

张铭真,张广谱,薛刚,等. 豫烟11号基础香味物质对不同海拔生态的响应[J]. 江苏农业科学,2016,44(10):346-350.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.10.101

# 豫烟11号基础香味物质对不同海拔生态的响应

张铭真,张广谱,薛刚,许杰,杨铁钊,徐世晓

(河南农业大学烟草学院,河南郑州450002)

**摘要:**高香气特色烟草新品种豫烟11号具有较强的生态响应性,不同生态区烟叶香味差异较大,为研究豫烟11号烟叶香味质量生态差异的原因,以豫烟11号为材料,以云烟87为对照品种,选取5个不同海拔的烟区进行大田试验,对烟草叶片的类胡萝卜素、叶绿素、石油醚提取物、腺毛分泌物以及中性致香物质等基础香味物质进行分析。结果表明,豫烟11号5种基础香味物质含量在5个海拔地区都明显高于云烟87,豫烟11号种植在中等海拔(800 m)地区贵州施秉、河南卢氏的类胡萝卜素含量、石油醚提取物含量、腺毛分泌物含量、中性香气物质总量较高。由结果可知,不同海拔生态条件能够影响烟叶香味物质的含量及组分,为豫烟11号适宜种植推广区域研究提供了理论依据。

**关键词:**海拔;生态;豫烟11号;香味物质

**中图分类号:**S572.01 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2016)10-0346-05

目前,我国烟叶生产的主要问题依然是香气量不足、浓度不够等,随着吸烟与健康问题的研究不断深入及低焦油卷烟产品的开发与生产,工业上对烟叶香气质量的要求越来越高。河南农业大学于2013年培育出新的高香气特色品种豫烟11号,河南中烟工业责任公司技术中心对该品种在贵州铜仁、河南三门峡卢氏、河南许昌襄县、河南南阳内乡等地进行原料特色和工业验证。结果表明,豫烟11号种植在贵州铜仁和河南三门峡卢氏感官质量较好,表现为香气质较好、香气量较足、香气诱发、烟气细腻;在广东南雄和河南驻马店感官质量较

差,表现出明显的药草气息,影响烟叶香气品质的表达。可见豫烟11号具有较强的生态响应性,不同生态区烟叶香味差异较大。相同的烟草品种在不同的生态条件下,形成的香气风格也不尽相同<sup>[1]</sup>。而适宜的优良品种种植在特定地区才可以表现出较高的商品价值及工业可用性<sup>[2]</sup>。因此,为确定豫烟11号适宜种植推广地域,研究豫烟11号烟叶香味质量生态差异尤为重要。

生态因素主要包括生物因素和非生物因素,而非生物因素主要有光、温度、水和湿度<sup>[3]</sup>。烟草对生态条件的变化非常敏感,某一个地区的生态条件在很大程度上决定了烟叶的香气风格<sup>[4]</sup>。生态因素是影响烤烟香吃味的重要因素之一,而海拔变化会综合导致光照、积温、降水量、紫外线强度和空气湿度等生态因子发生明显变化,进而导致烤烟香味物质的形成与积累。胡国松等对湖北利川不同海拔和不同品种烤烟的研究表明,K326和CT90的香吃味会随着海拔增加而改善,

收稿日期:2015-08-24

基金项目:中国烟草总公司重点项目(编号:110201002008)。

作者简介:张铭真(1992—),女,河南巩义人,硕士研究生,研究方向为烟草遗传育种与生理。E-mail:yczhangmingzhen@163.com。

通信作者:徐世晓,博士,讲师,主要从事分子遗传学研究。E-mail:xushixiao@126.com。

糖含量的增加而增加,当苦瓜浓度达到2.5 mg/mL时,对羟自由基、超氧阴离子自由基和DPPH自由基的清除率分别达到63.68%、59.24%、42.54%<sup>[15]</sup>。由此可见,苦瓜茶中多糖含量高有益于提高人体内抗氧化活性能力,有益人体健康。

## 参考文献:

- [1]夏铁骑. 苦瓜黄酮的抗氧化活性研究[J]. 濮阳职业技术学院学报,2010,23(6):148-149.
- [2]王运强,戴照义,高先爱,等. 特色苦瓜品种银玉的选育报告[J]. 湖北农业科学,2015,54(15):3686-3689.
- [3]赵雨娟. 苦瓜复合粉加工工艺的研究[D]. 保定:河北农业大学,2007:1-4.
- [4]汤慧民,熊华,熊小青,等. 干燥工艺对苦瓜粉品质的影响[J]. 食品与发酵工业,2005,31(4):90-92.
- [5]王丰玲,张英锋,马子川. 苦瓜活性成分的提取和用途[J]. 化学世界,2008,49(6):382-384.
- [6]柏茂树,伍治平,王熙才. 中药有效成分抗肺癌分子机制研究进展[J]. 肿瘤防治研究,2011,38(9):1086-1088.

