

烤烟巨豆三烯酮含量与土壤理化性状的典型相关分析

叶协锋^{1,2}, 刘国顺², 凌爱芬², 史宏志², 李亚娟², 朱海滨², 李世清^{1,3,*}

(1. 西北农林科技大学资源环境学院, 杨凌 712100; 2. 河南农业大学烟草学院 国家烟草栽培生理生化研究基地, 郑州 450002;
3. 黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 杨凌 712100)

摘要:采用典型相关分析方法研究了烤烟巨豆三烯酮 4 种同分异构体含量与土壤理化性状之间的关系。结果表明:随着土壤 pH 值的提高(5.15 ~ 8.30), 巨豆三烯酮 2 和巨豆三烯酮 4 含量呈现降低趋势;随着土壤有机质含量(0.54% ~ 3.61%)的提高, 巨豆三烯酮 1 呈现增加趋势, 而巨豆三烯酮 2 含量呈现降低趋势;随着土壤粒径介于 0.05mm 和 0.001mm 之间的土壤颗粒百分含量(8.08% ~ 92.93%)的提高, 巨豆三烯酮 2 和巨豆三烯酮 4 含量呈现增加趋势;在一定范围内, 随着土壤钙、镁、铁、铝含量的提高和钠含量的降低, 巨豆三烯酮 2 和巨豆三烯酮 4 含量呈现降低趋势。

关键词:烤烟;巨豆三烯酮;土壤理化性状;典型相关分析

文章编号:1000-0933(2009)08-4223-08 中图分类号:S572 文献标识码:A

Canonical correlation between contents of megastigmatrienone in flue-cured tobacco leaves and soil physical properties and nutrient conditions

YE Xie-Feng^{1,2}, LIU Guo-Shun², LING Ai-Fen², SHI Hong-Zhi², LI Ya-Juan², ZHU Hai-Bin², LI Shi-Qing^{1,3,*}

1 Resource Environment College of Northwest A & F University, Yangling 712100, China

2 Tobacco College of Henan Agricultural University, National Tobacco Cultivation and Physiology and Biochemistry Research Centre, Zhengzhou 450002, China

3 State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on Loess Plateau, Yangling 712100, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(8): 4223 ~ 4230.

Abstract: Canonical correlation analysis was conducted on the relations between contents of 4 isomers of megastigmatrienone in flue-cured tobacco leaves and soil physical properties and nutrient conditions. 363 soil samples and its corresponding 363 flue-cured tobacco samples were collected from 12 cities in Henan Province in 2004. Soil samples were collected at 0 to 20cm depth in field. Tobacco samples were collected from 8 to 12 leaf position. Results showed that the contents of megastigmatrienone 2 and megastigmatrienone 4 fell with the increase of pH(5.15 to 8.30), calcium, magnesium, iron, aluminium and with the decrease of sodium. The contents of megastigmatrienone 1 increased but megastigmatrienone 2 fell with the heightening of soil organic matter. The contents of megastigmatrienone 2 and megastigmatrienone 4 were improved by the boosting of the soil particles ratio between 0.05mm and 0.001mm.

Key Words: flue-cured tobacco; megastigmatrienone; soil physical property and soil nutrients; canonical correlation analysis

巨豆三烯酮是烟草天然香气的重要成分,于 1972 年从白肋烟及香料烟中分离并鉴定其结构^[1]。巨豆三烯酮化学名称是 3,5,5-三甲基-4-(2-亚丁烯基)-2-环己烯-1-酮,它有 4 种同分异构体 a, b, c, d(图 1)。

它存在于烟草中并起着主要的致香作用,业已发现在卷烟中加入少量的该化合物可以大大提高卷烟香味

基金项目:国家烟草专卖局重点科研资助项目(110200401017,110200401021)

收稿日期:2007-10-13; 修订日期:2008-03-12

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: yexiefeng@163.com

的品质,使卷烟产生一种类似于可可和白肋烟一样的宜人香味。更为有意义的是该化合物是烟叶中自身存在的一类香气物质,其具有的香气与要求的卷烟香气一致,添加该类化合物对卷烟的增香提质、去除杂气等方面有明显的作⽤,而且不会对人体产生有害的副作⽤^[2]。

巨豆三烯酮是四萜化合物类胡萝卜素的代谢产物^[3],而类萜代谢途径产生的重要致香物质及其前体物质是烟草叶⾯化学研究的主要对象^[4]。烟叶香味是评定烟叶及其制品品质的重要指标,优质烟叶要求在燃吸过程中产生的香气量大质纯、香型突出、吃味醇和。烟叶香味品质的优劣是由遗传因素和环境因素共同决定的,烟叶香气不足是当前影响烟叶品质和商品品质的主要因素之一^[5]。因此,近年来人们对烟叶香气物质的研究较多集中在有关烟叶香气成分的分离鉴定、生理生化代谢、遗传育种及其与生态条件和栽培条件有关的研究^[6~9],但土壤与香气物质关系的研究则少有报道,尤其是土壤与烟叶巨豆三烯酮含量的关系。因此,本研究系统分析烤后烟叶巨豆三烯酮含量与土壤理化性状的关系,以期为提高我国烟叶香气质量找出新的技术途径。

