

# 海拔高度、品种及其互作对烤烟多酚类物质的影响

孙志浩<sup>1</sup>, 霍昭光<sup>1</sup>, 张宝全<sup>2</sup>, 杨志晓<sup>3</sup>, 卫宣志<sup>1</sup>, 喻奇伟<sup>4</sup>, 李晓辉<sup>1</sup>, 杨铁钊<sup>1\*</sup>

(1.河南农业大学, 郑州 450002; 2.浙江中烟工业有限责任公司, 杭州 310008; 3.贵州省烟草科学研究院, 贵阳 550081; 4.贵州省烟草公司毕节市公司, 贵州 毕节 551700)

**摘要:**为探讨海拔高度、品种及其互作对烤烟多酚类物质的影响,采用两因素随机区组试验设计,分别在贵州省毕节地区威宁县(2200 m)、纳雍县(1600 m)、七星关区(1000 m)3个不同海拔高度产区种植烤烟品种红花大金元、毕纳1号和K326,并对烟叶中的多酚类物质(绿原酸、芸香苷和莨菪亭)含量进行了分析。结果显示,不同海拔高度、品种及组间多酚类物质含量均有显著性差异。海拔高度、品种及其互作对烤烟绿原酸、芸香苷、莨菪亭含量变异的贡献率不同,其中海拔高度对3种多酚类物质的贡献率分别为2.0%、74%、30%,品种贡献率分别为57%、8.0%、17%;海拔高度与品种互作的贡献率分别为41%、15%、48%。红花大金元在威宁县(2200 m)种植时,绿原酸含量较高;毕纳1号在七星关区(1000 m)种植时,绿原酸、莨菪亭含量较高;K326在纳雍县(1600 m)种植时,绿原酸、莨菪亭含量较高。提高烟叶中的多酚类物质含量应根据海拔高度选择适宜的品种。

**关键词:**烤烟;多酚;海拔高度;品种;互作

中图分类号:S572.01

文章编号:1007-5119(2017)06-0074-05

DOI:10.13496/j.issn.1007-5119.2017.06.011

## Effect of Altitude and Variety and Their Interactions on Polyphenols of Flue-cured Tobacco

SUN Zhihao<sup>1</sup>, HUO Zhaoguang<sup>1</sup>, ZHANG Baoquan<sup>2</sup>, YANG Zhixiao<sup>3</sup>, WEI Xuanzhi<sup>1</sup>,  
YU Qiwei<sup>4</sup>, LI Xiaohui<sup>1</sup>, YANG Tiezhao<sup>1\*</sup>

(1. Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China; 2. China Tobacco Zhejiang Industrial Co., Ltd., Hangzhou 310008, China; 3. Guizhou Tobacco Research Institute, Guiyang 550081, China; 4. Guizhou Bijie Municipal Tobacco Company, Bijie, Guizhou 551700, China)

**Abstract:** In order to study the effects of altitude and varieties and their interactions on polyphenolic contents and compositions in flue-cured tobacco in Weining (2200 m), Nayong (1600 m) and Qixingguan (1000 m) of Bijie, three varieties, including Honghuadajinyuan, Bina1 and K326 were planted on each altitude. The experimentation was designed in random block design of two-factors and three-levels. The results showed that there was a significantly difference in polyphenols content between different varieties of tobacco. The contributing rations of altitude to the content variations of chlorogenic acid, rutin and scopoletin were 2.0%, 74% and 30%, respectively, and that of the variety were 57%, 8.0%, 17%, respectively. Interaction between altitude and variety contributed 41%, 15% and 48%, respectively. Chlorogenic acid content of Honghuadajinyuan was higher at Weining, whereas chlorogenic acid and scopoletin contents of Bina 1 were higher in Qixingguan, and higher chlorogenic acid and scopoletin contents were observed in K326 of Nayong. In order to improve the content of polyphenols in tobacco, suitable varieties should be selected according to altitude.

