

许晓敬, 张小全, 刘冰洋, 等. 生态、品种和栽培措施及其互作对烤烟多酚类物质的影响[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(3): 117–120.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.03.031

生态、品种和栽培措施及其互作 对烤烟多酚类物质的影响

许晓敬, 张小全, 刘冰洋, 何冰, 焦绍赫, 杨铁钊

(河南农业大学烟草学院, 河南郑州 450002)

摘要:为探讨生态、品种、栽培措施及其互作对烤烟多酚类物质含量的影响, 在河南、山东、陕西 3 个烟区, 以烤烟品种豫烟 10 号、粤烟 98、K326、湘烟 3 号为研究材料, 设置不同的栽培措施来比较烟叶多酚类物质含量的差异。结果表明: 生态、品种和栽培措施及互作对烟叶多酚类物质的含量均有显著影响。生态因素对绿原酸、芸香苷、茛菪萆和总酚含量的贡献率分别为 55.70%、70.79%、43.37% 和 66.19%; 互作效应对它们的贡献率分别为 33.41%、22.43%、44.58% 和 25.34%; 说明生态条件和互作效应是影响烤烟多酚类物质含量的关键因素, 品种和栽培措施对多酚类物质的含量亦有重要作用。

关键词:烤烟; 多酚; 生态; 品种; 栽培; 互作效应

中图分类号:S572.03 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2016)03-0117-04

多酚类物质是植物重要的次生代谢物质之一^[1], 也是烟草产生香气的主要成分, 是烟叶中一类重要的物质。多酚类化合物对烟草的生长发育、外观^[2-4]、烟香气味^[5-6]、烟叶风格^[7-8]及烘烤调制均有明显影响, 是衡量烟叶品质的重要指标^[9]。烟草中多酚类物质的组分和含量受多种因素的影响, 如烟草品种、种类、生态条件、栽培措施和调制方法等^[10]。国内外学者就烟草品种、生态因素和栽培措施对烟草多酚类物质的影响进行了大量研究^[11-12]。烟草中的多酚含量是受基因控制的, 多酚含量高的品种其后代的多酚含量也高, 多酚含量低的品种其后代多酚含量也低^[13]。烟叶中多酚含量也受光照、温度、海拔等生态因素的影响^[14]。李力等研究表明, 不同产地烟叶中绿原酸、芸香苷和茛菪萆含量存在差别, 它主要受种植区的光照、温度、土壤状况等生态因素的影响^[15]。而关于栽培措施对烟叶多酚类物质含量影响的研究较少。前人的研究多侧重于单个因素或 2 个因素对烟叶多酚类物质含量的影响及多酚类物质与单个环境因子的关系, 关于生态、品种

和栽培措施及其互作对烤烟多酚类物质含量影响的具体大小及它们之间哪个是主要影响因素报道较少。本研究选用 4 个烤烟品种, 设置 3 个不同的栽培处理分别在河南省许昌市、山东省诸城市 and 陕西省商洛市 3 个生态区种植, 研究生态、品种和栽培措施对烤烟绿原酸、芸香苷、茛菪萆和总酚含量的影响及贡献率的大小, 对提高烤烟香气质和香气量及改善烟叶品质的作用。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 2013 年在河南省许昌市襄城县、山东省诸城市贾悦镇、陕西省商洛市洛南县 3 个不同的生态区进行。以豫烟 10 号、粤烟 98、K326、湘烟 3 号为供试品种, 试验采用随机区组设计, 设置 3 个栽培处理, ①常规施肥模式(T1): 施入纯氮总量 52.5 kg/hm², 其中有机态氮 11.25 kg/hm², 硝态氮 20.625 kg/hm², 铵态氮 20.625 kg/hm²; ②高产施肥模式(T2): 施入纯氮总量 60 kg/hm²; 其中有机态氮 11.25 kg/hm², 硝态氮 24.375 kg/hm², 铵态氮 24.375 kg/hm²; ③优质适产施肥模式(T3): 施入的纯氮总量与常规模式一致(52.5 kg/hm²), 氮形态改变, 其中有机态氮 26.25 kg/hm², 硝态氮 13.125 kg/hm², 铵态氮 13.125 kg/hm²。各处理磷、钾用量固定, 分别为 60 kg/hm²、

