

摘除下部不适用烟叶对烤烟中性致香物质含量的影响

江厚龙¹, 陈中玉¹, 许安定¹, 陈代明², 沈 铮², 杨 超¹, 丁 伟^{1*}

(1.重庆烟草科学研究所, 西南大学植物保护学院, 植物保护学博士后科研流动站, 重庆 400715;

2.重庆市烟草公司武隆分公司, 重庆 408500)

摘 要: 为了明确重庆烟区不同鲜烟叶处理技术对烤烟中性香气物质含量的影响, 以云烟 97 为材料, 研究了摘除下部烟叶 (0、2、3 和 4 片) 对烤烟中性香气物质的影响。结果表明, 摘除 2 片能显著提高上部叶的类胡萝卜素降解产物和新植二烯的含量, 但也显著降低了中部叶的苯丙氨酸类、类西柏烷降解产物和类胡萝卜素降解产物含量; 摘除 3 片能显著提高中部叶的苯丙氨酸类、类胡萝卜素降解产物和新植二烯含量, 同时对上部叶的苯丙氨酸类、棕色化产物类和类西柏烷降解产物含量的提高有显著的促进作用, 但也显著降低了中部叶棕色化产物含量; 摘除 4 片显著提高了中部叶棕色化产物和类西柏烷降解产物的含量, 但显著降低了上部叶的苯丙氨酸类和类胡萝卜素降解产物含量。致香物质总量显示, 不同处理间存在极显著差异, 其中, 中部叶以摘除 3 片含量最高, 摘除 4 片次之, 对照最低; 上部叶含量依次为摘除 2 片 > 摘除 3 片 > 对照 > 摘除 4 片。因此认为, 在该生态条件下摘除下部鲜烟叶时以 3 片为宜。

关键词: 烤烟; 不适用烟叶; 香气物质; 重庆

中图分类号: S572.01

文章编号: 1007-5119 (2014) 04-0016-06

DOI: 10.13496/j.issn.1007-5119.2014.04.004

Effects of Removing Unusable Fresh Leaves in Field on Neutral Aroma Component Content in Flue-cured Tobacco

JIANG Houlong¹, CHEN Zhongyu¹, XU Anding¹, CHEN Daiming², SHEN Zheng², YANG Chao¹, Ding Wei^{1*}

(1. Chongqing Tobacco Science Research Institute, College of Plant Protection, Southwest University, Postdoctoral Research Station of Plant Protection, Chongqing 400715, China; 2. Wulong Tobacco Company of Chongqing, Chongqing 408500, China)

Abstract: The objectives of this study were to investigate the effects of the number of unusable fresh leaves removed on neutral aroma composition of flue-cured tobacco. A field experiment with four treatment level (0, 2, 3, and 4 leaves removed) was carried out by using Yunyan 97. The results indicated that the content of carotenoid and neophytadiene in upper leaves significantly increased when two leaves removed, but the content of phenylalanine, vembratriendiol, varotenoid in middle leaves significantly decreased. The content of phenylalanine, carotenoid, neophytadiene in middle leaves, and the content of phenylalanine, maillard reaction products, cembratriendiol in upper leaves significantly increased when 3 leaves removed, but the content of maillard reaction products in middle leaves decreased significantly. The content of maillard reaction products and cembratriendiol in middle leaves significantly increased when 4 leaves removed, but the phenylalanine and carotenoid in upper leaves decreased. The total content of neutral aroma component in flue-cured tobacco was significantly improved due to removal of the fresh leaves. The content in middle leaves from high to low was: 3 leaf removal > 3 leaf removal > 2 leaf removal > no removal. For upper leaves, the order was 2 leaf removal > 3 leaf removal > 0 removal > 4 removal. Therefore, we suggest the 3 leaf removal is the best option.

