

不同品种烤烟鲜叶表面提取物的主要成分分析

朱显灵¹, 潘文杰², 陈懿², 陈伟², 李章海¹, 张纪利¹, 徐增汉¹, 李洪勋²

(1. 中国科学技术大学烟草与健康研究中心, 合肥 230051; 2. 贵州省烟草科学研究所, 贵阳 550023)

摘要: 选择贵州省 4 个主要烟草品种, 分下、中、上 3 个部位采收成熟鲜叶, 用二氯甲烷提取叶表面物质进行分析检测。结果表明, 烤烟鲜烟叶表面提取物主要包括烟碱、酮类、萜烯类和烷烃类。烟碱含量最高, 酮类含量甚微。萜烯类物质是烟草叶表面提取物的主要成分, 主要是西柏烷类, 包括西柏烷、西柏三烯一醇和西柏三烯二醇。西柏三烯二醇含量高于西柏三烯一醇, β -西柏三烯醇二醇含量较 α -西柏三烯醇二醇稍多。烷烃类主要是三十烷以上的高级烷烃, 含量较多。不同品种鲜叶表面提取物总量存在明显差异, 南江 3 号最低, K326 次低, 贵烟 201 较高, 云烟 85 最高。

关键词: 烤烟; 鲜叶; 叶表面提取物; 萜烯类

中图分类号: S572.02

文章编号: 1007-5119 (2011) 03-0051-06

DOI: 10.3969/j.issn.1007-5119.2011.03.011

Analysis of Major Cuticular Components from Green Leaf of Different Flue-cured Tobacco Varieties

ZHU Xianling¹, PAN Wenjie², CHEN Yi², CHEN Wei², LI Zhanghai¹, ZHANG Jili¹, XU Zenghan¹, LI Hongxun²

(1. Research Center of Tobacco and Health, University of Science and Technology of China, Hefei 230051, China;

2. Guizhou Tobacco Science Research Institute, Guiyang 550023, China)

Abstract: The major cuticular components from green leaves of three plant positions from four flue-cured tobacco varieties grown in Guizhou were analyzed after extracted with methylene chloride. The result showed that the major cuticular components of green leaves were nicotine, ketones, terpenes and hydrocarbons. Among which, nicotine was the highest and ketones were the least. Terpenes were the main cuticular components from green tobacco leaves, majority of them were cembrenoids, including cembrenoid, cembratriene-ol and cembratriene-diol. There was more cembratriene-diol than cembratriene-ol, as was more β -cembratriene-diol than α -cembratriene-diol. There were good amount of hydrocarbons; most of them were triacontanic high hydrocarbons. There was considerable difference of major cuticular components among varieties. From low to high, four varieties ranked as Nanjiang 3 to K326 to Guiyan 201 to Yunyan 85.

Keywords: flue-cured tobacco; green leaf; cuticular component; terpene

烟草腺毛分泌物被认为对烟草品质和香吃味有良好的贡献, 不同烟草类型和品种叶表面腺毛密度、分泌物性质和数量存在着明显的差异^[1-3]。20 世纪 50 年代以来, 国内外科研人员对烟草腺毛形态、密度及其分泌物进行了大量的研究。采用各种方法提取烟草鲜叶和干叶表面提取物, 运用气相色谱 (GC) 和质谱 (MS) 分析, 鉴定出烟草腺毛中主要含有类西柏烷和类赖百当二萜、糖脂、表面蜡

和一些微量组分^[4-14]。众多研究表明, 影响烟草腺毛特征及其分泌物特点的主要因素是遗传构成。Burk 等^[15]指出具有非腺型或简单腺毛的烟草并不产生大量的二萜烯、蔗糖酯、脂肪醇和蜡脂。Severson 等^[16]指出, 不同类型的烟草腺毛分泌物存在明显差异。烤烟和白肋烟主要含有 α -西柏三烯二醇和 β -西柏三烯二醇、脂肪醇及烃类化合物, 而香料烟不仅含有以上成分, 还含有顺-冷杉醇、赖百

