

网络出版时间:2012-04-16 15:40

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20120416.1540.027.html>

不同土壤类型对烤烟色素及其降解产物的影响

刘鹏飞¹, 段宾宾¹, 韩富根¹, 李元实², 赵铭钦¹

(1 河南农业大学 烟草学院/国家烟草栽培生理生化基地, 河南 郑州 450002; 2 吉林烟草工业有限责任公司, 吉林 延吉 133001)

[摘要] 【目的】探索不同土壤类型对烤烟烟叶质体色素及其降解产物含量的影响, 为选择合适的土壤类型以及有针对性地改善土壤状况提供参考。【方法】2010年在吉林延边地区选择暗棕壤、黑砂土、白浆土等3种土壤为研究对象, 以当地主栽烟草品种“吉烟9号”为试材, 研究不同土壤类型对烟叶质体色素及其降解产物的影响。【结果】土壤条件对烤烟烟叶质体色素及其降解产物均有不同程度的影响。暗棕壤土质条件下, 烟叶的叶绿素含量(42.58 $\mu\text{g/g}$)、类胡萝卜素含量(265.17 $\mu\text{g/g}$)及类胡萝卜素降解产物总量(32.15 $\mu\text{g/g}$)均最高, 新植二烯含量(526.44 $\mu\text{g/g}$)稍低于黑砂土条件下烟叶; 黑砂土条件下烟叶中的新植二烯含量最高(540.78 $\mu\text{g/g}$), 其他质体色素和香气物质总量均处于3种土壤的中间水平; 白浆土条件下质体色素含量及其降解产物均处于较低水平。【结论】暗棕壤土质更有利于烟叶香气物质的生成, 且各香气成分含量较为协调。

[关键词] 土壤类型; 烤烟; 质体色素; 香气成分; 降解产物

[中图分类号] S572.01

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2012)05-0069-05

Effect of different soil textures on chromoplast pigment and its degradation products in flue-cured tobacco

LIU Peng-fei¹, DUAN Bin-bin¹, HAN Fu-gen¹, LI Yuan-shi², ZHAO Ming-qin¹

(1 College of Tobacco Science, National Tobacco Cultivation&Physiology&Biochemistry Research Center, Henan Agricultural University, Zhengzhou, Henan 450002, China; 2 Tobacco Industrial Limited Company of Jilin, Yanji, Jilin 133001, China)

Abstract: 【Objective】The effects of different soil textures (dark brown soil, DBS; black sand soil, BSS; albic soil, AS) on the contents of chromoplast pigment and its degradation products of flue-cured tobacco leaves were studied in Yanji of Jilin Province. The appropriate soil type was selected and targeted to improve the soil conditions so as to provide reference. 【Method】A tobacco cultivar “Jiyan 9” was selected as the material. The effects of different soil textures on the contents of chromoplast and its degraded products of flue-cured tobacco were researched. 【Result】DBS conditions, the contents of chlorophyll (42.58 $\mu\text{g/g}$), carotenoids (265.17 $\mu\text{g/g}$), and carotenoid degradation products (32.15 $\mu\text{g/g}$) in post-cured tobacco leaf were the highest among these three conditions, and the content of neophytadiene (526.44 $\mu\text{g/g}$) was at the middle level; In BSS conditions, the content of neophytadiene (540.78 $\mu\text{g/g}$) was the highest in post-cured tobacco leaf among these three conditions, and the contents of chromoplast pigment and total aroma neophytadiene were at the middle level; AS conditions, the contents of chromoplast pigment and its degradations were in lower level among these three conditions. 【Conclusion】Dark brown soil is more conducive to the production of tobacco aroma, and the contents of flavor component are more coordinated.

* [收稿日期] 2011-11-04

[基金项目] 吉林烟草工业有限责任公司重大科技攻关项目(JY2006012)

[作者简介] 刘鹏飞(1981—), 男, 河南安阳人, 讲师, 博士, 主要从事烟草化学与烟用香料研究。E-mail: liupengfei523@126.com

[通信作者] 赵铭钦(1964—), 男, 河南新密人, 教授, 博士生导师, 主要从事烟草栽培与烟草化学研究。

E-mail: zhaomingqin@126.com

Key words: soil texture; flue-cured tobacco; chloroplast pigment; aroma composition; degradation product

