

土壤水分对香料烟香味物质和感官质量的影响

符云鹏¹, 李国芸^{1,2}, 宋玉川³, 欧亚飞⁴, 唐宇⁵, 贺晓辉³, 胡林⁴

1 烟草行业烟草栽培重点实验室, 河南农业大学烟草学院, 郑州 450002;

2 上海人大人科学发展研究院, 上海 200001;

3 云南烟草保山香料烟有限责任公司, 保山 678000;

4 上海烟草集团北京卷烟厂, 通州 101121;

5 上海烟草集团有限责任公司, 上海 200082

摘要: 盆栽试验条件下, 以香料烟品种云香巴斯马 1 号为材料, 研究了土壤水分对香料烟常规化学成分、香味物质及感官质量的影响。结果表明, 随土壤水分含量的降低, 香料烟总糖、还原糖和挥发碱含量下降, 而烟碱和总氮含量以土壤水分 55%±5% 处理最高, 40%±5% 处理次之, 70%±5% 处理最低。随土壤水分含量下降, 中部叶除新植二烯和乙酰吡咯外, 各类香味物质含量以及香味物质总量均呈增加趋势; 上部叶类胡萝卜素降解产物、苯丙氨酸降解产物的含量提高, 但增幅小于中部叶。上部叶赖百当类物质和西柏烷类物质的含量随土壤水分含量降低而下降; 上部叶有机酸 3 项指标和酯类物质含量以土壤水分为 50%±5% 处理最高。评吸结果表明, 随土壤水分含量降低, 中部叶香气质改善, 香气量和浓度增加, 杂气和刺激性减小, 感官质量变好; 上部叶感官质量以土壤水分含量为 50%~60% 处理最好。

关键词: 香料烟; 土壤水分; 化学成分; 香味物质; 感官质量

doi:10.3969/j.issn.1004-5708.2014.05.012

中图分类号: S572.01

文献标志码: A

文章编号: 1004-5708 (2014) 05-0073-07

Effects of soil moisture on flavor component and sensory quality of oriental tobacco

FU Ynpeng¹, LI Guoyun^{1,2}, SONG Yuchuan³, OU Yafei⁴, TANG Yu⁵, HE Xiaohui³, HU Lin⁴

1 Key Laboratory for Tobacco Cultivation, College of Tobacco Science, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China;

2 Shanghai RDR Scientific Research & Development Institute, Shanghai 200001, China;

3 Yunnan Baoshan Oriental Tobacco Co., Ltd., Baoshan 678000, China;

4 Beijing Cigarette Factory of Shanghai Tobacco Group, Tongzhou 101121, China;

5 Shanghai Tobacco Group Co., Ltd., Shanghai 200082, China

Abstract: Pot experiments were conducted with oriental tobacco to investigate effects of soil moisture on chemical composition, flavor components and sensory quality. Results showed that content of total soluble sugar, reducing sugar and volatile alkali in leaves decreased with declined levels of soil moisture. Content of total nitrogen and nicotine in leaves was the highest when the level of soil moisture was at 55%±5%, followed by 40%±5% and 70%±5%. With the level of soil moisture declining, the content of all flavor components in cutters, except neophytadiene and acetyl pyrrole, increased, so was the content of organic acids, phenylalanine degradation products and carotenoid degradation products in upper leaves. However, the content of labdannels and cembranoids in upper leaves decreased with the level of soil moisture declining. Three indicators of organic acids and the content of esters in upper leaves were in the highest degree when soil moisture was at 50%±5%. With the level of soil moisture declining, the quality of aroma improved with the volume and richness of aroma increasing and biting and undesirable taste decreasing, thus resulting in significant improvement of sensory quality. Sensory quality

基金项目: 中国烟草总公司面上项目和云南省烟草公司科技项目“提高香料烟香气量的关键技术研究”(08A15)

作者简介: 符云鹏(1964—), 博士, 教授, 主要从事烟草栽培生理、晾晒烟栽培与调制研究, Email: ypfu01@163.com

收稿日期: 2013-10-13

of upper leaf is best ensured at 50 % ~ 60 % soil moisture level.