基金项目: 贵州省烟草专卖局 (公司) 科技重大专项 “贵州省特色优质烟叶研究开发” (200704)

作者简介: 朱显灵, 博士, 副研究员, 主要研究方向为烟草栽培生理生态及烟草科技政策与管理。E-mail: xlzhu@ustc.edu.cn

收稿日期: 2009-11-29

当萜醇和蔗糖脂等。Nielsen 和 Severson^[17]分析了不同品种及其后代品系腺毛密度和分泌物含量的相关性,发现一些腺毛密度很小的品系,其腺毛分泌物的含量与腺毛密度呈正相关;而腺毛密度大的品系,其腺毛分泌物的含量与腺毛密度不具有密切相关性。某些品系的西柏三烯二醇含量可达亲本的 2~3 倍。这说明,烟草腺毛分泌物的化学成分及其含量不仅受内在遗传组成的影响,而且受其生长环境众多外在因素的影响。

烟草生长所处的水肥条件对腺毛分泌物有着重要影响。Severson 等^[18]指出,适度的水分胁迫能提高烟叶表面西柏三烯二醇和蔗糖酯等腺毛分泌物的含量,强降雨会显著降低烟叶表面化合物的含量。时向东等^[19]研究表明,饼肥等有机肥能增加腺毛密度,但其作用因叶位和腺毛种类的不同而有差异。Gamou and Kawashima^[20]和 Court 等^[21]研究表明,增施氮肥有时会减少烟叶表面西柏三烯二醇的含量,但有时对烟叶表面化学成分没有显著影响。

为探明贵州烟叶腺毛分泌物成分和含量的差异,分析它们与贵州烟叶品质和风格特点的关系,笔者选取 4 个贵州当前主栽品种和新育成品种,分下、中、上 3 个部位逐次采收成熟鲜叶,对其叶表面物质进行了分析测定。

1 材料与amp;方法

1.1 取样

在贵州省烟草科学研究所龙岗试验站(贵阳市开阳县)选择云烟 85、K326、贵烟 201 和南江 3 号 4 个品种,选取 15 株生长均匀一致的烟株挂牌,分上、中、下 3 个部位(第 3~4 叶代表下部叶、9~10 叶代表中部叶、16~17 叶代表上部叶)各采摘成熟烟叶 30 片,其中 15 片供提取叶表面物质使用,另 15 片供测定烟叶含水量。

1.2 提取

将烟样称重,然后在装有 1 000 mL 二氯甲烷的 3 个烧杯中浸洗。在第 1 只烧杯中浸洗 4 次,每浸 1 次在溶剂中停留 2 s。待二氯甲烷挥发后,再在第

2、3 只烧杯中重复浸洗,每次浸洗时叶片倒顺提取(即上次最后提取的叶片首先被浸洗),3 次提取完成后,将含有叶面提取物的溶剂过滤到平底烧瓶内(滤纸内放无水硫酸钠 50 g),过滤漏斗、烧杯和滤纸均用二氯甲烷冲 3 次以上。然后将浸提液转移至旋转蒸发仪中,在 40 °C 下浓缩,最后移入琥珀色瓶中,定容至 10 mL,置 0 °C 左右的暗处备测。

1.3 叶表面提取物分析

用芳樟醇作内标,提取定容的烟叶腺毛分泌物浓缩物 2 mL,加入 1 mL 内标,再浓缩至 1 mL,用 GC 和 GC/MS 进行分析。

2 结果

2.1 叶表面提取物总量

不同品种之间叶表面提取物含量存在明显差异(表 1)。南江 3 号叶表面提取物平均总量最低,每克鲜叶为 75.76 μg;K326 次低,每克鲜叶为 194.49 μg;贵烟 201 较高,每克鲜叶为 237.53 μg;云烟 85 最高,每克鲜叶为 283.01 μg。云烟 85 叶表面提取物总量是南江 3 号的 3 倍以上。