Keywords: flue-cured tobacco; unusable fresh leaf; neutral aroma component; Chongqing

香气物质是评价烟叶内在质量的核心内容和重要指标之一^[1]。致香物质含量及种类不仅与烟叶香气质量密切相关, 与烟叶风格特征的关系也十分密切^[2], 通过分析致香物质的种类及含量可对烟叶质量进行较为客观、准确的评价^[3]。烟叶中致香物

质含量受品种^[4]、海拔^[5]、生态^[6]、栽培^[7]及烘烤^[8-9]等因素的影响较大, 土壤质地等对烤烟中性致香物质含量也有一定的影响^[10], 汪耀富等^[11]报道显示成熟采收对香气物质含量有影响。

基金项目: 重庆市烟草专卖局项目“重庆烟区不适用鲜烟叶优化技术研究”(NY20130501070003)

作者简介: 江厚龙, 男, 博士, 农艺师, 主要从事烟草栽培与生理生态研究。E-mail: jhl513@163.com。*通信作者, E-mail: dwing818@163.com

收稿日期: 2014-02-16

修回日期: 2014-05-25

随着卷烟结构的不断提高,高等级烟叶的需求持续增加,导致了高等级烟叶供不应求,低次烟叶库存加大等矛盾日渐突出。为了解决低次等烟叶大量库存的问题,国家烟草专卖局于2011提出了“优化烟叶等级结构,提高优质烟叶有效供给能力”的重大决策,将不适用鲜烟叶清除在田间^[12]。关于这一措施对烤烟致香物质含量的影响未见报道。鉴于此,笔者根据摘除下部烟叶对烤烟致香物质含量的影响来判断下部不适用烟叶的最佳处理数量,以期重庆烟区下部不适用烟叶的处理提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验以云烟97品种为材料,于2013年在重庆市武隆县兴顺乡进行。该地海拔1300 m,地势平坦,肥力均匀,土壤类型为中壤土;土壤pH为6.25,有机质25.24 g/kg、碱解氮89.01 mg/kg、速效磷19.95 mg/kg、速效钾202.31 mg/kg。氮肥用量为113.45 kg/hm², $m(N):m(P_2O_5):m(K_2O)=1:1.5:2.5$,基肥、提苗肥、追肥比例为7:2:1。采用漂浮育苗,于5月4日移栽,6月20日摘除底脚叶,7月1日打顶,打顶后每株留 (18 ± 1) 片有效叶;打顶后摘除下部烟叶,分别摘除下部叶2片、3片、4片,以不摘为对照。每个处理100株。行、株距110 cm×55 cm,排成6垄,3次重复,完全随机排列。

1.2 样品测定

分别取各处理烤后样品C3F和B2F各2 kg用于测定致香物质含量,利用气质联用仪采用内标法(硝基苯)测定中性致香物质,数据分析用SPSS 19.0进行。

2 结果

2.1 苯丙氨酸类降解产物含量

苯丙氨酸类香气物质对烤烟的果香、清香味贡献最大^[1],其中,苯甲醇和苯乙醇是最为重要的苯丙氨酸类香气物质,可增加烟气花香味^[13]。摘除下部烟叶对烤后烟叶的苯丙氨酸类香气物质含量见表1。由表1可知,摘除下部叶片对中部叶的苯甲

醇和苯乙醇有极显著的影响,摘除2片处理较对照分别降低了12.0%和25.7%;摘除3片和4片则较对照分别增加了46.3%、38.8%和26.4%、72.8%。另外,摘除下部叶有降低苯甲醇的作用,摘除2片、3片、4片分别降低了36.7%、3.9%和36.5%。苯乙醇含量随摘除叶片数的增加呈先增加后降低的趋势,摘除2片、3片分别增加了57.8%和117.6%,但摘除4片则较对照降低了10.5%。中上部烟叶的苯丙氨酸类总量均以摘除3片最高,分别比对照增加了74.3%和24.3%;摘除2片降低了中上部烟叶的丙氨酸类含量,分别降低了15.6%和14.1%;摘除4片处理的中部叶的丙氨酸类总量较对照增加了47.0%,而上部烟叶则较对照降低了30.1%。