- [7]陈敬鑫,张子沛,罗金凤,等. 苦瓜保健功能的研究进展[J]. 食品科学,2012,33(1):271-275.
- [8]李静. 从苦瓜中发掘药用价值[J]. 中华实用医药杂,2005(11):6-19.
- [9]邓俊英,方锋学,程亮. 苦瓜的药用价值及其利用[J]. 中国食物与营养,2005,1(1):48-49.
- [10]蔡寅,刘敏,吴勋贵,等. 苦瓜多糖抗肿瘤及免疫增强活性的研究[J]. 药学与临床研究,2010,18(2):131-134.
- [11]董英,张慧慧. 苦瓜多糖降血糖活性成分的研究[J]. 营养学报,2008,30(1):54-56.
- [12]陈留勇,孟宪军,贾薇,等. 黄桃水溶性多糖的抗肿瘤作用及清除自由基、提高免疫活性研究[J]. 食品科学,2004,25(2):167-170.
- [13]张伟丰,王亮. 苦瓜多糖微波辅助提取工艺及其抗氧化活性[J]. 常熟理工学院学报,2015,29(4):25-29.
- [14]靳学远. 苦瓜的化学成分及功能作用研究进展[J]. 山西食品工业,2005(2):38-40.
- [15]王杰,张名位,刘兴华,等. 苦瓜的保健功能及其应用进展[J]. 湖北农学院学报,2014,24(4):321-325.

但不同品种特性各异,对海拔生态的要求也不同<sup>[5]</sup>。向必坤等以 K326、云烟 87 和中烟 103 为材料,分析了湖北恩施州不同海拔地区烤烟中性致香物质含量的差异,发现烤烟中性致香物质含量受海拔和品种的共同影响<sup>[6]</sup>。陈传孟等研究发现,随着海拔升高,烤烟香吃味变好,烟叶品质的变化主要受海拔气象因子的影响<sup>[7]</sup>。钱车以云烟 87 为材料比较不同海拔烟叶的产量和品质,得出随着海拔的增加,烟叶的香气质较好、香气量较足的结论<sup>[8]</sup>。

目前,海拔对烟叶品质及化学成分的影响研究较多,但不同海拔生态特征对烤烟基础香味物质的研究却鲜见报道。本研究分析豫烟 11 号与对照品种云烟 87 基础香味物质(类胡萝卜素、叶绿素、石油醚提取物、腺毛分泌物及中性致香物质)在不同海拔生态地区的含量及其对生态因子的响应,明确豫烟 11 号烟叶香味质量生态差异的原因,可为豫烟 11 号不同产区安排与利用提供理论依据。

## 1 材料与与方法

### 1.1 材料

豫烟 11 号为高香气烟草品系 8306 与 MSK326 杂交培育出的新品种;对照品种为云烟 87。

### 1.2 试验地点

选择 5 个不同海拔的生态区,分别为贵州毕节威宁(海拔 2 119 m)、贵州黔东南施秉县(海拔 823 m)、河南三门峡卢氏(海拔 799 m)、河南南阳内乡县(海拔 356 m)、河南许昌禹州(海拔 140 m),海拔由手持式全球定位系统(GPS)测定。

### 1.3 试验设计

豫烟 11 号、云烟 87 种子由河南农业大学烟草育种实验室统一提供。田间试验布置采用大区对比,不设重复。供试地块面积不少于 0.067 hm<sup>2</sup>,栽植密度 16 530 株/hm<sup>2</sup>;施纯氮 90 kg/hm<sup>2</sup>,N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=1:1.5:3,全部施用无机肥(烟

草专用复合肥、过磷酸钙和硫酸钾),分别用过磷酸钙与硫酸钾补充磷和钾的不足,70%作底肥,30%作追肥。统一在 60%烟株中心花开放时一次性打顶,施肥种类、施肥量、试验地前茬作物一致。

### 1.4 样品采集

鲜样选定具有代表性的植株,自下而上标记 1 至 22 位可收叶(叶片数不够按照实际标记叶位取样),挂牌标记,中部叶为 13、14 叶位(团棵期除去底部 2 张底脚叶标记叶位),打顶后 20 d 时取样。烟叶成熟采烤后取具代表性等级(C3F)测定香气成分。

### 1.5 测定方法

腺毛分泌物含量的提取浓缩和定量分析采用杨铁钊等方法<sup>[9-10]</sup>;用蒸馏萃取法提取烟草中性香气物质;用气相色谱-质谱联用仪(GC/MS)进行定量和定性分析<sup>[11]</sup>。石油醚提取物采用残余法测定;叶绿素和类胡萝卜素含量用乙醇提取后用分光光度法<sup>[12]</sup>测定。其中仅中性致香物质用烤后叶测定,其他均用鲜叶。