不同品种各部位的叶表面提取物含量亦差异明显。南江 3 号下部烟叶表面提取物中烟碱含量 9.91 μg/g,云烟 85 为 34.73 μg/g,相差 3.5 倍;K326 中部叶酮类含量 2.31 μg/g,云烟 85 为 16.34 μg/g,

表 1 不同品种叶表面提取物主要成分含量

Table 1 Contents of major cuticular components from green leaf of different tobacco varieties μg/(g ml)

品种	部位	烟碱	酮类	萜烯类	烷烃类	合计
南江 3 号	下	9.91	0.45	5.98	25.00	41.34
	中	30.39	2.81	50.00	33.38	116.58
	上	10.01	2.58	32.91	23.85	69.35
	平均	16.77	1.95	29.63	27.41	75.76
K326	下	31.23	0.83	6.25	70.07	108.38
	中	47.83	2.31	29.86	68.56	148.56
	上	42.78	10.34	117.86	155.56	326.54
	平均	40.61	4.49	51.32	98.06	194.49
贵烟 201	下	21.6	0.42	8.59	71.16	101.77
	中	36.97	5.06	68.90	107.41	218.34
	上	37.60	11.59	179.51	163.77	392.47
	平均	32.06	5.69	85.67	114.11	237.53
云烟 85	下	34.73	3.89	31.91	54.48	125.01
	中	85.51	16.34	237.25	108.87	447.97
	上	41.02	13.41	145.15	76.47	276.05
	平均	53.75	11.21	138.10	79.94	283.01

相差 7 倍以上 ; K326 的中部叶萜烯类含量 29.86 $\mu\text{g/g}$, 云烟 85 为 237.25 $\mu\text{g/g}$, 相差近 8 倍 ; 南江 3 号上部叶烷烃类含量 23.85 $\mu\text{g/g}$, 贵烟 201 为 163.77 $\mu\text{g/g}$, 相差亦近 7 倍。

2.2 叶表面提取物萜烯类物质含量

萜烯类物质是烟草叶表面提取物的主要成分。检测表明,烟草腺毛分泌物的萜烯类物质主要有新植二烯、松香油、西柏烷、西柏三烯一醇、 α -西柏三烯二醇和 β -西柏三烯二醇。由于新植二烯含量极低(所有品种各个部位每克鲜叶含量均在 0.5 μg 以下),故在此不作分析。

松香油在叶表面提取物中含量较丰富(表 2)。南江 3 号叶表面提取物中松香油平均含量最低,为 15.12 $\mu\text{g/g}$, K326(23.19 $\mu\text{g/g}$)次低,贵烟 201(36.88 $\mu\text{g/g}$)较高,云烟 85 含量最高,所有部位平均含量达 53.30 $\mu\text{g/g}$ 。品种间叶表面提取物松香油含量不仅有差异,而且部位间变化不一致。K326 和贵烟 201 烟叶表面提取物中松香油含量随着部位的升高而增加,而南江 3 号和云烟 85 烟叶表面提取物中松香油含量以中部叶最高,上部其次,下部最低。西柏烷类是烟叶表面提取物中最重要的萜烯类物质,包括西柏烷和各种西柏三烯醇。从图 1 可以看出,不同品种叶表面提取物中西柏烷类物质含量差异很大。南江 3 号含量很低, K326 含量较低(尤

其是中下部叶),贵烟 201 含量较高(特别是上部烟叶),云烟 85 含量最多(不过其下部叶含量不高)。各品种叶表面提取物西柏烷类物质含量之比为 $m(\text{南江 3 号}):m(\text{K326}):m(\text{贵烟 201}):m(\text{云烟 85}) = 1:1.94:3.39:5.86$ 。

