

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2015.10.004

土壤-气候、烟草品种及其互作和烟叶等级对烟叶致香物质质量分数的影响^①

黄爱纓¹, 木志坚², 蒋珍茂², 黄 韡³,
查宏波³, 倪 霞³, 王 强², 魏世强²

1. 西南大学 农学与生物科技学院, 重庆 400716; 2. 西南大学 资源环境学院, 重庆 400716;
3. 云南省烟草公司昭通市公司, 云南 昭通 657000

摘要: 在云南昭通 10 个植烟生态区进行田间试验, 以探讨土壤-气候、烟草品种及其互作和烟叶等级(部位)对烟叶中 8 类致香物质(酮类、醛类、醇类、酚类、酯/内酯类、酸类、杂环类和烯烃类)的影响. 结果表明, 昭通烟叶酮类和醛类质量分数相对较高, 酚类、杂环类和烯烃类质量分数处于中等水平, 醇类、酯/内酯类和酸类质量分数则相对较低. 在不同土壤-气候和烟草品种条件下, 各类致香物质质量分数的差异程度相对较低; 但在不同烟叶等级下, 各类致香物质质量分数差异均有统计学意义, 且上、中部烟叶(B2F 和 C3F 等级)中的质量分数明显高于下部(X2F)烟叶. 土壤-气候、烟草品种及其互作和烟叶等级对昭通烟叶各类致香物质质量分数总变异的贡献率分别为 15.6%, 8.2%, 11.5% 和 64.7%, 可见烟叶等级(部位)对致香物质质量分数的综合影响最大, 其他因素的影响则相对较弱. 众多土壤-气候因素与烟叶致香物质质量分数有相关性, 但其作用是次要的. 相反, 烟草不同部位致香物质的合成与代谢能力差异可能才是决定烟叶致香物质质量分数的主导因素.

关键词: 土壤-气候; 烟草品种; 烟叶等级; 交互作用; 致香物质

中图分类号: S572 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9868(2015)10-0022-08

致香物质的种类、组成及质量分数是决定烟叶香气质量和香型风格的内在要素, 也是设计卷烟配方的重要依据^[1]. 针对烟叶中香气物质的成分、遗传特性、生理代谢途径以及耕作栽培措施和生态环境等因素的影响已进行了大量的研究^[2-5]. 品种基因型和生态被认为是影响烤烟香气质量的两个关键因素, 但在基因型和环境因素影响烤烟香气物质的研究中多偏重于单一因素的效应, 对有关基因型和环境对烤烟香气物质的互作效应以及基因型和环境谁为主导因子等问题则缺乏深入研究^[5-6]. 昭通烟区是云南主要烟叶产区之一, 目前年产烟叶约 50 Mkg, 其境内土壤与气候的区域差异及变化十分明显. 本研究试图通过对昭通市 10 个典型植烟生态区土壤、气象和不同品种烟叶致香成分质量分数的调查分析, 探讨土壤-气候、烟草品种及其交互作用和烟叶等级对烟叶致香物质质量分数的影响, 以为该烟区科学择优布局、因地制宜采用烟叶生产技术措施、提升烟叶品质和促进特色烟叶的开发提供基本依据.

1 材料与方法

1.1 田间试验方法

在昭通市 7 个种烟区县的 10 个具有典型局地土壤-气候特征的微生态区即村社, 选择土地连片、肥力中

① 收稿日期: 2013-12-24
基金项目: 云南省烟草专卖局(公司)资助项目(2010YN24, 西南大学 ZY2010-115); 国家科技支撑计划课题(2012BAD15B04-003).
作者简介: 黄爱纓(1969-), 女, 四川成都人, 博士, 副教授, 主要从事植物生理生化的研究.
通信作者: 魏世强.