Keywords: oriental tobacco; soil moisture; chemical composition; flavor components; sensory quality

香料烟是在地中海型气候条件下形成的一种特殊的烟草类型, 大田生长中后期需要较少的水分^[1-6]。我国巴斯玛香料烟产区云南保山及新疆伊犁的气候条件与世界上巴斯玛质量最好的产区希腊具有明显的不同, 特别是香料烟生长期间降雨量少, 空气相对湿度明显偏低(多在50%以下), 需要依赖灌溉维持香料烟正常生长^[7]。目前, 关于土壤水分与烤烟生长发育、生理特性、产量和品质的关系已进行了深入研究, 并提出了烤烟不同生育期适宜的土壤水分指标和干旱指标^[8]。而国内外关于土壤水分对香料烟生长发育及产量和品质形成的影响报道较少, Aleodor研究表明, 随土壤水分的增加, 香料烟株高增加、叶片数增多、叶片变大变薄, 产量提高, 烟碱含量降低、碳水化合物含量提高, 燃烧性变好^[9]; 符云鹏等研究表明砂砾质粘壤土含水量在8%~12%时, 香料烟无明显底烘现象, 过氧化氢酶活性较高, 膜质过氧化程度较低, 能保持较高的光合速率, 且烟叶化学成份比例协调^[10]; 关于土壤水分与香料烟香味物质含量及感官质量的关系、香料烟不同生长阶段适宜的土壤水分指标少见报道。本文研究了土壤水分对香料烟香味物质、化学成分含量及感官质量的影响, 旨在为香料烟合理供水提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料及设计

试验于2008年在河南农业大学科教园区防雨棚内进行。供试香料烟品种为云香巴斯玛1号(云南保山香料烟有限责任公司提供)。试验用土壤为褐土, 质地为砂砾质轻粘土, 取自河南省登封市大金店乡, 有机质含量14.40 g/kg, 全氮8.20 g/kg, 碱解氮41.40 mg/kg, 速效磷(P_2O_5)14.56 mg/kg, 速效钾(K_2O)116.37 mg/kg, 最大持水量为29.04%。

采用盆栽防雨控水栽培, 将土壤装入内径为35.0 cm、高度为27.0 cm的陶瓷盆中, 每盆装风干土25.00 kg。氮用量为1.20 g/盆(75 kg/hm²), 氮、磷、钾比例1:2:4, 无机氮和有机氮各占50%, 有机氮由腐熟的芝麻饼提供(含氮5.60%、 P_2O_5 1.97%、 K_2O 1.65%), 无机氮由10-15-25的烟草专用肥提供, 磷钾不足部分由过磷酸钙和硫酸钾肥提供。所有肥料与土壤混匀全部做基肥一次性施入。于5月10日选

取7叶一芯整齐健壮的烟苗移栽, 每盆植烟4株。

1.2 试验设计

试验设3个处理, 每个处理20盆, 随机排列。T1, 土壤相对含水量为70%±5%; T2, 土壤相对含水量为55%±5%; T3, 土壤相对含水量为40%±5%。烟苗移栽后先在土壤相对含水量70%条件下培养30 d, 然后开始进行水分处理。土壤水分含量采用称重法控制, 于每天18:00补水至设计标准上限。

T1、T2、T3处理平均有效叶片数分别为32.2片/株、30.1片/株、24.6片/株, 各处理分别于7月19日、7月16日、7月10日开始采收, 9月2日、8月27日、8月20日采收结束。烟叶采收后分别用棉线自主脉基部穿过, 烟串挂置在塑料棚内晒制, 中部和上部叶晒制时间分别为11 d和13 d。

1.3 测定指标与方法

1.3.1 烟叶常规化学成分

取各处理晒制后中部叶、上部叶具有代表性样品, 一部分在50℃下恒温烘干, 粉碎后过60目筛保存, 用于测定香料烟常规化学成分和香味物质。

总糖、还原糖采用YC/T 159-2002烟草及烟制品水溶性糖的测定连续流动法; 烟碱采用YC/T160-2002烟草及烟制品总植物碱的测定连续流动法; 总挥发碱采用YC/T 35-1996烟草及烟草制品总挥发碱的测定; 总氮采用YC/T 161-2002烟草及烟制品总氮的测定连续流动法; 钾(K)采用YC/T 217-2007烟草及烟草制品钾的测定连续流动法。所用仪器为德国BRAN+LUEBBE公司制造的AA3型流动分析仪。