1 材料与方法

1.1 样品的采集

2004 年在河南省洛阳、三门峡、南阳、平顶山、许昌、驻马店、漯河、周口、济源、商丘、信阳、郑州等 12 个产烟地市,选择有代表性的样点 363 个,分别采集耕层(0~20cm)土壤样品 363 个,每个土壤样品 2.0kg,对应采集烟叶样品 363 个(烟株自上而下 8~12 叶位)每个烟叶样品 5.0kg。

采样点确定的原则:一是土壤类型和地形地貌。土壤类型和地形地貌复杂的产区要增加采样点,反之则减少;二是近 10a 以来烟叶种植面积、收购量以及烟叶质量。种植面积大、收购量多、烟叶质量好的要增加采样点,反之则减少;三是结合第二次全国土壤普查资料,并在当地土地局有关技术人员的指导下进行样品点的确定。

采用五点取样法在烟草移栽施肥前取耕作层混合土样。烟叶样品和土壤样品取自同一烟田。

1.2 样品的测定

(1)土壤指标分析方法。pH 值、有机质、全氮、有效氮、速效磷、速效钾、氯、阳离子交换量和机械组成采用常规方法测定^[10],由河南省农科院土肥所测定;全钾、全磷、铝、钙、铁、镁、锰、钠、硅、钛采用常规方法测定^[10]。

(2)巨豆三烯酮由国家烟草栽培生理生化研究基地采用内标法进行测定,内标为硝基苯。所用仪器为 HP5890-5972 气质联用仪。

GC/MS 分析条件如下:色谱柱 HP-5 (60m × 0.25mm. i. d. × 0.25μm d. f.);载气及流速 He,0.8 ml/min;进样口温度 250℃;传输线温度 280℃;离子源温度 177℃。升温程序初温 50℃,恒温 2 min 后以 2℃/min 升至 120℃,保持 5 min 后以 2℃/min 升至 240℃,保持 30min。分流比 1:15,进样量 2μl。电离能:70eV。质量数范围:50~500amu。MS 谱库:NIST02。

1.3 统计分析方法

为了便于分析,把土壤养分包括 pH 值(x_1)、有机质(x_2)、有效氮(x_3)、速效磷(x_4)、速效钾(x_5)、氯离子(x_6)、全钾(x_7)、全磷(x_8)看作一组变量,把土壤阳离子交换量及颗粒组成包括阳离子交换量(y_1)、粒径大于 0.1mm(y_2)、粒径介于 0.1mm 和 0.05mm 之间(y_3)、粒径介于 0.05mm 和 0.01mm 之间(y_4)、粒径介于 0.01mm 和 0.001mm 之间(y_5)、粒径小于 0.001mm(y_6)的土壤颗粒百分含量看作一组变量,把土壤矿质元素含量包括铝(z_1)、钙(z_2)、铁(z_3)、镁(z_4)、锰(z_5)、钠(z_6)、硅(z_7)、钛(z_8)看作一组变量,把巨豆三烯酮类物质

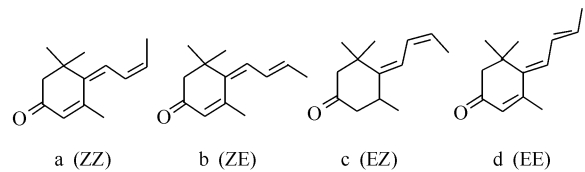


图 1 巨豆三烯酮的同分异构体

Fig. 1 Isomeric compounds of megastigmatrienone

包括巨豆三烯酮 1(t_1)、巨豆三烯酮 2(t_2)、巨豆三烯酮 3(t_3)、巨豆三烯酮 4(t_4) 看作一组变量,采用 DPS 进行典型相关分析,分析方法参考文献^[11,12] 进行。

2 结果与分析

2.1 土壤养分含量与巨豆三烯酮含量的典型相关分析

土壤养分与巨豆三烯酮含量的典型相关分析结果见表 1,从表中可以看出土壤养分与巨豆三烯酮含量的典型相关系数中,第 1 和第 2 个典型相关系数都达到了极显著水平,后面的 2 个则不显著,其中前 2 个典型相关系数所包含的相关信息占两组变量间总相关信息的 77.25%,因此对前 2 对典型变量的系数进行分析基本上反映了这两组变量间相关的主要信息。