表 2 不同品种烤烟叶表面提取物中松香油含量

Table 2 Contents of retinol of major cuticular components from green leaves of different tobacco varieties $\mu\text{g}/(\text{g m})$

品种	下部叶	中部叶	上部叶	平均
贵烟 201	4.94	34.45	71.26	36.88
K326	3.37	15.10	51.11	23.19
南江 3 号	3.26	25.08	17.03	15.12
云烟 85	16.63	91.59	51.68	53.30

各品种叶表面提取物中的西柏烷类含量,总体随着烟叶部位的升高而增加,但增加的数量和幅度差异很大,导致品种间不同部位的西柏烷类物质含量比例发生变化。下部叶之比为 $m(\text{南江 3 号}):m(\text{K326}):m(\text{贵烟 201}):m(\text{云烟 85}) = 1:1.04:1.33:5.74$,中部叶为 $m(\text{南江 3 号}):m(\text{K326}):m(\text{贵烟 201}):m(\text{云烟 85}) = 1:0.59:1.38:5.85$,上部叶为 $m(\text{南江 3 号}):m(\text{K326}):m(\text{贵烟 201}):m(\text{云烟 85}) = 1:4.21:6.82:5.88$ 。K326 和贵烟 201 的中、下部烟叶表面提取物西柏烷类含量与南江 3 号差异不大,上部叶差异明显,而云烟 85 与南江 3 号的含量始终差异很大,前者大约是后者的 6 倍。

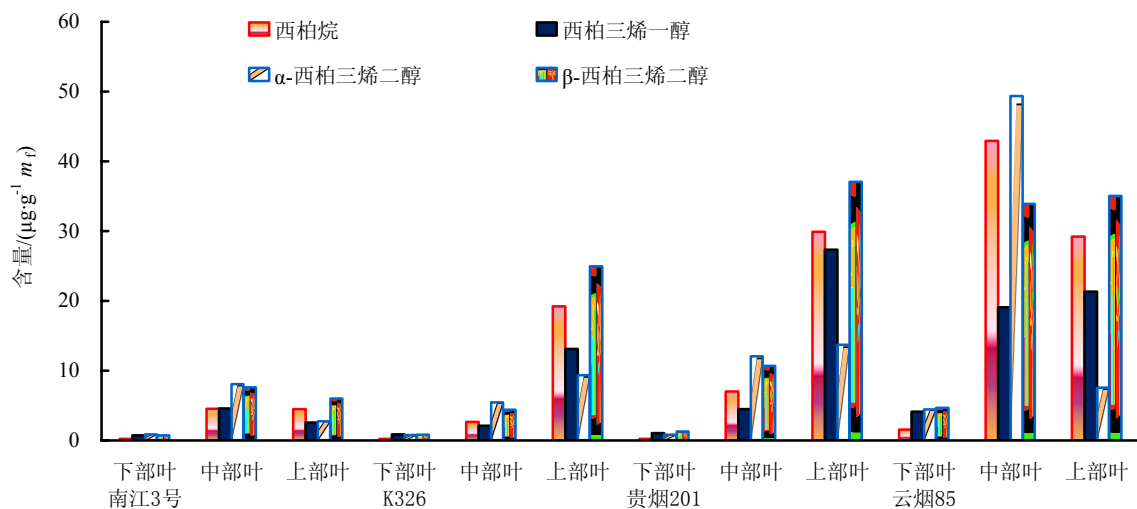


图 1 不同品种叶表面提取物西柏烷类含量

Fig. 1 The contents of cembrenoid of major cuticular components from green leaves of different tobacco varieties

2.3 叶表面提取物西柏三烯醇含量

西柏三烯醇是烟叶表面提取物中萜烯类物质的最主要成分,主要包括西柏三烯一醇和西柏三烯二醇(α 和 β 两种异构体),不同品种叶表面提取物中西柏三烯醇含量差异很大(表3)。从低到高排序为南江3号<K326<贵烟201<云烟85。K326和贵烟201叶表面提取物中的西柏三烯醇含量,随叶位的升高而增加,南江3号和云烟85烟叶表面提取物中西柏三烯醇含量以中部叶最高,上部其次,下部最低。说明品种间叶表面提取物中西柏三烯醇含量不仅有数量差异,而且部位间变化也不一致。

