

网络出版时间:2013-11-21 17:28

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20131121.1728.014.html>

生态条件和种质因素对初烤烟叶 次生代谢产物含量的影响

耿召良¹, 李继新², 冯勇刚¹, 张 婕¹, 向章敏¹, 葛永辉¹,
周淑平¹, 蔡 凯¹, 朱显灵³

(1 贵州省烟草科学研究院, 贵州 贵阳 550081; 2 贵州省烟草公司, 贵州 贵阳 550004;

3 中国科学技术大学 烟草与健康研究中心, 安徽 合肥 230051)

【摘 要】 【目的】分析生态条件和种质因素对烤烟次生代谢产物含量的影响, 为低危害烟叶生产提供理论依据。【方法】从贵州道真县、威宁县、盘县和天柱县采集 K326、云烟 87 和贵烟 1 号 3 个烟草品种的 C3F 和 B2F 等级烟叶初烤样品, 测定不同烟叶样本有机酸类、生物碱、多酚类、甾醇类物质等主要次生代谢产物含量, 分析烤烟次生代谢产物含量的品种和地区差异性。【结果】同一地区 3 个品种(系)间的有机酸和生物碱含量差异不显著; 道真县和盘县不同品种间烟叶多酚类物质含量、威宁县和盘县不同品种间烟叶甾醇类物质含量的差异均不显著; 威宁县、天柱县不同品种间烟叶多酚类物质含量和道真县、天柱县不同品种间烟叶甾醇类物质含量的差异达显著或极显著水平。不同地区不同品种烟叶间的有机酸、生物碱、多酚和甾醇类物质含量差异明显, 地区间烟叶主要次生代谢产物总含量的差别明显大于品种间。【结论】生态条件对烟叶次生代谢产物含量影响明显, 种质因素对烟叶次生代谢产物含量影响较小。

【关键词】 烤烟; 次生代谢物质; 有机酸; 生物碱; 多酚; 甾醇; 种质因素; 生态条件

【中图分类号】 S573

【文献标志码】 A

【文章编号】 1671-9387(2013)12-0080-06

Variation of secondary metabolites contents in flue-cured tobacco leaves from different varieties and regions

GENG Zhao-liang¹, LI Ji-xin², FENG Yong-gang¹, ZHANG Jie¹, XIANG Zhang-min¹,
GE Yong-hui¹, ZHOU Shu-ping¹, CAI Kai¹, ZHU Xian-ling³

(1 Guizhou Academy of Tobacco Sciences, Guiyang, Guizhou 550081, China;

2 Guizhou Provincial Tobacco Corporation, Guiyang, Guizhou 550004, China;

3 Research Institute of Tobacco and Health, University of Science and Technology of China, Hefei, Anhui 230051, China)

Abstract: 【Objective】 This paper studied the variation of secondary metabolites contents in flue-cured tobacco leaves from different species and regions. 【Method】 Flue-cured tobacco leaf samples with grades of C3F and B2F of K326, Yunyan 87 and Guiyan 1 varieties were selected from Daozhen, Weining, Panxian and Tianzhu counties in Guizhou province. Their secondary metabolites contents including organic acids, alkaloids, polyphenols and sterols were measured and the differences in them were analyzed. 【Result】 No sig-

【收稿日期】 2013-03-20

【基金项目】 中国烟草总公司贵州省烟草公司重点科技计划项目(2009-09, 2013-07); 中国科学院 2011 年度“西部之光”人才培养计划项目

【作者简介】 耿召良(1978—), 男, 山东邹城人, 副研究员, 博士, 主要从事烟草化学及烟叶安全性研究。
E-mail: Zhaolianggeng@gmail.com

【通信作者】 朱显灵(1957—), 男, 安徽合肥人, 副研究员, 博士, 主要从事烟草栽培生理生态、良好农业规范研究。
E-mail: xlzhu@ustc.edu.cn

nificant differences in contents of organic acid and alkaloid were found among tobacco varieties from same areas. Polyphenol contents in varieties from Daozhen and Panxian countries and sterol contents in varieties from Weining and Panxian countries were not significantly different as well. Nevertheless, there were significant differences or extremely significant differences in polyphenol contents between Weining and Tianzhu countries and in sterol contents between Daozhen and Tianzhu countries. Differences in contents of organic acids, alkaloids, polyphenols and sterols of different flue-cured tobacco varieties from different areas were significant. The differences in total contents of secondary metabolites between regions were greater than that between varieties. 【Conclusion】 Ecological conditions had great effects on the contents of secondary metabolites in tobacco leaves, while genetic factors had less effects.