由于原始变量的计量单位不同,不宜进行直接比较,这里采用标准化的典型系数给出典型相关模型 m_i 和 l_i ,并计算原始变量与典型变量之间的相关系数 r_i ,结果见表 2,由表 2 可知,第 I 典型变量的构成如下:

$$u_1 = 0.917 x_1 - 0.264 x_2 - 0.123 x_3 - 0.072 x_4 - 0.230 x_5 + 0.050 x_6 + 0.075 x_7 + 0.096 x_8$$

$$v_1 = -0.311 t_1 - 0.357 t_2 + 0.811 t_3 - 0.344 t_4$$

表 1 土壤养分含量与巨豆三烯酮含量典型相关分析

Table 1 Canonical correlation analysis of soil nutrient and megastigmatrienone in flue-cured tobacco leaves

典型相关系数(λ) Canonical correlation coefficient	卡方值(χ^2) Chi-square	自由度(df) Degree of freedom	P
0.5972 **	220.296	32	0.000
0.3596 **	63.295	21	0.000
0.1431	14.171	12	0.290
0.1386	6.841	5	0.233

* * 表示 0.01 的显著水平; * 表示 0.05 的显著水平;下同 * * indicated significant at 0.01 level; * indicated significant at 0.05 level; the same below

表 2 典型变量和与典型变量有关性状的相关系数

Table 2 Canonical variable and their correlation coefficients with related traits

性状 Traits	典型变量 I Canonical variable I		典型变量 II Canonical variable II		典型变量 III Canonical variable III		典型变量 IV Canonical variable IV	
	$\lambda_1 = 0.5972 **$		$\lambda_2 = 0.3596 **$		$\lambda_3 = 0.1431$		$\lambda_4 = 0.1386$	
	m_i	r_{ui}	m_i	r_{ui}	m_i	r_{ui}	m_i	r_{ui}
x_1	0.917	0.907	0.575	0.382	0.018	0.108	-0.321	-0.064
x_2	-0.264	-0.372	0.688	0.799	-0.311	-0.040	0.433	0.350
x_3	-0.123	-0.345	0.137	0.336	-0.002	0.136	-0.618	-0.539
x_4	-0.072	-0.403	0.351	0.387	-0.225	0.085	-0.177	-0.013
x_5	-0.230	-0.220	0.014	0.427	0.600	0.596	-0.114	-0.024
x_6	0.050	-0.058	-0.063	0.108	0.479	0.574	0.372	0.332
x_7	0.075	0.385	-0.096	0.103	-0.358	-0.147	0.343	0.430
x_8	0.096	0.201	-0.201	0.158	0.369	0.345	0.162	0.314
	l_i	r_{vi}	l_i	r_{vi}	l_i	r_{vi}	l_i	r_{vi}
t_1	-0.311	-0.340	0.792	0.199	0.219	0.798	-0.276	0.455
t_2	-0.357	-0.738	-0.092	-0.161	0.438	0.612	-0.536	0.237
t_3	0.811	-0.225	-0.593	-0.011	0.360	0.848	0.045	0.480
t_4	-0.344	-0.602	-0.113	-0.039	-0.794	0.641	0.796	0.473

在达到显著水平的第 1 对典型变量(u_1, v_1)中,由 u_1 与原始数据 x_i 的相关系数可以看出,它与土壤 pH 值(x_1)存在较高的正相关,相关系数为 0.917,故 u_1 可理解为主要描述了土壤 pH 值高低的综合性状,即随着土壤 pH 值的提高, u_1 存在明显的增加趋势。由 v_1 与原始数据 t_i 的相关系数可以看出,它与巨豆三烯酮 2(t_2)和巨豆三烯酮 4(t_4) 的相关性较高,相关系数分别为 -0.738 和 -0.602,因此 v_1 可以理解为描述了烤后烟叶中巨豆三烯酮 2 和巨豆三烯酮 4 含量的综合性状。即随着烟叶中巨豆三烯酮 2 和巨豆三烯酮 4 含量的提高, v_1 存在明显的

降低趋势。这一线性组合说明土壤 pH 值与烤后烟叶巨豆三烯酮 2 和巨豆三烯酮 4 含量关系密切,反映出在一定范围内,随着土壤 pH 值的提高,烤后烟叶中巨豆三烯酮 2 和巨豆三烯酮 4 含量呈现降低趋势。达到显著水平的第 II 典型变量的构成如下:

$$u_2 = 0.575 x_1 + 0.688 x_2 + 0.137 x_3 + 0.351 x_4 + 0.014 x_5 - 0.063 x_6 - 0.096 x_7 - 0.201 x_8$$