2.2 棕色化反应产物含量

棕色化反应是氨基酸和糖类之间发生的不需酶催化的反应,产物为挥发性化合物和聚合的棕色物质,这类物质在烟草香气、香味上具有非常重要的作用^[14]。由表2可知,糠醛是棕色化反应产物的主要成分,占棕色化反应产物含量的58.8%~72.6%。摘除下部叶有降低中上部叶的糠醛含量的作用,摘除2片、3片、4片的中上部叶的糠醛含量较对照分别降低了25.1%、33.4%、27.7%和8.1%、7.0%、32.6%。由棕色化反应产物总量可知,除中部叶的摘除4片处理增加了6.8%和上部叶的摘除3片处理增加了0.6%外,其他各部位、各处理均有所降低,其中,以上部叶的摘除2片降低最多(28.5%),中部叶的摘除2片、摘除3片和上部叶的摘除4片均降低了23%左右。

2.3 类胡萝卜素类降解产物含量

类胡萝卜素类物质是烟叶香气质量的重要组成部分,其降解和热裂解产物是构成烤烟细腻、高雅、清新的主要香气成分^[15]。由表3可知, β -大马酮、巨豆三烯酮、法尼基丙酮和 β -二氢大马酮等占类胡萝卜素类物质含量的比重较大。中部叶的 β -大马酮含量为:摘除3片>摘除2片>对照>摘除4片,上部叶的 β -大马酮含量为:摘除3片>摘除4片>摘除2片>对照。中部叶巨豆三烯酮(1、2、3、4)

表 1 叶片摘除数对烤烟苯丙氨酸类降解产物含量的影响 μg/g
Table 1 Influence of the number of fresh leaf removal on the contents of phenylalanine in flue-cured tobacco leaves

苯丙氨酸类	中部叶				上部叶			
	对照	摘除 2 片	摘除 3 片	摘除 4 片	对照	摘除 2 片	摘除 3 片	摘除 4 片
苯甲醛	0.397 B	0.317 A	0.664 D	0.531 C	0.567 B	0.529 B	0.585 B	0.427 A
苯甲醇	8.909 B	7.844 A	13.037 D	12.369 C	14.042 C	8.883 A	13.499 B	8.924 A
苯乙醇	3.053 B	2.268 A	3.858 C	5.273 D	4.360 B	6.879 C	9.488 D	3.902 A
苯乙醛	-	-	3.985	-	-	-	-	-
总计	12.359 B	10.43 A	21.544 D	18.173 B	18.969 C	16.292 B	23.572 D	13.252 A

注：“-”表示痕量；表中同行、同部位烟叶数据后不同大写字母表示极显著差异（0.01 水平），下同。

表 2 叶片摘除数对烤烟棕色化反应产物含量的影响 μg/g
Table 2 Influence of the number of fresh leaf removal on the contents of the Maillard reaction products in flue-cured tobacco leaves

棕色化产物类	中部叶				上部叶			
	对照	摘除 2 片	摘除 3 片	摘除 4 片	对照	摘除 2 片	摘除 3 片	摘除 4 片
糠醛	17.027 D	12.746 B	12.304 A	15.834 C	20.111 C	13.387 A	18.483 B	13.556 A
糠醇	1.056 A	1.314 B	2.191 C	1.221 AB	2.498 C	1.317 B	1.295 B	0.823 A
5-甲基糠醛	0.188 C	0.136 A	0.160 B	0.216 D	0.147	-	-	0.189
3,4-二甲基-2,5-呋喃二酮	3.083	2.012	-	4.789	3.838 B	2.998 A	5.039 C	5.897 D
2-乙酰基吡咯	0.287 B	0.254 A	0.715 D	0.428 C	0.597 D	0.509 C	0.271 B	0.225 A
愈创木酚	0.984 A	0.950 A	1.610 C	1.753 D	1.806 B	2.336 C	4.191 D	1.675 A
2-乙酰基呋喃	0.586 B	0.466 A	0.631 B	0.541 AB	0.687 C	0.570 B	0.589 B	0.463 A
面包酮	0.251 B	0.130 A	0.264 B	0.283 C	0.365 B	0.357 B	0.349 B	0.234 A
总计	23.462 B	18.007 A	17.875 A	25.064 C	30.047 C	21.474 A	30.216 C	23.062 B