**Keywords:** flue-cured tobacco; polyphenols; the altitude; varieties; interaction

烟草的多酚类物质是重要的次生代谢物质之一<sup>[1-2]</sup>,烟叶中多酚类物质主要有绿原酸、芸香苷和莨菪亭<sup>[3-5]</sup>。烟叶中多酚类物质含量较高,约占干重

的0.5%~2.5%<sup>[6]</sup>。多酚类物质对烟草的生理生化活动、烟叶的色泽、卷烟的香吃味、生理强度等都有重要的影响<sup>[7]</sup>。多酚类物质是香气前体物质,可分

基金项目:浙江中烟工业有限责任公司科技项目“毕节威宁基地‘利群’品牌导向型烤烟品种筛选与应用”(2015330000341494)

作者简介:孙志浩(1992-),男,在读硕士,研究方向为烟草品质改良与遗传育种。E-mail: zhihaosun187@163.com

\*通信作者, E-mail: yangtiezhao@126.com

收稿日期:2017-04-26

修回日期:2017-09-28

解生成多种致香物质,如:糠醛、5-羟甲基糠醛和 4-甲基儿茶酚等。也可与蛋白质结合或经多酚氧化酶催化发生棕色化反应等<sup>[8-10]</sup>。

烟叶多酚类物质含量受多种因素影响,海拔高度是重要的影响因素之一。刘鹏飞等<sup>[11]</sup>对浓香型产区的 8 个省的烟叶多酚类物质进行测定,发现芸香苷含量与海拔高度呈极显著正相关,莨菪亭含量与海拔高度呈极显著负相关。对不同烟区和不同品种间烟叶的分析表明,在一定范围内,海拔越高烟叶中的多酚类物质越多<sup>[12-16]</sup>;不同品种初烤烟叶多酚类物质含量存在不同程度的差异。虽然海拔高度对烟草多酚物质含量的影响已有较多的研究<sup>[17-18]</sup>,但是关于海拔高度与品种互作对烤烟多酚含量和组成影响的研究较少。为此,本试验在贵州毕节烟区设置 3 个不同海拔高度,种植 3 个不同烤烟品种,研究海拔高度、品种及其互作对烤烟多酚类物质含量的影响,以期为特色优质烟叶生产提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

试验于 2015 年在贵州省毕节市威宁县(高海拔 2200 m)、纳雍县(中海拔 1600 m)和七星关区(低海拔 1000 m)进行,在 3 个地区均种植烤烟品种红花大金元、毕纳 1 号和 K326。

### 1.2 试验设计

试验采用随机区组设计,3 次重复,小区面积 150 m<sup>2</sup>,行距 1.10 m,株距 0.55 m,施用纯氮 6.8 kg/667m<sup>2</sup>。3 地均使用烟草专用复合肥,由毕节市烟草公司提供,具体施肥方式如下:基肥 $[m(N) m(P_2O_5) m(K_2O) = 10 \ 12 \ 13]$  30 kg/667m<sup>2</sup>、酒糟有机肥 40 kg/667m<sup>2</sup>于起垄当天施于垄底,提苗肥 $[m(N) m(P_2O_5) m(K_2O) = 15 \ 8 \ 7]$  5 kg/667m<sup>2</sup>于移栽当天随水施入,追肥 $[m(N) m(P_2O_5) m(K_2O) = 13 \ 0 \ 26]$  20 kg/667m<sup>2</sup>于移栽 15 d 随水施入烟株根部。3 个海拔试验地均按照当地优质烟叶生产管理方式进行田间管理。

### 1.3 试剂和仪器

试剂:甲醇(色谱纯,美国 J T Baker 公司)、乙酸(分析纯,天津市达森化工有限公司)。

标样:纯度大于 97% 的绿原酸、芸香苷、莨菪亭标样(美国 sigma 公司)。

仪器:高效液相色谱(美国 Waters 公司)。

### 1.4 测定项目及方法

取外观质量均匀一致的初烤烟叶(C3F),将样品去梗切丝后在 40 °C 下干燥 12 h,碾子研磨,过 40 目筛,密封置于冰箱中(-10 °C)中。

采用 YC/T 202—2006<sup>[19]</sup>方法测定烤烟中的绿原酸、芸香苷、莨菪亭,每个样品重复测定 3 次。

### 1.5 统计分析

根据崔党群<sup>[20]</sup>的生物统计学原理,利用 SPSS11.5 和 Excel 2007 等软件对所测定的多酚类物质进行方差分析和图表绘制,并采用 LSD 法对不同品种间、海拔高度及组合间进行多重比较。

