

土壤类型对烤烟非挥发性有机酸组成含量的影响

——以云南保山施甸为例

尹光庭¹ 周冀衡^{1*} 匡勇² 毛振萍¹ 何轶³ 王小兵¹ 彭艳¹

(1. 湖南农业大学 烟草研究院, 湖南 长沙 410128; 2. 湖南农业大学 科学技术处, 湖南 长沙 410128; 3. 贵州省烟草公司烟叶管理处, 贵州 贵阳 550000)

摘要:为探明土壤类型对烤烟非挥发性有机酸组成含量的影响,以云南新兴烟区施甸县3种不同土壤类型烟叶及其对应的土样为材料,利用相关分析、多元线性回归和通径分析,系统地分析了烤烟非挥发性有机酸组分与土壤养分含量间的关系。结果表明:(1)3种土壤类型烤烟中多元有机酸存在极显著的差异,高级脂肪酸中的月桂酸和肉豆蔻酸存在显著差异,而其棕榈酸、亚油酸、油酸和硬脂酸则差异不明显。(2)3种土壤类型烟叶多元有机酸总量与土壤pH、速效钾含量呈显著正相关,其相关系数都为0.69;与土壤有机质、碱解氮和速效磷呈极显著负相关,其相关系数分别为-0.94,-0.95,-0.88;而高级脂肪酸含量与土壤养分含量相关性则不明显。(3)用烟叶多元有机酸总量跟土壤养分进行通径分析可知,土壤中各养分对烟叶多元有机酸总量直接影响作用最明显的是有机质,其余依次为pH值、碱解氮、速效钾、速效磷,但其仅有pH值为正效应。

关键词:土壤类型; 烤烟; 多元有机酸; 高级脂肪酸; 土壤养分

中图分类号:S572 文献标志码:A 文章编号:1000-2286(2011)06-1050-06

Organic Acid Content of Flue-cured Tobacco in Different Types of Soil

YIN Guang-ting¹ ZHOU Ji-heng^{1*} KUANG Yong²,
MAO Zhen-ping¹ HE Yi³ WANG Xiao-bing¹ PENG Yan¹

(1. Research Centre of Tobacco Engineering and Technology, Changsha 410128, China; 2. Division for Science & Technology, Changsha 410128, China; 3. Tobacco administration of Guizhou Tobacco Company, Guiyang 550000, China)

Abstract: To explore the effects of soil types on the content of non-volatile organic acid composition in Flue-cured tobacco, this essay analyzes non-volatile organic acids in tobacco components and the relationship between soil nutrient content by using correlation analysis, multiple linear regression and path analysis with different soil types and tobacco samples from Shidian County, Yunnan. The results indicate that the relationship is: (1) There are significant differences in organic acid contents in three types of soil; the contents of lauric acid and myristic acid of higher fatty acids are significantly different, but the differences in the contents of palmitic acid, linoleic acid, oleic acid and stearic acid are not significant. (2) There is a significant positive correlation between the contents of multiple organic acids in tobacco leaves on three types of soil and soil

收稿日期:2011-05-07 修回日期:2011-10-07

基金项目:国家烟草专卖局项目(11020041012)和云南省烟草公司项目(04A02)

作者简介:尹光庭(1985—),男,硕士生,主要从事烟草栽培和烟草香气物质研究, E-mail: yingtingguang29@163.com;

* 通讯作者:周冀衡 教授, E-mail: jhzhou2005@163.com。

pH and available K, the correlation coefficient is 0.69; and the multiple organic acid contents are negatively correlated significantly with soil organic matter, nitrogen and available phosphorus, the correlation coefficients are -0.94 , -0.95 , -0.88 respectively; and higher fatty acid contents and soil nutrient content are not significantly correlated. (3) From the path analysis of the total amount of multiple organic acids in tobacco leaves and soil nutrients, it can be concluded that organic matter, among all the soil nutrients, has most obvious and direct impact on the total amount of multiple organic acids, followed by pH, nitrogen, available potassium, available phosphorus, but only pH value has positive effect.