土壤类型是反映土壤潜在生产力的重要指标,不同类型的土壤由于理化性质差异将会影响土壤结构、肥力、微生物种类和数量等^[1-5]。烤烟根系作为重要的吸收器官和代谢器官,其生长发育状况与地上部的生长发育、长相、长势,特别是烟叶落黄成熟度和致香物质的形成密切相关,进而对烟叶中质体色素的含量产生较大影响。烟叶质体色素(主要是叶绿素和类胡萝卜素)的降解产物占烤后烟叶中性挥发性致香物质总量的 85%~96%^[6-7],该降解产物的多寡反映了烟叶香气量的多少,也反映了烟叶品质的高低。前人研究了氮素、基因型品种、密度、留叶数、产区、气候和调控措施对烤烟质体色素及其降解产物的影响,发现施氮量、基因类型、种植密度、留叶数、产区、气候对烤烟质体色素的积累影响较大,调控措施对质体色素降解产物的影响较大^[8-14],而有关不同土壤类型对烤烟质体色素的积累及其降解产物的影响研究较少。吉林延边州植烟区海拔相差不大,气候差异较小,为考察不同土壤类型对烤烟质体色素及其降解产物的影响提供了有利条件。因此,本试验以延边地区暗棕壤、黑砂土、白浆土等 3 种土壤为研究对象,考察其对烤烟质体色素及其降解产物的影响,以期为选择合适的土壤类型以及有针对性地改善土壤状况提供参考。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试品种为当地主栽烟草品种“吉烟 9 号”,2010-05-19 移栽。

1.2 试验设计

大田试验在吉林省延边州敦化市雁鸣湖镇进行。试验采用单因子完全随机区组设计,每处理平行进行 3 次,小区面积 66.7 m²,区组设通道,四周设保护行,种植行距 120 cm,株距 50 cm,植烟密度 16 500 株/hm²,三角定苗;采取低起垄、深栽烟、高培土的栽培措施;肥料为烟草专用肥(氮肥、磷肥和钾肥),施肥量氮、磷(P₂O₅)、钾(K₂O)分别为 2.50, 60.75, 219.00 kg/hm²,其中 50% 开沟条施作基肥,50% 作穴肥;试验地地势平坦,排灌方便;各处理均采用统一的田间常规管理措施。

选择当地暗棕壤、黑砂土、白浆土 3 种土壤为研究对象,每种土壤选取 3 个有代表性的试验田进行

试验,对每种土壤对应试验田的检测数据取平均值。

在烟叶生长中期选长势基本一致的植株标记 8~12 叶位,成熟采收后置于烤房的同一层位置,采用三段式烘烤工艺进行调制,取各测试烟叶样品 C₃F 等级 2 kg 用于各指标的测定。

1.3 测定项目及方法

(1)质体色素含量的测定。叶绿素、类胡萝卜素等质体色素含量的测定参照文献[15]的方法。

(2)质体色素降解产物的提取及测定。质体色素降解产物的提取及测定均由国家烟草栽培生理生化研究基地测试分析,具体操作如下。

在同时蒸馏萃取装置的一端接盛有 10 g 烟样(碾碎后过 0.25 mm 筛)、1.0 g 柠檬酸、350 mL 蒸馏水和 0.5 mL 内标(硝基苯)溶液的 500 mL 圆底烧瓶,使用恒温电热套进行加热;另一端接盛有 40 mL 二氯甲烷的 250 mL 圆底烧瓶,将该烧瓶置于恒温(60 ℃)水浴锅中加热,同时蒸馏萃取 2.5 h。萃取完成后,加入 10 g 无水硫酸钠干燥有机相,然后于 60 ℃ 水浴中浓缩至 1 mL,即得烟叶精油。处理制备得到的样品,采用内标法测定烟叶致香成分含量。仪器:Auto system XL GC,配 FID 检测器和自动进样器(美国 PE 公司),Turbo Mass 质谱联用仪(PE 公司)。气相色谱条件:色谱柱 DB-5 (30 m×0.25 mm×0.25 μm),初温 40 ℃,恒温 2 min 后以 4 ℃/min 升至 250 ℃,保持 10 min;进样口温度 250 ℃,FID 温度 250 ℃;分流比 30:1;载气为 N₂,压力为 68.9 kPa;进样量 210 μL。GC-MS 条件:色谱柱 DB-5 (30 m×0.125 mm×0.125 μm),载气 He,柱头压 68.9 kPa,溶剂延迟 3.5 min;传输线温度 250 ℃,离子源温度 170 ℃;EI 能量 70 eV,扫描范围 35~350 μm,MS 谱库为 NIST 02。

