

烟草专用肥基追比例对烤烟化学成分影响

牛 寻¹, 张月华², 张明金¹, 王 栋¹, 马俊宽¹, 毛 敏¹, 鄢 敏¹, 李京鑫³, 俞弘毅³,
陈科润³, 景延秋³, 钱 宇^{1*}

¹中国烟草总公司四川省公司, 四川 成都

²河南中烟工业有限责任公司, 河南 郑州

³河南农业大学烟草学院, 河南 郑州

收稿日期: 2026年1月21日; 录用日期: 2026年2月20日; 发布日期: 2026年2月26日

摘 要

为了筛选出四川省泸州市古蔺县大寨乡烟区烟草专用肥最佳基施和追施比例, 本试验以云烟87品种为研究对象, 通过调整烟草专用肥基施和追施比例(100%、90%、80%、70%), 探究其对烟叶化学成分影响, 明确最佳基追比例。结果表明, 随着烟草专用肥基追比例减少, 烤烟中的烟碱、总氮、钾离子呈先减少后增加再减少的趋势, 还原糖、总糖和淀粉呈先增加后减少的趋势; T1处理烟叶氨基酸和有机酸成分含量最高; 且T3处理多酚类和中性致香物质成分含量最高。使用隶属函数进行综合分析, 得出T3处理综合评价得分最高。

关键词

烤烟, 烟草专用肥, 基追比例, 烟叶化学成分

The Effect of the Ratio of Tobacco-Specific Fertilizer Base to Top Dressing on the Chemical Composition of Flue-Cured Tobacco

Xun Niu¹, Yuehua Zhang², Mingjin Zhang¹, Dong Wang¹, Junkuan Ma¹, Min Mao¹, Min Yan¹,
Jingxin Li³, Hongyi Yu³, Kerun Chen³, Yanqiu Jing³, Yu Qian^{1*}

¹China Tobacco Corporation Sichuan Branch, Chengdu Sichuan

²Henan China Tobacco Industry Co., Ltd., Zhengzhou Henan

³College of Tobacco, Henan Agricultural University, Zhengzhou Henan

*通讯作者。

文章引用: 牛寻, 张月华, 张明金, 王栋, 马俊宽, 毛敏, 鄢敏, 李京鑫, 俞弘毅, 陈科润, 景延秋, 钱宇. 烟草专用肥基追比例对烤烟化学成分影响[J]. 农业科学, 2026, 16(2): 336-345. DOI: 10.12677/hjas.2026.162044

Abstract

To determine the optimal basal and topdressing ratios of tobacco-specific fertilizer in the tobacco-growing area of Dazhai Township, Gulin County, Luzhou City, Sichuan Province, this experiment used the Yunyan 87 variety as the research object. By adjusting the basal and topdressing ratios of tobacco-specific fertilizer (100%, 90%, 80%, and 70%), the effects on the chemical composition of tobacco leaves were investigated, and the optimal ratio was identified. The results showed that as the basal and topdressing ratios of tobacco-specific fertilizer decreased, the levels of nicotine, total nitrogen, and potassium ions in flue-cured tobacco exhibited a trend of first decreasing, then increasing, and then decreasing again; while reducing sugars, total sugars, and starch showed a trend of first increasing and then decreasing. Treatment T1 had the highest content of amino acids and organic acids in the tobacco leaves; and treatment T3 had the highest content of polyphenols and neutral aroma compounds. Comprehensive analysis using membership functions revealed that treatment T3 had the highest overall evaluation score.

Keywords

Tobacco, Tobacco-Specific Fertilizer, Base Fertilizer-To-Topdressing Ratio, Chemical Composition of Tobacco Leaves