Key words: soil type; flue-tobacco; higher fatty acids; soil nutrients

土壤和气候是其影响烟叶品质的主要环境因素,在气候条件相同的情况下,土壤条件是决定烟叶品质的主导因素,适宜的土壤条件是生产优质烤烟的重要基础,优质烟叶的生产与土壤养分状况有着密切联系,植烟土壤的养分水平将直接关系着烟叶的产质量^[1-3]。烟草化学成分中的有机酸及其衍生物是烟草香味的主要成分,直接影响烟叶及其制品的质量^[4]。在卷烟燃吸过程中,非挥发有机酸通过平衡烟气的酸碱度,进而影响烟气的吸味和香气质量^[5]。因而烟草有机酸对判断烤烟的烟气是否醇和,评定烟叶香气品质及可用性的指标具有重要的作用^[6]。目前,对于烟草非挥发性有机酸研究主要集中在农艺措施调控、不同生态地区的差异比较以及调制处理等方面,但不同土壤类型与烤烟有机酸的关系尚未见报道,因此摸清不同土壤类型及其养分含量与烤烟中非挥发性有机酸的关系显得尤为重要。为探明不同土壤类型及其养分含量对烤烟中的多元有机酸和高级脂肪酸的影响,以 3 个不同土壤类型其他生态条件相近的 K326 的 C₃F 烤烟叶为材料,分析了云南施甸烟区不同土壤类型烤烟中多元有机酸和高级脂肪酸含量的差异及其与土壤养分含量间的关系,为选择适宜的土壤种植优质烤烟提供理论依据,同时为烟草农业生产中根据土壤养分含量合理地施肥提供参考。

1 材料与方 法

1.1 材 料

2008 年在云南省新兴烟区保山施甸县,采用 GPS 定位选取酒房乡梅子菁点、姚关镇摆马等 9 个大田试验乡区,品种为当地主栽品种 K326,试验示范区统一规范栽培,施肥和大田管理合理一致,营养适中,各生育期生长发育正常,长势中等,病虫害轻,适时成熟。每个取样点对应地分别取烟样、土样 3 份,多点采集混合样品,共得烟样、土样各 9 份。土样取耕层 0~20 cm,风干、磨细、过筛、混匀、装瓶后备用。烟样去除主脉后于 46 °C 恒温干燥箱中烘干,再粉碎、装袋、编号后,保存备用,烟样等级为 C₃F。

1.2 方 法

1.2.1 土壤养分含量测定 土壤 pH 值、有机质、碱解氮、速效磷、速效钾含量按文献[7]方法测定。

1.2.2 非挥发性有机酸测定 称取 0.50 g 粉碎好的烤烟烟样,于 100 mL 干燥具塞三角瓶中,加入 25 mL 体积分数为 10% 的硫酸-甲醇溶液和 0.5 mL 戊二酸-甲醇溶液,摇匀后置于 28 °C 恒温箱恒温振荡 22 h。后过滤至分液漏斗中,用二氯甲烷萃取 3 次,每次 10 mL,收集萃取液并加适量无水硫酸钠干燥后,取 1 μL 于气相色谱仪检测分析,用内标法进行定量分析。分析仪器为 GC-TRACE ULTRA(美国 Finingen); FID 检测器。气相色谱条件: DB25 弹性石英毛细管柱(60 m × 0.32 mm × 0.25 μm),高纯 N₂ 载气,气化室和 FID 检测器温度均为 280 °C,分流比 10:1,初温 40 °C,保持 1 min 后,以 10 °C/min 升至 220 °C,再以 8 °C/min 升到 250 °C,保留 10 min。