收稿日期: 2015-02-08

基金项目: 河南省烟草公司科技项目(编号: HYKJZD201401)。

作者简介: 许晓敬(1989—), 女, 河南新郑人, 硕士研究生, 研究方向为烟草遗传育种。E-mail: 15093468352@163.com。

通信作者: 杨铁钊, 教授, 博士生导师, 主要从事烟草遗传育种。E-mail: yangtiezhao@126.com。

[12] Bates L S, Waldren R P, Teare I D. Rapid dermination of free proline for water-stress studies[J]. Plant and Soil, 1973, 39: 205–217.

[13] 董合忠, 郭庆正, 唐薇. 棉花的缺水伤害和抗伤害机理[J]. 棉花学报, 1997, 9(6): 287–291.

[14] Shao H B, Liang Z S, Shao M A. Osmotic regulation of 10 wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes at soil water deficits[J]. Colloids & Surfaces; B Biointerfaces, 2006, 47(2): 132–139.

[15] 王涛, 孔祥强, 宋迎, 等. NaCl 胁迫对棉花叶片衰老特征的

影响及其生理机制[J]. 棉花学报, 2014, 26(1): 66–72.

[16] 代建龙, 董合忠, 段留生. 棉花盐害的控制技术及其机理[J]. 棉花学报, 2010, 22(5): 486–494.

[17] 李伶俐, 马宗斌, 张东林, 等. 盛铃期补施钾肥对不同群体棉花光合特性和产量品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2006, 12(5): 662–666.

[18] 姜益娟, 郑德明, 闫志顺, 等. 新疆棉花施钾效果研究[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(2): 91–94.

127.5 kg/hm²,共有 36 个处理组合,各处理均设 3 次重复。各地区按当地的移栽期移栽,田间均按优质烟叶生产技术进行管理。为保证试验的可行性,各试验地选择肥力基本一致的地块,试验地块平整,排灌方便。

1.2 样品采集

以烟株的第 12~14 叶位为研究对象,成熟采收,按三段式烘烤工艺烘烤,取烤后烟叶 C3F 等级 2 kg,去梗,烘干、粉碎,过 40 目筛,密封备测。统计烟株团棵期、旺长期和成熟期的气象要素值,均以 3 个试验地点所在县的气象台数据为准。表 1 是 3 个试验点烟草大田生育期的气象数据。

表 1 3 个生态区大田生育期气象要素值

试验地点	团棵期			旺长期			成熟期		
	日均温(℃)	降雨量(mm)	日照时数(h)	日均温(℃)	降雨量(mm)	日照时数(h)	日均温(℃)	降雨量(mm)	日照时数(h)
陕西	19.47	131.2	182.59	23.67	133.3	175.53	24.03	189.5	154.26
山东	21.13	146.1	321.60	24.85	124.4	354.70	27.5	155.9	325.80
河南	23.95	178.3	243.10	28.46	38.4	155.50	29.2	76.2	217.20

1.3 测定项目

绿原酸、芸香苷、莨菪亭含量:参照行业标准^[16]采用高效液相色谱法测定。

1.4 数据分析

采用 SPSS 13.0^[17]对所测定的主要次生代谢物质进行多因素方差分析和多重比较。根据杨延兵等的方法^[18]计算贡献率,其中互作效应为一级、二级互作效应之和。

2 结果与分析

2.1 生态、品种、栽培措施及其互作对初烤烟绿原酸含量的影响

方差分析(表 2)表明,生态、品种、栽培措施及其互作对烤烟的绿原酸含量均有显著影响。其中,生态条件对绿原酸

含量影响最大,贡献率为 55.7%,其次是互作效应,贡献率为 33.41%,品种对绿原酸含量的贡献率为 8.24%,栽培措施的贡献率最小。说明本试验条件下生态因素是影响烟叶绿原酸含量的主要因素,互作效应、品种及栽培措施对绿原酸含量也有重要影响。