Copyright © 2026 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. 引言

基肥是指在播种、定植前和土壤耕作活动时施用的肥料，烟草生产中基肥一般施用针对当地土壤状况开发的烟草专用肥，可以改善土壤条件，保证烟草营养元素的稳定供应，有利于加快烟草植株生长，提升植株干物质积累[1]-[3]。追肥是指在烟草移栽后 30 天左右追施肥料，主要是满足烟草生长发育后期的营养元素需求，防止烟株脱肥、烟片早衰的现象[4]-[6]。施肥过程中合适的基肥追肥比例对烤烟烟叶的产质量影响显著[7]。虽然烟草专用肥是针对当地土壤营养状况开发，但由于未考虑到当地生态因素影响，部分烟区由于降雨等因素影响，烟草专用肥全部用于基肥施用，肥力会大量流失[8] [9]。因此，适当的烟草专用肥基追比可以为烟株生长提供均衡的营养状况，提升了营养供应的有效性，是烤烟生长过程中提高烤烟品质的重要措施[10]。张翔等[11]对河南烤烟施肥研究发现，烤烟生产上氮、磷、钾利用率仅为 30%~40%、10%~25%、40%~50%，专用肥不合理施用是导致化肥利用效率低、烟叶品质低的主要原因之一[12]。王树会等[13]通过对烤烟施用过量的专用肥进行研究，发现随着专用肥施用量的增加，烟苗成活率下降，烟株前期生长受抑制，因此在烟株移栽前基肥的施用量应严格控制，后期可适当提高追肥[14]。但基肥与追肥的适宜比例，需根据烟区实际情况进一步研究。目前对于烟草施肥过程中基追比的研究主要集中在烟草的常规化学成分或中性致香物质等单个品质方面的研究，对于烟草整体的化学品质探究较少[15]。因此，本研究采用单因素试验，探究烟草专用肥不同基追比对四川省泸州市古蔺县大寨乡烤烟烤后烟叶化学品质的影响规律，根据当地烟田的实际情况筛选出适宜于该烟区的基肥追肥比例，以期提高烟叶的化学成分协调性，提升烤后烟叶品质，同时为相关研究提供理论基础和数据支撑。

2. 材料与方法

2.1. 试验地概况

本试验于 2025 年在四川省泸州市古蔺县大寨乡进行, 供试烟草品种为云烟 87, 于 4 月 15 日进行移栽, 8 月 25 日采烤结束。试验田地势平坦, 肥力均匀, 前茬作物为玉米, 试验田有机质含量 $27.17 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 全氮含量为 $1.5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 全磷为 $0.69 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 全钾 $15.74 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 碱解氮 $139.75 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 有效磷 $38.25 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 速效钾 $222.50 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 氯离子 $4.43 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。pH 6.08。烟草专用肥 N:P:K 为 7:14:8; 养分含量全氮 $70.00 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 全磷(P_2O_5) $140.00 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 全钾(K_2O) $80 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。烟草专用肥用量 $70.00 \text{ kg}/\text{亩}$, 追肥 KNO_3 用量 $20.00 \text{ kg}/\text{亩}$, K_2SO_4 用量 $30.00 \text{ kg}/\text{亩}$ 。

2.2. 试验设计

本试验设 4 个处理, T1: 烟草专用肥基施与追施比例 100%; T2: 烟草专用肥基施与追施比例 90%; T3: 烟草专用肥基施与追施比例 80%; T4: 烟草专用肥基施与追施比例 70%, 各处理仅调整烟草专用肥施用方式比例, 营养元素各处理均保持一致, 实验设计见表 1。将基肥施用为开沟穴施; 追肥用烟草专用肥、硝酸钾、硫酸钾窝施, 每个处理 3 次重复, 各小区面积为 66.7 m^2 , 随机区组排列, 行距 1.2 m , 株距 0.5 m , 试验地设 2 行保护行。田间管理按当地优质烟叶栽培措施进行。

Table 1. Experimental design

表 1. 试验设计

	处理	基肥专用肥用量 $\text{kg}/\text{亩}$	追肥专用肥用量 $\text{kg}/\text{亩}$
T1	专用肥基追比例 100.00%	70.00	0.00
T2	专用肥基追比例 90.00%	63.00	7.00
T3	专用肥基追比例 80.00%	56.00	14.00
T4	专用肥基追比例 70.00%	49.00	21.00

2.3. 采样与样品准备

每个小区的烟叶单独采收烘烤, 烘烤后, 按照国家烟叶分级标准 GB 2635-1992 进行分级和等级比例划分, 选具有代表性的 C2F 分别称取 3 kg 。烟叶样品去梗后在 40°C 下干燥, 研磨过 40 目筛, 以待后续检测。

2.4. 测定指标及方法

2.4.1. 常规化学成分、氨基酸、多酚含量测定

测定烘烤后烟叶的常规化学成分、氨基酸、多酚各项指标均参照对应的行业标准进行检测。其中烟碱参考 YC/T 160-2002 [16]; 总糖、还原糖糖参考 YC/T 159-2002 [17]; 氮参考 YC/T 161-2002 [18]; 钾参考 YC/T 217-2007 [19]; 氯参考 YC/T 162-2011 [20]; 淀粉参考 YC/T 216-2013 [21]; 氨基酸参考 YC/T 448-2012 [22]; 多酚参考 YC/T 202-2006 [23]。