等的地块,于 2011 年进行田间布点试验(表 1). 试验地土壤类型除巧家县白鹤滩镇法土村为紫色土、彝良县海子乡瓦厂村为红壤外,其他皆为黄壤. 供试烤烟品种有 8 个,即云烟 87,云烟 97,红花大金元,KRK26,K326,云烟 203,PVH19,云烟 99. 每个品种种植 0.3~0.4 hm²,不设重复. 其中,红花大金元,KRK26,K326 和云烟 203 在威信没有种植,PVH19 在大关没有种植,因此整个研究的试验地有 75 块. 烟苗的育苗方式全部为漂浮育苗,移栽期为 5 月上旬至中旬,移栽规格为行距 110~120 cm,株距 50~60 cm. 基肥采用专用复合肥(N:P₂O₅:K₂O 比例为 10:14:24),定位环形施肥,施用量为 600~825 kg/hm². 追肥期在 5 月下旬至 6 月中旬,施用硝酸钾(N:K₂O 比例为 14:47)225~300 kg/hm². 其他栽培管理措施按照当地烤烟栽培技术规范统一操作. 在每个试验点建立 1 个自动气象站,以 10 min 间隔记录主要气象观测值. 各试验点 2011 年烟草不同生长期的主要气象观测值见表 1.

表 1 试验点的地理位置以及烟草不同生长期的气象要素值

试验点	经度	纬度	海拔/ m	生长期	降雨量/	日均温/	昼夜温差/	相对湿度/	总日照时数/	总辐射/
					mm	℃	℃	%	h	(W·m ⁻²)
昭阳区布嘎乡	103°43′	27°14′	1 983	伸根期	81	16.1	4.9	62	274	197 060
				旺长期	136	19.1	4.9	70	357	260 336
				成熟期	113	18.9	5.4	69	496	347 672
鲁甸县桃源乡	103°37′	27°09′	1 965	伸根期	90	15.9	5.5	64	280	193 118
				旺长期	141	19.2	5.3	70	380	254 121
				成熟期	137	18.9	5.9	71	534	346 236
鲁甸龙头山乡	103°23′	27°05′	1 630	伸根期	105	18.9	4.0	57	294	201 077
				旺长期	117	21.9	4.1	64	391	258 792
				成熟期	121	22.1	4.6	62	568	368 897
巧家白鹤滩镇	102°57′	26°57′	1 699	伸根期	194	19.0	2.8	60	287	202 763
				旺长期	325	21.5	2.6	70	366	250 994
				成熟期	325	21.5	3.1	67	516	339 789
镇雄赤水源乡	104°47′	27°28′	1 610	伸根期	75	16.1	6.5	73	241	175 506
				旺长期	155	19.3	5.8	78	303	231 973
				成熟期	401	19.2	6.4	77	445	320 703
镇雄县堰塘乡	105°13′	27°36′	1 434	伸根期	71	18.2	4.1	67	224	185 199
				旺长期	204	21.1	3.9	74	282	234 283
				成熟期	274	21.1	4.3	73	452	339 105
彝良县龙街乡	104°03′	27°21′	1 788	伸根期	63	17.0	5.3	66	260	185 053
				旺长期	152	19.9	5.2	74	332	243 327
				成熟期	183	19.7	5.2	75	459	332 372
彝良县海子乡	104°17′	27°35′	1 527	伸根期	48	18.0	5.1	64	267	178 300
				旺长期	97	20.9	5.1	71	359	234 973
				成熟期	154	21.1	5.4	70	487	322 616
威信县林凤乡	104°49′	27°52′	1 331	伸根期	131	17.4	4.5	73	230	208 229
				旺长期	228	20.3	4.4	81	293	266 659
				成熟期	319	20.6	4.6	78	423	373 052
大关县翠华镇	103°52′	27°49′	1 333	伸根期	89	18.7	3.7	66	211	175 651
				旺长期	172	21.2	3.5	74	261	222 482
				成熟期	222	21.3	3.9	75	394	316 644

1.2 烟叶取样及分析测定项目

在 8 月初至 9 月底烟叶成熟期间,每个品种按试验点取上、中、下部位烟样各 5 kg. 选取当地所产烟叶数量最大的色组取样,即烟叶质量以橘黄色为主的分别取 B2F,C3F,X2F 3 个等级,共取烟叶样品 225 个.