Key words: flue-cured tobacco; secondary metabolites; organic acids; alkaloids; polyphenols; sterols; genetic factor; ecological condition

烟叶次生代谢物质是指烟草在生长发育过程中形成的一类小分子有机化合物,包括有机酸、生物碱、酚类和甾体类化合物等^[1]。不同类型的次生代谢物质除了对烟叶生长发育和自身防御产生作用外,在烟草香气香味及烟气有害成分方面也发挥着不同的作用^[2]。烟草中的有机酸主要是指除氨基酸以外的有机酸,其不仅在烟草生长中起重要作用,而且对烟叶和卷烟质量有重要影响,其含量因烟草栽培地点地理纬度不同而显著变化^[3]。非挥发性有机酸对卷烟烟气没有显著的直接作用,但可以通过调节卷烟酸碱平衡、增加烟气浓度和改进吸味间接影响卷烟香气。作为烟草中一类特殊的含氮有机碱性物质,生物碱的组成和含量可直接影响烟草制品的生理强度、烟气特征和安全性^[4]。烟叶中生物碱及其衍生物多达几十种,常与无机酸和有机酸结合成盐,我国烤烟生物碱含量自北向南和自东向西呈递增趋势^[5-6]。烟草中酚类物质是影响烤烟生长发育及采后制品品质的重要物质之一,在烟草生长发育、调制特性、烟叶色泽、烟气香吃味和烟气生理强度方面都起着重要作用,是研究和衡量烟草品质不可忽视的一个重要因素^[7]。烟叶中最主要的多酚类物质是绿原酸、芸香苷和茛菪亭,其中绿原酸含量约为3%,芸香苷含量约为0.4%,且不同来源的烟草多酚类物质含量变化较大^[8]。相比之下,烟草中甾醇类物质较少,主要有胆甾醇、菜油甾醇、豆甾醇和 β -谷甾醇^[9],其在烟草中以游离态、酯态和糖苷态的形式存在,在卷烟燃吸时均会发生降解而产生气态烃类和多环芳烃类化合物,对烟草的品质和安全性有较大影响^[10]。

烟叶风格和化学成分组成受遗传因素、生态环境和栽培调制技术的共同影响,其中遗传因素是决定烟叶风格、重要化学成分和次生代谢产物含量的

内在因素,但基因型的表达方式和程度受环境条件的制约。在栽培模式不变的情况下,生态因子是决定烟叶质量的重要因素^[11]。气候、土壤、海拔、温度等生态环境是决定烟叶品质的外部因素之一。在烟草的生长过程中,生态条件和栽培措施极大地影响着烟草碳氮代谢相关基因的表达,并最终通过影响烟叶化学成分和主要次生代谢产物的含量及比例,对烟叶的品质和安全性等指标产生重要影响^[12]。

为分析不同生态条件和种质因素对初烤烟叶主要次生代谢产物的影响,本研究于2010年在贵州省不同地区选取烤烟样本,对烟叶中的有机酸、生物碱、多酚和甾醇等主要次生代谢产物含量进行检测分析,以初步掌握烟叶次生代谢产物含量的地区和品种差异,为特色优质安全烟叶生产提供有益参考。

1 材料与方法

1.1 材 料

采集贵州省不同生态条件下(遵义地区道真县、毕节地区威宁县、六盘水地区盘县和黔东南地区天柱县)K326、云烟87和贵烟1号C3F和B2F2个等级初烤烟叶样品,备用。试验样品均来源于生产大田。

试剂:丙酮、乙醇、正己烷、无水硫酸钠、氯化钠、氢氧化钾、浓硫酸,均为分析纯,上海申博化工有限公司;无水吡啶、乙腈、甲醇、异丙醇,均为色谱纯,美国默克公司;超纯水(电阻率 $\geq 18.2 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}$);有机酸、生物碱、多酚和甾醇标样及衍生化试剂,美国Sigma公司和J&K Scientific公司。