2.4.2. 非挥发性有机酸的测定

准确称取 0.10 g 已粉碎的烤后烟草样品于 25 mL 磨口圆底烧瓶中, 加样时将烟末冲向底部, 确保烟草样品能被溶液完全浸透, 加入 $50 \mu\text{L}$ 己二酸内标溶液和 10 mL 10% 的 $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-CH}_3\text{OH}$ 溶液, 在 60°C 水

浴锅中加热回流 3 h, 使样品中的有机酸溶液酯化后, 用 2.5 μm 针头过滤器准确量取 1.0 mL 溶液, 用 2.0 mL 水稀释滤液, 以 10 mL/min 流速通过 MCI-GEL 固相萃取小柱, 用 5.0 mL 水将小柱洗涤, 然后氮气吹干, 用 1.0 mL 甲醇反方向洗脱小柱上富集的有机酸酯, 确保洗脱液体积为 1.0 mL, 洗脱液经 0.45 μm 针头过滤器过滤后供气相色谱分析[24]。

2.5. 隶属函数评价方法

选定常规化学成分、氨基酸、非挥发性有机酸、多酚用作隶属函数分析的指标, 计算出每种成分相关指标的隶属函数值[25], 然后计算出每种成分和综合质量的平均隶属函数值, 其数值越大说明该基追比例下的烟叶成分和综合质量越好。不同基追比例下获得的烘烤后烟叶相关指标进行综合评价的计算公式如下。

$$X = \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}, X_i = 1, 2, 3, \dots, n$$

式中: X_i 为某基追比例下烤后烟叶 i 指标的测定值; X_{\max} 为所有基追比例处理中烤后烟叶中 i 指标最大值; X_{\min} 为所有基追比例处理中烤后烟叶中 i 指标最小值。

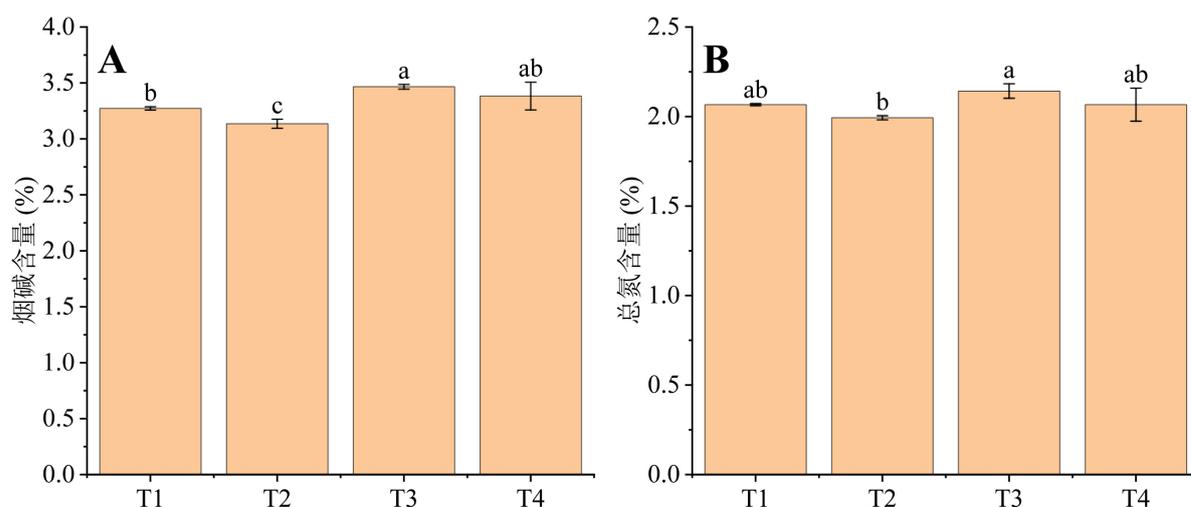
2.6. 统计分析

采用 Excel 2021、SPSS 27.0、Origin 2022 进行数据处理、绘图及显著性分析。

3. 结果与分析

3.1. 不同基追比例对烟叶常规化学成分的影响

由图 1 可得, 各处理间烟碱与总氮含量差异显著, 其中基追比例 90% 处理最低, 烟碱、总氮含量分别为 3.14%、1.99%; 基追比例 80% 处理最高, 烟碱、总氮含量分别为 3.47%、2.14%。还原糖含量在 T1 处理与 T2、T3、T4 间差异显著, 以基追比例 80% 时最高, 为 16.10%; 基追比例 100% 时最低, 为 14.90%。总糖含量在 T2 与 T4 处理间差异显著, 在基追比例 90% 时最高, 达到 23.70%, 70% 时最低, 为 22.51%。钾离子含量在不同处理间差异显著, 整体呈先降后升再降趋势, 基追比例 100% 时最高, 为 2.31%, 90% 时最低为 1.82%; 氯离子含量在各处理间无显著差异。淀粉含量在 T3、T4 与 T1、T2 处理间差异显著, 基追比例 90% 时最高, 达到 6.12%, 100% 时最低, 为 3.58%。