$$v_2 = 0.792 t_1 - 0.092 t_2 - 0.593 t_3 - 0.113 t_4$$

在第 2 对典型变量(u_2, v_2)中,由 u_2 与原始数据 x_i 的相关系数可以看出,它与土壤有机质(x_2)存在较高的正相关,相关系数为 0.799,故 u_2 可理解为主要描述了土壤有机质含量高低的综合性状,即随着土壤有机质含量的提高, u_2 存在明显的增加趋势。由 v_2 与原始数据 t_i 的相关系数可以看出,它与巨豆三烯酮 1(t_1)存在较高的正相关,与巨豆三烯酮 2(t_2)存在较高的负相关,相关系数分别为 0.199 和 -0.161,因此 v_2 可以理解为描述了烤后烟叶中巨豆三烯酮 1 和巨豆三烯酮 2 含量的综合性状。即随着烟叶中巨豆三烯酮 1 含量的提高和巨豆三烯酮 2 含量的降低, v_2 存在明显的增加趋势。这一线性组合说明土壤有机质含量与烤后烟叶巨豆三烯酮 1 和巨豆三烯酮 2 含量关系密切,反映出在一定范围内,随着土壤有机质含量的提高,烤后烟叶中巨豆三烯酮 1 呈现增加的趋势,而巨豆三烯酮 2 含量会呈现降低的趋势。

2.2 土壤阳离子交换量及颗粒组成与巨豆三烯酮含量的典型相关分析

土壤阳离子交换量及颗粒组成与巨豆三烯酮含量的典型相关分析结果见表 3,从表中可以看出土壤养分与巨豆三烯酮含量的典型相关系数中,第 1 个典型相关系数达到了极显著水平,第 2 个典型相关系数达到了显著水平,后面的 2 个则不显著,其中前 2 个典型相关系数所包含的相关信息占两组变量间总相关信息的 78.39%,因此对前 2 对典型变量的系数进行分析基本上反映了这两组变量间相关的主要信息。

由表 4 可知,第 I 典型变量的构成如下:

$$u_1 = 0.191 y_1 + 0.104 y_2 + 0.310 y_3 + 0.212 y_4 - 0.714 y_5 + 0.550 y_6$$

$$v_1 = -0.633 t_1 - 0.381 t_2 + 0.549 t_3 + 0.390 t_4$$

在达到显著水平的第 1 对典型变量(u_1, v_1)中,由 u_1 与原始数据 y_i 的相关系数可以看出,它与土壤粒径介于 0.01mm 和 0.001mm 之间(y_5)的土壤颗粒百分含量存在较高的负相关,相关系数为 -0.838,故 u_1 可理解为主要描述了土壤粒径介于 0.01mm 和 0.001mm 之间的土壤颗粒百分含量的综合性状,即随着土壤粒径介于 0.01mm 和 0.001mm 之间的土壤颗粒百分含量的提高, u_1 存在明显的降低趋势。由 v_1 与原始数据 t_i 的相关系数可以看出,它与巨豆三烯酮 2(t_2)和巨豆三烯酮 4(t_4)的相关性较高,相关系数分别为 -0.475 和 -0.340,因此 v_1 可以理解为描述了烤后烟叶中巨豆三烯酮 2 和巨豆三烯酮 4 含量的综合性状。即随着烟叶中巨豆三烯酮 2 和巨豆三烯酮 4 含量的提高, v_1 存在明显的降低趋势。这一线性组合说明土壤粒径介于 0.01mm 和 0.001mm 之间的土壤颗粒百分含量与烤后烟叶巨豆三烯酮 2 和巨豆三烯酮 4 含量关系密切,反映出在一定范围内,随着土壤粒径介于 0.01mm 和 0.001mm 之间的土壤颗粒百分含量的提高,烤后烟叶中巨豆三烯酮 2 和巨豆三烯酮 4 含量呈现增加的趋势。

达到显著水平的第 II 典型变量的构成如下:

$$u_2 = 0.108 y_1 + 0.322 y_2 + 0.258 y_3 + 0.775 y_4 + 0.274 y_5 + 0.379 y_6$$

$$v_2 = -0.506 t_1 - 0.289 t_2 + 0.028 t_3 + 0.812 t_4$$

在第 2 对典型变量(u_2, v_2)中,由 u_2 与原始数据 y_i 的相关系数可以看出,它与土壤粒径介于 0.05mm 和 0.01mm 之间(y_4)的土壤颗粒百分含量存在较高的正相关,相关系数为 0.903,故 u_2 可理解为主要描述了土壤粒径介于 0.05mm 和 0.01mm 之间的土壤颗粒百分含量的综合性状,即随着土壤粒径介于 0.05mm 和 0.01mm 之间的土壤颗粒百分含量的提高, u_2 存在明显的增加趋势。由 v_2 与原始数据 t_i 的相关系数可以看出,它与巨豆三烯酮 2(t_2)和巨豆三烯酮 4(t_4)的相关性较高,相关系数分别为 0.551 和 0.534,因此 v_2 可以理解为描述了烤后烟叶中巨豆三烯酮 2 和巨豆三烯酮 4 含量的综合性状。即随着烟叶中巨豆三烯酮 2 和巨豆三烯酮 4 含量的提高, v_2 存在明显的增加趋势。这一线性组合说明土壤粒径介于 0.05mm 和 0.01mm 之间的土