1.3 统 计 分 析

对各乡点烤烟中多元有机酸总量及其组分、高级脂肪酸含量和土壤养分含量进行单因素方差分析;其简单相关、多元线性回归和通径分析采用 DPS 统计软件完成。

2 结 果 与 分 析

2.1 不 同 土 壤 类 型 养 分 含 量 的 差 异

土壤养分含量测定结果见表 1。从表 1 可知,3 种土壤类型的 pH 值、有机质、碱解氮和速效磷的差

异达到极显著水平,而速效钾为显著差异。3种土壤类型中的有机质和碱解氮含量差异规律性表现一致,由大到小依次为黄红土壤、红壤土、黄壤土;pH值由大到小依次为红壤土、黄壤土、黄红土;速效磷养分由大到小依次为黄红土、黄壤土、红壤土;速效钾养分含量由大到小依次为黄壤土、红壤土、黄红土。不同土壤类型的养分含量差异规律性并不明显,这可能与土壤养分含量受多因素影响有关,需进一步的分析研究。

表1 不同土壤类型养分含量差异及方差分析结果
Tab.1 The main soil nutrient of different producing areas

土壤类型 Soil type	地点 Site	pH 值 pH value	有机质/% O. M.	碱解氮/ (mg · kg ⁻¹) Alkali - hydro nitrogen	速效磷/ (mg · kg ⁻¹) Available P	速效钾/ (mg · kg ⁻¹) Available K
黄壤土 Yellow loam	梅子菁	6.12	2.37	88.79	12.80	308.90
	摆田	5.94	2.23	92.08	14.18	345.22
	瓦窑	6.22	2.16	86.57	11.90	292.61
	平均	6.09 ± 0.14**	2.25 ± 0.11**	89.15 ± 2.77**	12.96 ± 1.15	315.58 ± 26.93*
黄红土 Yellow clay	摆马	5.52	3.93	134.75	35.24	232.12
	摆榔	5.25	3.86	120.79	24.26	277.36
	杨美	5.40	3.98	127.57	29.93	251.31
	平均	5.39 ± 0.14**	3.92 ± 0.06**	127.70 ± 6.98**	29.81 ± 5.49**	253.60 ± 22.71
红壤土 Red loam	蒜园	6.54	3.14	113.53	10.32	279.79
	鸡茨	6.91	3.24	101.86	11.38	309.03
	陡坡	6.68	3.38	108.03	13.21	250.22
	平均	6.71 ± 0.19**	3.25 ± 0.12**	107.81 ± 5.84**	11.64 ± 1.46	279.68 ± 29.41

表示1%水平差异显著,*表示5%水平差异显著。 significant at 0.01 level,* significant at 0.05.

2.2 不同土壤类型烤烟中多元有机酸含量的差异

对不同土壤类型烤烟多元有机酸含量方差分析结果表明:三种土壤类型烟叶中的多元有机酸总量、草酸、苹果酸和柠檬酸含量存在极显著差异。其多元有机酸总量、草酸和苹果酸含量差异规律性表现一致,由大到小依次为黄壤土、红壤土、黄红土。而其烟叶中柠檬酸含量由大到小依次为红壤土、黄壤土、黄红土。烤烟不同土壤类型及其理化性状对烤烟中的多元有机酸的总量及组分含量有较大的影响作用。

表2 不同土壤类型烤烟多元有机酸含量差异及方差分析结果
Tab.2 The content difference of multiple organic acid anova of content in multiple organic acid in the flue-cured tobacco of different soil producing areas

土壤类型 Soil type	地点 Site	有机酸总量 Organic acid amount	草酸 Oxalic acid	苹果酸 Malic acid	柠檬酸 Citric acid
黄壤土 Yellow loam	梅子菁	22.96	3.15	15.03	4.78
	摆田	23.16	2.99	15.54	4.63
	瓦窑	25.31	3.36	16.81	5.14
	平均	23.81 ± 1.30**	3.17 ± 0.19	15.79 ± 0.92**	4.85 ± 0.26**
红壤土 Red loam	蒜园	19.70	2.90	9.06	7.36
	鸡茨	20.46	3.04	9.57	7.53
	陡坡	20.30	2.49	10.93	6.59
	平均	20.15 ± 0.40**	2.81 ± 0.29	9.85 ± 0.97*	7.16 ± 0.50**
黄红土 Yellow clay	摆马	12.62	1.76	7.21	3.65
	摆榔	12.55	1.35	8.18	3.02
	杨美	12.01	1.23	6.83	3.95
	平均	12.39 ± 0.33**	1.45 ± 0.28**	7.41 ± 0.70*	3.54 ± 0.47**

表示差异1%水平显著,*表示差异5%水平显著。 significant at 0.01 level,* significant at 0.05.