样品致香物质的检测参考张强等^[7]的方法,并依照董高峰等^[8]的方法将检测到的 69 种致香物质按官能团分为酮类、醛类、醇类、酚类、酯/内酯类、酸类、杂环类和烯烃类,分别计算各类致香物质的总量。

1.3 土壤取样及分析测定项目

于 7 月烟叶现蕾至封顶期间,在每个品种种植地块内,通过蛇型取样法在垄上植株附近采集表层(0~25 cm)土壤,取样时尽量避开施肥位点,多点土样(5~10 个点)均匀混合、四分法反复取舍至剩下 2 kg,自然风干。共采集 75 个土样。样品用玛瑙研钵磨碎过筛后,依照《土壤农业化学分析法》^[9]中的方法测定 pH 值、有机质、全氮、速效氮、全磷、有效磷、全钾、速效钾、水溶性氯、交换性钙、交换性镁、有效硼、有效钼、有效铜、有效锌等指标。

1.4 数据统计分析

本试验涉及土壤-气候、烟草品种和烟叶等级 3 个因素,其中土壤-气候有 10 个水平(试验点)、烟草品种有 8 个水平、等级有 3 个水平。由于部分品种在有些试验点没有种植,测试烟叶又是采自同一品种的上、中、下部位,因此试验数据具有非平衡性和重复性。据此,采用 SAS 9.3 for Windows 统计软件包的混合模型(Mixed model)程序进行重复测量方差分析(Repeated Measures Analysis of Variance),以检验试验因素的效应是否有统计学意义,并利用 Fisher LSD 法进行多重比较分析。在重复测量方差分析时,将土壤-气候和烟草品种作为分组因素、烟叶等级作为重复测量因素。另外,引入偏 Eta 平方值(η^2_{partial})来比较试验因素及其互作对烟叶各致香成分质量分数变异的贡献率大小^[10]。当 $\eta^2_{\text{partial}} < 0.06$ 时表示弱影响效应,0.06~0.16 为中度效应, $\eta^2_{\text{partial}} > 0.16$ 时为强效应^[11]。在因素效应显著性检验的基础上,采用逐步回归法进一步筛分影响烟叶致香物质质量分数的主要土壤和气象因子。以显著性水平 $p = 0.05$ 作为自变量取舍的临界值。

2 结果分析

2.1 烟叶致香成分的基本统计量分析

不同类致香物质的质量分数差异较大,以烯烃类最高,酚类最低(表 2 至表 4)。同一类致香物质,在不同土壤-气候条件(试验点)和不同品种的烟叶中质量分数变化较小,但在不同等级的烟叶中变化较大。在不同土壤-气候条件下,醇类和酸类物质质量分数的变异系数略大于 10%,属中等变异强度,其他 6 类致香物质质量分数的变异系数则都小于 10%,因而呈弱变异性。在不同烟叶品种下各类致香物质质量分数皆呈弱变异性,但在不同烟叶等级下,除了烯烃类质量分数呈弱变异性外,其他 7 类致香物质都呈中等变异强度。多重比较分析表明,在不同试验点间,醛类、酚类、酯/内酯类和烯烃类的质量分数差异无统计学意义,但酮类、醇类、酸类和杂环类的质量分数差异在一定程度上有统计学意义(表 2)。除酮类外,其他 7 类致香物质的质量分数在不同烟草品种间差异均无统计学意义。8 类致香物质质量分数在不同烟叶等级间差异有统计学意义(表 3 和表 4)。一般 B2F 和 C3F 等级(也就是中上部)烟叶的致香物质质量分数明显高于 X2F 等级(下部)烟叶。

表 2 不同土壤-气候条件下烟叶致香成分质量分数(mg/kg)的基本统计分析

试验点	样本数	酮类	醛类	醇类	酚类	酯/内酯类	酸类	杂环类	烯烃类
昭阳区布嘎乡	24	53.0ab	7.53a	18.1ab	2.34a	10.8a	15.0abc	5.26b	428a
鲁甸县桃源乡	24	49.9a	7.61a	16.5ab	2.10a	9.15a	10.7a	4.87ab	400a
鲁甸龙头山乡	24	62.7c	7.25a	17.6ab	2.16a	10.4a	11.8ab	4.76ab	422a
巧家县白鹤滩	24	50.2a	8.07a	15.5a	2.20a	10.2a	12.2ab	4.41a	403a
镇雄赤水源乡	24	50.5a	7.02a	21.4abc	2.25a	10.5a	16.9c	5.37b	424a
镇雄县堰塘乡	21	54.8abc	6.73a	19.7abc	2.00a	9.12a	12.5ab	5.35b	453a
彝良县龙街乡	24	51.1a	6.88a	26.8c	2.17a	10.2a	14.3abc	4.79ab	393a
彝良县海子乡	24	60.7bc	7.13a	23.1bc	2.23a	10.5a	15.3bc	4.83ab	423a
威信县林凤乡	12	48.9a	6.90a	26.8c	2.29a	10.4a	13.1abc	4.47a	418a
大关县翠华镇	21	61.2bc	7.59a	21.0abc	2.30a	11.5a	14.9abc	4.69ab	423a
平均值		54.3	7.27	20.6	2.20	10.3	13.7	4.88	419
变异系数/%		9.73	5.78	19.3	4.62	6.89	13.9	7.02	4.06