壤颗粒百分含量与烤后烟叶巨豆三烯酮 2 和巨豆三烯酮 4 含量关系密切,反映出在一定范围内,随着土壤粒径介于 0.05mm 和 0.01mm 之间的土壤颗粒百分含量的提高,烤后烟叶中巨豆三烯酮 2 和巨豆三烯酮 4 含量呈现增加的趋势。

表 3 土壤阳离子交换量及颗粒组成与烤烟巨豆三烯酮含量的典型相关分析

Table 3 Canonical correlation analysis of soil CEC and particle component and megastigmatrienone in flue-cured tobacco leaves			
典型相关系数(λ) Canonical correlation coefficient	卡方值(χ²) Chi-square	自由度(df) Degree of freedom	P
0.3344 **	70.887	24	0.000
0.2479 *	28.522	15	0.019
0.1239	5.957	8	0.652
0.0366	0.474	3	0.925

表 4 典型变量和与典型变量有关性状的相关系数

Table 4 Canonical variable and their correlation coefficients with related traits								
性状 Traits	典型变量 I Canonical variable I		典型变量 II Canonical variable II		典型变量 III Canonical variable III		典型变量 IV Canonical variable IV	
	$\lambda_1=0.3344^{**}$		$\lambda_2=0.2479^{**}$		$\lambda_3=0.1239$		$\lambda_4=0.0366$	
	m_i	r_{ui}	m_i	r_{ui}	m_i	r_{ui}	m_i	r_{ui}
y_1	0.191	0.021	0.108	-0.019	-0.039	-0.285	-0.054	0.210
y_2	0.104	0.128	0.322	-0.661	-0.433	0.381	-0.558	-0.609
y_3	0.310	0.516	0.258	0.039	-0.384	-0.547	-0.256	-0.196
y_4	0.212	-0.158	0.775	0.903	-0.498	0.328	-0.571	-0.063
y_5	-0.714	-0.838	0.274	-0.067	-0.460	-0.371	-0.361	0.269
y_6	0.550	0.463	0.379	-0.325	-0.453	-0.272	-0.405	0.526
	l_i	r_{vi}	l_i	r_{vi}	l_i	r_{vi}	l_i	r_{vi}
t_1	-0.633	-0.280	-0.506	0.209	-0.304	-0.344	0.018	0.872
t_2	-0.381	-0.475	-0.289	0.551	0.577	0.079	0.349	0.681
t_3	0.549	-0.086	0.028	0.244	0.386	-0.214	0.658	0.942
t_4	0.390	-0.340	0.812	0.534	-0.652	-0.179	-0.667	0.753

2.3 土壤矿质元素含量与巨豆三烯酮含量的典型相关分析

土壤养分与巨豆三烯酮含量的典型相关分析结果见表 5,从表中可以看出土壤矿质元素含量与巨豆三烯酮含量的典型相关系数中,第 1 和第 2 个典型相关系数都达到了极显著水平,后面的 2 个则不显著,其中前 2 个典型相关系数所包含的相关信息占两组变量间总相关信息的 83.93%,因此对前 2 对典型变量的系数进行分析基本上反映了这两组变量间相关的主要信息。

由表 6 可知,第 I 典型变量的构成如下:

$$u_1 = 0.102 z_1 + 0.360 z_2 + 0.621 z_3 - 0.192 z_4 + 0.050 z_5 + 0.458 z_6 - 0.434 z_7 - 0.195 z_8$$
$$v_1 = -0.243 t_1 - 0.765 t_2 + 0.300 t_3 + 0.515 t_4$$

在达到显著水平的第 1 对典型变量(*u*₁,*v*₁)中,由 *u*₁ 与原始数据 *z_i* 的相关系数可以看出,它与土壤钙(*z*₂)、镁(*z*₄)、铁(*z*₃)、铝(*z*₁)含量存在较高的正相关,相关系数分别为 0.658、0.591、0.530、0.486,故 *u*₁ 可理解为主要描述了土壤钙、镁、铁、铝含量高低的综合性状,即随着土壤钙、镁、铁、铝含量的提高,*u*₁ 存在明显的增加趋势。由 *v*₁ 与原始数据 *t_i* 的相关系数可以看出,它与巨豆三烯酮 2(*t*₂)和巨豆三烯酮 4(*t*₄)的存在较高的负相关,相关系数分别为 -0.768 和 -0.557,因此 *v*₁ 可以理解为描述了烤后烟叶中巨豆三烯酮 2 和巨豆三烯酮 4 含量的综合性状。即随着烟叶中巨豆三烯酮 2 和巨豆三烯酮 4 含量的提高,*v*₁ 存在明显的降低趋势。这一线性组合说明土壤钙、镁、铁、铝含量与烤后烟叶巨豆三烯酮 2 和巨豆三烯酮 4 含量关系密切,反映出在一定范围内,随着土壤钙、镁、铁、铝含量的提高,烤后烟叶中巨豆三烯酮 2 和巨豆三烯酮 4 含量呈现降低的