对 3 个生态条件、4 个品种和 3 个栽培措施间初烤烟叶绿原酸含量进行多重比较(表 3),结果表明:在 3 个生态地区之间,绿原酸含量差异显著,绿原酸含量为陕西>山东>河南。在品种间比较,绿原酸含量大小为:豫烟 10 号>K326>粤烟 98>湘烟 3 号,豫烟 10 号与 K326、粤烟 98、湘烟 3 号之间差异均显著,而粤烟 98 与湘烟 3 号间差异不显著。在 3 个栽培处理之间,T3、T2 处理与 T1 处理差异显著,而 T3 与 T2 处理间差异不显著。

表 2 绿原酸含量方差分析

变异来源	自由度	平方和	均方	F 值	F _{0.05}	贡献率(%)
生态	2	213.35	106.68	173.96	3.13	55.70
品种	3	31.55	10.52	17.15	2.74	8.24
栽培	2	10.16	5.08	8.29	3.13	2.65
生态×品种	6	63.61	10.60	17.29	2.23	16.61
生态×栽培	4	7.02	1.75	2.86	2.51	1.83
品种×栽培	6	7.35	1.22	2.00	2.23	1.92
生态×品种×栽培	12	49.98	4.16	6.79	1.89	13.05
误差	70	42.93	0.61			
总变异	107	426.17				

注:贡献率=SS_{变因}/(SS_总-SS_误-SS_{区组})×100%,下表同。

表 3 不同生态条件、品种和栽培处理间初烤烟叶绿原酸含量

地区	绿原酸平均含量(mg/g)	品种	绿原酸平均含量(mg/g)	栽培	绿原酸平均含量(mg/g)
		豫烟 10 号	10.57a	T3	10.17a
陕西	11.80a	K326	10.12b	T1	9.90a
山东	9.09b	粤烟 98	9.44c	T2	9.43b
河南	8.61c	湘烟 3 号	9.21c		

2.2 生态、品种、栽培措施及其互作对初烤烟芸香苷含量的影响

对初烤烟叶芸香苷含量进行方差分析,结果(表 4)表明:生态、品种、栽培措施及互作效应对烟叶芸香苷含量影响显著。生态条件对芸香苷含量变异影响最大,占总变异的 70.79%,其次是互作效应,占总变异的 22.43%,品种对芸香

苷含量变异的贡献率为 5.87%,栽培措施对绿原酸含量变异的影响最小。

进一步分析(表 5)表明,芸香苷含量在 3 个生态地区间差异显著,陕西>山东>河南;在品种之间,豫烟 10 号的芸香苷含量最大,与粤烟 98、湘烟 3 号差异显著,而豫烟 10 号与 K326 之间差异不显著;在栽培处理之间,T3 处理与 T1、T2 处理间差异显著,T1 与 T2 之间差异不显著,说明增施有机肥有助于提高芸香苷含量。

2.3 生态、品种和栽培措施互作对初烤烟莨菪亭含量的影响

对莨菪亭含量进行方差分析(表 6)表明,生态、品种、栽培措施及其互作对莨菪亭含量均有显著影响。互作效应、生态条件对莨菪亭含量的变异影响最大,分别占总变异的 44.58%、43.37%,其次是品种影响,占总变异的 9.64%,栽

表 4 芸香苷含量方差分析

变异来源	自由度	平方和	均方	<i>F</i> 值	<i>F</i> _{0.05}	贡献率 (%)
生态	2	318.65	159.32	734.31	3.13	70.79
品种	3	26.40	8.80	40.56	2.74	5.87
处理	2	4.09	2.05	9.44	3.13	0.91
生态×品种	6	65.66	10.94	50.44	2.23	14.59
生态×处理	4	8.08	2.02	9.31	2.51	1.80
品种×处理	6	7.86	1.31	6.04	2.23	1.75
生态×品种×处理	12	19.37	1.61	7.44	1.89	4.30
误差	70	15.19	0.22			
总变异	107	465.55				