注:不同小写字母表示同一致香成分在不同土壤-气候条件下差异有统计学意义($p < 0.05$)。

表 3 不同烟草品种对烟叶致香成分质量分数(mg/kg)的基本统计分析

烟草品种	样本数	酮类	醛类	醇类	酚类	酯/内酯类	酸类	杂环类	烯炔类
云烟 87	30	58.6bc	7.09a	20.1a	2.12a	10.0a	13.5a	4.74a	402a
云烟 97	30	53.4abc	7.64a	22.3a	2.18a	10.7a	13.9a	5.16a	415a
红花大金元	24	53.2abc	7.38a	19.1a	2.23a	10.1a	12.8a	5.12a	418a
KRK26	27	61.2c	7.81a	20.9a	2.55a	10.6a	13.3a	5.30a	426a
K326	27	56.4abc	7.26a	19.5a	2.20a	10.6a	14.8a	4.86a	424a
云烟 203	27	49.4ab	7.67a	22.3a	2.44a	10.8a	14.0a	5.14a	416a
PVH19	27	55.3abc	6.77a	18.5a	2.05a	9.61a	12.7a	4.48a	435a
云烟 99	30	48.5a	6.77a	19.4a	1.89a	9.70a	14.5a	4.46a	411a
平均值		54.5	7.30	20.3	2.21	10.3	13.7	4.91	418
变异系数/%		7.93	5.50	7.11	9.47	4.58	5.51	6.58	2.40

注：不同小写字母表示同一致香成分在不同品种间差异有统计学意义($p<0.05$)。

表 4 不同烟叶等级对烟叶致香成分质量分数(mg/kg)的基本统计分析

烟叶等级	样本数	酮类	醛类	醇类	酚类	酯类-内酯	酸类	杂环类	烯炔类
B2F	74	66.3c	8.14b	23.9b	2.50b	11.3b	13.5b	5.64b	436b
C3F	74	55.7b	8.54b	22.0b	2.42b	11.7b	16.8c	5.35b	419ab
X2F	74	41.5a	5.21a	15.0a	1.69a	7.76a	10.8a	3.70a	400a
平均值		54.5	7.30	20.3	2.20	10.3	13.7	4.90	418
变异系数/%		22.8	24.9	23.1	20.3	21.1	21.9	21.4	4.31

注：不同小写字母表示同一致香成分在不同烟叶等级间差异有统计学意义($p<0.05$)。

2.2 土壤-气候、烟叶品种和烟叶等级对烟叶致香成分的影响

将土壤-气候和烟草品种作为分组因素、烟叶等级作为重复测量因素进行方差分析，结果见表 5。烟叶醛类、酚类、烯炔类质量分数在不同土壤-气候条件下的差异无统计学意义($p>0.09$)，相应的偏 Eta^2 平方值(η^2_{partial})也小于 0.06，表明土壤-气候因素对这些致香物质质量分数的影响很弱。相反，烟叶酮类、醇类、酸类质量分数在不同土壤-气候栽培条件下差异均有统计学意义($p<0.002$)，并且相应的 η^2_{partial} 在 0.06~0.16 之间，所以土壤-气候对这些致香成分的质量分数具有中度影响效应。土壤-气候条件对其他烟叶致香成分如酯/内酯类和杂环类质量分数具有一定的影响，但程度较弱。在不同烟草品种间，烟叶醛类、醇类、酯/内酯类、酸类和烯炔类质量分数差异无统计学意义($p>0.3$)，但酮类、酚类和杂环类质量分数的差异均有统计学意义($p<0.02$)。从 η^2_{partial} 值看，烟草品种对烟叶酮类和酚类质量分数具有中度影响效应，对其他致香成分则为弱影响效应。土壤-气候和烟草品种的交互，除了对烟叶酸类致香成分的影响有统计学意义($p<0.006$)外，对其他成分的影响无统计学意义($p>0.06$)。根据 η^2_{partial} 值，土壤-气候和烟草品种交互对烟叶酮类和酸类致香成分质量分数具有中度影响效应，对其他成分的质量分数则为弱影响效应。8 类致香物质的质量分数在烟叶不同等级下的差异均有统计学意义($p<0.003$)。从 η^2_{partial} 值看，烟叶等级对烯炔类质量分数为弱影响效应，对其他 7 类致香物质质量分数则具有强影响效应。