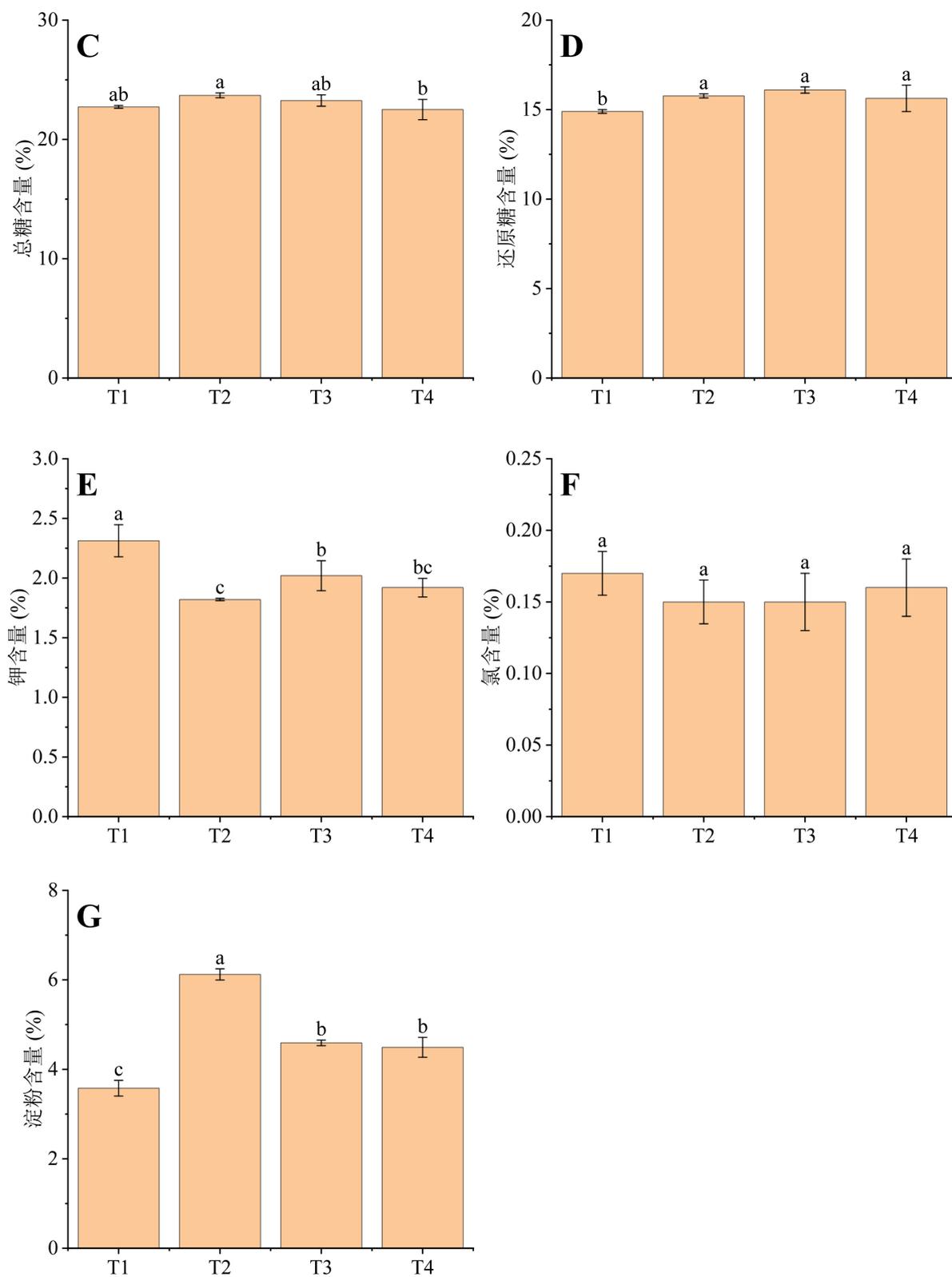


Figure 1. The effect of the ratio of tobacco-specific fertilizer base to top dressing on the conventional chemical composition of flue-cured tobacco