表 5 不同生态条件、品种和栽培处理间初烤烟叶芸香苷含量

地区	芸香苷平均含量 (mg/g)	品种	芸香苷平均含量 (mg/g)	栽培	芸香苷平均含量 (mg/g)
陕西	6.19a	豫烟 10 号	4.40a	T3	4.24a
山东	3.72b	K326	4.32a	T1	3.90b
河南	2.01c	粤烟 98	4.01b	T2	3.78b
		湘烟 3 号	3.16c		

表 6 莨菪亭含量方差分析

变异来源	自由度	平方和	均方	<i>F</i> 值	<i>F</i> _{0.05}	贡献率 (%)
生态	2	0.36	0.18	404.43	3.13	43.37
品种	3	0.08	0.03	61.3	2.74	9.64
处理	2	0.02	0.01	18.44	3.13	2.41
生态×品种	6	0.27	0.05	102.46	2.23	32.53
生态×处理	4	0.02	0.01	11.54	2.51	2.41
品种×处理	6	0.02	0.00	6.73	2.23	2.41
生态×品种×处理	12	0.06	0.01	11.97	1.89	7.23
误差	70	0.03	0.00			
总变异	107	0.86				

培措施对莨菪亭含量的影响最小。通过对 3 个生态地区、4 个品种、3 个处理间烟叶莨菪亭含量的多重比较结果表明(表 7),在 3 个生态地区间,莨菪亭含量差异显著,山东>河南>陕西。在品种间,粤烟 98 与湘烟 3 号、K326、豫烟 10 号差异显著,而湘烟 3 号与 K326 差异不显著。在栽培处理间,T2>T1>T3,且三者差异显著。

表 7 不同生态条件、品种和栽培处理间初烤烟叶莨菪亭含量

地区	莨菪亭平均含量 (mg/g)	品种	莨菪亭平均含量 (mg/g)	栽培	莨菪亭平均含量 (mg/g)
山东	0.2a	粤烟 98	0.18a	T2	0.16a
河南	0.18b	湘烟 3 号	0.16b	T1	0.15b
陕西	0.07c	K326	0.15b	T3	0.13c
		豫烟 10 号	0.1c		

2.4 生态、品种和栽培措施及其互作对初烤烟总酚含量的影响

对总酚含量进行方差分析,结果(表 8)表明:生态、品种、栽培措施及互作效应对总酚含量有显著影响。生态条件对烟叶总酚含量影响最大,贡献率为 66.19%,其次是互作效应,贡献率为 25.34%,栽培措施对总酚含量的影响最小。进一

步分析表明:在生态地区间,总酚含量在陕西、山东、河南 3 个生态区间差异显著,陕西>山东>河南。在品种之间,豫烟 10 号>K326>粤烟 98>湘烟 3 号,豫烟 10 号与 K326 差异不显著,而与粤烟 98、湘烟 3 号差异显著。在栽培处理之间,总酚含量差异显著,且处理 T3>T1>T2(表 9)。

表 8 总酚含量方差分析

变异来源	自由度	平方和	均方	<i>F</i> 值	<i>F</i> _{0.05}	贡献率 (%)
生态	2	1 003.59	501.80	568.80	3.13	66.19
品种	3	101.05	33.68	38.18	2.74	6.66
处理	2	27.31	13.66	15.48	3.13	1.80
生态×品种	6	212.53	35.42	40.15	2.23	14.02
生态×处理	4	34.05	8.51	9.65	2.51	2.25
品种×处理	6	22.42	3.74	4.24	2.23	1.48
生态×品种×处理	12	115.21	9.60	10.88	1.89	7.60
误差	70	61.75	0.88			
总变异	107	1 579.07				

表 9 不同生态条件、品种和栽培处理间初烤烟叶总酚含量

地区	总酚平均含量 (mg/g)	品种	总酚平均含量 (mg/g)	栽培	总酚平均含量 (mg/g)
陕西	18.06a	豫烟 10 号	14.94a	T3	14.51a
山东	12.93b	K326	14.71a	T1	14.00b
河南	10.80c	粤烟 98	13.55b	T2	13.28c
		湘烟 3 号	12.52c		