各品种西柏三烯二醇的含量多于西柏三烯一醇,但不同品种各种西柏三烯醇的实际含量存在较大差异。

就西柏三烯一醇而言,不同品种各部位叶表面提取物中的含量顺序为:南江3号<K326<贵烟201<云烟85。除南江3号外,K326、贵烟201和云烟85的含量都是随着叶位的升高而增加。

各品种叶表面提取物中的西柏三烯一醇含量,大致随叶位的升高而增加(南江3号除外),但各品种增加的幅度并不一致,且具体数量有差别。从总含量上看,南江3号<K326<贵烟201<云烟85。

表3 不同品种叶表面提取物各种西柏三烯醇含量

西柏三烯醇种类	南江3号			K326			贵烟201			云烟85		
	下	中	上	下	中	上	下	中	上	下	中	上
西柏三烯一醇	0.75	4.59	2.57	0.87	2.09	13.10	1.05	4.48	27.32	4.11	19.06	21.32
α -西柏三烯二醇	0.87	8.06	2.75	0.78	5.48	9.35	0.85	12.10	13.70	4.43	49.38	7.55
β -西柏三烯二醇	0.73	7.63	6.03	0.81	4.39	24.90	1.28	10.70	37.06	4.70	33.91	35.05
总量	2.35	20.30	11.40	2.46	12.00	47.40	3.18	27.20	78.08	13.20	102.40	63.92

南江3号叶表面提取物中的西柏三烯一醇含量很低,以中部叶含量最高,但也仅为 $4.59 \mu\text{g}/\text{g}$;K326的叶表面提取物中西柏三烯一醇含量也比较低,尤其是其中下部位叶,其上部叶含量稍高,达 $13.13 \mu\text{g}/\text{g}$;贵烟201各个部位烟叶表面提取物中西柏三烯一醇含量差异最大,其上部含量达 $27.32 \mu\text{g}/\text{g}$,是其下部叶含量的26倍以上,为所有品种的最大值;云烟85下部叶表面提取物中西柏三烯一醇的含量相对较高,其中上部叶中的含量几乎相等,总含量为所有品种最高。

各品种的叶表面提取物中 α -西柏三烯醇二醇的含量差异很大:南江3号含量很低,中部叶大于上部叶(3倍以上);K326和贵烟201的含量也较低,都随叶位的升高而增加;云烟85含量最高,尤其是中部叶,达到 $49.38 \mu\text{g}/\text{g}$,分别是上部叶和下部叶($7.55 \mu\text{g}/\text{g}$ 和 $4.43 \mu\text{g}/\text{g}$)的6.5倍和11倍(表3)。

与 α -西柏三烯醇二醇相比,各品种叶表面提取物中 β -西柏三烯醇二醇的含量较高,不同品种和部位间差别很大。从总量上看,南江3号含量很低,

中、上部叶片含量相近;K326含量较低,其上部叶含量远高于中部叶(5.7倍);贵烟201含量较高,尤其是上部叶,含量达到 $37.06 \mu\text{g}/\text{g}$,为所有品种的最大值;云烟85的含量最高,中、上部叶片含量几乎相等(表3)。