趋势。

达到显著水平的第Ⅱ典型变量的构成如下：

$$u_2 = -0.557 z_1 - 0.111 z_2 + 0.308 z_3 + 0.476 z_4 + 0.248 z_5 - 0.446 z_6 + 0.225 z_7 - 0.214 z_8$$

$$v_2 = 0.445 t_1 + 0.401 t_2 - 0.029 t_3 - 0.800 t_4$$

在第2对典型变量(u_2, v_2)中,由 u_2 与原始数据 x_i 的相关系数可以看出,它与土壤钠(z_6)含量存在较高的负相关,相关系数为 -0.723 ,故 u_2 可理解为主要描述了土壤钠含量高低的综合性状,即随着土壤钠含量的提高, u_2 存在明显的降低趋势。由 v_2 与原始数据 t_i 的相关系数可以看出,它与巨豆三烯酮4(t_4)和巨豆三烯酮2(t_2)存在较高的负相关,相关系数分别为 -0.243 和 -0.180 ,因此 v_2 可以理解为描述了烤后烟叶中巨豆三烯酮4和巨豆三烯酮2含量的综合性状。即随着烟叶中巨豆三烯酮4和巨豆三烯酮2含量的提高, v_2 存在明显的降低趋势。这一线性组合说明土壤钠含量与烤后烟叶巨豆三烯酮4和巨豆三烯酮2含量关系密切,反映出在一定范围内,随着土壤钠含量的提高,烤后烟叶中巨豆三烯酮4和巨豆三烯酮2含量呈现增加的趋势。

表5 土壤矿质元素含量与烤烟巨豆三烯酮含量的典型相关分析

Table 5 Canonical correlation analysis of soil mineral element and megastigmatrienone in flue-cured tobacco leaves

典型相关系数(λ) Canonical correlation coefficient	卡方值(χ^2) Chi-square	自由度(df) Degree of freedom	P
0.4868 **	178.357	32	0.000
0.4389 **	81.969	21	0.000
0.1155	6.100	12	0.911
0.0618	1.351	5	0.930

表6 典型变量和与典型变量有关性状的相关系数

Table 6 Canonical variable and their correlation coefficients with related traits

性状 Traits	典型变量 I Canonical variable I		典型变量 II Canonical variable II		典型变量 III Canonical variable III		典型变量 IV Canonical variable IV	
	$\lambda_1 = 0.4868^{**}$		$\lambda_2 = 0.4389^{**}$		$\lambda_3 = 0.1155$		$\lambda_4 = 0.0618$	
	m_i	r_{ui}	m_i	r_{ui}	m_i	r_{ui}	m_i	r_{ui}
z_1	0.102	0.486	-0.557	0.261	0.270	-0.322	-0.417	-0.492
z_2	0.360	0.658	-0.111	0.299	-0.222	0.117	0.424	0.150
z_3	0.621	0.530	0.308	0.405	-0.704	-0.412	-0.259	-0.308
z_4	-0.192	0.591	0.476	0.528	0.589	0.304	-0.037	-0.225
z_5	0.050	0.223	0.248	0.493	-0.042	-0.471	0.141	0.101
z_6	0.458	0.241	-0.446	-0.723	0.019	0.261	-0.046	-0.114
z_7	-0.434	-0.336	0.225	-0.040	-0.164	-0.257	-0.419	-0.488
z_8	-0.195	-0.127	-0.214	-0.021	0.079	-0.500	0.617	0.102
	l_i	r_{vi}	l_i	r_{vi}	l_i	r_{vi}	l_i	r_{vi}
t_1	-0.243	-0.328	0.445	0.024	0.654	0.830	0.563	-0.451
t_2	-0.765	-0.768	0.401	-0.180	-0.421	0.466	-0.134	-0.401
t_3	0.300	-0.265	-0.029	-0.023	-0.469	0.710	-0.783	-0.652
t_4	0.515	-0.557	-0.800	-0.243	0.419	0.668	0.227	-0.428

