

云南烟区烟叶致香物质与土壤养分的关系分析

王超¹, 程昌新¹, 杨应明¹, 罗华元¹, 董石飞¹,
李觅¹, 王玉², 常寿荣¹

(1. 红云红河烟草(集团)有限责任公司, 云南 昆明 650202;
2. 云南瑞升烟草技术(集团)有限公司, 云南 昆明 650106)

摘要:应用统计分析方法研究了云南烟区359份烟叶样品致香物质与土壤养分的关系,结果表明:致香物质在烟叶中的平均含量排序为酮类>酯类>醇类>酚类>呋喃类>醛类>氮杂环类;烟叶致香物质与有机质、碱解氮、速效磷和速效钾含量呈极显著或显著正相关关系.典型相关分析表明,在一定范围内,随着土壤养分有机质、碱解氮、速效钾和速效磷含量的增加,云南烟区烟叶致香物质中的酮类、醇类、醛类和氮杂环类含量呈现增加的趋势.

关键词:烤烟;土壤养分;致香物质;云南烟区

中图分类号:TS41⁺¹ **文献标志码:**A **DOI:**10.3969/j.issn.2095-476X.2013.03.008

Relationship between tobacco aroma functional substance and soil nutrient in the Yunnan tobacco growing area

WANG Chao¹, CHENG Chang-xin¹, YANG Ying-ming¹, LUO Hua-yuan¹, DONG Shi-fei¹,
LI Mi¹, WANG Yu², CHANG Shou-rong¹

(1. Hongyun Honghe Tobacco (Group) Co., Ltd., Kunming 650202, China;

2. Yunnan Reascend Tobacco Technology (Group) Co., Ltd., Kunming 650106, China)

Abstract: With statistics analysis method, the relationship was studied between the aroma functional substance and soil nutrient in Yunnan tobacco growing area of 359 tobacco samples. The results showed that: Content sequence for aroma functional substance of tobacco leaves was as follows: ketones > esters > alcohols > phenols > furans > aldehydes > nitrogen-heterocyclic compounds. The significant and obvious positively positive correlation between aroma functional substance with the soil nutrient for organic matter, alkali solution nitrogen, available phosphorus and available potassium. The classical correlation analysis confirmed that: in a certain range, with soil nutrient for organic matter, alkali solution nitrogen, available phosphorus and available potassium increased in Yunnan tobacco growing area, the aroma functional substances for ketones, alcohols, aldehydes and nitrogen-heterocyclic compounds had increasing trend.

Key words: flue-cured tobacco; soil nutrient; aroma functional substance; Yunnan tobacco growing area

收稿日期:2013-04-07

基金项目:国家烟草专卖局重点科技攻关项目(110200902073);红云红河烟草(集团)资助项目(HYHH2012YL02)

作者简介:王超(1967—),男,云南省昆明市人,红云红河烟草(集团)有限责任公司高级工程师,主要研究方向为烟叶原料工艺及质量评价.

通信作者:常寿荣(1963—),男,云南省昆明市人,云南瑞升烟草技术(集团)有限公司高级农艺师,主要研究方向为烟叶原料综合评价.

0 引言

烟叶致香物质含量与其香气质量密切相关,致香物质含量极微,但对烟叶及烟制品的香味、吃味影响较大,进而影响卷烟抽吸品质^[1],因此,通过分析烟叶致香物质含量可以对烟叶品质进行比较客观准确的评价^[2]. 以往的研究多是关于烤烟致香物质^[3-5]、加工工艺和施肥^[6-9]对致香物质的影响,不同产区致香物质与化学成分的关系^[10-11]以及对植烟土壤养分质量的评价^[12-15]等方面,有关烟叶致香物质与土壤养分之间的定量关系分析还较少见报道. 因此,本文选择云南主要烤烟生产区域烟叶样品,研究影响烟叶致香物质的若干土壤养分指标,为作好植烟土壤营养平衡,进而提高烟叶质量和工业可用性等提供参考依据.