2.4 叶表面提取物烷烃类含量

鲜叶表面提取物的烷烃类成分主要是高级烷烃,包括二十九烷、异三十烷、三十烷、异三十一烷、三十一烷、异三十二烷、三十二烷、异三十三烷、三十三烷。

从图4可以看出,不同品种叶表面提取物中烷烃类成分差别较大。从总量上看,贵烟201最多,K326次之,云烟85较少,南江3号最少。下、中、上三部位烟叶表面提取物烷烃类含量,贵烟201分别为 $71.16, 107.41, 163.77 \mu\text{g}/\text{g}$,K326为 $70.07, 68.56, 155.56 \mu\text{g}/\text{g}$,云烟85为 $54.48, 108.87, 76.47 \mu\text{g}/\text{g}$;南江3号为 $25.0, 33.38, 23.85 \mu\text{g}/\text{g}$ 。各品种烤烟的烷烃类总量比为 $m(\text{贵烟}201):m(\text{K}326):m(\text{云烟}85):m(\text{南江}3\text{号})=1:0.86:0.7:0.24$ 。

表 4 不同品种烤烟叶表面提取物主要烷烃含量

品种	叶位	二十九烷	异三十烷	三十烷	异三十一烷	三十一烷	异三十二烷	三十二烷	异三十三烷	三十三烷
南江 3 号	下	3.87	0.83	2.71	3.76	0.78	0.41	5.86	4.52	2.26
	中	10.18	0.95	4.52	4.05	1.38	5.83	0.69	0.98	4.80
	上	3.74	0.34	2.85	1.63	0.84	2.60	5.61	3.58	2.66
K326	下	4.31	1.61	5.93	6.32	2.29	0.62	23.14	12.73	13.12
	中	5.43	1.05	5.02	3.85	2.25	12.32	19.52	9.71	9.41
	上	22.02	1.66	12.06	6.91	4.76	21.25	46.66	19.79	20.45
贵烟 201	下	5.24	1.55	6.26	7.61	2.12	0.65	24.30	12.41	11.02
	中	10.91	1.37	7.40	6.12	2.87	15.88	31.82	14.34	16.70
	上	21.10	1.30	11.54	6.35	4.62	21.09	50.34	22.60	24.83
云烟 85	下	8.69	1.07	5.96	5.88	1.48	0.76	12.34	10.96	7.34
	中	34.91	1.15	10.08	6.99	2.17	10.08	17.61	15.31	10.57
	上	13.21	1.02	9.22	5.34	2.02	8.46	16.24	12.45	8.51

从烷烃类成分上看,三十二烷和三十三烷(包括两种异构体)的含量较高,特别是三十二烷。各品种之间不仅含量存在很大差异,而且部位变化亦不相同。贵烟 201 的叶表面提取物中三十二烷最多,且随着部位的升高而增加;K326 含量较多,其上部叶含量明显高于中下部叶;云烟 85 含量中等,各部位烟叶含量相近;南江 3 号含量很少,中部烟叶含量很低。

3 讨 论

本试验结果表明,烤烟鲜叶表面提取物主要包括烟碱、酮类、萜烯类和烷烃类。由于烟碱是在烟株根部合成后运输到达烟叶表面的,而不是在腺毛内合成分泌到叶表,一般不将之作为主要腺毛分泌物来考虑,因此烤烟鲜叶表面提取物主要成分是腺毛分泌物(包括降解产物酮类)和烷烃类,这与 Chang 等^[10]和 Severson 等^[22]的结果相似。

不同品种鲜叶表面提取物总含量和各种物质含量差异明显。4 个品种叶表面提取物平均总量排序为,南江 3 号 < K326 < 贵烟 201 < 云烟 85,云烟 85 叶表面提取物总量是南江 3 号的 3 倍以上。不同品种各种叶表面提取物的含量差异更大,最高含量品种(云烟 85)所含酮类、萜烯类和烷烃类等主要叶表面提取物是最低含量品种(南江 3 号)的 7~8 倍。本研究试验材料来自同一试验地点,生态条件和土壤类型相同,施肥量和栽培措施相近,因此可以推论品种间烟叶表面提取物和腺毛分泌物差异