1.3.2 烟叶香味物质

香料烟香味物质提取和测定按照文献^[11]的方法进行。

1.3.3 感官质量

由中国农业科学院青州烟草研究所7位具有该所评吸资格的专家进行感官质量评价。

1.4 统计分析方法

采用SPSS12.0对烟叶化学成分进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 土壤水分对香料烟常规化学成分含量的影响

从表1可以看出, 随土壤水分含量下降, 香料烟各部位烟叶总糖、还原糖和挥发碱含量降低, 其

中总糖、还原糖含量处理之间差异有统计学意义 ($P<0.05$)。总氮和烟碱含量均表现为 $T2 > T3 > T1$, 处理之间差异显著; 钾含量表现为 $T2 > T1 >$

$T3$, 处理间差异有统计学意义 ($P<0.05$)。说明土壤水分在 $55\% \pm 5\%$ 水平下可以提高香料烟中、上部叶钾、总氮和烟碱的含量。

表 1 土壤水分对香料烟常规化学成分的影响

Tab.1 Effects of soil moisture on common chemical components of oriental tobacco

%

样品名称	处理	总糖	还原糖	烟碱	挥发碱	总氮	钾
上部叶	T1	12.38 a	10.89 a	1.69 c	1.02 a	1.91 c	1.60 b
	T2	11.59 b	8.56 b	2.15 a	0.93 b	2.42 a	1.96 a
	T3	9.18 c	6.54 c	1.84 b	0.90 b	2.15 b	1.40 c
中部叶	T1	19.71 a	16.24 a	1.03 c	0.43 a	1.35 c	2.77 b
	T2	14.72 b	11.85 b	1.40 a	0.39 a	1.70 a	3.49 a
	T3	14.13 c	10.23 c	1.23 b	0.38 a	1.50 b	2.39 c

注: 同列不标有相同小写字母者表示处理间差异有统计学意义 ($P<0.05$)。

2.2 土壤水分对香料烟香味物质含量的影响

对调制后烟叶进行 GC/MS 分析, 共定性定量了 47 种致香成分, 按照文献 [11, 12] 的方法进行分类。

2.2.1 有机酸

从表 2 可以看出, 随土壤水分含量下降, 中部叶有机酸 3 项指标均呈增加趋势, 其中具有香料烟特征香气的异戊酸和 β -甲基戊酸的总含量处理 T3 较 T1 增加了 39.25%, 对香料烟香气量具有重要贡献的挥

发性有机酸含量处理 T3 较 T1 提高了 21.31%。说明土壤水分含量在 $40\% \pm 5\%$ 条件下有利于提高香料烟中部叶酸性香味物质含量。

与中部叶变化不同, 随土壤水分含量下降, 上部叶有机酸 3 项指标 T2 较 T1 略有提高, 土壤水分含量进一步下降, 有机酸 3 项指标降低, 说明土壤水分过低反而降低了上部叶酸性香味物质含量。

表 2 土壤水分对香料烟有机酸含量的影响

Tab.2 Effects of soil moisture on the content of organic acid of oriental tobacco

 $\mu\text{g/g}$

有机酸	中部叶			上部叶		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
甲酸	15.94	17.93	21.25	27.56	31.21	28.88
乙酸	138.78	139.11	145.42	164.34	153.38	140.44
丙酸	3.65	3.52	3.65	3.65	3.99	2.99
异丁酸	33.20	40.84	46.15	41.50	44.82	40.50
异戊酸	82.67	102.26	115.20	113.54	117.53	109.89
β -甲基戊酸	4.65	5.64	6.64	6.64	7.64	7.64
辛酸	3.65	2.66	2.66	2.32	2.99	3.32
棕榈酸	960.81	981.92	1002.64	903.7	958.15	956.82
油酸	104.58	98.27	138.11	92.96	84.37	84.00
亚油酸	313.41	311.46	320.05	336.98	351.9	331.34
异戊酸 + β -甲基戊酸	115.87	143.10	161.35	155.04	162.35	150.39
总挥发性有机酸	278.89	309.00	338.31	357.23	358.57	330.34
Σ	1645.40	1685.68	1780.52	1665.63	1724.77	1676.94