1 实验

1.1 烟叶样品的采集

检测的烟叶样品来自2011年云南烟区,包括昆明的石林、宜良、禄劝、嵩明、寻甸,曲靖的陆良、师宗、宣威、会泽、麒麟,红河的弥勒、泸西、蒙自、开远、建水、石屏,保山的腾冲、施甸、龙陵、隆阳,文山的砚山、丘北、广南,大理的巍山、宾川、祥云,共采集有代表性的359个红大品种烤后烟叶样品(C3F). 将烟样粉碎,过60目筛后备用.

1.2 土壤样品成分检测

应用GPS定位,在取样单元内,采取5点取样法,总共采集了337个土壤样品. 土样登记编号后风干、磨细、过筛、混匀、装瓶备分析测定之用. 测定项目包括土壤pH值、有机质、碱解氮、速效磷、速效钾、交换性镁、交换性钙、氯、有效硼和有效硫的含量,共10项,各项土壤养分的检测均按常规方法进行^[16].

1.3 致香物质的测定

称取30.0 g烟末样品,放入洁净的蒸馏萃取装置一端的1 000 mL圆底烧瓶中,加入适量的氯化钠和蒸馏水,用控温电热套加热,装置的另一端为盛有100 mL CH₂Cl₂的浓缩瓶,水浴加热,同时蒸馏萃取一定时间后,加入1 mL内标乙酸苯乙酯溶液(0.423 7 mg/mL),将其浓缩至1.0 mL,转移至色谱瓶中,进行主要致香物质成分分析.

1.3.1 气相色谱-质谱分析 主要采用GC, GC-MS分析,经人工解析并与标准质谱图对照和检索,确定各分离组分的化学结构.

色谱条件:色谱柱 HP-5MS(60 m × 0.25 mm i. d. × 0.25 μm d. f.);进样口温度280 °C;进样量1 μL;分流比10:1;载气He,1.0 mL/min;升温程序为50 °C保持2 min,以4 °C/min的速率升温至270 °C并保持20 min.

质谱条件:传输线温度280 °C;EI源电子能量70 eV;电子倍增器电压1 635 V;质量扫描范围30 ~ 550 amu;离子源温度230 °C;四极杆温度150 °C.

1.3.2 香味物质提取量的计算方法 使用Nist02标准图库对其定性,假定相对校正因子(相对于内标)为1,对各种香味物质按照下式进行定量计算:

$$\text{香味物质提取量}/(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}) = \frac{\text{香味物质峰面积} \times \text{内标质量} \times 1\,000}{\text{内标峰面积} \times \text{烟样质量} \times (1 - \text{含水率})}$$

1.4 数据分析

采用SPSS 16.0以及DPS 8.01等软件对实验数据进行统计分析.

2 结果与分析

2.1 云南烟区烟叶致香物质的描述性统计

云南烟区烟叶致香物质描述性统计结果见表1. 由表1可知,酮类、醇类、醛类、酯类、酚类、呋喃类和氮杂环类含量分别平均为113.69 μg/g,44.5 μg/g,20.62 μg/g,53.66 μg/g,43.81 μg/g,22.07 μg/g和15.25 μg/g;变异系数除酚类(60.36%)和脂类(38.77%)较大外,其余均<30%;就峰度系数来说,醇类<0,为平阔峰,其余致香物质均>0,为尖峭峰,但是除酚类的数值较大外,其余系数均较小,接近于正态分布;就偏度系数来说,所有致香物质均为正值,为右偏峰.

表1 云南烟区烟叶致香物质的描述性统计 μg/g

致香基团	平均	最小值	最大值	标准差	变异系数	峰度系数	偏度系数
酮类	113.69	63.15	177.62	21.18	18.63	0.10	0.47
醇类	44.50	24.85	69.85	10.00	22.48	-0.23	0.56
醛类	20.62	13.26	35.79	4.65	22.57	0.93	1.00
酯类	53.66	16.52	116.14	20.80	38.77	0.07	0.69
酚类	43.81	12.34	146.45	26.44	60.36	3.26	1.71
呋喃类	22.07	15.00	36.25	4.24	19.21	0.65	0.83
氮杂环类	15.25	8.61	29.74	4.13	27.08	0.74	0.93

2.2 云南烟区烟叶致香物质与土壤养分的相关分析

云南烟区烟叶致香物质与土壤养分间的相关分析结果见表2.