将与土壤-气候、烟草品种及其交互和烟叶等级对应的各烟叶致香成分的 η^2_{partial} 算术平均，其值分别为 0.065, 0.034, 0.048, 0.270；转换成百分率后，其值分别为 15.6%, 8.2%, 11.5%, 64.7%。这表明土壤-气候、品种及其交互和烟叶等级对 8 类致香物质质量分数总变异的贡献率分别为 15.6%, 8.2%, 11.5%, 64.7%，烟叶部位(等级)对烟叶致香物质质量分数的综合影响最大，土壤-气候条件与烟草品种及其交互的影响则相对很弱。

表 5 土壤-气候、烟草品种和烟叶等级对烟叶致香成分质量分数影响的重复测量方差分析

致香成分	变异来源	Num <i>DF</i>	Den <i>DF</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	η^2_{partial}
酮类	土壤-气候	9	146	5.65	<0.000 1	0.156
	烟草品种	7	146	4.84	<0.000 1	0.106
	烟叶等级	2	146	105.57	<0.000 1	0.482
	土壤-气候×烟草品种	57	146	1.38	0.065 5	0.085
醛类	土壤-气候	9	146	0.58	0.81	0.018
	烟草品种	7	146	0.67	0.697 3	0.011
	烟叶等级	2	146	39.14	<0.000 1	0.253
	土壤-气候×烟草品种	57	146	0.8	0.831 1	0.057
醇类	土壤-气候	9	146	5.06	<0.000 1	0.139
	烟草品种	7	146	1.01	0.428 6	0.001
	烟叶等级	2	146	24.71	<0.000 1	0.174
	土壤-气候×烟草品种	57	146	1.01	0.477	0.001
酚类	土壤-气候	9	146	0.78	0.632 6	0.009
	烟草品种	7	146	3.72	0.001	0.078
	烟叶等级	2	146	42.5	<0.000 1	0.269
	土壤-气候×烟草品种	57	146	0.99	0.514 2	0.006
酯类-内酯	土壤-气候	9	146	2.06	0.036 3	0.041
	烟草品种	7	146	1.2	0.306	0.006
	烟叶等级	2	146	65.85	<0.000 1	0.366
	土壤-气候×烟草品种	57	146	0.89	0.690 8	0.032
酸类	土壤-气候	9	146	3.25	0.001 3	0.082
	烟草品种	7	146	0.57	0.782 8	0.014
	烟叶等级	2	146	25.75	<0.000 1	0.181
	土壤-气候×烟草品种	57	146	1.71	0.005 5	0.149
杂环类	土壤-气候	9	146	2.23	0.023	0.046
	烟草品种	7	146	2.59	0.015 2	0.047
	烟叶等级	2	146	72.71	<0.000 1	0.389
	土壤-气候×烟草品种	57	146	1.14	0.267 6	0.031
烯烃类	土壤-气候	9	146	1.69	0.096 1	0.026
	烟草品种	7	146	0.76	0.621 6	0.008
	烟叶等级	2	146	6.09	0.002 9	0.043
	土壤-气候×烟草品种	57	146	0.91	0.653 8	0.027