含量显示，除摘除 3 片处理的巨豆三烯酮 2、3 和摘除 4 片处理的巨豆三烯酮 3 外，其他处理的巨豆三烯酮含量均较对照有所降低；摘除 2 片对上部叶的 4 种巨豆三烯酮含量均有显著的提高作用，摘除 3 片对巨豆三烯酮 1 含量、摘除 3 片对巨豆三烯酮 1、2 含量的提升也有显著作用，其他处理则有降低巨豆三烯酮含量的作用。由尼基丙酮含量，除中部叶的摘除 2 片处理和上部叶的摘除 4 片处理外，其他处理的法尼基丙酮含量均得到了极显著的提高。摘除 2 片、3 片、4 片处理降低了中部叶 β-二氢大马酮含量，摘除 2 片、3 片提高了上部叶 β-二氢大马酮含量，而摘除 4 片的作用则相反。由类胡萝卜素类降解产物总量可知，中部叶含量依次为：摘除 3 片 > 摘除 4 片 > 对照 > 摘除 2 片，上部叶含量依次为：摘除 2 片 > 摘除 3 片 > 对照 > 摘除 4 片。

2.4 类西柏烷降解产物、新植二烯、其他类致香物和香气总量

新植二烯是烤烟中性香气物质中含量最高的香气成分，是由叶绿素降解产生的^[14]。在烟叶燃烧

时，新植二烯可直接进入烟气，具有减轻刺激和柔和烟气的作用，与烟气品质密切相关^[16]。新植二烯进一步分解可转化为植物呋喃，具有清香气味^[13]。类西柏烷类致香物质主要包括茄酮、氧化茄酮和 2-异丙基-5-酮基己醛，是烟叶中重要的致香成分，具有一定的甜香，能调和卷烟的吃味^[16]。本试验条件下类西柏烷类致香物质中仅测出茄酮。各类香气物质含量见表 4。

不同处理对提高中上部烟叶的新植二烯含量均有极显著的作用。中部叶以摘除 3 片处理最高，摘除 2 片次之，对照最低；上部叶以摘除 2 片处理最高，其次为摘除 3 片处理，对照最低。摘除下部叶对中上部叶的茄酮含量的影响表明，除摘除 2 片处理外，其他处理均提高了茄酮含量，摘除 3 片处理的效果最为明显，其次是摘除 4 片处理。由其他类致香物含量可知，仅摘除 2 片处理有提高上部叶的其它类致香物含量的作用。致香物质总量显示，除上部叶的摘除 4 片处理外，各处理对 2 个部位烟叶的致香物质总量均有极显著的提升作用，中部叶

表 3 叶片摘除数对烤烟类胡萝卜素类降解产物含量的影响 $\mu\text{g/g}$

类胡萝卜素降解产物	中部叶				上部叶			
	对照	摘除 2 片	摘除 3 片	摘除 4 片	对照	摘除 2 片	摘除 3 片	摘除 4 片
β -大马酮	17.678 B	19.260 C	20.459 D	15.453 A	14.310 A	15.010 B	15.485 C	15.421 C
香叶基丙酮	1.518 B	1.121 A	1.670 C	1.561 BC	2.422 D	2.139 C	2.018 B	1.300 A
巨豆三烯酮 1	1.905 B	1.290 A	1.878 B	1.877 B	1.817 A	2.175 C	1.879 B	1.888 B
巨豆三烯酮 2	6.501 C	4.460 A	6.689 D	6.296 B	6.250 B	7.445 D	6.079 A	6.861 C
巨豆三烯酮 3	2.301 B	2.164 A	3.781 C	4.806 D	5.377 C	5.593 D	4.590 B	3.767 A
巨豆三烯酮 4	9.944 C	7.301 A	9.758 B	9.940 C	10.584 C	10.858 D	9.694 B	9.425 A
法尼基丙酮	6.219 B	5.547 A	10.329 C	10.367 C	8.219 B	8.527 C	8.631 C	7.551 A
6-甲基-5-庚烯-2-酮	1.467 B	1.098 A	1.979 C	2.688 D	3.342 D	1.958 B	2.579 C	1.729 A
6-甲基-5-庚烯-2-醇	0.205 B	0.173 A	0.451 C	0.227 B	0.561	-	0.134	0.208
3-羟基- β -二氢大马酮	1.567 B	1.115 A	1.592 B	1.626 C	1.549 A	1.732 B	1.490 A	1.599 A
二氢猕猴桃内酯	0.827 A	0.793 A	1.009 B	0.816 A	0.922 D	0.311 A	0.434 B	0.662 C
β -二氢大马酮	16.124 D	13.142 A	15.494 B	15.916 C	13.840 B	15.695 C	15.926 D	13.430 A
异佛尔酮	-	0.038	0.147	-	0.071	-	-	-
氧化异佛尔酮	0.136 A	0.124 A	0.123 A	0.127 A	0.159 B	0.772 C	0.896 D	0.106 A
β -环柠檬醛	0.436 A	0.470 A	0.432 A	0.486 A	0.649 C	0.449 B	0.372 A	0.393 A
藏花醛	0.090 A	0.086 A	0.136 B	0.191 C	0.190 A	0.766 D	0.569 C	0.238 B
总计	66.917 B	58.183 A	75.928 D	72.376 C	70.261 A	73.429 A	70.776 A	64.578 A