表2 烟叶致香物质与土壤养分间的相关分析

指标	酮类	醇类	醛类	酯类	酚类	呋喃类	氮杂环类
pH 值	0.119 3	0.083 8	-0.039 6	-0.104 0	-0.006 5	-0.110 6	0.156 6
有机质	0.607 1**	0.525 8**	0.411 5**	0.234 3*	0.288 3**	0.353 1**	0.343 0**
碱解氮	0.616 3**	0.526 7**	0.449 3**	0.316 5**	0.463 4**	0.302 5**	0.361 6**
速效磷	0.504 1**	0.467 1**	0.447 6**	0.184 7	0.423 8**	0.441 3**	0.396 9**
速效钾	0.586 7**	0.371 8**	0.277 3**	-0.039 1	0.163 1	0.204 3*	0.311 9**
交换性镁	-0.021 7	0.063 9	-0.003 9	-0.020 7	-0.067 3	0.159 3	0.09 8
交换性钙	0.012 4	0.001 4	-0.011 4	0.049 0	-0.141 6	0.027 4	-0.071 9
氯	0.172 7	0.137 2	0.089 3	-0.075 3	0.001 2	0.034 1	0.034 2
有效硼	0.066 8	0.009 3	0.047 5	0.126 0	0.091 8	0.070 5	0.078 9
有效硫	0.049 5	0.038 4	0.057 0	-0.154 1	-0.066 3	0.113 7	0.085 5

注:*表示显著相关;**表示极显著相关。

由表2可知:烟叶致香物质酮类与土壤养分有机质、碱解氮、速效磷、速效钾呈极显著相关关系,相关系数分别为0.607 1,0.616 3,0.504 1和0.586 7;醇类与有机质、碱解氮、速效磷、速效钾呈极显著相关关系,相关系数分别为0.525 8,0.526 7,0.467 1和0.371 8;醛类与有机质、碱解氮、速效磷、速效钾呈极显著相关关系,相关系数分别为0.411 5,0.449 3,0.447 6和0.277 3;酯类与碱解氮呈极显著相关关系,相关系数为0.316 5,与有机质呈显著相关关系,相关系数为0.234 3;酚类与有机质、碱解氮、速效磷呈极显著相关关系,相关系数分别为0.288 3,0.463 4和0.423 8;呋喃类与有机质、碱解氮、速效磷呈极显著相关关系,相关系数分别为0.353 1,0.302 5和0.441 3,与速效钾呈显著相关关系,相关系数为0.204 3;氮杂环类与有机质、碱解氮、速效磷、速效钾呈极显著相关关系,相关系数分别为0.343 0,0.361 6,0.396 9和0.311 9。

2.3 云南烟区烟叶致香物质与土壤养分的典型相关分析

云南烟区烟叶致香物质与土壤养分的典型相关分析结果见表3。由表3可知:烟叶致香物质与土壤养分的典型相关系数中,第I个典型变量相关系数达到了极显著水平($\lambda_1 = 0.797 2^{**}$),第II个典型变量相关系数也达到了显著水平($\lambda_2 = 0.495 1^*$),后面的5个典型相关系数未达到显著水平,因此,前2组典型变量具有统计学意义。

由于原始变量的测量单位不同,不宜直接进行比较,本文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 $r_{i\mu}$,烟叶致香物质与土壤养分的典型变量和与典型变量有关性状的相关系数结果见表4。由表4

