	5.63 a, A	5.68 a, A	66.98 b, B

注: 小写字母代表 5% 显著水平; 大写字母代表 1% 显著水平。

## 4. 讨论

1) 土壤酸碱度对土壤的物质转化、元素有效性及根系对矿质营养的吸收有一定影响, 进而影响植株品质[21]-[24]。适宜的土壤酸碱度有利于改善烟株根系附近土壤酶活性、提高烟株光合特性, 对烤烟的产量和品质有着关键作用[4] [25] [26]。本研究发现, 植烟土壤酸碱度对烟叶外观上的影响主要表现在油分和成熟度; 在 pH < 6.5 土壤下生长的烟叶弹性好韧度强, 油润饱满, 外观评分更高, 且随着土壤 pH 的增加, 烟叶油分有下降趋势, 整体外观打分也有下降趋势。其原因可能是在适宜土壤 pH 条件下, 增加了烟株的根系活力, 增强了其营养元素的吸收, 实际原因有待进一步研究探索。

2) 本文研究显示, 土壤 pH 含量与烟叶物理指标有较强的相关性, 土壤 pH 含量与叶宽呈极显著正相关, 与烟叶含梗率呈极显著负相关。在偏酸性土壤中叶宽较窄, 随着土壤 pH 增加, 叶宽逐渐增大, 这与郭可谦[21]等的研究结果一致。

3) 在国际型优质烟叶标准中, 烟碱含量范围为 1.5%~3.5%, 总氮含量范围为 1.5%~3.0%, 总糖含量范围为 20%~24%, 还原糖含量范围为 16%~22%, 糖碱比范围为 10~15, 氮碱比范围为 0.5~1.0 [27]-[29]。

在本研究中, 土壤 pH 与烟叶常规化学成分有较强相关性, 土壤 pH 与总植物碱含量呈显著正相关, 与两糖比氮碱比呈显著负相关, 与还原糖两糖比得分呈显著负相关关系。随土壤 pH 的增加, 烟叶还原糖含量

有降低趋势,总植物碱含量有上升趋势, $\text{pH} > 7.5$  植烟土壤所产烟叶的总植物碱含量显著高于  $\text{pH} < 5.5$  档次。这与李家辉等[16]研究结果一致。这可能是因为土壤  $\text{pH}$  的提高,促进烟株根系的烟碱合成和向地上部的输送[30],而在烟株生长后期,土壤较高  $\text{pH}$  处理的烟株仍会合成大量氨基酸,大量消耗碳水化合物,降低烟叶总糖和还原糖的含量。

烟叶的感官评吸质量评价是卷烟企业关注的焦点。卢晓华[31]等在研究桂阳烟区烤烟主要化学成分与感官评吸质量时发现,还原糖、总糖、糖碱比与香气质、香气量、杂气、刺激性和余味呈显著正相关或者极显著正相关。在本研究中,土壤  $\text{pH}$  与烟叶感官评吸的烟气细腻柔和程度和干燥感有较强的相关性,随着土壤  $\text{pH}$  的上升,均有下降趋势, $\text{pH} < 6.5$  档次土壤所产烟叶卷烟评吸的烟气圆润感显著高于  $\text{pH} > 6.5$  档次。在感官评吸的刺激性表现中, $\text{pH} < 5.5$  的土壤所产烟叶刺激性打分显著高于  $\text{pH} > 6.5$  档次;在评吸总分中, $\text{pH} 5.5\sim 6.5$  土壤所产烟叶的表现性最好。

## 5. 结论

1) 植烟土壤的  $\text{pH}$  对烟叶外观质量有一定的影响,适宜的土壤  $\text{pH}$  值有利于提升烟叶的外观品质和物理特性;土壤  $\text{pH}$  对外观总分、油分呈负相关关系,且随着土壤  $\text{pH}$  值升高烟叶颜色和成熟度打分呈下降趋势;土壤  $\text{pH}$  含量与叶宽呈极显著正相关,与烟叶含梗率呈极显著负相关,且随着土壤  $\text{pH}$  升高,烟叶单叶重呈上升趋势。

2) 适宜的土壤酸碱度对于协调烟叶的化学成分有明显作用;土壤  $\text{pH}$  值与烟叶总植物碱含量呈正相关关系,与钾含量氮碱比和两糖比呈负相关关系;在弱酸性土壤  $\text{pH} 5.5\sim 6.5$  土壤环境所产的烟叶还原糖含量显著高于碱性土壤  $\text{pH} > 7.5$  环境所产烟叶,且随着土壤  $\text{pH}$  值的上升,还原糖含量有下降趋势,两糖比也呈下降趋势。

3) 土壤酸碱度对于烟叶感官质量也有一定的影响,土壤  $\text{pH}$  值与杂气、烟气细腻柔和程度和干燥感呈负相关关系。 $\text{pH} < 6.5$  土壤环境生产的烟叶,烟气细腻柔和程度、圆润感以及刺激性均好于土壤酸碱度更高土壤所产烟叶,土壤  $\text{pH} 5.5\sim 6.5$  所产烟叶评吸总分表现最好。