仪器:Agilent 7890A-5975C气相色谱-质谱联用仪(GC/MS,美国Agilent公司),多功能自动进样器(瑞士精梭分析科技公司,CTC Analytics),超高效液相色谱-二极管阵列检测器(美国Waters公司,

ACQUITY UPLC H-CLASS), 旋转蒸发仪(德国 Heidolph 公司), 超纯水仪(美国 Millipore 公司), 超声波振荡器(德国 Elma 公司)。

1.2 理化指标测定

采用气相色谱-质谱选择离子监测法(GC/MS-SIM)定量分析烟叶中的有机酸类物质含量^[13], 采用气相色谱-氮发光检测器法(GC-NCD)定量分析烟叶中的生物碱含量^[14-15], 采用全国烟草标准化技术委员会 YC/T 202-2006 的方法分析烟叶中的多酚类成分含量^[16], 采用气相色谱-质谱联用法(GC-MS)分析烟叶中的甾醇类物质含量^[17]。

各等级样品重复测定 3 次, 2 个等级烟叶测定结果的平均值为样品测定结果, 地区和品种测定结果为相应样品测定结果的平均值。

1.3 数据处理

采用 EXCEL 2003 与 SPSS 10.0 软件对试验数

据进行处理和相关性分析。

2 结果与分析

2.1 不同地区和品种(系)烟叶次生代谢物质总含量的比较

检测结果(图 1)表明, 烟叶中不同类型次生代谢产物含量差别较大, 所选取烟草样本有机酸、生物碱、多酚和甾醇的总含量平均值为 190.13 mg/g, 有机酸、多酚、生物碱和甾醇含量的平均值分别为 120.89, 35.73, 31.12 和 2.40 mg/g。就不同类型次生代谢产物而言, 有机酸为烟叶次生代谢产物的主要成分, 占所测定次生代谢产物总含量的 63.58% 以上; 多酚类物质和生物碱含量分别占次生代谢产物总含量的 16.37% 和 18.79%; 甾醇含量较低, 仅占次生代谢产物总含量的 1.26%。

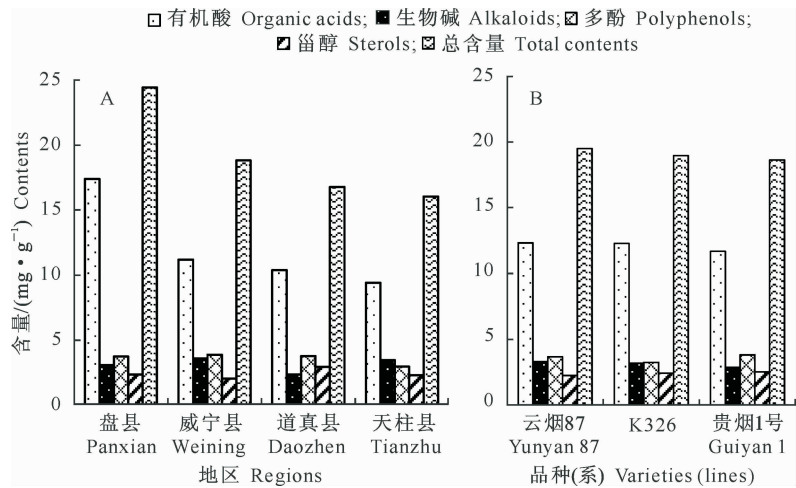


图 1 不同地区(A)和品种(系)(B)烟叶的次生代谢物质总含量

图中所示的有机酸、生物碱、多酚和总含量数值为实际含量的十分之一

Fig. 1 Contents of tobacco leaf secondary metabolites among regions (A) and varieties(lines)(B)

The values of organic acids,alkaloids,polyphenols and total contents shown in the figure are one-tenth of the practical contents, respectively

不同地区烟叶次生代谢产物总含量平均值差异明显, 盘县烟叶次生代谢产物总含量平均值明显高于天柱县和道真县, 威宁县烟叶次生代谢产物总含量居中。各品种间烟叶次生代谢产物总含量平均值差异较小。地区间烟叶次生代谢产物总含量的差别明显大于品种间, 说明生态条件对于烟草次生代谢产物总含量的影响要大于种质因素。