表 4 叶片摘除数对烤烟新植二烯、类西柏烷降解产物、其他类致香物和总香气量的影响 $\mu\text{g/g}$

香气物质	中部叶				上部叶			
	对照	摘除 2 片	摘除 3 片	摘除 4 片	对照	摘除 2 片	摘除 3 片	摘除 4 片
芳樟醇	0.415 A	0.449 B	0.508 C	0.614 D	0.608	-	-	0.497
螺岩兰草酮	0.468 A	0.503 B	1.517 D	1.106 C	1.266 C	2.267 D	1.145 B	0.885 A
2,6-壬二烯醛	0.466 B	0.677 C	0.138 A	0.492 B	0.191	0.279	-	0.432
其他	1.348 A	1.628 B	2.163 C	2.212 D	2.064 C	2.546 D	1.145 A	1.813 B
新植二烯	701.606 A	871.356 C	959.680 D	852.127 B	670.548 A	856.629 D	795.175 C	677.476 D
类西柏烷降解产物 (茄酮)	41.131 B	39.481 A	45.424 C	54.332 D	40.422 B	38.156 A	54.293 D	44.173 C
总香气量	846.82 A	999.08 B	1122.61 D	1024.28 C	832.31 B	1008.53 D	975.18 B	824.35 A

的致香物质总量依次为：摘除 3 片 > 摘除 4 片 > 摘除 2 片 > 对照，上部叶的致香物质总量依次为：摘除 2 片 > 摘除 3 片 > 对照 > 摘除 4 片。

3 讨 论

致香物质是衡量烟叶香气特征的重要因素，也是评价烟叶香气质、香气量及香型风格的重要指标之一^[2,17]。烤烟致香物质的种类及含量主要受海拔、气候和品种等因素影响^[13]，但选择适宜的栽培措施也是提高烟叶致香物质含量的重要途径^[18]。本研究通过对 6 大类 33 种致香物质含量分析表明，摘除适量的下部叶能显著地提高中上部烟叶的致香物质含量。

摘除 2 片下部叶处理能显著提高上部叶的类胡萝卜素降解产物、新植二烯和其他香气物质的含量，同时也显著降低了中部叶的苯丙氨酸类、类西柏烷降解产物和类胡萝卜素降解产物及上部叶的棕色化反应产物和类西柏烷降解产物含量。因此可推测，摘除下部 2 片能使上部叶的刺激性减小、烟气柔和^[19]，有利于形成细腻、高雅和清新的香气^[13]；同时，能显著降低中部叶的果香和清香味^[1]。摘除 3 片下部叶，对中部叶的苯丙氨酸类、类胡萝卜素降解产物和新植二烯及上部叶的苯丙氨酸类、棕色化产物类、类西柏烷降解产物含量的提高有显著的促进作用，但也显著降低了中部叶的棕色化产物类和上部叶的其他类致香物质含量。由此可知，摘除下部 3 片叶可能会增加中部叶的果香和清香味^[1]，