## 2 结果与分析

### 2.1 气象数据与海拔高度

气象数据为 2011—2013 年平均气象数据,不同试验点的气象数据见表 1。

由表 1 可见,威宁试验点海拔较高,生育期温度较低,相对湿度较大,日照时间相对较短,降水量相对较大,蒸发量相对较小,云量相对较大。施秉试验点生育期温度适宜,相对湿度较大,伸根期和旺长期的日照时间相对低于威宁试验点,降水量相对较大,云量相对较大。卢氏、内乡、禹州试验点生育期温度适宜,相对湿度较低,日照时间充足,蒸发量相对较大,云量相对较大。海拔从高到低依次为威宁、施秉、卢氏、内乡、禹州。

表 1 不同试验点海拔与烟草不同生育时期气象要素

| 试验地点 | 海拔(m) | 生育时期 | 平均气温(℃) | 相对湿度(%) | 日照时间(h) | 降水量(mm) | 蒸发量(mm) | 云量(%) |
|------|-------|------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|
| 威宁   | 2 119 | 伸根期  | 14.59   | 81.53   | 93.10   | 135.90  | 107.60  | 90.32 |
|      |       | 旺长期  | 16.93   | 81.67   | 75.60   | 224.70  | 66.70   | 92.67 |
|      |       | 成熟期  | 17.65   | 88.57   | 109.20  | 236.50  | 81.30   | 84.69 |
| 施秉   | 823   | 伸根期  | 21.59   | 88.86   | 65.10   | 105.90  | 107.80  | 87.53 |
|      |       | 旺长期  | 21.83   | 93.05   | 41.50   | 130.80  | 82.10   | 92.68 |
|      |       | 成熟期  | 26.13   | 90.03   | 131.60  | 200.80  | 142.50  | 82.69 |
| 卢氏   | 799   | 伸根期  | 20.52   | 60.00   | 177.50  | 27.50   | 110.10  | 74.33 |
|      |       | 旺长期  | 24.32   | 63.67   | 165.00  | 60.00   | 112.70  | 81.24 |
|      |       | 成熟期  | 26.06   | 70.67   | 157.10  | 64.50   | 128.40  | 88.45 |
| 内乡   | 356   | 伸根期  | 22.36   | 61.08   | 223.20  | 17.70   | 196.50  | 65.33 |
|      |       | 旺长期  | 27.84   | 57.36   | 234.50  | 16.40   | 250.30  | 62.12 |
|      |       | 成熟期  | 28.37   | 69.30   | 189.60  | 85.60   | 200.10  | 68.31 |
| 禹州   | 140   | 伸根期  | 22.73   | 62.15   | 205.90  | 12.30   | 180.10  | 67.89 |
|      |       | 旺长期  | 26.86   | 54.21   | 219.60  | 11.70   | 243.70  | 61.21 |
|      |       | 成熟期  | 28.25   | 71.11   | 195.20  | 61.60   | 192.90  | 66.54 |

### 2.2 不同生态条件下烟叶类胡萝卜素含量

对不同生态条件下烤烟基因型间烟叶类胡萝卜素含量进行分析,由表 2 可见,从生态区来看,豫烟 11 号 5 个地区的烟叶类胡萝卜素含量差异显著;而云烟 87 除禹州、卢氏 2 个烟

区烟叶类胡萝卜素含量差异不显著外,其他烟区间差异显著。豫烟 11 号烟叶类胡萝卜素含量在卢氏较高,在威宁较低;云烟 87 烟叶类胡萝卜素含量在内乡最高,在威宁最低。豫烟 11 号烟叶类胡萝卜素含量在 5 个地区都显著高于云烟 87。

表2 不同海拔生态条件下烟叶类胡萝卜素含量比较

| 品种 | 类胡萝卜素含量(mg/g) |          |
|----|---------------|----------|
|    | 豫烟11号         | 云烟87     |
| 威宁 | 0.15e(a)      | 0.11d(b) |
| 施秉 | 0.18d(a)      | 0.13c(b) |
| 卢氏 | 0.26a(a)      | 0.16b(b) |
| 内乡 | 0.25b(a)      | 0.17a(b) |
| 禹州 | 0.22c(a)      | 0.16b(b) |

注:同列、同行数据后不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ ),括号外小写字母代表不同地区间差异,括号内小写字母代表品种间差异。表3、表4、表5同。

从烟叶类胡萝卜素含量与植烟地海拔来看,在低海拔地区( $< 700$  m)的禹州和内乡和在中等海拔地区(700 m左右)的卢氏、施秉烟叶类胡萝卜素含量较高,在高海拔地区(威宁)烟叶类胡萝卜素含量较低。