可知,典型变量 I 的构成为

表3 烟叶致香物质与土壤养分的典型相关系数的显著性检验

典型相关系数(λ)	卡方值(χ^2)	自由度(df)	P 值(α)
0.797 2**	163.073 6	70	0.000 1
0.495 1*	72.236 5	54	0.049 3
0.451 6	46.927 3	40	0.207 9
0.377 0	26.397 3	28	0.551 2
0.287 7	12.603 5	18	0.814 6
0.211 1	4.825 7	10	0.902 5
0.089 4	0.721 7	4	0.948 6

注:*表示显著相关;**表示极显著相关。

表4 典型变量和与典型变量有关性状的相关系数

性状	典型变量 I		典型变量 II	
	m_i	$r_{i\mu}$	m_i	$r_{i\mu}$
pH 值	0.122 5	0.154 2	0.223 0	-0.196 6
有机质	0.329 2	0.786 1	-0.308 3	-0.151 8
碱解氮	0.364 5	0.784 5	0.510 5	0.155 0
速效磷	0.301 7	0.610 8	0.655 8	0.476 8
速效钾	0.345 4	0.746 1	-0.654 3	-0.441 5
交换性镁	-0.007 2	-0.039 2	0.162 0	0.166 4
交换性钙	-0.045 2	0.040 5	-0.353 3	-0.369 2
氯	-0.019 6	0.243 0	-0.398 9	-0.354 3
有效硼	0.015 1	0.060 0	0.119 1	0.228 3
有效硫	-0.003 9	0.054 4	0.100 0	-0.095 2
致香物质	l_i	$r_{i\mu}$	l_i	$r_{i\mu}$
酮类	0.983 0	0.992 1	-0.763 0	0.074 6
醇类	0.180 9	0.804 7	-0.170 3	0.300 2
醛类	0.090 3	0.657 9	-0.658 8	0.373 3
酯类	0.018 4	0.280 9	0.024 0	0.448 1
酚类	-0.108 0	0.571 6	1.193 2	0.728 0
呋喃类	-0.110 2	0.519 5	0.699 7	0.401 8
氮杂环类	-0.107 1	0.619 8	0.443 9	0.435 5

$$\mu_1 = 0.1225X_1 + 0.3292X_2 + 0.3645X_3 + 0.3017X_4 + 0.3454X_5 - 0.0072X_6 - 0.0452X_7 - 0.0196X_8 + 0.0151X_9 - 0.0039X_{10}$$

$$v_1 = 0.9830Y_1 + 0.1809Y_2 + 0.0903Y_3 + 0.0184Y_4 - 0.1080Y_5 - 0.1102Y_6 - 0.1071Y_7$$

典型变量 II 的构成为

$$\mu_2 = 0.2230X_1 - 0.3083X_2 + 0.5105X_3 + 0.6558X_4 - 0.6543X_5 + 0.1620X_6 - 0.3533X_7 - 0.3989X_8 + 0.1191X_9 + 0.1000X_{10}$$

$$v_2 = -0.7630Y_1 - 0.1703Y_2 - 0.6588Y_3 + 0.0240Y_4 + 1.1932Y_5 + 0.6997Y_6 + 0.4439Y_7$$

在达到极显著水平的第 1 对典型变量(μ_1, v_1)中,由于 μ_1 与土壤养分有机质、碱解氮、速效钾和速效磷存在较高的相关关系,相关系数分别为 0.786 1, 0.784 5, 0.746 1 和 0.610 8,而由于 v_1 与烟叶致香物质酮类、醇类、醛类和氮杂环类含量存在较高的相关关系,相关系数分别为 0.992 1, 0.804 7, 0.657 9 和 0.619 8,这一线性组合反映出在一定范围内,就云南部分烟区来说,随着土壤养分有机质、碱解氮、速效钾和速效磷含量的增加,烟叶致香物质酮类、醇类、醛类和氮杂环类含量呈现增加的趋势。