## 2 结果

### 2.1 不同海拔高度、品种间多酚类物质含量的差异分析

对海拔高度与品种及不同组合间多酚类物质含量进行多重比较和互作效应分析。结果(表 1)表明,烟叶中的绿原酸在 3 个海拔高度间存在显著差异,高海拔地区绿原酸含量最高(15.47 mg/g),中海拔地区含量最低(13.68 mg/g),低海拔地区介于两者之间。芸香苷含量在 3 个海拔高度间存在显著差异,且随着海拔高度的升高其含量显著增加。莨菪亭含量在 3 个海拔高度间也存在一定的差异,低海拔地区莨菪亭含量显著高于高海拔和中海拔地区,而在高海拔地区与中海拔地区差异不显著。

表 1 不同海拔高度间多酚类物质含量差异

海拔高度	绿原酸含量	芸香苷含量	莨菪亭含量
高海拔	15.47a	10.95a	0.19b
中海拔	13.68b	8.64b	0.19b
低海拔	14.9a	5.99c	0.23a

注:表中数据为 3 个品种间多酚类物质含量的平均值;同列中小写字母不同表示处理间差异显著( $p < 0.05$ ),下同。

表2表明,3个品种间绿原酸含量均存在显著性差异,其中红花大金元绿原酸含量最高为21.01 mg/g, K326次之,毕纳1号含量最低。芸香苷含量在3个品种间存在一定的差异,毕纳1号芸香苷含量最高为9.10 mg/g, K326芸香苷含量最低为7.57 mg/g,红花大金元芸香苷含量介于两者之间。茛菪亭含量在3个品种间均存在显著性差异,毕纳1号含量最高为0.31 mg/g,红花大金元和K326茛菪亭含量分别为0.16和0.14 mg/g。

表2 不同品种间多酚类物质含量差异

Table 2 The effects of different varieties on polyphenols of tobacco mg/g

品种	绿原酸含量	芸香苷含量	茛菪亭含量
红花大金元	21.01a	8.91a	0.16b
毕纳1号	10.7c	9.10a	0.31a
K326	12.33b	7.57b	0.14c

注:表中数据为3个海拔高度间多酚类物质含量的平均值。

## 2.2 不同组合间多酚类物质含量差异分析

对不同组合间多酚类物质进行多重比较(表3),品种与海拔高度之间的不同组合烟叶绿原酸含量差异显著。红花大金元×高海拔的绿原酸含量(27.65 mg/g)显著高于其他组合,其次是红花大金元×中海拔、红花大金元×低海拔、K326×中海拔;而毕纳1号×中海拔和K326×高海拔的绿原酸含量显著低于其他的组合。

芸香苷含量在不同组合间有显著性差异,毕纳1号×高海拔的芸香苷含量(12.62 mg/g)显著高于其他组合。K326×低海拔和毕纳1号×低海拔组合的芸香苷含量均显著低于其他组合。

表3 不同组合间多酚类物质含量差异

Table 3 The variance of polyphenols content in different combinations mg/g

组合	绿原酸含量	芸香苷含量	茛菪亭含量
红花大金元×高海拔	27.65a	10.99a	0.11g
红花大金元×中海拔	18.29b	8.00d	0.20cd
红花大金元×低海拔	17.1bc	7.74d	0.18de
K326×高海拔	6.94f	9.24c	0.12fg
K326×中海拔	15.95c	8.34d	0.16ef
K326×低海拔	14.11d	5.13e	0.13fg
毕纳1号×高海拔	11.81e	12.62a	0.34b
毕纳1号×中海拔	6.8f	9.58c	0.22c
毕纳1号×低海拔	13.48d	5.11e	0.38a