### 2.3 不同生态条件下烟叶叶绿素含量

对不同生态条件下不同基因型间烟叶叶绿素含量进行分析,由表3可见,从生态区来看,5个地区的烟叶叶绿素含量差异基本显著。豫烟11号烟叶叶绿素含量在施秉最高,在内乡最低;云烟87烟叶叶绿素含量在施秉最高,在卢氏最低。豫烟11号烟叶叶绿素含量在5个地区显著高于云烟87。从烟叶叶绿素含量与植烟地海拔来看,在中等海拔地区(700 m左右)的施秉较高,在高海拔地区(威宁)次之,在低海拔地区( $< 700$  m)禹州、内乡烟叶叶绿素含量较低。

表3 不同海拔生态条件下烟叶叶绿素含量比较

| 品种 | 叶绿素含量(mg/g) |          |
|----|-------------|----------|
|    | 豫烟11号       | 云烟87     |
| 威宁 | 1.35b(a)    | 1.11b(b) |
| 施秉 | 1.43a(a)    | 1.25a(b) |
| 卢氏 | 1.34c(a)    | 0.95c(b) |
| 内乡 | 1.12d(a)    | 1.04d(b) |
| 禹州 | 1.35b(a)    | 1.09c(b) |

### 2.4 不同生态条件下烟叶石油醚提取物含量

对不同生态条件下烤烟基因型间烟叶石油醚提取物含量进行分析,由表4可见,从生态区来看,5个地区的烟叶石油醚提取物含量差异显著。豫烟11号烟叶石油醚提取物含量在卢氏最高,在施秉最低。云烟87烟叶石油醚提取物含量在卢氏最高,在威宁最低。除在施秉地区豫烟11号与云烟87烟叶石油醚提取物含量差异不显著外,在其他地区二者石油

醚提取物含量差异显著。从烟叶石油醚提取物含量与植烟地海拔来看,在中等海拔地区(700 m左右)烟叶石油醚提取物含量较高,在低海拔地区( $< 700$  m)的禹州、内乡烟叶石油醚提取物含量稍次之,在高海拔地区威宁含量较低。

表4 不同海拔生态条件下烟叶石油醚提取物含量比较

| 地点 | 石油醚提取物含量(%) |          |
|----|-------------|----------|
|    | 豫烟11号       | 云烟87     |
| 威宁 | 6.41d(a)    | 4.76e(b) |
| 施秉 | 6.23e(a)    | 6.17c(a) |
| 卢氏 | 8.32a(a)    | 6.50a(b) |
| 内乡 | 7.07b(a)    | 6.38b(b) |
| 禹州 | 6.64c(a)    | 5.57d(b) |

### 2.5 不同生态条件下烟叶腺毛分泌物含量

对不同生态条件下烤烟基因型间烟叶腺毛分泌物含量进行分析,由表5可见,从生态区来看,5个地区的烟叶腺毛分泌物含量差异显著。豫烟11号烟叶腺毛分泌物含量在卢氏最高,在威宁最低。云烟87烟叶腺毛分泌物含量在禹州最高,在威宁最低。从品种来看,豫烟11号烟叶腺毛分泌物含量与云烟87差异显著,在5个地区都显著高于云烟87。从烟叶腺毛分泌物总量与植烟地海拔来看,在中等海拔地区(700 m左右)的卢氏烟叶腺毛分泌物总量较高,在低海拔地区( $< 700$  m)的内乡烟叶腺毛分泌物总量稍次之,在高海拔地区威宁较低。

表5 不同海拔生态条件下烟叶腺毛分泌物总量比较

| 地点 | 腺毛分泌物总量( $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ) |           |
|----|--------------------------------------|-----------|
|    | 豫烟11号                                | 云烟87      |
| 威宁 | 42.60e(a)                            | 25.90e(b) |
| 施秉 | 74.44d(a)                            | 63.71c(b) |
| 卢氏 | 233.29a(a)                           | 59.70d(b) |
| 内乡 | 146.38c(a)                           | 72.09b(b) |
| 禹州 | 175.48b(a)                           | 93.49a(b) |

从表6可以看出,5个地区腺毛分泌物主成分含量之间存在差异。卢氏烟叶腺毛分泌物各主成分的含量较高,威宁较低。豫烟11号的腺毛分泌物总量、 $\alpha$ -西柏三烯二醇与 $\beta$ -西柏三烯二醇含量在5个地区均高于对照品种。豫烟11号腺毛分泌物总量、蔗糖酯、 $\alpha$ -西柏三烯二醇与 $\beta$ -西柏三烯二醇含量在卢氏表现较高,威宁表现较低。云烟87蔗糖酯含量在禹州较高,内乡较低; $\beta$ -西柏三烯二醇在施秉较高,威宁较低; $\alpha$ -西柏三烯二醇含量在内乡较高,威宁较低。