2.3 烤烟中多元有机酸含量与土壤 pH 值、有机质、碱解氮、速效磷和速效钾含量间的相关分析

分别对烤烟中多元有机酸总量及其组分与土壤养分含量进行相关分析(表3)。可知烤烟中多元有机酸总量和草酸与土壤中的有机质、碱解氮和速效磷均存在极显著负相关关系;而与 pH 值和速效钾则呈现显著的正相关关系。说明在一定范围内,烟叶中多元有机酸总量和草酸含量随土壤 pH 值和速效钾升高而增加;随有机质、碱解氮和速效磷的升高而降低。烟叶中苹果酸与土壤中的有机质、碱解氮和速效磷均有显著的负相关关系,甚至部分达到了极显著水平,与速效钾呈显著的正相关关系,但与 pH 值的相关性不明显。可是烟叶中柠檬酸含量与土壤 pH 值有极显著的正相关关系,与速效磷则是负显著相关关系,而与有机质、碱解氮和速效钾相关关系不明显。对烤烟中多元有机酸总量及其组分含量与土壤 pH 值(X_1)、有机质(X_2)、碱解氮(X_3)、速效磷(X_4)和速效钾(X_5)进行多元线性回归分析,结果如表4。可知土壤养分含量对多元有机酸总量及其组分有较大的影响。

表3 烤烟中多元有机酸含量与土壤 pH 值、有机质、碱解氮、速效磷和速效钾含量的相关分析(简单相关系数)

Tab.3 Correlation between multiple organic acids of flue-cured tobacco soil
pH O. M. alkali-hydro nitrogen, available P and available K

	pH 值 pH value	有机质 O. M.	碱解氮 Alkali - hydro nitrogen	速效磷 Available P	速效钾 Available K
有机酸总量 Organic acid amount	0.69*	-0.94**	-0.95**	-0.88**	0.69*
草酸 Oxalic acid	0.76*	-0.88**	-0.87**	-0.86**	0.66*
苹果酸 Malic acid	0.31	-0.97**	-0.94**	-0.65*	0.70*
柠檬酸 Citric acid	0.96**	-0.25	-0.34	-0.74*	0.20

**表示差异1%水平显著,*表示差异5%水平显著。 ** significant at 0.01 level,* significant at 0.05.

表4 烤烟中多元有机酸含量与土壤 pH 值、有机质、碱解氮、速效磷和速效钾含量的线性回归分析

Tab.4 Linear regression between multiple organic acids of flue-cured tobacco soil
pH O. M. Alkali-hydro nitrogen available P and available K

	线性回归方程 Linear regression equation	决定系数 R^2 Coefficient of determination R^2	F 值 F value
有机酸总量 Organic acid amount	$y^{\wedge} = 30.023 + 2.634X_1 - 4.852X_2 - 0.061X_3 - 0.014X_4 - 0.018X_5$	0.997	192.70**
草酸 Oxalic acid	$y^{\wedge} = -1.247 + 0.849X_1 - 1.050X_2 + 0.012X_3 + 0.012X_4 + 0.001X_5$	0.979	27.97**
苹果酸 Malic acid	$y^{\wedge} = 49.686 - 0.932X_1 - 3.417X_2 - 0.151X_3 + 0.058X_4 - 0.025X_5$	0.985	38.83**
柠檬酸 Citric acid	$y^{\wedge} = -16.361 + 2.533X_1 - 0.396X_2 + 0.067X_3 - 0.068X_4 - 0.005X_5$	0.982	32.70**