3 结论与讨论

3.1 土壤 pH 值对烤烟养分吸收的影响是两个方面的。一是土壤 pH 值对烤烟根细胞表面电荷的作用,间接地影响烤烟对养分的吸收;二是土壤 pH 值对土壤中养分离子有效性的作用而影响烤烟对养分的吸收^[13]。本试验结果表明,土壤 pH 值与烤后烟叶巨豆三烯酮2和巨豆三烯酮4含量关系密切,随着土壤 pH 值(5.15~8.30)的提高,烤后烟叶中巨豆三烯酮2和巨豆三烯酮4含量呈现降低的趋势。这证明烟草生长在弱酸性的土壤环境中会更有利于提高巨豆三烯酮2和巨豆三烯酮4的含量。

我国烟田长期大量施用化肥导致土壤容重增高,土壤总孔隙率降低,通透性不良,有机质下降显著,养分有效性差,意味着需要更大的施肥量而陷入一种化肥施用量不断加大,土壤供肥量不断下降的不良循环^[13]。本试验表明,土壤有机质含量与烤后烟叶巨豆三烯酮 1 和巨豆三烯酮 2 含量关系密切,反映出在一定范围内(0.54%~3.61%),随着土壤有机质含量的提高,烤后烟叶中巨豆三烯酮 1 呈现增加的趋势,而巨豆三烯酮 2 含量会呈现降低的趋势。因此,结合我国国情,宜采用有机肥和化肥配合施用、秸秆还田、绿肥翻压和烟田轮作等技术措施以提高烟田有机质含量,但为了有较好的香气含量,应使土壤有机质含量保持在适当的范围,这有待于进一步的研究。

3.2 试验结果表明土壤粒径介于 0.05mm 和 0.001mm 之间的土壤颗粒百分含量与烤后烟叶巨豆三烯酮 2 和巨豆三烯酮 4 含量关系密切,反映出在一定范围内,随着土壤粒径介于 0.05mm 和 0.001mm 之间的土壤颗粒百分含量的提高,烤后烟叶中巨豆三烯酮 2 和巨豆三烯酮 4 含量呈现增加的趋势。中国粒级制中土壤粒径介于 0.05mm 和 0.001mm 之间的土壤颗粒属于粗粉粒、中粉粒、细粉粒和粗粘粒^[14]。本试验测定结果中土壤粒径介于 0.05mm 和 0.001mm 之间的土壤颗粒百分含量变化范围在 8.08%~92.93% 之间,随着百分含量的增加,土壤由粘土组中的重粘土逐渐过渡到壤土组,也逐渐提高了巨豆三烯酮 2 和巨豆三烯酮 4 的含量。粘土由于颗粒组成和土壤结构等原因,使得养分有效性降低、土壤物理结构差,不适宜优质烟叶生长。

3.3 矿质营养元素在植物生长发育中起着重要的生理作用,如钙能稳定细胞膜、稳固细胞壁,镁在叶绿素合成及光合作用中起重要作用,但是如果土壤中元素浓度过高则会产生毒害作用^[15]。试验结果表明土壤钙、镁、铁、铝、钠含量与烤后烟叶巨豆三烯酮 2 和巨豆三烯酮 4 含量关系密切,反映出在一定范围内,随着土壤钙、镁、铁、铝含量的提高和钠含量的降低,烤后烟叶中巨豆三烯酮 2 和巨豆三烯酮 4 含量呈现降低的趋势。这可能是由于所采集土壤样品多为石灰性土壤,富含钙、镁等元素,使得烟叶中巨豆三烯酮 2 和巨豆三烯酮 4 含量降低。

黎成厚研究认为植烟土壤平均 pH 值 5.15~5.43 对烤烟生长及其钾素营养最适宜^[16],世界著名烟草专家左天觉指出,烟草最适宜生长在砂质土和砂壤土类^[17],同时,钙、镁和铁等元素在烟草生长发育过程中起着重要的生理作用。在这些条件适宜的情况下,可以促进烟叶的生长发育和生理生化代谢,如色素类物质的形成,进而形成优质烟叶。巨豆三烯酮是类胡萝卜素的代谢产物^[3],这可能是土壤理化性状导致巨豆三烯酮同分异构体含量高低差异的原因。

文中的研究是在大量采集样品情况下开展的,为了进一步探讨巨豆三烯酮与土壤理化性状的关系,今后应研究在土壤类型不同、而其它条件完全相同的条件下土壤差异对烟草巨豆三烯酮含量的影响。

References:

- [1] Liu J, Liu F C, Zhu H Y. Survey on the Synthesis of Megastigmatrienon. *Yunnan Chemical Technology*, 2006,33(1):38—40.
- [2] Wang J L, Yang S L, Xu Y M, *et al.* Synthesis and Character of Megastigmatrienon. *Spectroscopy and Spectral Analysis*, 2005,25(3):467—469.
- [3] Cui H, Song Z H. Recent advances in terpenoid metabolic engineering research and its prospective application in variety improvement in tobacco. *Journal of China Tobacco*, 2003,9(2):35—38.
- [4] Davis L, Nielsen T. *Tobacco: Production chemistry and Technology*. London: the University Press of Cambridge, 1999. 265—284.
- [5] Shi H Z, Liu G S. *Tobacco Aroma*. Beijing: Agriculture Publishing House of China, 1998.
- [6] Liu B Z, Zong R W, Yue Y, *et al.* Comparison of aroma and flavor constituents of some domestic and foreign burley tobacco. *Journal of China Tobacco*, 2000,6(2):1—5.
- [7] Zhou J H, Yang H Q, Lin G H, *et al.* Studies on the Main Volatile Aroma Components in Tobacco from Different Flue-Cured Tobacco Production Region. *Journal of Hunan Agricultural University (Natural Sciences)*, 2004,30(1):20—23.
- [8] Wu X P, Zhong X M, Qin Y Q, *et al.* Effects of Application of Different Types of Cake Fertilizer Combined with Chemical Fertilizer on the Flavor Quality of the Flue-cured Tobacco Leaves. *Scientia Agricultura Sinica*, 2006,39(6):1196—1201.
- [9] Liu G S, Ye X F, Wang Y T, *et al.* Effect of different potassium application rate on the contents of aroma constituents in Flue-cured tobacco. *China Tobacco Science*, 2004,04:1—4.

- [10] Lu R K. Analysis Method of Soil Agricultural Chemistry. Beijing: China Agriculture Science and Technology Press, 2000.
- [11] Xu Z C, Chen W, Xiao H Q, *et al.* The analysis of relationships between the contents of nitrate and nitrite in flue-cured tobacco leaves and the soil nutrient condition. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(6): 1889—1895.
- [12] Tang QY, Feng M G. DPS Data Processing System for Practical Statistics. Beijing: Science Press, 2002. 393—400.
- [13] Liu G S. Tobacco Cultivation. Beijing: Agriculture Publishing House of China, 2003.
- [14] Huang C Y. Agrology. Beijing: Agriculture Publishing House of China, 2004.
- [15] Lu J L. Plant Nutrition(First volume). Beijing: Publishing House of China Agricultural University, 2004.
- [16] Li C H, Liu Y S, He T B, *et al.* Studies on growth and K nutrition of flue-cured tobacco affected by soil texture OM and pH value. *Journal of Mountain Agriculture and Biology*, 1999, 18(4): 203—208.
- [17] Zuo T J. Production, Physiology, and Biochemistry of Tobacco Plant. Translated by Zhu Zunquan, *et al.* Shanghai: Yuandong Publisher of Shanghai, 1993.

参考文献:

- [1] 刘金, 刘复初, 朱洪友. 巨豆三烯酮的合成研究概况. *云南化工*, 2006, 33(1): 38~40.
- [2] 王建林, 杨少龙, 许炎妹, 等. 巨豆三烯酮的合成及表征. *光谱学与光谱分析*, 2005, 25(3): 467~469.
- [3] 崔红, 宋志红. 类萜代谢工程研究进展及在烟草品种改良中的应用前景. *中国烟草学报*, 2003, 9(2): 35~38.
- [5] 史宏志, 刘国顺. 烟草香味学. 北京: 中国农业出版社, 1998.
- [6] 刘百战, 宗若雯, 岳勇, 等. 国内外部分白肋烟香味成分的对比分析. *中国烟草学报*, 2000, 6(2): 1~5.
- [7] 周冀衡, 杨虹琦, 林桂华, 等. 不同烤烟产区烟叶中主要挥发性香气物质的研究. *湖南农业大学学报(自然科学版)*, 2004, 30(1): 20~23.
- [8] 武雪萍, 钟秀明, 秦艳青, 等. 不同种类饼肥与化肥配施对烟叶香气质量的影响. *中国农业科学*, 2006, 39(6): 1196~1201.
- [9] 刘国顺, 叶协锋, 王彦亭, 等. 不同钾肥施用量对烟叶香气成分含量的影响. *中国烟草科学*, 2004, 04: 1~4.
- [10] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.
- [11] 许自成, 陈伟, 肖汉乾, 等. 烤烟硝酸盐含量与土壤养分的关系. *生态学报*, 2006, 26(6): 1889~1895.
- [12] 唐启义, 冯明光. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统. 北京: 科学出版社, 2002. 393~400.
- [13] 刘国顺. 烟草栽培学. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [14] 黄昌勇. 土壤学. 北京: 中国农业出版社, 2004.
- [15] 陆景陵. 植物营养学(上册). 北京: 中国农业大学出版社, 2004.
- [16] 黎成厚, 刘元生, 何腾兵, 等. 土壤质地等对烤烟生长及钾素营养的影响. *山地农业生物学报*, 1999, 18(4): 203~208.
- [17] 左天觉. 烟草的生产、生理和生物化学. 朱尊权, 等译. 上海: 上海远东出版社, 1993.