2.2.2 类赖百当及其降解产物

本研究定性定量了10种该类物质,上部叶含量高于中部叶(表3)。中部叶7种类赖百当类物质的含量及赖百当类物质总量均随土壤水分含量的降低而提高,特别是土壤水分由70%±5%下降至55%±5%时增加幅度较大,T2和T3赖百当类化合物总含量分

别较T1增加10.03%和11.55%。

上部叶与中部叶变化相反,有7种类赖百当类物质及该类物质总量随土壤水分含量降低而下降,特别是当土壤水分由55%±5%下降到40%±5%时赖百当类物质总量降低幅度较大,T2和T3赖百当类物质总含量分别较T1下降8.51%和25.45%。

表3 土壤水分对香料烟类赖百当及其降解产物含量的影响

Tab. 3 Effects of soil moisture on Labdanoids and its degradation products of oriental tobacco

μg/g

赖百当类化合物	中部叶			上部叶		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
龙涎醛	68.06	87.98	88.64	142.76	135.12	111.22
降龙涎香内酯	244.35	244.68	246.68	277.55	254.31	226.76
降龙涎香醚	9.96	12.28	9.63	21.58	21.91	13.28
氧化硬尾醇	27.56	37.85	38.84	91.63	92.63	62.42
Driminol	102.26	106.57	107.57	166.00	145.08	127.82
8,12-环氧-14-赖百当-13-醇(1)	40.17	65.40	69.72	76.03	64.74	57.10
8,12-环氧-14-赖百当-13-醇(2)	200.20	220.12	225.43	346.61	322.70	239.37
8,12-环氧-14-赖百当-13-醇(3)	120.85	127.49	125.83	144.09	156.70	127.16
12,15-环氧-12,14-赖百当-13-醇	173.97	174.96	181.60	256.97	202.19	173.64
8,13-环氧-14-赖百当-12-醇	101.92	121.18	121.18	150.73	136.12	109.23
Σ	1089.3	1198.51	1215.12	1673.95	1531.50	1248.00

2.2.3 西柏烷类化合物及其降解产物

共定性定量了9种西柏烷类化合物,其总含量表现为上部叶高于中部叶(表4)。随土壤水分含量降低,中部叶有8种西柏烷类化合物以及西柏烷类物质总含量均呈增加趋势,土壤水分由70%±5%下降至55%±5%时增加幅度较大,土壤水分继续下降,其增加幅度较小,T2和T3处理中部叶西柏烷类化合物总含量分别较T1增加了32.28%和44.22%,增加幅度高于赖百当类物质。

随土壤水分含量下降,上部叶有6种西柏烷类化合物以及西柏烷类化合物总量均呈下降趋势,尤其是当土壤水分由55%±5%下降到40%±5%时西柏烷类化合物总含量降低幅度较大,T2和T3西柏烷类

化合物总含量分别较T1下降2.65%和15.76%,降低幅度小于赖百当类物质。

2.2.4 类胡萝卜素降解产物

共定性定量了7种类胡萝卜素的降解产物。由表5可知,随土壤水分含量下降,中部叶中各种类胡萝卜素降解产物有增有降,但类胡萝卜素降解产物总量则随土壤水分含量降低而提高。随土壤水分含量降低,上部叶大马酮、巨豆三烯酮的2个同分异构体和3-羟基-β-大马酮的含量有所下降,3-氧代-a-紫罗兰醇和二氢猕猴桃内酯的含量大幅度增加,致使类胡萝卜素降解产物的总含量增加,T2和T3分别较T1提高了20.66%、23.48%。