不同地区和品种烟叶主要次生代谢产物差异分析结果见表 1。由表 1 可知, 不同地区烟叶次生代谢产物含量的平均值以盘县较高, 威宁县次之, 道真县和天柱县较低。同一品种不同地区间比较, K326

烟叶主要次生代谢产物含量盘县与威宁县没有显著差异, 盘县显著高于道真县和天柱县; 贵烟 1 号烟叶主要次生代谢产物含量盘县和天柱县没有显著差异, 盘县显著高于威宁县, 极显著高于道真县; 云烟 87 烟叶主要次生代谢产物含量盘县显著高于天柱县。不同品种烟叶次生代谢产物含量的平均值以云烟 87 较高, K326 次之, 贵烟 1 号较低。除道真县贵烟 1 号烟叶次生代谢产物含量显著低于云烟 87 和 K326、天柱县 K326 烟叶次生代谢产物含量显著低于云烟 87 和贵烟 1 号外, 不同品种在同一地区种植烟叶次生代谢产物均值差异均不显著。

表 1 不同地区和品种(系)烟叶主要次生代谢产物差异分析

Table 1 Differences in secondary metabolites contents of tobacco leaves from different regions and varieties					
地区 Regions	K326	贵烟 1 号 Guiyan 1	云烟 87 Yunyan 87	平均值 Average	变异系数/% Variable coefficient
盘县 Panxian	54.22 aA	56.94 aA	56.89 aA	56.02	0.03
威宁县 Weining	50.97 abA	39.19 bAB	47.71 abA	45.96	0.13
道真县 Daozhen	38.55 bcA	35.36 bB*	43.19 abA	39.03	0.10
天柱县 Tianzhu	37.56 cA*	44.29 abAB	38.73 bA	40.19	0.09
平均值 Average	45.33	43.95	46.63		
变异系数/% Variable coefficient	0.19	0.21	0.17		

注:同列数据后标不同小写字母者表示差异显著($P<0.05$),标不同大写字母者表示差异极显著($P<0.01$);同一地区不同品种相比,标“*”表示差异显著($P<0.05$),标“**”表示差异极显著($P<0.01$)。下表同。表中数据表示含量大小变化趋势,为方差分析均值,非实际平均含量。

Note:Different lowercase letters within same column indicate significant differences ($P<0.05$),and different uppercase letters indicate extremely significant differences ($P<0.01$);For different varieties in same area,“*” indicates significant differences ($P<0.05$),while “**” indicates extremely significant differences ($P<0.01$). The same below. Figures presented in the table only express the trends of changes of actual average content,they are not average content,but average value in ANOVA analysis.

2.2 不同地区和品种(系)烟草各次生代谢产物含量的变化

2.2.1 有机酸 有机酸是烟草次生代谢产物的重要组成部分,其中含量较多的是二元酸和三元酸,如苹果酸、草酸和柠檬酸等^[11]。本研究对采集烟叶样品中的有机酸成分进行了分析,结果表明,苹果酸、草酸和柠檬酸平均含量分别占有机酸总量的65.9%,15.8%和8.0%,其他成分如乙酰丙烯酸、马来酸和肉豆蔻酸的含量较少。

由表2可以看出,不同地区烟叶有机酸含量差异明显。就不同地区烟叶有机酸含量的平均值来

看,盘县最高,威宁县次之,道真县和天柱县较低。同一品种不同地区比较,K326烟叶有机酸含量盘县和威宁县显著高于道真县和天柱县,其中盘县极显著高于天柱县;贵烟1号烟叶有机酸含量盘县显著高于天柱县,极显著高于威宁县和道真县;云烟87烟叶有机酸含量盘县显著高于威宁县、道真县,极显著高于天柱县。就不同品种烟叶有机酸含量的平均值来看,K326和云烟87高于贵烟1号。除威宁县K326烟叶有机酸含量显著高于云烟87和贵烟1号外,同一地区不同品种间烟叶有机酸含量差异不显著。