**表示差异1%水平显著,*表示差异5%水平显著。 ** significant at 0.01 level,* significant at 0.05.

多元有机酸总量包含了其各种组分,具有其代表性。在上述相关分析的基础上,选取烟叶中多元有机酸总量与土壤 pH 值、有机质、碱解氮、速效磷和速效钾作进一步的通径分析,探讨不同土壤养分对多元有机酸总量的直接效应和间接效应(表5)。可以看出,在一定范围内,在土壤养分对多元有机酸总量的直接效应中,仅有 pH 值为正直接效应,其余均为负直接效应。其直接效应由大到小顺序是:有机质, pH 值,碱解氮、速效钾和速效磷。由此说明:在一定范围内,土壤有机质含量对烤烟中多元有机酸总量的负向直接效应最大,速效磷的为最小。土壤速效钾含量对烤烟中多元有机酸总量的直接效应虽是负向,但与其他养分间的间接效应均为正向,所其整体效应为正向。土壤 pH 值和速效钾含量对多元有机酸总量整体效应为正向,且达到了显著水平,而有机质、碱解氮和速效磷为负向,且达到了极显著水平。说明土壤养分含量对多元有机酸总量有较大的影响,这与多元线性回归分析结论一致。

表5 烤烟中多元有机酸总量与土壤 pH 值、有机质、碱解氮、速效磷和速效钾的通经分析
 Tab.5 Analysis of path coefficients between multiple totl organic acids of flue-cured tobacco soil pH ,
 O. M. , Alkali-hydro nitrogen , available P and available K

土壤养分 Soil nutrients	直接效应 Direct effect	间接效应 Indirect effec				
		$X_1 \rightarrow Y$	$X_2 \rightarrow Y$	$X_3 \rightarrow Y$	$X_4 \rightarrow Y$	$X_5 \rightarrow Y$
pH 值 pH value	0.304		0.288 3	0.109 2	0.020 7	-0.036 8
有机质 O. M.	-0.698	-0.125 5		-0.196 7	-0.018 6	0.098 0
碱解氮 Alkali-hydro nitrogen	-0.208	-0.159 8	-0.660 9		-0.021 0	0.100 1
速效磷 Available P	-0.025	-0.247 3	-0.512 3	-0.172 1		0.082 0
速效钾 Available K	-0.125	0.089 1	0.545 0	0.165 8	0.016 6	

剩余通径系数 = 0.056. The residual path coefficient is 0.056.

2.4 不同土壤类型烤烟中高级脂肪酸含量的差异

高级脂肪酸可分为饱和脂肪酸(月桂酸、棕榈酸、肉豆蔻酸和硬脂酸等)和不饱和脂肪酸(油酸和亚油酸等)两类。大部分高级饱和脂肪酸赋予烟气一种腊味、脂味和柔和的香味,而高级不饱和脂肪酸含量高会增加烟气的粗糙感和刺激性。对不同土壤类型烤烟高级脂肪酸含量方差分析结果表明:除饱和脂肪酸中的月桂酸有显著差异和肉豆蔻酸极显著差异外,其他高级脂肪酸差异不明显。因而不同土壤类型对烤烟中高级脂肪酸含量的影响作用不大。

表6 不同土壤类型烤烟高级脂肪酸含量的差异及方差分析结果

Tab.6 Difference of senior fatty acid anova of content in senior fatty acid in
 the flue-cured tobacco of different soil producing areas

土壤类型 Soil type	地点 Site	月桂酸 Lauric acid	肉豆蔻酸 Myristic acid	棕榈酸 Palmitic acid	硬脂酸 Steric acid	饱和脂肪酸 Saturated fatty acid	亚油酸 linoleic acid	油酸 Oleic acid	不饱和脂肪酸 Unsaturated fatty acid
黄壤土 Yellow loam	梅子菁	0.23	0.11	2.95	0.92	4.21	1.72	9.62	11.34
	摆田	0.29	0.15	3.19	0.89	4.52	2.48	10.28	12.76
	瓦窑	0.31	0.17	2.69	0.74	3.91	1.89	8.41	10.30
	平均	0.28 ± 0.04*	0.14 ± 0.03**	2.94 ± 0.25	0.85 ± 0.10	4.21 ± 0.31	2.03 ± 0.40	9.44 ± 0.95	11.47 ± 1.23
黄红土 Yellow clay	摆马	0.38	0.35	2.59	0.78	4.1	1.58	9.52	11.10
	摆榔	0.36	0.30	2.78	0.73	4.17	1.69	8.94	10.63
	杨美	0.30	0.32	2.99	0.81	4.42	1.49	10.80	12.29
	平均	0.35 ± 0.04	0.32 ± 0.03	2.79 ± 0.20	0.77 ± 0.04	4.23 ± 0.17	1.59 ± 0.10	9.75 ± 0.95	11.34 ± 0.86
红壤土 Red loam	蒜园	0.42	0.37	3.36	0.79	4.94	2.01	9.64	11.65
	鸡茨	0.38	0.31	3.13	0.82	4.64	1.94	9.8	11.83
	陡坡	0.34	0.36	2.87	0.90	4.47	1.85	10.80	12.65
	平均	0.38 ± 0.04	0.35 ± 0.03	3.12 ± 0.25	0.84 ± 0.06	4.68 ± 0.24	1.93 ± 0.08	10.11 ± 0.61	12.04 ± 0.53