表 4 土壤水分对香料烟西柏烷类及其降解产物含量的影响
Tab. 4 Effects of soil moisture on Cembrane and its degradation products of oriental tobacco

西柏烷类化合物	中部叶			上部叶		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
茄酮	164.67	191.23	207.17	250.33	287.80	287.51
氧化茄酮	58.76	64.41	66.07	100.26	101.26	99.60
西柏三烯二醇 (1)	85.99	130.48	131.80	265.60	243.36	215.47
西柏三烯二醇 (2)	270.25	339.30	385.78	534.19	515.60	458.16
西柏三烯二醇 (3)	216.80	332.00	388.77	594.61	579.01	517.59
西柏三烯二醇 (4)	43.16	48.47	25.16	29.88	27.38	24.90
西柏五烯 (1)	260.62	340.96	389.44	600.59	565.73	477.75
西柏五烯 (2)	167.99	219.78	235.06	510.28	510.62	401.72
西柏五烯 (3)	218.79	300.46	315.40	400.39	368.19	285.52
Σ	1487.03	1967.09	2144.65	3286.13	3198.95	2768.22

表 5 土壤水分对香料烟类胡萝卜素降解产物含量的影响
Tab. 5 Effects of soil moisture on carotenoids degradation products of oriental tobacco

类胡萝卜素降解产物	中部叶			上部叶		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
大马酮	27.56	22.58	21.91	22.24	20.58	17.60
六氢法尼酮	60.42	70.05	72.38	95.28	108.9	104.58
巨豆三烯酮 (1)	4.65	18.26	21.25	23.24	22.91	15.60
巨豆三烯酮 (2)	87.32	77.36	64.74	124.17	111.22	114.54
3-羟基-β-大马酮	78.68	76.03	73.04	62.75	62.75	57.10
3-氧代-a-紫罗兰醇	185.92	185.59	197.87	135.79	235.39	279.68
二氢猕猴桃内酯	13.94	13.28	13.61	23.57	25.90	29.88
Σ	458.49	463.15	464.8	487.04	587.65	601.38

2.2.5 其它香味物质

由表 6 可知, 随土壤水分含量下降, 中部叶非酶棕化反应产物含量呈增加趋势, 上部叶与之变化相反。2 个部位苯丙氨酸降解产物苯甲醇和苯乙醇含量则随

土壤水分含量下降而提高。中部叶 4 种酯类物质总量随土壤水分降低而增加, 而上部叶呈先升后降趋势。随土壤水分含量降低, 新植二烯含量呈下降趋势。

表6 土壤水分对香料烟其它香味物质含量的影响
Tab. 6 Effects of soil moisture on other flavoring substances of oriental tobacco

其它香味物质	中部叶			上部叶		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
5-羟甲基糠醛	128.15	144.42	143.76	180.61	162.68	151.06
糠醛	29.22	34.2	34.86	46.48	42.83	36.52
Σ	157.37	178.62	178.62	227.09	205.51	187.58
苯甲醇	3.32	3.32	5.31	10.62	11.29	22.58
苯乙醇	8.30	10.62	13.61	14.28	17.6	17.26
Σ	11.62	13.94	18.92	24.90	28.89	39.84
乙酸(二)甲酯	15.60	15.60	14.28	45.82	49.14	36.52
丁二酸二甲酯	124.50	124.17	105.91	71.38	79.35	55.11
棕榈酸甲酯	7.64	9.30	11.95	12.95	11.62	10.29
亚麻酸乙酯	156.04	162.68	196.54	155.04	187.25	205.18
Σ	303.78	311.75	328.68	285.19	327.36	307.1
叶绿醇	93.96	103.58	133.46	137.78	151.72	228.75
新植二烯	2389.4	2214.44	2276.52	2518.88	2521.21	2358.86
乙酰吡咯	2.32	3.32	1.99	3.98	3.65	5.64
Σ	2485.68	2321.34	2411.97	2660.64	2676.58	2593.25