图 1. 烟草专用肥基追比例对烤烟常规化学成分影响

3.2. 不同基追比例对烟叶氨基酸成分的影响

由表 2 可知, 苏氨酸、丝氨酸、丙氨酸、胱氨酸、蛋氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、酪氨酸和脯氨酸的不同处理间差异均不显著。天冬氨酸 T2 处理与 T3、T4 处理差异显著, 且在基追比例为 80% 时达到最高值, 为 144.10 $\mu\text{g/g}$ 。谷氨酸、甘氨酸 T1、T2 处理与 T3、T4 处理之间差异显著, 其中谷氨酸在基追比例为 100% 时达到最高值, 为 146.80 $\mu\text{g/g}$; 甘氨酸在基追比例 90% 时达到最高值, 为 33.30 $\mu\text{g/g}$ 。精氨酸 T1 处理与 T2、T3 处理差异显著, 在基追比例为 90% 和 80% 时均达到最高值, 且均为 38.87 $\mu\text{g/g}$ 。赖氨酸 T1 处理与 T2、T3、T4 处理差异显著, 且在基追比例为 100% 时达到最高值, 为 19.90 $\mu\text{g/g}$ 。缬氨酸 T2 处理和 T1、T3、T4 处理差异显著, 在基追比例为 80% 时达到最大值 435.70 $\mu\text{g/g}$ 。苯丙氨酸各处理间均差异显著, 且随着基追比例减少而减少, 在基追比例为 100% 时达到最高值 164.57 $\mu\text{g/g}$ 。组氨酸 T1 处理和 T3、T4 处理间差异显著, 色氨酸 T1 处理和 T2 处理间差异显著, 且均在基追比例为 100% 时达到最高值。

Table 2. Amino acid content ($\mu\text{g/g}$) in flue-cured tobacco with different base-to-tobacco ratios
表 2. 不同基追比例烤烟中氨基酸含量($\mu\text{g/g}$)

处理	T1	T2	T3	T4
天冬氨酸	121.90bc	109.87c	144.10a	139.17ab
苏氨酸	42.60a	52.60a	43.97a	38.33a
丝氨酸	226.33a	230.73a	236.80a	230.63a
谷氨酸	146.80a	134.17a	113.83b	108.27b
甘氨酸	32.47a	33.30a	29.40b	28.60b
丙氨酸	622.60a	622.57a	612.50a	589.03a
缬氨酸	434.53a	385.93b	435.70a	427.23a
胱氨酸	42.07a	44.10a	42.13a	41.27a
蛋氨酸	3.33a	3.37a	3.43a	3.27a
异亮氨酸	10.21a	9.88a	10.22a	10.00a
亮氨酸	22.60a	22.57a	21.80a	21.13a
酪氨酸	48.07a	47.63a	45.23a	43.13a
苯丙氨酸	161.57a	142.27b	116.70c	115.00c
赖氨酸	19.90a	13.40b	9.77b	9.87b
组氨酸	110.23a	96.17ab	85.50b	80.30b
色氨酸	194.10a	172.93b	187.73ab	188.67ab
精氨酸	37.37b	38.87a	38.87a	38.70a
脯氨酸	8497.00a	8604.00a	8376.33a	8309.67a

注: 不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$), 下同。

3.3. 不同基追比例对烟叶非挥发性有机酸成分的影响

由表 3 知,非挥发性有机酸含量较多的为苹果酸和乙二酸,且苹果酸和乙二酸各处理间均差异显著,其中苹果酸随着基追比例减少呈现减少趋势,并在基追比例为 100%时达到最高值;乙二酸随着基追比例减少呈现先降低后增加趋势,并在基追比例为 80%时达到最高值。丙二酸、柠檬酸、十六酸和十八酸的各处理间差异不显著;丁二酸 T1、T2 处理差异显著,在基追比例为 100%时达到最大值;亚油酸各处理间差异显著,随着基追比例减少呈现先减少后增加的趋势,且在基追比例为 80%时达到最高值;油酸 + 亚麻酸 T2 处理和 T1、T3、T4 处理差异显著,且在基追比例为 100%时达到最高值。

Table 3. Organic acid content (mg/g) in flue-cured tobacco with different base-to-topping ratios

表 3. 不同基追比例烤烟中有机酸含量(mg/g)

处理	T1	T2	T3	T4
乙二酸	12.22b	11.10c	12.96a	12.68a
丙二酸	3.87a	3.71a	3.91a	3.63a
丁二酸	0.21a	0.16b	0.20ab	0.18ab
苹果酸	44.27a	42.43b	39.10c	38.60c
柠檬酸	3.95a	4.02a	3.88a	3.64a
十六酸	3.03a	3.06a	3.06a	3.03a
亚油酸	2.38b	2.27c	2.50a	2.46ab
油酸 + 亚麻酸	5.09a	4.83a	5.07a	4.93a
十八酸	0.63a	0.63a	0.66a	0.61a