2.3 影响烟叶致香成分质量分数的主要土壤和气候因子

由上节可知, 烟叶不同等级间的致香物质质量分数差异较大, 因此, 以烟叶致香物质的质量分数为因变量, 土壤基本理化性质和烟草不同生长期的气候参数为解释变量, 按不同等级进行逐步回归分析, 结果见表 6 至表 8. 同一等级内不同致香物质的回归模型不同, 同一致香物质在不同等级下的回归模型也不同. 影响烟叶致香物质质量分数的土壤参数主要包括 pH、有机质、全氮、全钾、碱解氮、有效磷、交换性钾和镁、水溶性氯、有效硼、有效钼和有效锌, 气候因子则主要包括降雨量、日均温、昼夜温差、相对湿度、日照时数和辐射强度. B2F 等级烟叶的醛类和 C3F 等级烟叶的酚类与酯/内酯类质量分数与众多土壤和气候因子都没有相关性, 其他致香物质的质量分数则与不同的土壤和气候因子相关, 但这些土壤-气候因子及其组合只能解释致香物质质量分数变异的 6%~42%.

表 6 土壤-气候因子与 B2F 等级烟叶致香成分质量分数的逐步回归分析

解释变量		因 变 量						
		酮类	醇类	酚类	酯/内酯类	酸类	杂环类	烯炔类
土壤	有机质				—	—	+	
	全氮	—						
	碱解氮	+						
	有效磷	+						
	交换性钾			—				
	有效硼		—					+
	有效铝					+		
	有效锌		+					
气候	伸根期 降雨量		—			—	—	
	总辐射	—						
	旺长期 日均温	+						
	成熟期 总日照时数				—			
	Model R^2	0.42	0.29	0.06	0.17	0.30	0.22	0.07
	p -value	<0.000 1	<0.000 1	0.034	0.002	<0.000 1	0.000 2	0.02

注：“+”和“—”指在显著性水平取 $p<0.05$ 时保留在回归模型中的相应自变量的偏回归系数的符号。

表 7 土壤-气候因子与 C3F 等级烟叶致香成分质量分数的逐步回归分析

解释变量		因 变 量					
		酮类	醛类	醇类	酸类	杂环类	烯炔类
土壤	pH		—				
	全钾		+		—		
	碱解氮		—				
	水溶性氯	+					
	交换性钾		+			+	
气候	伸根期 降雨量				+		
	总日照时数			—			—
	总辐射		+				
	旺长期 降雨量	—			—		
	成熟期 降雨量				+		
	日均温	+					
	相对湿度						—
	Model R^2	0.38	0.36	0.09	0.28	0.10	0.23
	p -value	<0.000 1	<0.000 1	0.01	0.000 1	0.006	0.000 1

注：“+”和“—”指在显著性水平取 $p<0.05$ 时保留在回归模型中的相应自变量的偏回归系数的符号。

表 8 土壤-气候因子与 X2F 等级烟叶致香成分质量分数的逐步回归分析

解释变量		因 变 量						
		酮类	醛类	醇类	酚类	酯/内酯类	酸类	杂环类
土壤	pH	—						
	碱解氮		—	—	—	—		—
	水溶性氯					—		
	交换性镁				—			
气候	旺长期 相对湿度			+				
	成熟期 昼夜温差							+
	相对湿度					+		
	总日照时数						—	
	Model R^2	0.10	0.08	0.18	0.15	0.18	0.15	0.11
	p -value	0.007	0.015	0.001	0.004	0.003	0.0008	0.005

注：“+”和“—”指在显著性水平取 $p<0.05$ 时保留在回归模型中的相应自变量的偏回归系数的符号。

3 讨 论

昭通市 10 个试验点烟叶中酮类、醛类、醇类、酚类、酯/内酯类、酸类、杂环类和烯烃类致香物质的质量分数范围分别为 48.9~62.7, 6.73~8.07, 15.5~26.8, 2.00~2.34, 9.12~11.5, 10.7~16.9, 4.41~5.37 和 393~453 mg/kg, 平均值分别为 54.3, 7.27, 20.6, 2.20, 10.3, 13.7, 4.88 和 419 mg/kg(表 2)。文献报道的云南玉溪、红河等其他 12 个产烟区相应的烟叶致香物质的质量分数范围分别为 34.7~63.1, 4.49~7.95, 15.5~39.4, 1.73~2.84, 10.8~28.8, 12.6~27.9, 3.75~6.77 和 350~500 mg/kg^[8]。昭通烟叶不同致香物质的质量分数均在云南其他产烟区的质量分数范围之内, 其中, 酮类和醛类质量分数相对较高, 酚类、杂环类和烯烃类质量分数处于中等水平, 醇类、酯/内酯类和酸类质量分数则相对较低。