表6 不同海拔生态条件下中部鲜烟叶腺毛分泌物主成分含量比较

| 地点 | 品种    | 主要成分含量( $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ) |                 |                  |                 |      | 总量     |
|----|-------|-------------------------------------|-----------------|------------------|-----------------|------|--------|
|    |       | $\alpha$ -西柏三烯一醇                    | $\beta$ -西柏三烯一醇 | $\alpha$ -西柏三烯二醇 | $\beta$ -西柏三烯二醇 | 蔗糖酯  |        |
| 威宁 | 豫烟11号 | 0.18                                | 0.28            | 29.22            | 13.03           | 0.86 | 43.57  |
|    | 云烟87  | 0.22                                | 0.32            | 13.97            | 11.33           | 0.25 | 26.09  |
| 施秉 | 豫烟11号 | 0.26                                | 0.37            | 43.68            | 28.36           | 2.17 | 74.84  |
|    | 云烟87  | 0.42                                | 0.36            | 39.35            | 23.65           | 0.56 | 64.34  |
| 卢氏 | 豫烟11号 | 0.51                                | 0.54            | 153.96           | 76.53           | 3.76 | 235.30 |
|    | 云烟87  | 0.29                                | 0.38            | 43.26            | 16.62           | 0.83 | 61.38  |
| 内乡 | 豫烟11号 | 0.33                                | 0.37            | 79.78            | 64.36           | 2.37 | 147.21 |
|    | 云烟87  | 0.39                                | 0.41            | 47.81            | 23.31           | 0.68 | 72.60  |
| 禹州 | 豫烟11号 | 0.11                                | 0.19            | 105.24           | 70.00           | 0.77 | 176.31 |
|    | 云烟87  | 0.27                                | 0.18            | 55.16            | 47.38           | 1.88 | 94.87  |

## 2.6 不同生态条件下烟叶中性香气物质含量

经 GC/MS 联用仪对 5 个地区的中部叶烟叶进行样品分析,分析结果见表 7,共检测出 29 种物质。5 个地区烟叶中性香气物质含量差异较明显,随着海拔的增加,烟叶中性致香物质总量呈现先增加后降低的趋势。

豫烟 11 号棕色化反应产物含量在施秉较高,威宁次之,禹州、卢氏再次之,内乡较低;苯丙氨酸类物质含量在施秉较高,禹州和威宁次之,卢氏、内乡较低。

云烟 87 类胡萝卜素降解产物含量在内乡较高,卢氏较

低;烟叶茄酮含量在禹州较高,威宁较低;棕色化反应产物含量在卢氏较高,威宁较低;苯丙氨酸类物质含量在卢氏较高,威宁较低。

豫烟 11 号烟叶中性香气物质总量在 5 个地区均高于云烟 87;类胡萝卜素降解产物含量除在卢氏与云烟 87 相当外,在其他地区都高于云烟 87;茄酮含量在卢氏、禹州高于云烟 87,在其他地区低于云烟 87;棕色化反应产物含量在禹州、施秉、威宁高于云烟 87;苯丙氨酸类物质含量在施秉、禹州、威宁高于云烟 87,其他地区低于云烟 87。