在达到显著水平的第 2 对典型变量(μ_2, v_2)中,

由于 μ_2 与速效磷含量存在较高的相关关系,相关系数为 0.476 8,与速效钾、交换性钙和氯含量存在较高的负相关关系,相关系数分别为 -0.441 5, -0.369 2 和 -0.354 3,而由于 v_2 与烟叶酚类和酯类存在较高的正相关关系,相关系数分别为 0.728 0, 0.448 1,这一线性组合反映出在一定范围内,随着土壤养分速效磷含量的提高,速效钾、交换性钙和氯含量的降低,烟叶致香物质酚类有提高的趋势。

从典型冗余分析可以看出,第 1 组典型变量可以解释 16.27% 的组内变异,并解释 13.44% 的另一组变异;第 2 组典型变量可以解释 9.41% 的组内变异,并解释 7.29% 的另一组变异。

2.4 云南烟区烟叶致香物质与土壤养分的灰色关联分析

本研究将土壤养分指标作为比较数列,烟叶致香物质作为参考数列,并对各分析数据进行无量纲化处理,云南烟区烟叶致香物质与土壤养分的灰色关联度分析结果见表 5 和表 6。

通过对土壤养分与烟叶致香物质的灰色关联度分析,可将土壤养分对烟叶致香物质的贡献大小进行排序,与酮类、醇类关联度最大的是碱解氮、有机质和速效钾,与醛类关联度最大的是有机质、速效磷和速效钾,与酯类关联度最大的是碱解氮、有机

表 5 烟叶致香物质与土壤养分间的灰色关联分析

关联矩阵	酮类	醇类	醛类	酯类	酚类	呋喃类	氮杂环类
碱解氮	0.838 3	0.794 0	0.786 6	0.781 4	0.788 8	0.759 1	0.745 3
有机质	0.837 2	0.792 5	0.793 0	0.777 2	0.777 8	0.766 7	0.754 5
速效钾	0.820 3	0.783 9	0.787 6	0.750 2	0.773 4	0.767 5	0.760 6
速效磷	0.806 8	0.778 6	0.792 7	0.757 6	0.781 0	0.777 8	0.781 5
有效硫	0.778 6	0.749 4	0.779 9	0.750 4	0.785 9	0.759 0	0.761 2
pH 值	0.760 5	0.736 7	0.734 6	0.730 6	0.748 8	0.706 9	0.732 3
氯	0.756 1	0.728 8	0.745 9	0.727 3	0.747 2	0.720 0	0.705 4
有效硼	0.752 9	0.728 8	0.731 1	0.741 9	0.738 6	0.745 1	0.732 3
交换性钙	0.751 1	0.722 0	0.748 2	0.754 9	0.748 2	0.727 4	0.729 6
交换性镁	0.743 3	0.739 9	0.747 9	0.741 6	0.756 9	0.743 0	0.731 7

表 6 烟叶致香物质和土壤养分指标的灰色关联度序列

致香物质	化学成分指标序列
酮类	碱解氮 > 有机质 > 速效钾 > 速效磷 > 有效硫 > pH 值 > 氯 > 有效硼 > 有效钙 > 有效镁
醇类	碱解氮 > 有机质 > 速效钾 > 速效磷 > 有效硫 > 有效镁 > pH 值 > 氯 > 有效硼 > 有效钙
醛类	有机质 > 速效磷 > 速效钾 > 碱解氮 > 有效硫 > 有效钙 > 有效镁 > 氯 > pH 值 > 有效硼
酯类	碱解氮 > 有机质 > 速效磷 > 有效钙 > 有效硫 > 速效钾 > 有效硼 > 有效镁 > pH 值 > 氯
酚类	碱解氮 > 有效硫 > 速效磷 > 有机质 > 速效钾 > 有效镁 > pH 值 > 有效钙 > 氯 > 有效硼
呋喃类	速效磷 > 速效钾 > 有机质 > 碱解氮 > 有效硫 > 有效硼 > 有效镁 > 有效钙 > 氯 > pH 值
氮杂环类	速效磷 > 有效硫 > 速效钾 > 有机质 > 碱解氮 > 有效硼 > pH 值 > 有效镁 > 有效钙 > 氯