烟草品种与生态环境是影响烟叶质量的重要因素, 但是烟草品种、生态环境及其互作对烟叶致香物质的影响程度不同^[12]。丁燕芳等^[6]、赵铭钦等^[13]和刘洪杰等^[14]发现, 不同品种烤烟叶片中致香物质质量分数差异有统计学意义。于建军等^[15]则发现气候因素对烟叶巨豆三烯酮质量分数的直接影响最大。邓小华等^[5]的研究也表明, 气候对糠醛、大马烯酮等 5 种致香物质质量分数的综合影响最大, 其次为气候与土壤的互作, 再次为土壤。本研究却发现, 在不同土壤-气候和烟草品种条件下各类致香物质质量分数的差异程度相对较低, 但在不同烟叶等级下所有 8 类致香物质质量分数差异均有统计学意义且上、中部(即 B2F 和 C3F)烟叶质量分数明显高于下部(X2F)烟叶, 这与何永秋等^[16]、刘洪华等^[17]的结果基本一致。统计分析表明, 烟叶部位(等级)对昭通烟叶 8 类致香物质质量分数变异的总贡献率为 64.7%, 土壤-气候、烟草品种及其互作的相对贡献率则只有 8.2%~15.6%。同于建军等^[15]和邓小华等^[5]的研究结果一致, 逐步回归分析也发现众多土壤和气象因素(如土壤 pH 值、有机质、氮素质量分数、降雨量、日均温、相对湿度、日照时数、光辐射等)对昭通烟叶致香物质的质量分数有影响。然而, 这些土壤-气候因素或其组合只能解释昭通烟叶不同致香物质质量分数变异的 6%~42%。这表明烟草不同部位致香物质的合成能力和生理生化代谢差异可能是决定烟叶致香物质质量分数的主导因素^[18], 土壤和气候因素的作用则可能是次要而非决定性的。我们已有研究表明, 土壤-气候对昭通烟叶化学品质的影响最大, 而烟草品种的影响最小^[19]。当然, 本研究是基于对生态环境条件没有加以任何干预的大田试验, 所获得的烟叶致香物质质量分数反映的是烟草品种、生态环境和栽培措施综合作用的表现结果。今后可开展控制性试验研究, 以深入了解不同的品种特性和土壤、气候等因素对烟叶致香成分的影响及其机制。

参考文献:

[1] 杨 蕾, 杨 清, 李 勇. 基于烟叶挥发性成分分析的卷烟叶组配方设计 [J]. 烟草科技, 2010(8): 10—17.

[2] 周 昆, 周清明, 胡晓兰. 烤烟香气物质研究进展 [J]. 中国烟草科学, 2008, 29(2): 58—61.

[3] 刘彩云, 刘洪祥, 常志隆, 等. 烟草香气品质研究进展 [J]. 中国烟草科学, 2010, 31(6): 75—78.

[4] 岳 红, 赵昶灵, 毛自朝, 等. 耕作栽培措施对烤烟新植二烯含量影响的研究进展 [J]. 湖南农业科学, 2011(5): 32—34, 37.

[5] 邓小华, 谢鹏飞, 彭新辉, 等. 土壤和气候及其互作对湖南烤烟部分中性挥发性香气物质含量的影响 [J]. 应用生态学报, 2010, 21(8): 2063—2071.

[6] 丁燕芳, 李亚培, 张小全, 等. 基因型、环境及其互作对烤烟主要致香成分的影响 [J]. 西北农业学报, 2012, 21(3): 97—102.

[7] 张 强, 董高峰, 和智君, 等. 云南主产烟区烤烟中性致香物质含量的差异分析 [J]. 江西农业学报, 2012, 24(7): 80—84.

[8] 董高峰, 张 强, 孙 力, 等. 云南不同产区烤烟致香物质含量分析 [J]. 南方农业学报, 2012, 43(12): 2045—2050.

[9] 鲁如坤. 土壤农业化学分析法 [M]. 北京: 中国农业科学出版社, 1999.