1.4 数据处理

试验数据处理采用 SPSS12.0 统计分析软件进行。

2 结果与分析

2.1 不同土壤类型对烤烟烟叶质体色素含量的影响

从表 1 可以看出,不同土壤类型对烤后烟叶质体色素含量的影响明显。暗棕壤条件下烤烟烟叶中叶绿素含量(42.58 μg/g)显著高于黑砂土(38.56 μg/g)和白浆土(37.61 μg/g),处于优质烟叶要求范

围内。暗棕壤条件下烤烟类胡萝卜素含量(265. 17 $\mu\text{g/g}$)显著高于黑砂土(246. 36 $\mu\text{g/g}$)和白浆土(205. 42 $\mu\text{g/g}$)。说明暗棕壤土质对提高烤烟烟叶质体色素含量(叶绿素和类胡萝卜素)较为有利,烟气中中性致香成分含量较高。

表 1 不同土壤类型对烤后烟叶中质体色素含量的影响
Table 1 Contents of chromoplast pigment of post-cured tobacco leaf under different soil textures $\mu\text{g/g}$

处理 Treatment	叶绿素 Chlorophyll	类胡萝卜素 Carotenoid
暗棕壤 Dark brown soil	42. 58 a	265. 17 a
黑砂土 Black sand soil	38. 56 b	246. 36 b
白浆土 Albic soil	37. 61 b	205. 42 c

注:同列数据后标不同小写字母表示 $\alpha=0. 05$ 的差异显著水平。
Note: Different letters in lowercase indicate that significant difference reach $\alpha=0. 05$ level between treatments.

2. 2 不同土壤类型对烤烟烟叶质体色素降解产物含量的影响

2. 2. 1 对烤后烟叶类胡萝卜素降解产物的影响
在烟草中,类胡萝卜素是最重要的萜烯类化合物之一,是烟草香气成分的重要前体物质,烟叶经调制、醇化后的类胡萝卜素以及烟支燃烧过程中产生的热裂解物质有近百种^[16],这些香味物质是形成不同烤烟香气风格的重要组成部分。类胡萝卜素的降解产

物,如 β -大马酮、6-甲基-5-庚烯-2-酮、3-氧化- α -紫罗兰醇、氧化异佛尔酮、香叶基丙酮、二氢猕猴桃内酯、巨豆三烯酮的 4 种同分异构体等,它们产生香味的阈值相对较低、刺激性较小、香气质较好、对烟香气贡献率较大,是形成烤烟细腻、高雅、清新香气的主要成分。Week^[7]发现,在烟叶品质提高的同时,类胡萝卜素降解产物的含量明显增加。表 2 结果表明,在检测出的 10 种类胡萝卜素降解产物成分中,含量较高的有 β -大马酮、香叶基丙酮、二氢猕猴桃内酯、巨豆三烯酮-4 等。不同土壤条件下烤烟中所含类胡萝卜素降解产物的种类相同,但成分含量有所差异,表现为暗棕壤条件下烤烟中 6-甲基-5-庚烯-2-酮、香叶基丙酮、巨豆三烯酮-1、巨豆三烯酮-3、巨豆三烯酮-4、3-羟基- β -二氢大马酮等 6 种类胡萝卜素降解产物的含量较高;黑砂土条件下烤烟 β -大马酮、二氢猕猴桃内酯、3-羟基- β -二氢大马酮等 3 种类胡萝卜素降解产物的含量较高;白浆土条件下烤烟氧化异佛尔酮、巨豆三烯酮-2 等 2 种类胡萝卜素降解产物的含量较高。表明暗棕壤条件下烤烟的类胡萝卜素降解产物含量最高,黑砂土次之,白浆土最低,说明暗棕壤有利于提高烤烟中类胡萝卜素降解产物的香气。

表 2 不同土壤类型对烤烟烟叶质体色素降解产物含量的影响
Table 2 Contents of chromoplast pigment degradation of post-cured tobacco leaf under different soil textures $\mu\text{g/g}$