茛菪亭含量在不同组合间存在一定的显著性差异,毕纳1号×低海拔的茛菪亭含量(0.38 mg/g)高于其他组合,其次为毕纳1号×高海拔、毕纳1号×中海拔、红花大金元×中海拔。组合K326×低海拔、K326×高海拔、红花大金元×高海拔含量明显低于其他组合。

## 2.3 不同组合间多酚类物质含量互作效应分析

通过对不同品种与不同海拔高度之间多酚类物质含量的互作效应分析可知(表4~6),绿原酸含量的互作效应差异较大,5个组合为正效应,4个组合为负效应。红花大金元品种在高海拔地区有较高的正向互作效应值(5.85 mg/g),但在低海拔地区也有较大的负向效应值(-4.13 mg/g)。K326在中海拔地区有较高的正向互作效应(4.62 mg/g),但在高海拔地区的负向互作效应值最大(-6.18 mg/g),说明红花大金元在高海拔地区有利于绿原酸含量的积累,而K326在中海拔地区有利于绿原酸含量的积累,其他组合的互作效应值相对较小。

表4 海拔、品种互作对绿原酸含量的效应分析

Table 4 Chlorogenic acid interactions between altitude and variety

海拔高度	红花大金元	毕纳1号	K326	海拔主效应
高海拔	5.85	0.33	-6.18	0.79
中海拔	-1.72	-2.90	4.62	-1.00
低海拔	-4.13	2.57	1.56	0.22
品种主效应	6.33	-3.98	-2.35	

由表5可知,芸香苷含量在品种间与海拔高度间的互作效应值差异较大。5个组合为正效应,4个组合为负效应。红花大金元在低海拔地区有最大的正向互作效应值(1.37 mg/g),在中海拔地区有较大的负向互作效应值(-1.02 mg/g)。毕纳1号在高海拔地区有较大的正向互作效应值(1.09 mg/g),但在低海拔地区有较大的负向互作效应值(-1.46 mg/g)。

表5 海拔、品种互作对芸香苷含量的效应分析

Table 5 Rutin interactions between altitude and variety

海拔高度	红花大金元	毕纳1号	K326	海拔主效应
高海拔	-0.34	1.09	-0.75	2.42
中海拔	-1.02	0.37	0.66	0.11
低海拔	1.37	-1.46	0.09	-2.53
品种主效应	0.38	0.58	-0.96	

由表 6 可知, 莨菪亭含量在品种间和海拔高度间的交互效应差异较大, 6 个组合为正效应, 3 个组合为负效应。毕纳 1 号在低海拔地区有较大的正向交互效应值 (2.14 mg/g), 在中海拔地区有较大的负向交互效应值 (-1.52 mg/g)。红花大金元和 K326 在中海拔地区有正向交互效应值, 分别为 1.22 和 0.33 mg/g。但红花大金元在高海拔地区有较大的负向交互效应值 (-1.25 mg/g)。说明毕纳 1 号在低海拔地区有利于莨菪亭的积累, 但在中海拔地区不利于莨菪亭的积累, 而 K326、红花大金元在中海拔地区有利于莨菪亭的积累。

#### 2.4 海拔高度及品种对烟叶多酚类物质含量贡献率分析

方差分析结果表明(表 7), 烟叶多酚类物质含量在不同海拔高度、品种及互动间的差异均达到显

著水平。说明海拔高度、品种及海拔与品种互动均对烟叶多酚类物质含量有影响。品种对绿原酸含量的贡献率最大, 占总变异的 57%; 其次为品种与海拔高度互动, 占总变异的 41%; 海拔高度的贡献率最低, 仅占 2%。海拔高度对芸香苷含量的贡献率最大, 占总变异的 74%, 其次为海拔高度与品种互动, 占总变异的 15%, 品种影响最小, 仅占 8.0%; 海拔高度与品种互动对莨菪亭含量的贡献率最大, 占总变异的 48%, 海拔高度次之, 占总变异的 30%, 品种对莨菪亭含量影响最小。