[10] SAS. SAS/STAT® 9.3 User's Guide [M]. NC, USA: SAS Institute Inc, Cary, 2011: 3223—3225.

[11] 易建华, 彭新辉, 邓小华, 等. 气候和土壤及其互作对湖南烤烟还原糖、烟碱和总氮含量的影响 [J]. 生态学报, 2010, 30(16): 4467—4475.

[12] SUN B, ZHANG F, Chu G H. Effects of Different Environmental Locations on Alkaloid Accumulation in Tobacco Leav-

- es in China [J]. Journal of Food, Agriculture & Environment, 2013, 11(2): 1337–1342.
- [13] 赵铭钦, 李晓强, 韩 静, 等. 不同基因型烤烟中性致香物质含量的研究 [J]. 中国烟草学报, 2008, 14(3): 46–50.
- [14] 刘红杰, 习向银, 胡晓明, 等. 烤烟致香物质含量和腺毛密度的基因型差异 [J]. 中国烟草学报, 2011, 17(3): 42–47.
- [15] 于建军, 邵惠芳, 刘艳芳, 等. 四川凉山烤烟叶片巨豆三烯酮含量与生态因子的关系 [J]. 生态学报, 2009, 29(4): 1668–1674.
- [16] 何永秋, 刘国顺, 杨永锋, 等. 不同钾肥配施对烤烟石油醚提取物和中性致香物质的影响 [J]. 中国烟草学报, 2013, 19(1): 10–14.
- [17] 刘红华, 赵铭钦, 王付峰, 等. 有机无机肥配施对烤烟挥发性香气物质的影响 [J]. 中国烟草学报, 2010, 16(5): 65–71.
- [18] SALLAUD C, GIACALONE C, TOEPFER R, et al. Characterization of Two Genes for the Biosynthesis of the Labdane Diterpene Z-Abienol in Tobacco (*Nicotiana Tabacum*) Glandular Trichomes [J]. Plant Journal, 2012, 72(1): 1–17.
- [19] 黄爱缨, 木志坚, 蒋珍茂, 等. 土壤-气候和烟草品种及其互作对云南昭通烟叶化学品质的影响 [J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2014, 36(10): 55–63.

Effects of Soil-Climate Conditions, Tobacco Varieties and Their Interaction and Leaf Grade on the Contents of Aroma Components of Tobacco Leaves

HUANG Ai-ying¹, MU Zhi-jian², JIANG Zhen-mao², HUANG Wei³,
ZHA Hong-bo³, NI Xia³, WANG Qiang², WEI Shi-qiang²

1. School of Agronomy and Biotechnology, Southwest University, Chongqing 400716, China;

2. School of Resources and Environment, Southwest University, Chongqing 400716, China;

3. Zhaotong Company Affiliated to Yunnan Tobacco Corporation, Zhaotong, Yunnan 657000, China

Abstract: Field experiments were carried out in ten tobacco-planting eco-regions in Zhaotong of Yunnan Province to investigate the effects of soil and climate conditions, tobacco varieties and their interactions and leaf grades (leaf positions) on the contents of 8 aroma substances (ketones, aldehydes, alcohols, phenols, esters/lactones, acids, heterocyclic compounds and alkenes) in the tobacco leaves. The tobacco leaves in Zhaotong were found to be characterized by relatively high contents of ketones and aldehydes, medium levels of phenols, heterocyclic compounds and alkenes, and relatively low values of alcohols, esters/lactones and acids. The contents of various aroma groups were significantly different among various leaf grades with the values of upper and middle leaves (B2F and C3F) being higher than those of the lower leaves(X2F). The relative contribution of soil-climate, tobacco variety, their interactions and leaf grades to the overall variation of all aroma component contents was 15.6%, 8.2%, 11.5% and 64.7%, respectively, which indicated that leaf grade was an important factor in regulating the contents of all aroma components in tobacco leaves. Many soil and climate factors were found to be related to the contents of aroma components, but their effects might be very limited. In contrast, the difference in synthetic and metabolic capability of aroma compounds among different stalk positions might play a critical role in regulating the contents of aroma components for tobacco leaves.

Key words: soil-climate; tobacco variety; leaf grade; interactive effect; aroma component