2.3 土壤水分对香料烟感官质量的影响

从表7可以看出,不同处理烟叶香型风格均为芳香型,且各处理上部叶感官质量优于中部叶。中部叶风格程度以T2、T3处理较显著,土壤水分含量过高则使香料烟特征香气减弱;上部叶风格程度以T2处

理较显著,土壤水分含量过高或过低均使香料烟风格程度减弱。随土壤水分含量下降,中部叶的香气质、余味改善,香气量和浓度提高,杂气和刺激性降低,评吸总分提高。上部叶各项指标得分均以T2最高,T3次之,T1最低。

表7 土壤水分对香料烟感官质量的影响
Tab. 7 Effects of soil moisture on sensory quality of oriental tobacco

部位	处理	香型		劲头	香气质	香气量	浓度	余味	杂气	刺激性	燃烧性	灰色	总分
		风格	程度										
中部叶	T1	芳香型	有	适中	10.2	18.7	7.0	14.5	6.6	7.2	2.4	2.5	69.1
	T2	芳香型	较显-	适中	10.6	19.3	7.2	14.8	6.7	7.5	2.9	3.0	72.0
	T3	芳香型	较显-	适中	10.8	19.3	7.3	15.0	6.9	7.5	2.7	2.9	72.4
上部叶	T1	芳香型	较显-	适中	10.5	19.2	7.2	15.5	6.5	7.3	2.5	2.4	71.1
	T2	芳香型	较显	适中	10.9	19.6	7.6	15.9	7.0	7.5	2.8	2.6	73.9
	T3	芳香型	较显-	适中	10.8	19.5	7.5	15.8	6.7	7.5	2.5	2.6	72.9

3 讨论

烟叶的香味是评价烟叶及其制品品质的重要指标,与其香味成分的含量关系密切。类赖百当化合物和类西柏烷类物质是腺毛分泌物,其含量受腺毛密度和分泌能力的影响,而类赖百当化合物又是香料烟的特征香味成分之一,其含量高低与香料烟的香气、香气量密切相关^[16-17]。许多研究表明,水分胁迫下烟草叶片变小变厚,腺毛密度增加,单位叶片面积上腺毛分泌物提高;但严重干旱(土壤水分40%±5%)烤烟叶片腺毛的腺头细胞中质外体空间中高电子致密物质较多,有些腺头细胞已基本降解,内部区域成电子透明区,不含任何物质^[18];严重干旱胁迫破坏了叶绿体结构,因而诱导与叶绿体发育相关的部分基因高表达,而与萜类代谢途径相关的基因低表达,说明腺毛萜类代谢受阻,这不利于腺毛分泌物的积累及分泌^[15];严重干旱条件下西柏烷类化合物减少或痕量存在^[19]。本研究表明,香料烟中部叶随土壤水分含量下降,赖百当及其降解产物和类西柏烷类及其降解产物含量增加,主要与叶片变小、腺毛密度增大有关。上部叶赖百当类和西柏烷类物质含量总体高于中部叶,与上部叶叶片小于中部叶密不可分;但上部叶赖百当类和西柏烷类物质含量随土壤水分含量下降却表现出相反的变化趋势,可能与中部叶发育及成熟阶段外界气温相对较低、烟株生理生态耗水少、叶片水分亏缺较轻、腺毛的发育及分泌功能相对较好有关,而上部叶生长期间温度较高,叶片蒸腾作用强烈,随着水分胁迫加重会导致烟叶水分亏缺严重,进而影响了香料烟腺毛的结构及功能,导致分泌能力下降。

香料烟中挥发性有机酸含量高特别是异戊酸和β-甲基戊酸含量高,香料烟特征香气突出,品质好^[16,20]。水分胁迫下,烟草对氮素的吸收降低,经过三羧酸循环形成较多的有机酸^[16]。本研究表明,香料烟中部叶随土壤水分含量下降,有机酸3项指标均呈增加趋势,上部叶有机酸3项指标在土壤水分含量为50%~60%时最高,土壤水分含量在35%~45%时下降,主要与叶片膜质过氧化程度加重,细胞生理代谢受到严重影响有关^[21]。香料烟中部叶感官质量随土壤水分的变化与香料烟有机酸3项指标、类赖百当及其降解产物、类西柏烷类及其降解产物含量变化相一致,上部叶感官质量随土壤水分的变化与有机酸3项指标的变化相一致。