3 讨论

绿原酸、芸香苷和莨菪亭是烟草中最主要的酚类化合物,其中绿原酸占总多酚的 75%~90%。

李艳丽等研究认为,基因型和产区对烤烟多酚含量均有较大影响^[19]。丁燕芳等研究了生态与品种及互作对烟叶多酚的影响,认为生态与品种互作及生态条件是影响烟叶多酚类物质的关键因素^[20]。本研究结果表明,烤烟绿原酸含量来源于栽培措施、品种和互作效应的贡献率分别为 2.65%、8.24%、33.41%,来源于生态的贡献率最大,为 55.70%。芸香苷含量主要受生态因素的影响,品种、栽培处理及互作效应对烟叶芸香苷含量的影响较小。生态因素对烟叶芸香苷含量的贡献率为 70.79%,其次是互作效应,贡献率为 22.43%,栽培处理的影响最小,为 0.91%。对于莨菪亭来说,生态、品种和栽培措施的互作效应及生态因素对其含量变异影响较大,

贡献率分别为 44.58%、43.37%，品种和栽培处理的贡献率较小，分别为 9.64%、2.41%。烟叶总酚含量的变异主要来自生态条件和互作效应的影响，贡献率为 66.19%、25.34%，其次是品种效应，贡献率为 6.66%，栽培措施对总酚含量的影响最小，占总变异的 1.8%。说明生态因素和互作效应是烟叶多酚类物质的主要影响因素。

本研究结果表明，在 3 个品种之间，绿原酸、芸香苷、总酚含量均呈现豫烟 10 号 > K326 > 粤烟 98 > 湘烟 3 号的规律，而莨菪亭含量则为粤烟 98 > 湘烟 3 号 > 豫烟 10 号 > K326，这可能与品种的遗传特性有关。

有资料表明，温度对多酚类化合物合成、积累有影响。低温下烟叶多酚类化合物含量较高，这可能是因为，在低温胁迫下，烟草通过木质化作用增加多酚含量以抵御外界低温环境，从而减少低温对烟株生长的不利因素^[21]。本研究结果表明，烟叶中绿原酸、芸香苷、总酚的含量均呈现出陕西 > 山东 > 河南的规律。由 3 个生态区大田生育期的气象资料（表 1）可知，整个大田生育期的温度以陕西地区最低，河南最高，这可能是造成多酚类物质含量变化规律的原因。而莨菪亭含量则为山东 > 河南 > 陕西，这可能是品种、生态等多种因素综合作用的结果，需进一步研究。

关于氮肥对烟叶多酚类物质含量的影响颇有争议。王爱华等^[22]、Tso 等^[23]指出，烤后烟叶绿原酸、芸香苷、莨菪亭含量随施氮量的增加而增加。赵铭钦等研究了增施有机质对烤烟多酚类物质含量的影响，认为增施有机质可以使烟叶中总酚、绿原酸、芸香苷含量明显增加^[24]。本研究结果显示，烟叶中绿原酸、芸香苷、总酚的含量呈现出 T3 > T2 > T1 的规律。莨菪亭含量则呈现 T2 > T1 > T3 的规律。绿原酸、芸香苷、总酚含量的规律与上述研究结果一致，而与 William 等的研究结果^[25]矛盾，这可能是与试验的种植地或选用的试验材料有关。且有机肥对它们含量的影响效应要大于增施氮肥带来的影响。而莨菪亭含量受有机肥影响较小。

4 结论

生态、品种和栽培措施及互作对烟叶多酚类物质的含量均有显著影响，其中生态因素对绿原酸、芸香苷、莨菪亭和总酚含量的贡献率分别为 55.70%、70.79%、43.37% 和 66.19%；互作效应对它们的贡献率分别为 33.41%、22.43%、44.58% 和 25.34%，说明生态条件和互作效应是影响烤烟多酚类物质含量的关键因素，品种和栽培措施对多酚类物质的含量亦有重要作用。