3.4. 不同基追比例对烟叶多酚成分的影响

由图 2 可知,各处理间绿原酸含量差异显著,随基追比例减小呈现增加趋势,在基追比例为 80%时达到最高值 14.16 mg/g。芸香苷 T1 处理与 T2、T3、T4 处理差异显著,且在基追比例为 80%时达到最高值 12.82 mg/g。不同处理间茛菪亭含量总体变化不大,不同处理间差异不显著。

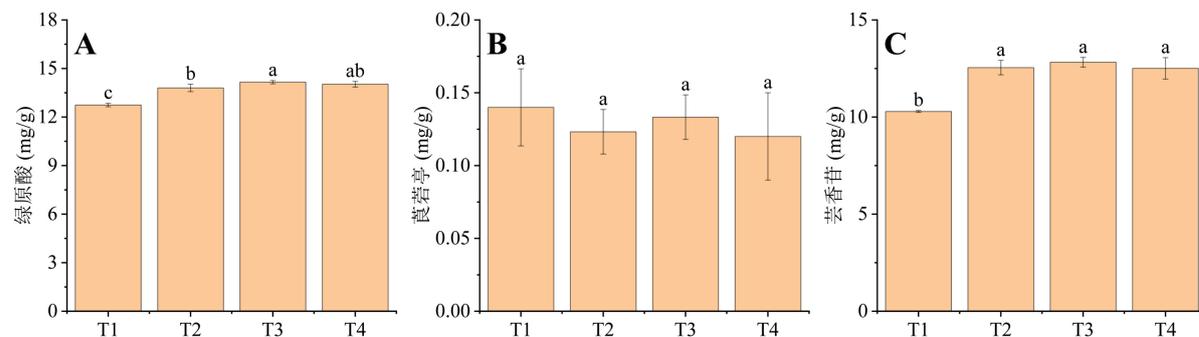


Figure 2. The effect of the ratio of tobacco-specific fertilizer base to top dressing on polyphenolic compounds in flue-cured tobacco

图 2. 烟草专用肥基追比例对烤烟中多酚类化合物影响

3.5. 基于隶属函数的综合评价

利用模糊数学中的隶属函数分析法, 可以将同一处理下烤后烟叶的多个化学成分指标纳入到同一个评价系统内, 进而对不同处理的烤后烟叶进行系统性的综合评价, 这样可以全面直观地对比发现不同处理间烤后烟叶的差异和优劣[26]。由表 4 可知, 对不同基追比例下的烤烟烟样进行综合评价, 得到不同处理烟叶的综合得分后, 数值越大说明该基追比例下的烟叶成分和综合质量越好。发现基追比例为 80% 时烤烟中的常规化学成分、有机酸、多酚得分最高; 基追比例为 100% 时烤烟中的氨基酸得分最高。对比综合得分, 其中 T2 得分为 0.52, 但 T1 综合得分为 0.515, 各处理综合评分次序依次是 T3 > T2 > T1 > T4, 即基追比例为 80% 时综合得分最高。

Table 4. Comprehensive evaluation of membership functions of chemical indicators in tobacco-specific fertilizers with different base-topdressing ratios

表 4. 烟草专用肥不同基追比例烤烟化学指标隶属函数综合评价

处理	常规化学成分	氨基酸	有机酸	多酚	综合得分	排序
T1	0.44	0.61	0.71	0.30	0.52	3
T2	0.45	0.53	0.50	0.60	0.52	2
T3	0.66	0.48	0.74	0.77	0.66	1
T4	0.48	0.36	0.52	0.63	0.50	4

4. 讨论

烟叶的化学品质是决定其感官风格与工业可用性的核心基础, 其中各类化学成分的含量与协调性直接影响卷烟的香气特征、口感品质及燃烧性能[27]。本研究系统探究了烟草专用肥基追比例对烤烟主要化学成分的影响, 结果表明基追比例的变化显著调控了烟叶中常规化学成分、氨基酸、有机酸及多酚类物质的积累与分配, 进而影响烟叶的综合品质。