表 7 不同海拔生态条件下烟叶中性香气物质含量比较

| 化合物名称                         | 中性香气物质含量(μg/g) |        |          |        |          |        |         |        |         |        |
|-------------------------------|----------------|--------|----------|--------|----------|--------|---------|--------|---------|--------|
|                               | 威宁             |        | 施秉       |        | 卢氏       |        | 内乡      |        | 禹州      |        |
|                               | 豫烟 11 号        | 云烟 87  | 豫烟 11 号  | 云烟 87  | 豫烟 11 号  | 云烟 87  | 豫烟 11 号 | 云烟 87  | 豫烟 11 号 | 云烟 87  |
| 糠醛 <sup>a</sup>               | 15.07          | 7.47   | 18.40    | 11.44  | 12.44    | 13.34  | 4.69    | 11.32  | 11.89   | 10.78  |
| 糠醇 <sup>a</sup>               | 0.33           | 0.24   | 1.28     | 0.28   | 1.27     | 0.75   | 0.09    | 0.49   | 1.51    | 0.65   |
| 2-乙酰呋喃 <sup>a</sup>           | 0.36           | 0.20   | 0.62     | 0.24   | 0.29     | 0.36   | 0.17    | 0.40   | 0.44    | 0.29   |
| 5-甲基糠醛 <sup>a</sup>           | 1.07           | 0.64   | 0.75     | 0.60   | 0.46     | 0.38   | 0.33    | 0.19   | 0.43    | 0.33   |
| 苯甲醛 <sup>a</sup>              | 1.25           | 0.53   | 1.86     | 0.90   | 0.29     | 0.36   | 0.99    | 0.79   | 0.91    | 1.08   |
| 6-甲基-5-庚烯-2-酮 <sup>b</sup>    | 0.55           | 0.43   | 1.50     | 0.66   | 0.93     | 0.55   | 0.69    | 1.47   | 1.11    | 1.08   |
| 6-甲基-5-庚烯-2-醇 <sup>d</sup>    | 1.12           | 0.82   | 1.08     | 1.30   | 1.23     | 1.16   | 0.82    | 0.98   | 1.03    | 1.06   |
| 苯甲醇 <sup>d</sup>              | 2.58           | 1.31   | 13.47    | 1.05   | 6.98     | 12.40  | 2.18    | 4.72   | 5.02    | 6.20   |
| 3,4-二甲基-2,5-呋喃二酮 <sup>a</sup> | 0.14           | 0.10   | 1.07     | 0.14   | 0.30     | 0.73   | 0.17    | 0.44   | 0.70    | 0.67   |
| 苯乙醛 <sup>d</sup>              | 7.56           | 3.02   | 3.15     | 3.20   | 1.32     | 0.85   | 4.09    | 3.37   | 5.01    | 3.52   |
| 2-乙酰基吡咯 <sup>a</sup>          | 0.28           | 0.43   | 0.39     | 0.30   | 0.46     | 0.26   | 0.33    | 0.20   | 0.37    | 0.17   |
| 芳樟醇 <sup>d</sup>              | 1.51           | 1.59   | 1.65     | 1.37   | 0.52     | 0.77   | 0.52    | 0.57   | 0.75    | 0.63   |
| 苯乙醇 <sup>d</sup>              | 1.40           | 0.43   | 3.86     | 0.43   | 1.36     | 2.20   | 0.73    | 1.70   | 2.14    | 2.27   |
| 氧化异佛尔酮 <sup>b</sup>           | 0.13           | 0.21   | 0.14     | 0.13   | 0.24     | 0.11   | 0.14    | 0.18   | 0.11    | 0.13   |
| 4-乙炔基-2-甲氧基苯酚                 | 0.15           | 0.18   | 0.29     | 0.23   | 0.60     | 0.21   | 0.20    | 0.19   | 0.39    | 0.27   |
| β-二氢大马酮 <sup>b</sup>          | 2.13           | 1.85   | 2.19     | 1.92   | 11.64    | 9.94   | 8.18    | 11.11  | 12.89   | 15.17  |
| 茄酮 <sup>d</sup>               | 18.12          | 22.72  | 21.32    | 28.78  | 42.94    | 32.67  | 35.68   | 49.99  | 39.61   | 39.50  |
| β-大马酮 <sup>b</sup>            | 30.30          | 26.37  | 23.15    | 22.85  | 19.28    | 16.21  | 46.05   | 35.13  | 16.70   | 17.51  |
| 香叶基丙酮 <sup>b</sup>            | 5.76           | 2.35   | 6.34     | 4.57   | 1.48     | 2.29   | 3.25    | 2.19   | 2.74    | 3.32   |
| β-紫罗兰酮 <sup>b</sup>           | 1.83           | 0.90   | 0.88     | 1.12   | 1.12     | 1.32   | 0.90    | 0.99   | 1.37    | 1.00   |
| 二氢猕猴桃内酯 <sup>b</sup>          | 0.64           | 0.41   | 0.61     | 0.25   | 1.68     | 2.75   | 2.67    | 2.28   | 3.44    | 2.73   |
| 巨豆三烯酮 1 <sup>b</sup>          | 2.41           | 0.76   | 1.93     | 1.19   | 1.00     | 0.89   | 1.65    | 1.39   | 1.92    | 1.83   |
| 巨豆三烯酮 2 <sup>b</sup>          | 9.71           | 3.50   | 7.46     | 4.15   | 3.71     | 3.07   | 7.60    | 5.00   | 6.87    | 6.58   |
| 巨豆三烯酮 3 <sup>b</sup>          | 2.18           | 1.29   | 1.53     | 0.88   | 0.86     | 2.11   | 1.33    | 1.09   | 2.78    | 2.68   |
| 3-羟基-β-二氢大马酮 <sup>b</sup>     | 0.29           | 0.18   | 0.66     | 0.31   | 1.21     | 0.90   | 0.35    | 0.58   | 0.86    | 0.37   |
| 巨豆三烯酮 4 <sup>b</sup>          | 8.35           | 2.95   | 9.58     | 3.09   | 5.96     | 5.27   | 6.96    | 7.14   | 11.27   | 10.50  |
| 螺岩兰草酮 <sup>b</sup>            | 1.01           | 0.50   | 1.32     | 0.83   | 0.36     | 9.55   | 1.15    | 1.22   | 6.09    | 7.25   |
| 新植二烯 <sup>c</sup>             | 903.99         | 769.99 | 996.00   | 898.00 | 944.00   | 815.00 | 745.08  | 610.96 | 668.00  | 574.00 |
| 法尼基丙酮 <sup>b</sup>            | 10.30          | 2.73   | 16.90    | 4.09   | 9.83     | 12.17  | 12.54   | 9.45   | 11.12   | 11.33  |
| 总量                            | 1 030.51       | 854.11 | 1 139.37 | 994.30 | 1 073.75 | 948.55 | 889.51  | 765.54 | 817.45  | 722.91 |