良好的遗传基础依赖于合适的环境条件，才能发挥品种的遗传潜力。总之，品种的遗传作用不可忽视，优良品质是首要因素，根据品种的特性在合适的环境条件下，采取合理的栽培手段，才能充分发挥品种的优势、彰显品种特色。

参考文献：

- [1] 潘瑞炽,董愚得. 植物生理学[M]. 北京:高等教育出版社,1958:160-164.
- [2] 曹建敏,邱军,杨德廉,等. 不同等级烤烟多酚含量及其规律性分析[J]. 中国烟草科学,2009,30(6):21-24.
- [3] 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.
- [4] 王瑞新. 烟草化学[M]. 北京:中国农业出版社,2003:106-114.
- [5] 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.
- [6] 李丛民. 植物多酚对烟草制品品质的影响[J]. 烟草科技,2000(1):27-28.
- [7] 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.
- [8] 黄中艳,朱勇,邓云龙,等. 云南烤烟大田期气候对烟叶品质的影响[J]. 中国农业气象,2008,29(4):440-445,449.
- [9] 许自成,秦璐,邵惠芳,等. 烤烟钾含量与多酚、有机酸含量及评吸品质的关系[J]. 河南农业大学学报,2010,44(4):383-389.
- [10] 刘阳,高丽君,蔡宪杰,等. 采收成熟度对烤烟多酚含量和组成的影响[J]. 烟草科技,2011(8):73-78.
- [11] Penn P T, Stephens R L, Weybrew J A. Some factors affecting the content of principal polyphenols in tobacco leaves[J]. Tob Sci, 1958,2:68-72.
- [12] Koepe D, Rohrbach L, Rice E, et al. The effect of age and chilling temperature on the concentration of scopolin and caffeoylquinic acid in tobacco[J]. Physiologia Plantarum, 1970,23(2):258-266.
- [13] Williamson R E, Gwynn G R. Variation of polyphenols in flue-cured tobacco cultivars attributed to location, stalk position and year[J]. Crop Science, 1982(1):144-146.
- [14] 朱小茜,徐晓燕,黄义德,等. 多酚类物质对烟草品质的影响[J]. 安徽农业科学,2005,33(10):132-133.
- [15] 李力,杨涓,戴亚,等. 烤烟中绿原酸、莨菪亭和芸香苷的分布研究[J]. 中国烟草学报,2008,14(4):13-17.
- [16] YC/T 202—2006 烟草及烟草制品多酚类化合物绿原酸、芸香苷和莨菪亭的测定[S].
- [17] 杨丹. SPSS 宝典[M]. 北京:电子工业出版社,2013:181-199.
- [18] 杨延兵,高荣岐,尹燕桦,等. 氮素与品种对小麦产量和品质性状的效应[J]. 麦类作物学报,2005,25(6):86-89.
- [19] 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.
- [20] 丁燕芳,杨铁钊,李亚培,等. 生态与品种及其互作对烤烟多酚类物质的影响[J]. 中国烟草科学,2013,34(1):17-21.
- [21] 杨志晓,王轶,任学良,等. 烟草多酚类化合物合成与积累影响因素研究进展[J]. 河南农业科学,2012,41(10):1-5.
- [22] 王爱华,王松峰,官长荣. 氮素用量对烤烟上部叶片多酚类物质动态的影响[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2005,33(3):57-60.
- [23] Tso T C, Sorokin T P, Chn H, et al. Nitrogenous and phenolic compounds of nicotiana plants II: selective incorporation of aromatic amino acids in phenolic compounds of tumorous nicotiana hubride[J]. Bor Acad Sinica, 1960(8):231-235.
- [24] 赵铭钦,刘金霞,刘国顺,等. 增施不同的有机质对烤烟多酚和石油醚提取物含量的影响[J]. 云南农业大学学报,2008,23(4):536-539.
- [25] William C, Elliot J M. Influence of nitrogen, phosphorus, potassium and magnesium on the phenolic constituents of flue-cured tobacco[J]. Canadian Journal of Plant Science, 1978,58:543-548.