## 基金项目

云南省烟草公司文山州公司科技项目 + 烟草腺毛二酯诱导烤烟青枯病抗性研究与应用 + 20245326003。

## 参考文献

- [1] 何坤,袁玉波. 土壤酸度调节对烤烟生长和烟叶品质的影响[J]. 湖南农业科学, 2014(7): 38-40+44.
- [2] 彭德元,袁谋志,付品山,等. 张家界植烟土壤酸碱度分布及影响因素研究[J]. 作物研究, 2021, 35(6): 581-584.
- [3] 张锦韬,唐应勇,郭山虎,等. 曲靖植烟土壤酸碱度及其与微量元素的关系研究[J]. 安徽农学通报, 2020, 26(18): 122-124+166.
- [4] 夏磊,王德权,王大海,等. 潍坊烟区土壤  $\text{pH}$  与土壤养分关系研究[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(7): 172-175.
- [5] Hou, Z., Zhou, B., Yang, J., et al. (2017) Effects of Soil  $\text{pH}$  on Growth and Dry Matter Accumulation of Tobacco Plants. *Agricultural Science & Technology*, **18**, 1443-1447.
- [6] 王丽. 生物质灰与菌剂配施对土壤性质和烟草生长的影响[D]: [硕士学位论文]. 合肥: 安徽农业大学, 2023.
- [7] 曾庆宾,谢柠杓,余伟,等. 土壤改良剂对攀枝花植烟土壤酸度和烤烟产质量的影响[J]. 江苏农业科学, 2021, 49(14): 74-79.
- [8] 李念胜,王树声. 土壤  $\text{pH}$  值与烤烟质量[J]. 中国烟草, 1986(2): 12-14.
- [9] 罗华元,吴涛,常寿荣,等. 红云集团原料基地植烟土壤质地和  $\text{pH}$  特性研究[J]. 云南农业大学学报, 2009, 24(6): 876-881.
- [10] 查宇璇,冉茂,周鑫斌. 烟田土壤酸化原因及调控技术研究进展[J]. 土壤, 2022, 54(2): 211-218.



- [11] 李军. 烟田土壤酸化现状及修复技术探讨[J]. 现代农业科技, 2017(21): 194-195.
- [12] 邵惠芳, 郑聪, 许自成, 等. 西南烟区烤烟 pH 分布特点及与感官品质的关系[J]. 中国烟草科学, 2010, 31(3): 18-22+32.
- [13] 刘国顺. 烟草栽培学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [14] 邓子恒. 土壤改良剂对酸性植烟土壤化学性状及烤烟生长和品质的影响[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 湖南农业大学, 2022.
- [15] 刘浩. 保山烟区植烟土壤酸化状况和成因分析及改良方法对烤烟品质的影响[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 湖南农业大学, 2017.
- [16] 李家辉. 土壤酸度对不同烤烟品种生长发育及土壤性状的影响[D]: [硕士学位论文]. 郑州: 河南农业大学, 2023.
- [17] 徐晓燕, 孙五三, 李章海, 等. 烤烟根系合成烟碱的能力及 pH 值对其根系和品质的影响[J]. 安徽农业大学学报, 2004(3): 315-319.
- [18] 朱列书, 阳正林, 邓正平. 南方稻田植烟土壤 pH 值对烟叶质量的影响[C]//中国烟草学会. 中国烟草学会 2006 年学术年会论文集. 2007: 270-280.
- [19] 冉法芬, 孙书斌, 王家洲, 等. 皖南烟区不同区域烤烟物理特性分析[J]. 安徽农学通报, 2021, 27(2): 30-34.
- [20] 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.
- [21] 郭可谦, 顾会战, 喻晓, 等. 广元烟区土壤 pH 值与有机质含量对烤烟品质指标的影响[J]. 山东农业科学, 2017, 49(2): 105-109.
- [22] 菅攀峰, 江智敏, 张仲文, 等. 改良剂对土壤 pH 和烤烟上部烟叶经济性状及品质的影响[J]. 作物研究, 2018, 32(4): 307-311.
- [23] 郭豪, 宋鹏飞, 黄澍, 等. 土壤改良剂对酸性土壤改良效应和烤烟产量、质量的影响[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(6): 95-98.
- [24] 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.
- [25] 王思远, 崔喜艳, 陈展宇, 等. 土壤 pH 值对烤烟叶片光合特性及体内保护酶活性的影响[J]. 华北农学报, 2005(6): 11-14.
- [26] 陈朝阳. 南平市植烟土壤 pH 状况及其与土壤有效养分的关系[J]. 中国农学通报, 2011, 27(5): 149-153.
- [27] 陈希, 赖洪敏, 董思璇, 等. 生长调节剂复配处理对烟草产量及品质的影响[J]. 南方农业, 2020, 14(25): 23-27.
- [28] 张延春, 陈治锋, 龙怀玉, 等. 不同氮素形态及比例对烤烟长势、产量及部分品质因素的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2005(6): 81-86.
- [29] 周恒, 许自成, 戴亚, 等. 我国主产烟区烤烟总氮、总植物碱、氮碱比与感官质量的关系分析[J]. 江西农业学报, 2009, 21(7): 18-21.
- [30] 唐莉娜, 熊德中. 酸性土壤施石灰对土壤性质与烤烟品质的影响[J]. 中国生态农业学报, 2003(3): 87-89.
- [31] 卢晓华, 张伟峰, 高远, 等. 桂阳烟区烤烟主要化学成分与感官评吸质量的相关性[J]. 贵州农业科学, 2019, 47(12): 125-129.