注:名称后肩标 a 表示棕色化反应物,b 表示类胡萝卜素降解产物,c 表示叶绿素降解产物,d 表示苯丙氨酸类和类丙柏烷类香气物质。

## 3 讨论与结论

质体色素、叶面分泌物及石油醚提取物都与烟叶的香气和香气量密切相关<sup>[13-14]</sup>。本研究结果表明,豫烟 11 号 5 种检测的基础香味物质含量在 5 个海拔地区都显著高于云烟 87。豫烟 11 号基础致香物质在不同海拔生态条件下差异较大,该品种种植在海拔中等(800 m)的地区施秉、卢氏类胡萝卜素含量、石油醚提取物含量、腺毛分泌物、中性香气物质总含量较高。

类胡萝卜素是光合作用的辅助色素,能够吸收紫外光,因此紫外辐射强,能够促进烟叶中类胡萝卜素的合成<sup>[15]</sup>。日光中蓝紫光辐射比例大有利于烟草叶绿素、类胡萝卜素等质体色素的合成<sup>[16]</sup>;另外,烟草旺长期与成熟期遮阴类胡萝卜素含量会增加<sup>[17]</sup>。旺长期至成熟期的弱光处理能促进类胡萝卜素的合成,但却会使叶绿素积累<sup>[18]</sup>。黄勇等研究表明,中下部烟叶叶绿素含量与光照度呈正相关<sup>[19-20]</sup>。卢氏、内乡烟区处于中等海拔,光照度较威宁、施秉弱,有利于类胡萝卜素等致香物质的合成;威宁、施秉等地较强的光照会使烟草具有

较高的叶绿素含量,类胡萝卜素含量则较少。韩锦峰等研究表明,成熟期出现轻度干旱,烟叶中大部分香气物质含量增加,促进烟叶香气物质的转化<sup>[21]</sup>。随着土壤水分含量的下降,烟草叶绿素含量减少,光合速率下降<sup>[22-24]</sup>。施秉、威宁2地降水量大,空气相对湿度较高,促进烟叶叶绿素累积;内乡降水量少,云量较少,蒸发量大,烟叶内叶绿素含量较低。

相关研究表明,海拔在340~870 m的地区,烟叶中石油醚提取物含量最高<sup>[25]</sup>。降水量对烟叶石油醚提取物含量影响较为强烈,烟草大田的降水量与烟叶石油醚提取物含量之间为负效应关系;日照时间则起正作用<sup>[26]</sup>。卢氏海拔中等,相对适宜,成熟期温度高,降水量少,为豫烟11号石油醚提取物含量高提供了条件。威宁海拔高,大田生育期温度较低,日照时间较短,成熟期降水量偏多,导致烟叶石油醚提取物含量偏低。

翁梦苓等采用遮阴处理,对烟叶腺毛密度及形态结构进行研究,发现遮阴条件下光照不足,腺毛发育迟缓,影响腺毛分泌物的合成与积累<sup>[27]</sup>。王冬等采用光照温度控制试验研究发现,光照不足会抑制西柏三烯二醇相关基因的表达,较高的光照度及较大的昼夜温差有利于西柏三烯二醇的合成和积累<sup>[28]</sup>。卢氏烟区成熟期日照时间较长,有利于豫烟11号烟叶腺毛分泌物含量的提升。

甄才红等通过大田试验验证发现,海拔800~1 000 m的烤烟有较高的中性致香物质含量<sup>[29]</sup>。研究表明,随着海拔的升高,大多数体现清香型风格特征的中性致香物质含量增加,而反映浓香型风格特征的中性致香物质含量减少<sup>[6]</sup>。本试验结果表明,不同海拔生态条件对烟叶的中性香气物质总量影响较大,适宜的海拔有利于豫烟11号烟叶中性香气物质总量的提升。

综上所述,豫烟11号具有较强的生态响应性,基础致香物质响应不同海拔生态条件差异较大,中海拔的施秉、卢氏具有较高的光照度、较大的昼夜温、成熟期较少的降水量,使得类胡萝卜素含量、石油醚提取物含量、腺毛分泌物总量、中性香气物质总含量较高,从而能够彰显其品种特色,可规划为豫烟11号种植推广的适宜区域。

#### 参考文献:

[1]刘培玉. 不同生态区烤烟基因型间烟叶主要致香物质含量的差异分析[D]. 郑州:河南农业大学,2010.