表示差异1%水平显著,*表示差异5%水平显著. significant at 0.01 level,* significant at 0.05.

2.5 烤烟中高级脂肪酸含量与土壤 pH 值、有机质、碱解氮、速效磷和速效钾含量间的相关分析

由于饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸组成高级脂肪酸,对其与土壤养分含量进行相关分析(表7),由表7可知,烤烟中饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸与土壤养分含量的相关性不显著。除土壤速效磷与烤烟中饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸是负相关关系外,其余均为正相关关系。

3 讨论

3.1 不同土壤类型及其养分含量对烤烟多元有机酸的影响

土壤是烤烟生长发育所必须的物质基础,良好的土壤环境和类型是发展优质烤烟产业和科学栽培管理,实现烤烟稳产优质的必要条件^[20]。不同土壤类型其机械组成、pH 值、含水率等物理特性,养分含量及存在形态,土壤微生物种群及数量等都存在较大差异^[8-11]。不同土壤环境下的同一烟草品种其烟叶产量和品质存在着明显差异,甚至差异极显著^[12]。由不同土壤类型烤烟多元有机酸含量差异分析结果可知,3种土壤类型烟叶中多元有机酸含量差异达到极显著水平,由大到小依次为:黄壤土、红壤土、黄红土,土壤类型及其理化性状对烤烟多元有机酸的总量及组分含量有较大影响。从烤烟多元有机酸与土壤 pH 值、有机质、碱解氮、速效磷和速效钾含量间的简单相关、多元线性回归和通经分析结果可以发

表 7 烤烟中高级脂肪酸含量与土壤 pH 值、有机质、碱解氮、速效磷和速效钾含量的相关分析(简单相关系数)

Tab.7 Correlation between multiple senior fatty acids of flue-cured tobacco soil pH O. M. Alkali-hydro nitrogen available P and available K

	pH 值 pH value	有机质 O. M.	碱解氮 Alkali - hydro nitrogen	速效磷 Available P	速效钾 Available K
饱和脂肪酸 Saturated fatty acid	0.50	0.09	0.07	-0.38	0.18
不饱和脂肪酸 Unsaturated fatty acid	0.27	0.04	0.01	-0.13	0.14

现,土壤 pH 值、有机质、碱解氮、速效磷和速效钾对烤烟多元有机酸有较大的影响。在一定范围内,土壤 pH 值和速效钾与烤烟多元有机酸呈正相关关系,而土壤有机质、碱解氮和速效磷与其呈负相关关系。土壤 pH 值是土壤酸碱强度的反映,影响土壤养分的的有效性和植物对养分的吸收。pH 值在 4.5~5.5 为酸性,5.5~6.5 为微酸性,6.5~7.5 为中性^[20]。3 种土壤类型分属于酸性、微酸性和中性类型,由分析结果可知,中性土壤 pH 值可能更有利于烤烟对各养分吸收和多元有机酸形成。土壤有机质含量低或过多都会对烟叶产量和质量形成不利影响,因而在烟叶农业生产中应合理适量地施用有机肥,应尽量施用经充分腐熟的有机肥;在农业施肥方面上,为了使烟叶生产获得优质适产和最好的经济效益,应根据不同烟草品种需肥特性和不同土壤类型及其养分含量状况科学合理配比施肥;在满足烟草植株对氮肥和磷肥需求的情况下,特别是在烟叶中后期生产中,应及时增施钾肥,注意控制氮肥和磷肥施放量;增施钾肥时搭配适当少量的氮磷肥可更有效地提高烟株对土壤养分的吸收作用,增加烤烟多元有机酸总量及组分含量,从而改善烟气的吃味,改进香气特征,使烟味柔和,提高烤烟的吸燃品质。