从常规化学成分来看, 随着烟草专用肥追肥比例的提高, 烟碱与总氮含量呈现先升高后下降的趋势, 在基追比例 80% 时达到峰值, 而还原糖与总糖则呈动态波动, 表明适量增加追肥比例有助于维持碳氮代谢的阶段平衡, 促进糖类物质在成熟期的积累, 这与景延秋等[28]关于氮肥运筹影响烟叶碳氮代谢的研究结论一致。钾离子含量在不同处理间的波动可能与追肥时期对钾素吸收效率的影响有关, 其与非挥发性有机酸含量变化趋势相似, 这与叶协锋等[29]提出的钾素与有机酸协同积累的观点一致。值得注意的是, 淀粉含量在基追比例 90% 时最高, 说明该比例可能更利于后期光合产物向淀粉的转化。在氨基酸组成方面, 大部分氨基酸含量受基追比例影响不显著, 但天冬氨酸、谷氨酸、苯丙氨酸等关键风味前体物质在不同处理间差异明显。游离氨基酸总量随追肥比例增加呈下降趋势, 可能与前期基肥不足导致烟株生长偏弱、后期氮素供应不均衡有关, 进而影响氨基酸的合成与转化[30]。尤其是苯丙氨酸作为多酚及香气物质的重要前体, 其在基追比例 100% 时含量最高, 提示高基肥比例可能有利于芳香族氨基酸代谢途径的活跃。非挥发性有机酸中苹果酸与乙二酸含量受基追比例调控显著, 两者变化趋势的差异可能反映了不同生育期中有机酸代谢路径的响应特性。苹果酸含量随追肥比例增加而下降, 而乙二酸在基追比例 80% 时最高, 说明适宜的追肥比例可优化有机酸组成, 进而影响烟气的酸碱平衡与醇和度。此外, 钾含量与多种有机酸的同步变化, 与矿质营养与有机酸代谢的耦合机制研究结论一致[31]。多酚类物质作为影响烟叶色泽与香韵的关键组分, 其积累亦受到基追比例的显著调控。绿原酸与芸香苷含量随追肥比例增加而上

升,在基追比例 80%时达到最高,这与谢丹凤等[32]关于施肥结构影响多酚积累的研究结果相符。多酚含量的提高可能与后期光合同化产物的积累及其向次生代谢的转化增强有关,而适宜的追肥比例可协同促进多酚类物质的合成,对提升烟叶香气潜力和感官品质具有积极意义[33]。

通过隶属函数法的综合评价显示,基追比例为 80% (T3)时烟叶化学品质综合得分最高,表明该比例在协调常规化学成分、氨基酸、有机酸与多酚组成方面具有最优效应。这一结果进一步说明,基追比例的设置并非单一指标的提升,而是通过调控烟株全生育期的养分供应节奏,实现烟叶化学组成在整体上的均衡与优化。综上所述,烟草专用肥的基追比例显著影响烤烟化学成分的积累与分配,其调控效应涉及碳氮代谢、次生代谢及矿质营养吸收等多个生理过程。