表 2 不同地区和品种(系)烟叶的有机酸含量差异分析

Table 2 Variation of organic acids contents in tobacco leaves among different regions and varieties					
地区 Regions	K326/ (mg·g ⁻¹)	贵烟 1 号/ (mg·g ⁻¹) Guiyan 1	云烟 87/ (mg·g ⁻¹) Yun 87	平均值/ (mg·g ⁻¹) Average	变异系数/% Variable coefficient
盘县 Panxian	166.88 aA	173.43 aA	181.45 aA	173.92	0.04
威宁县 Weining	148.34 aAB*	84.45 bB	102.57 bAB	111.79	0.29
道真县 Daozhen	97.58 bAB	93.16 bB	120.68 bAB	103.81	0.14
天柱县 Tianzhu	78.33 bB	115.86 bAB	87.92 bB	94.04	0.21
平均值 Average	122.78	116.73	123.16		
变异系数/% Variable coefficient	0.34	0.34	0.33		

2.2.2 生物碱 烤烟生物碱主要成分有烟碱、降烟碱、新烟草碱和假木贼碱等。笔者检测的生物碱包括烟碱、降烟碱、新烟草碱、假木烟碱、异烟碱、麦斯明和碱二烯等,其中烟碱含量最高,占生物碱总量的95%以上,与前人的报道^[4,17]吻合。

由表3可知,不同地区烟叶生物碱含量差异明显。就不同地区烟叶生物碱含量的平均值来看,威宁县和天柱县较高,盘县次之,道真县较低。同一品种不同地区比较,K326烟叶生物碱含量威宁县与天

柱县无显著差异,天柱县显著高于盘县,极显著高于道真县;贵烟1号烟叶生物碱含量道真县显著低于其余地区;云烟87烟叶生物碱含量威宁县与天柱县无显著差异,威宁县显著高于盘县,极显著高于道真县。就不同品种烟叶生物碱含量的平均值来看,K326和云烟87高于贵烟1号。除盘县贵烟1号生物碱含量显著高于云烟87和K326、道真县贵烟1号显著低于云烟87和K326外,同一地区不同品种间烟叶生物碱含量无显著差异。

表 3 不同地区和品种(系)烟叶的生物碱主要成分含量差异分析

Table 3 Variation of alkaloids contents in tobacco leaves among different regions and varieties

地区 Regions	K326/ (mg · g ⁻¹)	贵烟 1 号/ (mg · g ⁻¹) Guiyan 1	云烟 87/ (mg · g ⁻¹) Yun 87	平均值/ (mg · g ⁻¹) Average	变异系数/% Variable coefficient
威宁县 Weining	33.54 abAB	33.17 aA	40.61 aA	35.77	0.12
天柱县 Tianzhu	37.86 aA	30.53 aA	35.33 abAB	34.57	0.11
盘县 Panxian	29.93 bcAB	32.18 aA*	30.12 bcAB	30.74	0.04
道真县 Daozhen	25.97 cB	23.6 bB*	25.4 cB	23.39	0.17
平均值 Average	31.83	29.87	32.87		
变异系数/% Variable coefficient	0.16	0.23	0.20		

2.2.3 多酚类物质 烟草多酚类物质以芸香苷、绿原酸和茛菪亭含量较多^[3]。笔者检测的多酚物质包括绿原酸、新绿原酸、芸香苷、茛菪亭、4-O-咖啡奎尼酸和茨菲醇基芸香苷等,平均总含量为 35.73 mg/g,其中绿原酸和新绿原酸占多酚类物质总含量的 51%,芸香苷占多酚类物质总含量的 37.9%;茛菪亭平均含量为 0.14 mg/g,仅占多酚类物质总量的 0.39%。

由表 4 可知,不同地区烟叶多酚含量差异明显。就不同地区烟叶多酚含量的平均值来看,威宁县、道真县和盘县较高,天柱县较低。同一品种不同地区

比较,K326 和云烟 87 烟叶多酚含量天柱县极显著低于其余地区,其中云烟 87 烟叶生物碱含量威宁县显著高于道真县,极显著高于盘县;贵烟 1 号烟叶多酚含量在不同地区间无显著差异。就不同品种烟叶多酚含量的平均值来看,贵烟 1 号较高,云烟 87 次之,K326 较低。道真县与盘县不同品种烟叶多酚类物质含量差异不显著;威宁县云烟 87 烟叶多酚含量显著高于贵烟 1 号,极显著高于 K326;天柱县云烟 87 烟叶多酚含量显著高于 K326,贵烟 1 号极显著高于 K326。

表 4 不同地区和品种(系)烟叶的多酚主要成分含量差异分析

Table 4 Variation of polyphenols contents in tobacco leaves among different regions and varieties