[2]罗成刚,薛焕荣. 跨世纪烟草农业科技展望和持续发展战略研讨会论文集[C]. 北京:中国商业出版社,2001:195-198.

[3]李振基. 生态学[M]. 北京:科学出版社,2004.

[4]龙怀玉,刘建利,徐爱国,等. 我国部分烟区与国际优质烤烟大田期间某些气象条件的比较[J]. 中国烟草学报,2003,9(增刊1):41-47.

[5]胡国松,杨林波. 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,2003(3):9-13.

[6]向必坤,王瑞. 恩施州不同海拔下烤烟中性致香物质含量分析[J]. 湖北农业科学,2012,51(21):4799-4804.

[7]陈传孟,陈继树,谷堂生,等. 南岭山区不同海拔烤烟品质研究

[J]. 中国烟草科学,1997(4):10-14.

[8]钱车. 普洱烟区不同海拔高度烤烟的产量和品质的比较[J]. 作物研究,2012,26(3):226-232.

[9]杨铁钊,李伟,李钦奎,等. 烤烟叶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.

[10]韩锦峰,王广远,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.

[11]王霞,翟争光,杨铁钊,等. 烤烟基因型间香味物质的差异分析[J]. 中国烟草科学,2007,28(6):6-8.

[12]赵世杰,刘华山,董新纯. 植物生理学试验指导[M]. 北京:中国农业出版社,1998:68-72.

[13]史宏志,刘国顺. 烟草香味学[M]. 北京:中国农业出版社,1998:396-398.

[14]左天觉. 烟草的生产,生理和生物化学[M]. 上海:上海远东出版社,1993:101-102.

[15]师生波,贲桂英,韩发. 不同海拔地区紫外线B辐射状况及植物叶片紫外线吸收物质含量的分析[J]. 植物生态学报,1999,23(6):529.

[16]胡志明. 保山烟区主要生态因素及其对烤烟品质影响的研究[D]. 长沙:湖南农业大学,2012.

[17]刘国顺,赵宪章,韦凤杰,等. 旺长期遮光及光照转换对不同烟草品种光效率和效率的影响[J]. 中国农业科学,2007,40(10):2368-2375.

[18]李鹏飞. 主要生态因素和烘烤对烤烟致香物质含量的影响[D]. 长沙:湖南农业大学,2009.

[19]黄勇. 烟叶结构与代谢产物差异及光因素影响的研究[D]. 长沙:湖南农业大学,2007.

[20]戴冕. 我国主要烟区若干气象因素与烟叶化学成分关系的研究[J]. 中国烟草学报,2000,6(1):27-34.

[21]韩锦峰,汪耀富,杨素勤,等. 干旱胁迫对烤烟化学成分和香气物质的影响[J]. 中国烟草,1994(1):35-38.

[22]符小鹏,刘国顺,高致明. 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,1996,30(2):154-159.

[23]周顺亮,徐巧初,冯敏玉,等. 土壤水分对烤烟农艺性状和产量及叶绿素的影响研究[J]. 江西农业学报,2007,19(4):1-3,19.

[24]李国芸. 水分胁迫对香料烟生理特性及品质的影响[D]. 郑州:河南农业大学,2008.

[25]周淑平,冯光群,曾忠旭,等. 不同生态地区初烤烟叶中石油醚提取物的分析[J]. 贵州农业科学,2003,31(4):18-20.

[26]温永琴,徐丽芬,陈宗瑜,等. 云南烤烟石油醚提取物和多酚类与气候要素的关系[J]. 湖南农业大学学报:自然科学版,2002,28(2):103-105.

[27]翁梦苓,梁志敏,崔红,等. 遮阴对烟草叶片腺毛形态结构及其分泌物含量的影响[J]. 河南农业大学学报,2008,42(6):613-616.

[28]王冬,张小全,彭玉富,等. 昼夜温差和光照强度对烟草西柏三烯二醇的合成及CYC-1、CYP71D16基因表达的影响[J]. 华北农学报,2014,29(5):150-155.

[29]甄才红,刘国顺,王彦亭,等. 海拔对恩施州烤烟中性致香物质含量的影响[J]. 河南农业科学,2010(6):49-53.