主要是由品种自身的遗传组成所决定的。这与杨铁钊等人的研究结论基本一致^[23]。

国外研究结果认为,有些腺毛分泌物的合成受单基因控制^[24-25],有些腺毛分泌物的合成受多基因控制^[15, 26-27],因此,烟草腺毛分泌物的种类及含量取决于其遗传组成^[28-29]。基于这些研究结果,研究人员曾试图从腺毛密度和分泌物含量入手,培育腺毛分泌物含量高的烟草品种^[30]。

萜烯类物质是烟草叶表面提取物的主要成分,主要包括新植二烯、松香油、西柏烷、西柏三烯一醇、 α -西柏三烯二醇和 β -西柏三烯二醇等。新植二烯含量最少,西柏烷类含量最多。烟叶表面提取物中西柏烷类包括西柏烷和各种西柏三烯醇。不同品种叶表面提取物中西柏烷类物质含量差异很大,所测定 4 个品种的西柏烷类物质总量之比为, $m(\text{南江 3 号}):m(\text{K326}):m(\text{贵烟 201}):m(\text{云烟 85}) = 1:1.94:3.39:5.86$ 。

作为最主要的西柏烷类物质,西柏三烯醇在各品种叶表提取中不仅含量高,而且变化大。所测定 4 个烤烟品种的西柏三烯醇总量排序为,南江 3 号 < K326 < 贵烟 201 < 云烟 85。K326 和贵烟 201 西柏三烯醇含量随着叶位的升高而增加,南江 3 号和云烟 85 中部叶含量最高。各个品种西柏三烯二醇的含量多于西柏三烯一醇, β -西柏三烯二醇的含量稍高于 α -西柏三烯二醇。这与前人的研究结果并不完全一致^[31]。这可能是由于品种、烟叶成熟度(幼叶和成熟叶)、栽培措施及分析方法等众多因