类别 Category	降解产物 Degradation composition	含量 Content		
		暗棕壤 Dark brown soil	黑砂土 Black sand soil	白浆土 Albic soil
类胡萝卜素 Carotenoid	6-甲基-5-庚烯-2-酮 6-Me-5-hepten-2-dione	0. 27	0. 23	0. 11
	氧化异佛尔酮 Oxidation of isophorone	0. 08	0. 07	0. 13
	β -大马酮 β -Damascenon	17. 85	18. 90	14. 97
	香叶基丙酮 Neryl acetone	7. 45	2. 66	3. 60
	二氢猕猴桃内酯 Dihydroactinidiolide	1. 98	3. 96	2. 02
	巨豆三烯酮-1 Megastignone-1	0. 21	0. 14	0. 19
	巨豆三烯酮-2 Megastignone-2	0. 27	0. 34	0. 46
	巨豆三烯酮-3 Megastignone-3	0. 33	0. 32	0. 14
	巨豆三烯酮-4 Megastignone-4	3. 31	2. 86	3. 05
	3-羟基- β -二氢大马酮 Trihydroxyl- β -Damascone	0. 40	0. 40	0. 38
叶绿素 Chlorophyll	小计 Subtotal	32. 15 a	29. 89 b	25. 05 c
	新植二烯 Neophytadiene	526. 44 ab	540. 78 a	422. 22 b
	致香物质总量 Aroma substance	636. 16 a	616. 15 ab	547. 02 c
	叶绿素降解产物占致香物质总量比例/% Chlorophyll degradation accounted for the gross of aroma substances	82. 75 b	87. 77 a	77. 19 c
	类胡萝卜素降解产物占致香物质总量比例/% Carotenoid degradation composition accounted for the gross of aroma substances	5. 05 a	4. 85 a	4. 58 b

注:同行不同小写字母表示 $\alpha=0. 05$ 的差异显著水平。
Note: Different letters in lowercase indicate that significant difference reach $\alpha=0. 05$ level between treatments.

2. 2. 2 对烤后烟叶叶绿素降解产物的影响 新植 二烯是叶绿素在叶绿素酶的作用下生成植醇,再由

植醇脱水生成的。它是烟叶中一种重要的萜烯类化合物,是烤烟中性挥发物中含量最高的成分^[8]。由于其可直接大量转移到烟气中,具有减轻刺激与柔和烟气的作用,因而与烟气品质密切相关。周冀衡等^[12]研究发现,不同生态条件烟区新植二烯含量均达到待测挥发性香气成分总量的 75%~87%,认为新植二烯含量与其他香气物质的比值对香气特征和香气量有重要影响。

表 2 结果表明,不同土壤类型烤烟烟叶新植二烯含量存在较大差异。黑砂土条件下烤烟烟叶中新植二烯含量最高,为 540.78 $\mu\text{g/g}$,其次为暗棕壤(526.44 $\mu\text{g/g}$),白浆土条件下最低(422.22 $\mu\text{g/g}$),新植二烯占致香物质总量的比例依次为 87.77%, 82.75% 和 77.19%。总体来看,黑砂土条件下烤烟中的新植二烯含量较高,香气量较足,但是新植二烯所占致香物质总量的比例偏高;暗棕壤条件下烤烟中新植二烯含量较高,所占比例较为合理;白浆土条件下新植二烯含量较低,所占比例偏低。

3 结论与讨论

暗棕壤土质含有大量的植物腐殖质,有机质含量丰富,改善了土壤的微生物环境,保水持水能力较强,为烟株的生长提供了良好的环境;黑砂土有机质含量较低,微生物环境较好,但保水持水能力较差;白浆土植物腐殖质较少,黏性较大容易产生滞水,烟株生长环境较差,烟株生长环境不及暗棕壤和黑砂土。这在烤后烟叶的叶绿素、类胡萝卜素含量及其降解产物含量上有较为明显的体现。

本研究发现,暗棕壤土质条件下烤烟叶片中质体色素含量较高,且经烘烤调制后降解产物含量也较高,这反映出该条件下烟叶叶绿素含量较高,烟株长势和光合能力较强,叶片生理状况较为优良,烟叶品质较优。由于叶绿素在烟叶燃烧过程中产生青杂气等不良影响,应该在调制和醇化阶段格外注意,使叶绿素充分降解。叶绿素在烘烤调制过程中主要降解为新植二烯,该香气物质在中性香气物质中一般占 80% 以上,是烟叶中性香气成分的主要物质。暗棕壤土质条件下烤烟叶片叶绿素降解产物含量较高,所占总香气物质的比例较为适中,有利于提高烟叶香气品质。周冀衡等^[12]对具有典型浓香型、中间香型和典型清香型区域烟叶香气物质进行跟踪分析,秦卫普等^[9]和习红昂等^[10]分别对不同基因型烤烟烟叶香气物质进行对比分析,均发现公认的偏清香风格烟叶中新植二烯含量较高,所占总挥发性香