4 结论

香料烟生长中后期土壤水分含量在65%~75%时,

香料烟吸食质量较差;土壤相对含水量在50%~60%时,中、上部烟叶的感官质量明显改善;土壤相对含水量在35%~45%时,中部叶感官质量变化不大,且感官质量也明显下降。因此在本试验条件下,香料烟生长中后期土壤相对含水量保持在50%~60%有利于获得优良品质。

参考文献

- [1] WOLF A. Aromatic or Oriental Tobacco[M]. Durham, NC: Duke University Press, 1962: 16-43.
- [2] 饶梓云, 马长德, 王玉山. 土耳其香料烟考察报告[J]. 中国烟草科学, 1995(3): 25-30.
- [3] 李光西, 李廷睦, 胡俊泽. 土耳其香料烟考察报告[J]. 现代农业科技, 2007(20): 104-106.
- [4] 陈瑞泰. 希腊香料烟[J]. 国外烟草, 1991(2): 1-11.
- [5] 赵振山, 张勇华, 王春林, 等. 希腊香料烟技术讲座(一)[J]. 中国烟草, 1990(3): 1-3.
- [6] 姜晓平. 希腊香料烟主产区生态条件简介[J]. 中国烟草科学, 1992(4): 5-6.
- [7] 符云鹏, 刘国顺, 杨双剑, 等. 不同生态类型区香料烟干物质积累、养分吸收及分配特点比较[J]. 河南农业大学学报, 2005, 39(4): 430-435.
- [8] 刘国顺, 陈江华. 中国烤烟灌溉学[M]. 北京: 科学出版社, 2012: 109-139.
- [9] Aleodor D P. 不同施肥水平和水分状况对香料烟某些植物学特性的影响[C]. 烟草科学研究合作中心农学与植物学组会议论文集, 2000: 24-32.
- [10] 符云鹏, 刘国顺, 高致明, 等. 土壤水分对香料烟发育及某些生理生化特性的影响[J]. 河南农业大学学报, 1996(2): 154-159.
- [11] 符云鹏, 王德华, 李志伟, 等. 不同产区香料烟香味成分含量比较[J]. 中国烟草学报, 2012, 18(1): 12-18.
- [12] 史宏志. 烟草香味学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2011: 107-126.
- [13] 高致明, 刘国顺, 符云鹏, 等. 香料烟叶片腺毛及分泌细胞的研究[J]. 河南农业大学学报, 1996, 30(4): 329-332.
- [14] Severson R F, Arrendale R F, Chorlyk O T, et al. Quantitation of the major cuticular components from green leaf of different tobacco types[J]. Agric Food Chem, 1984, 32(3): 566-570.
- [15] 张华, 崔红, 冀浩, 等. 水分胁迫对烤烟腺毛形态发育及基因表达的影响[J]. 郑州牧业工程高等专科学校学报, 2012, 32(1): 4-8.
- [16] Davis D L, Nielsen M T. 烟草-生产, 化学和技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003: 251-289.
- [17] Johnson A W, Severson R F, Hudson J, et al. Tobacco leaf trichomes and their exudates[J]. Tob Sci, 1985, 29: 67-72.
- [18] 张华, 赵百东, 冀浩, 等. 水分胁迫对烤烟腺毛超微结构的影响[J]. 中国烟草学报, 2008, 14(5): 45-47.
- [19] 韩锦峰, 汪耀富, 杨素勤. 干旱胁迫对烤烟化学成分和香气物质含量的影响[J]. 中国烟草科学, 1994(1): 35-38.
- [20] 汤朝起, 张骏, 郜强. 挥发性有机酸与香料烟品质的研究[C]//上海烟草系统2001年度学术论文选编, 2001: 24-31.
- [21] 符云鹏, 刘秋员, 贺晓辉, 等. 旺长期不同土壤水分条件下香料烟光合作用的日变化[J]. 中国烟草学报, 2013, 19(2): 54-60.