地区 Regions	K326/ (mg · g ⁻¹)	贵烟 1 号/ (mg · g ⁻¹) Guiyan 1	云烟 87/ (mg · g ⁻¹) Yun 87	平均值/ (mg · g ⁻¹) Average	变异系数/% Variable coefficient
威宁县 Weining	32.21 bB* *	37.68 a*	45.94 cC	38.61	0.18
道真县 Daozhen	35.96 bB	39.56 a	37.35 bBC	37.62	0.05
盘县 Panxian	36.78 bB	39.13 a	35.83 bB	37.25	0.05
天柱县 Tianzhu	24.82 aA	36.29 a* *	27.27 aA*	29.46	0.21
平均值 Average	32.44	38.17	36.60		
变异系数/% Variable coefficient	0.17	0.04	0.21		

2.2.4 甾醇 烟叶中甾醇主要有豆甾醇、谷甾醇、菜油甾醇和胆甾醇^[3]。笔者检测的甾醇包括胆甾醇、菜油甾醇、豆甾醇、谷甾醇、香树脂醇、豆甾-双烯-3-b-醇和羊毛甾醇。除胆甾醇、菜油甾醇、豆甾醇和谷甾醇 4 种主要成分外,其余甾醇含量甚微。所

检测烟叶样本的主要甾醇物质平均含量为 2.39 mg/g,谷甾醇、豆甾醇、菜油甾醇和胆甾醇 4 种主要甾醇含量分别占甾醇总含量的 33.66%,30.28%,18.47%和 13.33%。不同地区和品种(系)烟叶甾醇主要成分含量差异见表 5。

表 5 不同地区和品种(系)烟叶的甾醇主要成分含量差异分析

Table 5 Variation of sterols contents in tobacco leaves among different regions and varieties

地区 Regions	K326/ (mg · g ⁻¹)	贵烟 1 号/ (mg · g ⁻¹) Guiyan 1	云烟 87/ (mg · g ⁻¹) Yun 87	平均值/ (mg · g ⁻¹) Average	变异系数/% Variable coefficient
道真县 Daozhen	2.75 aA	3.22 aA*	2.78 aA	2.92	0.09
盘县 Panxian	2.41 bB	2.41 bB	2.21 bB	2.34	0.05
天柱县 Tianzhu	2.28 bB	2.62 bB	1.96 bB* *	2.29	0.14
威宁县 Weining	2.23 bB	1.82 cB	2.04 bB	2.03	0.10
平均值 Average	2.42	2.52	2.25		
变异系数/% Variable coefficient	0.10	0.23	0.16		

由表 5 可知,不同地区间烟叶中甾醇含量的差异明显。就不同地区烟叶甾醇含量的平均值来看,

以道真县较高,盘县和天柱县次之,威宁县较低。同一品种不同地区烟叶的甾醇含量相比,3 品种均以道真县最高,极显著高于盘县、天柱县和威宁县;贵烟 1 号烟叶甾醇含量盘县和天柱县显著高于威宁县。就不同品种烟叶甾醇含量的平均值来看,3 个品种(系)差异不大,贵烟 1 号和 K326 稍高于云烟 87。同一地区不同品种烟叶相比较,威宁县与盘县烟叶甾醇含量差异不显著;道真县烟叶甾醇含量贵烟 1 号显著高于 K326 和云烟 87;天柱县烟叶甾醇含量贵烟 1 号与 K326 无显著差异,但极显著高于云烟 87。

2.3 生态条件和种质因素对烟草次生代谢产物含量的互作

对不同地区、品种组合间烟叶的主要次生代谢产物含量进行了差异性分析。结果表明,不同地区、品种的烟叶和主要次生代谢物质含量的差异性以甾醇含量组合间差异最大,多酚、有机酸含量组合间次之,生物碱含量组合间最小。由于有机酸绝对含量远大于甾醇含量,因此不同生态、种质烟叶的组合间有机酸含量实际差值最大。

3 小结与讨论

1) 在不同地区和不同品种中,烟叶主要次生代谢产物含量都存在明显差异。由烟叶样品中生物碱、甾醇、有机酸和多酚类化合物含量的差异分析可知,同一烟草品种在不同地区种植,或同一地区种植不同烟草品种,烟叶主要次生代谢产物含量都会存在明显差异。不同地区种植不同烟草品种,烟叶内主要次生代谢产物的含量差异更大。地区、品种和主要次生代谢物质含量的差异性不同说明生态条件和种质因素对烟叶中主要次生代谢产物含量存在不同程度的互作效应。