5. 结论

本研究通过系统分析发现,烟草专用肥采用 80%基肥配合 20%追肥(T3 处理)能最佳协调烟叶糖碱含量,并显著提升绿原酸等多酚类物质积累,综合化学品质最优。

基金项目

中国烟草总公司四川省公司科技项目“以工业品牌需求为导向的四川烤烟质量定向调控与提升技术研究与应用”(SCYC202503)。

参考文献

- [1] 母茶花. 浅谈植烟土壤改良[J]. 科技创新导报, 2010(13): 141.
- [2] 袁晓霞. 浅析我国烟叶生产面临的主要问题[J]. 中国烟草科学, 2009, 30(5): 77-80.
- [3] Su, J., Chen, Y., Zhu, Y., Xiang, J., Chen, Y., Hu, B., et al. (2021) The Response of Hongda, a Flue-Cured Tobacco Cultivar, to Nitrogen Fertilizer Rate. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 67, 536-550. <https://doi.org/10.1080/03650340.2020.1739658>
- [4] 朱贵明, 何命军, 石屹, 等. 对我国烟草肥料研究与开发工作的思考[J]. 中国烟草科学, 2002, 23(1): 19-20.
- [5] 张胜, 刘勇军, 余贝, 等. 湘西烟区新型烟草专用肥的应用效果[J]. 热带农业科学, 2023, 43(12): 18-22.
- [6] 杨浩宇, 王好斌, 李雅琪, 等. 烟草专用肥的研究进展[C]//全国磷复肥与磷化工信息中心, 《磷肥与复肥》编辑部. 第五届全国磷复肥/磷化工技术创新(宣化)论坛论文集. 2015: 379-382.
- [7] 杨建伟, 刘馨忆, 姚铁. 三种氮肥基追比对烤烟产质量的影响试验[J]. 南方农业, 2023, 17(10): 28-30.
- [8] 梁琼月, 罗宝雄, 沈方科, 等. 氮肥基肥追肥比例对烤烟产质量的影响[J]. 广东农业科学, 2018, 45(2): 75-79.
- [9] 李志鹏, 刘浩, 周涵君, 等. 基肥与追肥比例对烤烟生长发育和品质的影响[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(24): 59-63.
- [10] Xinghua, M.A., Yi, S.H.I., Zhongfeng, Z., et al. (2015) Effects of Nitrogen Fertilizer Rate and Ratio of Base and Top-dressing on Flue-Cured Tobacco Quality and Nitrogen Utilization Efficiency. *Chinese Tobacco Science*, 36, 34-39.
- [11] 张翔, 黄元炯, 范艺宽, 等. 河南省植烟土壤与烤烟施肥的现状、存在问题及对策[J]. 河南农业科学, 2004(11): 54-57.
- [12] 殷红慧, 赵正雄, 王丽萍, 等. 烟农施肥现状调查与分析[J]. 耕作与栽培, 2005(5): 16-18.
- [13] 彭跃邦. 烟草种植中常用施肥方式分析[J]. 种子科技, 2022(24): 96-98.
- [14] 郭蕊婷, 徐宸, 王智, 等. 重庆市巫溪县植烟区土壤养分现状及施肥区划[J]. 山地农业生物学报, 2023, 42(4): 1-9.
- [15] 王树会, 耿素祥. 过量施肥对烤烟生长发育和产质的影响[J]. 中国农业科技导报, 2010, 12(5): 116-122.
- [16] 国家烟草专卖局. YC/T 160-2002 烟草及烟草制品总植物碱的测定连续流动法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
- [17] 国家烟草专卖局. YC/T 159-2002 烟草及烟草制品水溶性糖的测定连续流动法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
- [18] 国家烟草专卖局. YC/T 161-2002 烟草及烟草制品总氮的测定连续流动法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
- [19] 国家烟草专卖局. YC/T 217-2007 烟草及烟草制品钾的测定连续流动法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.

- [20] 国家烟草专卖局. YC/T 162-2011 烟草及烟草制品氯的测定连续流动法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.
- [21] 国家烟草专卖局. YC/T 216-2013 烟草及烟草制品淀粉的测定连续流动法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013.
- [22] 国家烟草专卖局. YC/T 448-2012 烟草及烟草制品游离氨基酸的测定离子色谱-积分脉冲安培法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.
- [23] 国家烟草专卖局. YC/T202-2006 烟草及烟草制品多酚类化合物绿原酸、茛菪亭和芸香苷的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [24] 张霞, 刘志华, 杨光宇, 等. 固相萃取富集/气相色谱法测定烟草中的 9 种有机酸[J]. 分析测试学报, 2014, 33(5): 545-550.
- [25] 陈明俊, 罗小波, 曹贞菊, 等. 基于主成分分析和隶属函数法对不同马铃薯酶促褐变评价[J]. 中国蔬菜, 2024(4): 85-92.
- [26] 颜廷武, 王克瀚, 刘洪柳, 等. 基于隶属函数综合评价法筛选蒙古栎压条繁育体系研究[J]. 森林工程, 2024, 40(2): 17-26.
- [27] 孙焕, 李雪君, 孙计平, 等. 烟草种质资源常规化学成分分析及聚类评价[J]. 陕西农业科学, 2023, 69(6): 31-36.
- [28] 景延秋, 袁秀秀, 詹辉, 等. 基追肥比例和追肥次数对烤烟化学成分及中性致香物质的影响[J]. 西南农业学报, 2016, 29(7): 1654-1659.
- [29] 叶协锋, 朱海滨, 凌爱芬, 等. 不同钾肥对烤烟叶片钾和中性香气成分及非挥发性有机酸含量的影响研究[J]. 土壤通报, 2008, 39(2): 338-343.
- [30] 董树超, 沙雪康. 基肥和追肥比例对烤烟生长发育和品质的影响[J]. 南方农机, 2019, 50(20): 43+64.
- [31] 郭春燕. 钾肥施用方式及配施不同有机酸对烤烟烟叶生理特性及产、质量的影响研究[D]: [硕士学位论文]. 郑州: 河南农业大学, 2013.
- [32] 谢丹凤, 袁文彬, 谢晋, 等. 不同比例有机肥与氮肥施用量对烤烟产质量及主要化学成分的影响[J]. 江苏农业科学, 2023, 51(19): 87-97.
- [33] 周恒, 许自成, 赵会纳, 等. 烟草多酚类物质的研究进展[J]. 浙江农业科学, 2009(5): 949-953, 955.