气物质的比例也较高,认为新植二烯可能是彰显清香型烟叶风格的特色香气物质。根据烟草行业对我国烤烟香型风格的划分,延边地区属于中间香型区域,因此暗棕壤土质更有利于彰显延边地区烟叶的风格特色。白浆土和黑砂土条件下叶绿素及其降解产物含量均较暗棕壤条件下低,烟叶品质较暗棕壤条件下差。

据报道,烟叶总挥发性香气成分中叶绿素降解产物(新植二烯)所占比例最高,类胡萝卜素降解产物的含量次之(占 4%~12%),然而类胡萝卜素降解产物种类较多,某些地区烟叶中达到 100 多种^[16]。另外,类胡萝卜素降解产生的香味物质多数具有怡人的果香、木香等^[17-18],且阈值相对较低、刺激性较小,吃味柔和,香韵和香气质较好,对烟叶香气贡献大,是影响烟叶香气质和香气量的重要组成部分。本研究发现,暗棕壤土质条件下,烤烟叶片中类胡萝卜素及其降解产物含量较高,而类胡萝卜素在植物体内具有保护叶绿素分子、使其免遭光氧化破坏、抑制或消除活性氧自由基的伤害、防止脂质过氧化的作用^[19],可以推测,该条件下烟叶生理状况也较好,但是类胡萝卜素燃烧时具有一定杂气,因此调制和醇化过程中应使其较为完全地降解;其他 2 种土质烟叶品质较暗棕壤条件下差。

本试验结果表明,暗棕壤土质下烤烟中叶绿素、类胡萝卜素含量较为协调,说明该土质有利于烟叶生长,有助于提高烟叶香气品质,这可为提高延边地区烟叶品质,选择较好的土壤类型以及改良土壤提供一定的参考。

[参考文献]

- [1] 韩艳洁,张秋良. 胡杨根际土壤微生物区系研究 [J]. 干旱区资源与环境, 2008, 22(11): 185-190.
Han Y J, Zhang Q L. Study on soil microbial population of different depth *Populus euphratica* Oliv. rhizosphere soil [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2008, 22(11): 185-190. (in Chinese)
- [2] 张福锁,龚元石,李晓林. 土壤与植物营养研究新动态: 第 3 卷 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 78-95.
Zhang F S, Gong Y S, Li X L. Soil and plant nutrition research new developments: Vol 3 [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1995: 78-95. (in Chinese)
- [3] 张福锁. 环境胁迫与植物根际营养 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1998: 21-75.
Zhang F S. Environmental stress and plant rhizosphere nutrition [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1998: 21-75. (in Chinese)
- [4] 许 静, 刘海轮, 和文祥, 等. 培肥对烟田土壤化学性质及烟草