质和速效磷,与酚类关联度最大的是碱解氮、有效硫和速效磷,与呋喃类关联度最大的是速效磷、速效钾和有机质,与氮杂环类关联度最大的是速效磷、有效硫和速效钾。总之,与云南烟区烟叶致香物质关联度最大的土壤养分为碱解氮、有机质、速效钾和速效磷等。

3 结论

本文选择云南主要烤烟生产区域 359 份烟叶样品,研究了烟叶致香物质与若干土壤养分指标的关系,主要结论如下:

1) 致香物质在烟叶中的平均含量排序为酮类 > 酯类 > 醇类 > 酚类 > 呋喃类 > 醛类 > 氮杂环类。

2) 烟叶致香物质与有机质、碱解氮、速效磷和速效钾含量呈极显著或显著正相关关系。

3) 典型相关分析表明,在一定范围内,随着土壤养分有机质、碱解氮、速效钾和速效磷含量的增加,云南烟区烟叶致香物质中的酮类、醇类、醛类和氮杂环类含量呈现增加的趋势。

值得注意的是,烤烟致香物质还与基因型和生态因素有密切的关系,基因型决定了烤烟香气的遗传基础^[17],生态因素决定烟叶的香气类型和风格。今后的研究还应考虑生态因素、品种等影响要素,才能更准确地揭示土壤养分指标与烤烟致香基因的关系。

参考文献:

- [1] 王瑞新. 烟草化学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003: 84-205.
- [2] Weeks W W. Chemistry of tobacco constituents influencing flavor and aroma[J]. Recent Advances in Tobacco Science, 1985(11): 175.
- [3] 王绍坤, 罗华元, 王玉, 等. 不同烤烟品种主要挥发性香气物质含量的比较与分析[J]. 中国烟草科学, 2011, 32(4): 10.
- [4] 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[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2004, 30(1): 20.
- [5] 赵铭钦, 陈秋会, 陈红华. 中外烤烟烟叶中挥发性香气物质的对比分析[J]. 华中农业大学学报, 2007, 26(6): 875.
- [6] 韩冰, 刘惠民, 谢复炜, 等. 卷烟主流烟气中挥发和半挥发性成分分析[J]. 烟草科技, 2009(10): 32.
- [7] 孔浩辉, 郭璇华, 沈光林. 卷烟烟丝热裂解产物香味成分分析[J]. 烟草科技, 2009(5): 38.
- [8] 武雪萍, 钟秀明, 秦艳青, 等. 芝麻饼肥与化肥不同比例配施对烟叶香气质量的影响[J]. 作物学报, 2006, 32(10): 1554.
- [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[J]. 中国烟草科学, 2004, 25(4): 1.
- [10] 胡小曼, 李佛琳, 杨焕文, 等. 丽江烟区烤烟烟叶致香物质和常规化学成分及其相关性研究[J]. 云南农业大学学报, 2011, 26(S2): 41.
- [11] 赵铭钦, 陈秋会, 赵明山, 等. 南阳地区生态条件对不同基因型烤烟品种烟叶化学成分和香气物质含量的影响[J]. 中国烟草学报, 2008, 14(1): 37.
- [12] 李丹丹, 毕庆文, 许自成, 等. 湖北兴山烟区土壤养分和烟叶质量特点分析[J]. 江西农业大学学报, 2008, 30(3): 455.
- [13] 张秋菊, 江厚龙, 刘国顺, 等. 植烟土壤养分的空间变异性研究[J]. 河南农业大学学报, 2011, 45(1): 116.
- [14] 罗建新, 石丽红, 龙世平. 湖南主产烟区土壤养分状况与评价[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2005, 31(4): 376.
- [15] 袁家富, 徐祥玉, 赵书军, 等. 恩施烟区土壤养分状况调查[J]. 中国烟草科学, 2011, 32(S1): 93.
- [16] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999: 25-49.
- [17] 史宏志, 刘国顺. 烟草香味学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998: 4-13.