表 6 海拔、品种互动对莨菪亭含量的效应分析

海拔高度	红花大金元	毕纳 1 号	K326	海拔主效应
高海拔	-1.25	0.36	-0.24	-0.20
中海拔	0.33	-1.52	1.22	0.76
低海拔	0.15	2.14	0.65	1.22
品种主效应	-0.46	2.33	1.75	

表 7 海拔高度与品种互动对烤烟多酚类物质的影响双因素方差分析

多酚类物质	变异来源	平方和	均方	F 值	F <sub>0.05</sub>	平方和/总方和
绿原酸	海拔高度	14.99	7.49	13.95	3.55	0.02
	品种	552.93	276.46	514.78	3.55	0.57
	海拔高度×品种	393.97	98.49	183.39	2.93	0.41
芸香苷	海拔高度	110.61	55.30	208.51	3.55	0.74
	品种	12.56	6.28	23.67	3.55	0.08
	海拔高度×品种	22.48	5.62	21.19	2.93	0.15
莨菪亭	海拔高度	0.07	0.04	599.20	3.55	0.30
	品种	0.04	0.02	341.73	3.55	0.17
	海拔高度×品种	0.11	0.03	447.66	2.93	0.48

### 3 讨论

海拔高度是影响烟叶多酚类物质含量的重要因素。随着海拔高度的增加芸香苷含量显著提高, 而绿原酸和莨菪亭含量随海拔高度变化的规律性不明显。这可能与 3 种多酚类物质的化学结构差异有关, 芸香苷较绿原酸和莨菪亭含有较多的  $\sigma$ - $\pi$ 、 $p$ - $\pi$  共轭体系, 共轭体系长, 且芸香苷环上氧化程度高于绿原酸和莨菪亭, 对紫外光的吸收范围较宽<sup>[18,21-22]</sup>, 而随着海拔高度的升高, 由于辐射增强<sup>[23]</sup>、生育期内有效积温下降、昼夜温差大, 高海拔地区的生态特点能促进芸香苷合成和积累。本研究结论也证明,

海拔高度对芸香苷含量提高的贡献率达 74%, 这可能也是清香型烟叶形成的生态与化学基础之一。

绿原酸是多酚类物质的主要组成成分, 占多酚类物质总量的 60% 以上。分析表明品种间差异大于海拔间差异, 品种的遗传特性对绿原酸含量起主导作用 (贡献率为 57%)。因此, 通过选择或改良品种来调控烟叶绿原酸含量效果会更为显著。

由于多酚类物质中的不同组分对海拔和品种间的响应存在着差异, 因此深入分析和认识海拔与品种间的交互效应更显重要。在参试的 3 个品种中, 绿原酸、芸香苷含量均以红花大金元的主效应最大,

且与高海拔地区互作效应显著,这可能是红花大金元种植在高海拔地区清香型特色较为突出的原因之一。K326 品种无论是绿原酸、芸香苷,还是茛菪亭含量均表现为与中海拔互作效应值最大,低海拔次之。因此,要提高 K326 品种烟叶多酚类物质含量,种植在中低海拔地区效果会更好。毕纳 1 号品种是贵州地区的特色烤烟品种,研究发现毕纳 1 号在低海拔地区绿原酸、茛菪亭含量较高。所以要提高毕纳 1 号烟叶多酚类物质含量,种植在低海拔地区较为适宜。

## 4 结 论

本试验研究结果表明,绿原酸含量主要受品种影响较大,其次为海拔与品种互作,芸香苷含量主要受海拔高度的影响,茛菪亭含量主要受海拔高度与品种互作的影响。针对本试验参试的 3 个品种来说,毕纳 1 号在低海拔地区种植绿原酸与茛菪亭含量最高,在高海拔地区种植芸香苷含量最高。红花大金元在高海拔地区种植绿原酸、芸香苷含量最高。K326 在中海拔地区种植绿原酸、茛菪亭含量最高。因此,在现有的海拔高度基础上种植与其相适宜的品种类型,发挥海拔高度对多酚类物质含量与组成的最大潜力是提高烤烟品质的关键环节。