2) 有机酸是烟草生长发育过程中碳水化合物代谢的中间产物和氨基酸合成的前体物质,其中非挥发性有机酸含量对烤烟香吃味有重要影响,是烟叶中次生代谢产物的重要成分。在烤烟生长发育过程中,烟草品种、生态条件及农艺措施均会对非挥发性有机酸的积累产生影响,草酸、苹果酸和柠檬酸等重要有机酸成分对生态环境较为敏感^[18]。本研究所选择的 4 个地区中,盘县各品种烟叶的有机酸总量明显高于其他地区,这可能是由其独特的生态条件造成的,值得进一步探讨该地区气候和土壤等生态条件对烟叶有机酸积累的影响。

3) 从生产角度考虑,影响烟叶风格特色的因素

主要包括生态和品种因素。不同地区烟叶中的有机酸、生物碱、多酚和甾醇等次生代谢物质主要成分含量差异明显,说明通过选择适宜的品种和地区组合,可以调节和控制不同地区及品种烟叶中次生代谢产物含量。

4) 除种质因素和自然生态条件以外,栽培措施也是烟叶次生代谢产物含量的重要影响因素。在初步了解烟叶次生代谢产物含量地区和品种差异的基础上,进一步分析气候、土壤条件与烟叶次生代谢产物含量的关系,可为探寻烟叶次生代谢产物含量与栽培技术的关系以及综合分析烟草品种、生态和栽培措施对烟叶次生代谢产物含量的影响提供科学依据。

【参考文献】

- [1] 杨铁钊,李钦奎,李 伟. 植物次生代谢与烟草香味物质 [J]. 中国烟草科学,2005,26(4):23-26.
Yang T Z, Li Q K, Li W. Plant secondary metabolism and aroma substances of tobacco [J]. Chinese Tobacco Science, 2005, 26(4):23-26. (in Chinese)
- [2] 王 霞,杨铁钊,殷全玉,等. 影响烟草香味的主要次生代谢途径及其研究进展 [J]. 中国烟草科学,2008,29(1):47-50.
Wang X, Yang T Z, Yin Q Y, et al. Research advances in tobacco flavor-related main secondary metabolic pathways [J]. Chinese Tobacco Science, 2008, 29(1):47-50. (in Chinese)
- [3] 谢剑平. 烟草与烟气化学成分 [M]. 北京:化学工业出版社,2010:1-9.
Xie J P. Tobacco and smoke chemical compositions [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2010:1-9. (in Chinese)
- [4] 史宏志,张建勋. 烟草生物碱 [M]. 北京:中国农业出版社,2004:1-8.
Shi H Z, Zhang J X. Tobacco alkaloids [M]. Beijing: Chinese Agricultural Press, 2004:1-8. (in Chinese)
- [5] 史宏志,黄元炯,刘国顺,等. 我国烟草和卷烟生物碱含量和组成比例分析 [J]. 中国烟草学报,2001,7(2):8-12.
Shi H Z, Huang Y J, Liu G S, et al. Alkaloid content and proportion in Chinese tobacco and cigarettes [J]. Acta Tabacaria Sinica, 2001, 7(2):8-12. (in Chinese)
- [6] 张一扬,周冀衡. 烤烟(*Nicotiana tabacum*)总植物碱的时空变异规律研究 [J]. 江西农业大学学报:自然科学版,2008,30(3):449-454.
Zhang Y Y, Zhou J H. A study on the spatio temporal variability of nicotine content in flue-cured tobacco (*Nicotiana tabacum*) [J]. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis: Natural Sciences Edition, 2008, 30(3):449-454. (in Chinese)
- [7] 徐晓燕,孙五三,王能如. 烟草多酚类化合物的合成与烟叶品质的关系 [J]. 中国烟草科学,2003,24(1):3-5.
Xu X Y, Sun W S, Wang N R. Synthesis of polyphenolic compounds and their effects on tobacco quality [J]. Chinese Tobacco Science, 2003, 24(1):3-5. (in Chinese)

(下转第 92 页)