3.2 不同土壤类型及其养分含量对烤烟高级脂肪酸的影响

高级脂肪酸与烟叶香吃味的形成有关,是烤烟中重要的酸性、潜香性成分,它们能改善烟气酸碱性,使烟气吃味醇和、芳香。由不同土壤类型烤烟高级脂肪酸含量差异分析结果可知,土壤类型对烤烟中高级脂肪酸含量的影响不大。这一研究结果与杨虹琦等^[19]的结论相一致。从烤烟中高级脂肪酸含量与土壤 pH 值、有机质、碱解氮、速效磷和速效钾间的相关分析结果可以发现,烤烟高级脂肪酸与土壤养分含量相关性不大。土壤养分对其影响作用小。

参考文献:

- [1]尹光庭,周冀衡,匡勇,等.不同土壤类型烤烟有机酸含量差异[J].湖南农业科学,2011(1):62-65.
- [2]何轶,何伟.云南施甸烟区植烟土壤养分状况综合评价[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2009,35(5):537-541.
- [3]王闯,符云鹏,艾永峰.土壤特性与烟叶品质的关系[J].安徽农业科学,2005,33(5):862-863.
- [4]王瑞新.烟草化学[M].北京:中国农业出版社,2003:1-68.
- [5]杨虹琦.不同纬度烟区烤烟叶中主要非挥发性有机酸的研究[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2005,31(3):281-284.
- [6]王利杰,卢红.烟草有机酸研究进展[J].贵州农业科学,2007,35(3):142-144.
- [7]鲁如坤.土壤农化分析[M].北京:中国农业科学出版社,1999:19-33,40-57,65-82,84-89,95-113.
- [8]李志,洪赵兰,坡寡森.土壤学[M].北京:化学工业出版社,2005:2-4,15-42.
- [9]秦耀东.土壤物理学[M].北京:高等教育出版社,2003:1-17.
- [10]李卓棣.土壤微生物学[M].北京:中国农业出版社,1996:2-13.
- [11]Paul E A, Clark F E. Soil microbiology and biochemistry[M]. Academic press, 1989:20-37.
- [12]胡国松,王志彬,傅建政.烟草施肥新技术[M].北京:中国农业出版社,2000:9-15,41-55.
- [13]程昌新,卢秀萍,许自成,等.基因型和生态因素对烟草香气物质含量的影响[J].农学通报,2005,21(11):137-139,182.
- [14]王允白,王宝华,计玉,等.山东沂水植烟土壤类型与烟叶品质关系的调查研究[J].中国烟草科学,2000(2):11-15.
- [15]Weeks W W. Chemistry of tobacco constituents influencing flavor and aroma[J]. Rec Adv Tob Sci, 1985, 11: 175-200.
- [16]罗华元,王绍坤.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.
- [17]蔡乾蓉,吴卫.紫苏属植物主要农艺性状与单株籽粒产量的相关和途径分析[J].西南农业学报,2010(3):841-846.
- [18]谢冬微,韩英鹏,李文滨.不同环境条件下大豆脂肪酸含量与主要农艺性状相关性及其途径分析[J].大豆科学,2010(3):403-405.
- [19]杨虹琦,周冀衡,郭紫明,等.湖南不同烤烟中非挥发性有机酸含量的差异[J].中国烟草学报,2006,12(4):44-46,57.
- [20]杨义三,何俊,邓小刚,等.玉溪烤烟土壤管理与施肥[M].云南:云南科学出版社,2008:1-28,243-247.