- 品质的影响[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2010,38(4):86-91.
- Xu J, Liu H L, He W X, et al. Effects of soil fertilization on soil chemical properties and tobacco quality [J]. Journal of Northwest A&F University: Nat Sci Ed, 2010, 38(4): 86-91. (in Chinese)
- [5] 郭朝晖, 张杨珠, 黄子蔚. 根际微域营养研究进展(二) [J]. 土壤通报, 1992, 30(2): 85-88.
- Guo C H, Zhang Y Z, Huang Z W. Rhizosphere micro-domain nutrition research progress (2) [J]. Chinese Journal of Soil Science, 1992, 30(2): 85-88. (in Chinese)
- [6] 史宏志, 韩锦峰, 官春云. 烟叶香气前体物在成熟和调制过程中的变化 [J]. 作物研究, 1996, 10(2): 22-25.
- Shi H Z, Han J F, Guan C Y. Tobacco aroma precursors in the process of maturation and modulation changes [J]. Crop Research, 1996, 10(2): 22-25. (in Chinese)
- [7] Week W. Chemistry of tobacco constituents influencing flavor and aroma [J]. Recent Advance of Tobacco Science, 1985(11): 175-200.
- [8] 刘 乐, 赵铭钦, 刘 云, 等. 不同氮素水平下喷施顶端调节剂对烤烟质体色素及其降解产物的影响 [J]. 湖南农业大学学报:自然科学版, 2010, 36(3): 285-288.
- Liu L, Zhao M Q, Liu Y, et al. Effect of spraying apical regulator on chromoplast pigment and its degradation products in flue-cured tobacco under conditions of varied nitrogen rate [J]. Journal of Hunan Agricultural University: Natural Sciences, 2010, 36(3): 285-288. (in Chinese)
- [9] 秦卫普, 赵铭钦, 瞿永生, 等. 不同基因型烤烟烟叶质体色素及其降解产物含量的研究 [J]. 江西农业学报, 2009, 21(11): 17-19.
- Qin W P, Zhao M Q, Qu Y S, et al. Study on chromoplast pigment and its degraded products contents in different genotypes of flue-cured tobacco [J]. Acta Agriculturae Jiangxi, 2009, 21(11): 17-19. (in Chinese)
- [10] 习红昂, 赵明山, 孙 波, 等. 不同基因型烤烟叶片质体色素及其降解产物含量的对比分析 [J]. 江西农业学报, 2010, 22(7): 11-13.
- Xi H A, Zhao M S, Sun B, et al. Study on chromoplast pigment content and its degraded products in different genotypic flue-cured tobacco leaves [J]. Acta Agriculturae Jiangxi, 2010, 22(7): 11-13. (in Chinese)
- [11] 赵 辉, 赵铭钦, 程玉渊, 等. 不同密度和留叶数对烤烟质体色素及其降解产物的影响 [J]. 江苏农业学报, 2010, 26(1): 46-50.
- Zhao H, Zhao M Q, Cheng Y Y, et al. Effects of different planting densities and numbers of remaining leaves on components of chromoplast pigment and its degraded products in flue-cured tobacco leaf [J]. Jiangsu Journal of Agricultural Science, 2010, 26(1): 46-50. (in Chinese)
- [12] 周冀衡, 杨虹琦, 林桂华, 等. 不同烤烟产区烟叶中主要挥发性香气物质的研究 [J]. 湖南农业大学学报:自然科学版, 2004, 30(1): 20-23.
- Zhou J H, Yang H Q, Lin G H, et al. Studies on the main volatile aroma components in tobacco from different flue-cured tobacco production regions [J]. Journal of Hunan Agricultural University: Natural Sciences, 2004, 30(1): 20-23. (in Chinese)
- [13] 许自成, 张 婷, 马国华, 等. 不同调控措施对烤烟质体色素及其降解产物的影响 [J]. 河南农业大学学报, 2005, 40(1): 15-17.
- Xu Z C, Zhang T, Ma G H, et al. Effect of different agronomic measures on chromoplast pigment and its degraded products in flue-cured tobacco leaf [J]. Journal of Henan Agricultural University, 2005, 40(1): 15-17. (in Chinese)
- [14] 李丹丹, 许自成, 毕庆文, 等. 兴山烟区不同海拔高度烤烟气候适生性综合评价 [J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版, 2008, 36(6): 78-84.
- Li D D, Xu Z C, Bi Q W, et al. Evaluation of climate feasibility for Xingshan tobacco-growing areas at different altitudes [J]. Journal of Northwest A&F University: Nat Sci Ed, 2008, 36(6): 78-84. (in Chinese)
- [15] 邹 琦. 植物生理生化实验指导 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1997: 42-44.
- Zou Q. Plant physiological and biochemical experiments to guide [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1997: 42-44. (in Chinese)
- [16] 景延秋, 宫长荣, 张月华, 等. 烟草香味物质分析研究进展 [J]. 中国烟草科学, 2005(2): 44-48.
- Jing Y Q, Gong C R, Zhang Y H, et al. Research progress of aroma compositions of tobacco [J]. Chinese Tobacco Science, 2005(2): 44-48. (in Chinese)
- [17] 史宏志, 刘国顺. 烟草香味学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1998: 45-76.
- Shi H Z, Liu G S. Tobacco flavor [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1998: 45-76. (in Chinese)
- [18] 赵铭钦. 卷烟调香学 [M]. 北京: 科学出版社, 2008: 116-134.
- Zhao M Q. Cigarette flavor [M]. Beijing: Science Press, 2008: 116-134. (in Chinese)
- [19] 王 筠. 胡萝卜类色素及其应用 [J]. 安徽化工, 1997, 86(1): 27-29.
- Wang J. Carrot pigments and its application [J]. Anhui Chemical Industry, 1997, 86(1): 27-29. (in Chinese)