素影响的缘故。这也说明,烟叶表面提取物的种类和数量不仅受制于种质的遗传组成,而且与生态条件、栽培措施和分析测定环节有十分密切的联系。

参考文献

- [1] Wagner G. Leaf surface chemistry [M]//David D L, Nielsen M T. Tobacco production, chemistry and technology. Oxford: Blackwell Science, 1999: 292-303.
- [2] 冀浩,李雪君,赵永振,等. 浸提叶面分泌物对烤烟品质的影响[J]. 中国烟草科学, 2008, 29(2): 13-17.
- [3] 史宏志,刘国顺. 烟草香味学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998: 83.
- [4] Onishi I, Yamasaki K. Studies on the essential oils of tobacco leaves. I. Acid fraction[J]. Agr Chem Soc Japan B, 1955(19): 137-142.
- [5] Onishi I, Nagasawa M. Studies on the essential oils of tobacco leaves. II. Carbonyl fraction[J]. Agr Chem Soc Japan B, 1955(2): 143-147.
- [6] Onishi I, Nagasawa M. Studies on the essential oils of tobacco leaves. VII. Carbonyl fraction (2) [J]. Agr Chem Soc Japan B, 1957(21): 38-42.
- [7] Onishi I, Tomita T, Fukuzumi T. Studies on the essential oils of tobacco leaves. XV. Neutral fraction (2) [J]. Agr Chem Soc Japan B, 1957(21): 239-242.
- [8] Roberts D L, Rowland R L. Macrocyclic Diterpenes. α and β -4,8,13-Duvatriene-1,3-diols from Tobacco[J]. J Org Chem, 1962(27): 3989-3992.
- [9] Chakraborty M K, Weybrew J A. The chemistry of tobacco trichomes[J]. Tob Sci, 1963(7): 122-127.
- [10] Chang S Y, Grunwald C. Duvatrienediol, alkanes, and fatty acids in cuticular wax of tobacco leaf of various physiological maturity[J]. Phytochemistry, 1976(15): 961-963.
- [11] Johnson A W, Severson R F, Hudson J, et al. Tobacco leaf trichomes and their exudates [J]. Tob Sci, 1985(29): 67-72.
- [12] Chang K W, Weeks W W, Weybrew J A. Changes in the surface chemistry of tobacco leaf during curing with particular emphasis on trichomes[J]. Tobacco Science, 1985(29): 122-127.
- [13] Weeks W W, Sisson V A, Chaplin J F. Differences in aroma, chemistry, solubility, and smoking quality of cured flue-cured tobaccos with aglandular and glandular Trichomes[J]. J Agric Food Chem, 1992, 40(10): 1911-1916.
- [14] 韩锦锋,王广山,远彤,等. 烤烟叶面分泌物的初步研究[J]. 中国烟草, 1995, 16(2): 10-13.
- [15] Burk L G. Inheritance of the glandless leaf trichome trait in *Nicotiana tabacum*[J]. Tob Sci, 1982(26): 51-53.
- [16] Severson R F, Johnson A W, Jackson D M. Cuticular constituents of tobacco[J]. Recent Adv Tob Sci 1985(11): 105-174.
- [17] Nielsen M T, Severson R F. Variation of flavor components on leaf surfaces of tobacco genotypes differing in trichome density [J]. J Agric Food Chem, 1990, 38(2): 467-471.
- [18] Severson R F, Arrendale R F, Chortyk O T, et al. Isolation and characterization of the sucrose esters of the cuticular waxes of green tobacco leaf [J]. J Agric Food Chem, 1985, 33(5): 870-875.
- [19] 时向东,刘国顺,韩锦峰,等. 不同类型肥料对烤烟叶片腺毛密度、种类及分布规律的影响[J]. 中国烟草学报, 1999, 20(2): 19-22.
- [20] Gamou K, Kawashima N. Studies on leaf surface lipid of tobacco: Compositional change in alkane during growth and senescence of leaf [J]. J Agri Biol Chem, 1979, 43(10): 2163-2168.
- [21] Court W A, Elliot J M, Hendel J G. Influence of applied nitrogen fertilization on certain lipids, terpenes, and other characteristics of flue-cured tobacco [J]. Tob Sci, 1984(28): 69-72.
- [22] Severson R F, Jackson D M, Chaplin J F. The effect of plant age and curing on cuticular leaf chemical levels and composition[C]// 36th TCRC, 1982.
- [23] 杨铁钊,李伟,李钦奎,等. 烤烟叶面腺毛密度及其分泌物变化动态的相关分析[J]. 中国烟草科学, 2005, 26(1): 43-46.
- [24] Nielsen M T, Jones G A, Collins G B. Inheritance pattern for secreting and nonsecreting glandular trichomes in tobacco[J]. Crop Sci, 1982(22): 1051-1053.
- [25] Coussirat J C, Schiltz P, Reid W W, et al. Diterpenes in *Nicotiana tabacum* I. Genetic control of the production of (z)-abienol and α and β -cembratriene diols [J]. Ann du Tabac, 1983-1984(2): 123-130.
- [26] Gwynn G R, Severson R F, Jackson D M, et al. Inheritance of sucrose esters containing β -methylvaleric acid in tobacco[J]. Tob Sci, 1985(29): 79-81.
- [27] Johnson J C, Nielsen M T, Collins G B. Inheritance of glandular trichomes in tobacco [J]. Crop Sci, 1988(28): 241-244.
- [28] Reid W W. The phytochemistry of the genus *Nicotiana*[J]. Ann du Tabac, 1974(11): 145-183.
- [29] Colledge A, Reid W W, Russell R. The diterpenoids of *Nicotiana* species and their potential technological significance[J]. Chem Ind, 1975(5): 570-571.
- [30] Nielsen M T, Severson R F. Inheritance of a diterpene constituent in tobacco trichome exudate [J]. Crop Sci, 1992(32): 1148-1150.
- [31] Severson R F, Arrendale R F, Chortyk O T, et al. Quantitation of the major cuticular components from green leaf of different tobacco type [J]. J Agric Food Chem, 1984, 32(3): 566-570.