### 参考文献

- [1] 苏德成. 烟草化学与分析[M]. 北京:中国财政经济出版社, 1992: 24-27, 114-115.
- [2] 闫克玉. 烟草化学[M]. 郑州:郑州大学出版社, 2002: 273-274.
- [3] SNOOK M E, MASON P F, SISSON V A. Polyphenols in the Nicotiana species[J]. Reprints-U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, 1986.
- [4] 王瑞新. 烟草化学[M]. 北京:中国农业出版社, 2003: 106-114.
- [5] SCHMIDT S, ZIETZ M, SCHREINER M, et al. Genotypic and climatic influences on the concentration and composition of flavonoids in kale (*Brassica oleracea* var. *sabellica*) [J]. Food Chemistry, 2010, 119(4): 1293-1299.
- [6] 曹建敏, 邱军, 杨德廉, 等. 不同等级烤烟多酚含量及规律性分析[J]. 中国烟草科学, 2009, 30(6): 21-24.
- [7] 李力, 杨涓, 戴亚, 等. 烤烟中绿原酸、茛菪亭和芸香苷的分布研究[J]. 中国烟草学报, 2008, 14(4): 13-17.
- [8] 史宏志. 烟草香味学[M]. 北京:中国农业出版社, 2011: 64-67.
- [9] 席元肖, 宋纪真, 杨军, 等. 不同烤烟品种的类胡萝卜素、多酚含量及感官品质的比较[J]. 烟草科技, 2011(2): 70-76.
- [10] 过伟民, 张骏, 刘阳, 等. 烤烟质体色素及多酚与外观质量关系研究[J]. 中国烟草学报, 2009, 15(2): 33-40.
- [11] 刘鹏飞, 位辉琴, 张骏, 等. 海拔对浓香型烤烟多酚类物质组成的影响[J]. 烟草科技, 2014(7): 85-88.
- [12] 白森, 韦建玉, 邓宾玲, 等. 海拔高度对烟叶多酚和类胡萝卜素含量的影响[J]. 贵州农业科学, 2012, 40(7): 66-68.
- [13] 胡国松, 杨林波, 魏巍, 等. 海拔高度、品种和某些栽培措施对烤烟香吃味的影响[J]. 中国烟草科学, 2000, 21(3): 9-13.
- [14] 李艳丽, 罗成刚, 任民, 等. 不同基因型不同产区烤烟多酚含量的比较[J]. 烟草科技, 2014(5): 82-87.
- [15] 常爱霞, 张建平, 杜咏梅, 等. 烤烟香型相关化学成分主导的不同产区烟叶聚类分析[J]. 中国烟草学报, 2010, 16(2): 14-19.
- [16] 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.
- [17] 程恒, 罗华元, 杜文杰, 等. 云南不同生态因子对烤烟品种 K326 致香成分的影响[J]. 中国烟草科学, 2013, 34(3): 70-73.
- [18] 韩富根. 烟草化学[M]. 2 版. 北京:中国农业出版社, 2010: 125-131.
- [19] 国家烟草专卖局. YC/T 202—2006 烟草及烟草制品多酚类化合物绿原酸、茛菪亭和芸香苷的测定[S]. 北京:中国标准出版社, 2006.
- [20] 崔党群. 生物统计学[M]. 北京:中国科学技术出版社, 1994: 160-169.
- [21] 石碧, 狄莹. 植物多酚[M]. 北京:科学出版社, 2000: 134-146.
- [22] 陈刚. 有机化学[M]. 北京:中国农业出版社, 2009: 150-161.
- [23] 黄勇, 周冀衡, 郑明, 等. UV-B 对烟草生长发育及次生代谢的影响[J]. 中国生态农业学报, 2009, 17(1): 140-144.