提升中部叶的香气量和香气质^[20],同时对上部叶的果香、清香味及干草香味的提升也有一定的促进作用^[1,21]。摘除4片下部叶后,中部叶的棕色化产物类、类西柏烷降解产物和其他香气物质含量有极显著的提高,而上部叶的苯丙氨酸类和类胡萝卜素降解产物含量则极显著降低。可预知,摘除4片下部叶,能显著地增加中部叶的香气量和香气质^[20,22],但对上部叶的果香、清香味及刺激性有不利影响^[23]。

由致香物质总量可知,不同处理对烤烟致香物质总量有极显著的影响。中部叶以摘除3片最高,其次是摘除4片,对照最低;上部叶致香物质总量依次为:摘除2片>摘除3片>对照>摘除4片。这可能与摘除下部叶片后改善了通风透光条件、影响了烟叶光合特性^[24],改变了烟株的营养分配、刺激了根系的吸收能力等有关。但这种影响对中部叶和上部叶又有所不同,因为中部叶的采烤较上部叶早,受到摘除下部叶影响的时间较上部叶短,导致了后期根系吸收和烟株积累的养分较多地分配到上部叶,进而影响了中部叶和上部叶的致香物质的分解、合成与转化,这种作用随摘除叶片数的增加而增强,致使摘除4片下部叶后上部叶的致香物质总量最低。赵铭钦等^[25]通过调整留叶数也得到了类似的结果,也有关于种植密度对烤烟致香物质含量有类似影响的报道^[7,26-27]。

4 结 论

摘除下部叶片对烤烟中上部叶片的致香物质含量有着显著的影响,以摘除下部3片处理的效果较好。摘除下部2片处理显著地降低了中部叶的苯丙氨酸类、类西柏烷降解产物和类胡萝卜素降解产物含量,但也显著地提高上部烟叶的类胡萝卜素降解产物和新植二烯含量。摘除下部3片处理虽然显著提高了中部叶的苯丙氨酸类、类胡萝卜素降解产物和新植二烯的含量及上部叶的苯丙氨酸类、棕色化产物类、类西柏烷降解产物的含量,但也显著降低了中部叶的棕色化产物含量。摘除4片处理显著降低了上部叶的苯丙氨酸类和类胡萝卜素降解产

物含量,但对中部叶棕色化产物类和类西柏烷降解产物含量的提高有显著的促进作用。由致香物质总量来看,中部叶以摘除3片处理的含量最高,其次是摘除4片处理,对照最低;上部叶的致香物质总量依次为摘除2片>摘除3片>对照>摘除4片。因此认为,在重庆烟区中等肥力条件下,摘除下部3片叶最有利于中上部叶致香物质的积累,生产上可以此为依据进行下部不适用烟叶的处理。

参考文献

- [1] Weeks W W. Chemistry of tobacco constituents influencing flavor and aroma [J]. Rec. Adv. Tob. Sci. 1985, (11): 175-200.
- [2] 董高峰,张强,孙力,等. 云南不同产区烤烟致香物质含量分析[J]. 南方农业学报, 2012, 43(12): 2045-2050.
- [3] 左天觉. 烟草的生产、生理与生物化学[M]. 上海: 上海远东出版社, 1993: 199-208.
- [4] 胡国松,杨林波,魏巍. 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, 2000, 21(3): 9-13.
- [5] 韩锦峰,刘维群,杨素勤,等. 海拔高度对烤烟香气物质的影响[J]. 中国烟草, 1993(3): 1-3.
- [6] 周淑平,肖强,陈叶君,等. 不同生态地区初烤烟叶中重要致香物质的分析[J]. 中国烟草学报, 2004, 10(1): 9-15.
- [7] 赵铭钦,张迪,赵进恒,等. 种植密度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(4): 711-715.
- [8] 江厚龙,刘国顺,周辉,等. 变黄时间和定色时间对烤烟烟叶化学成分的影响[J]. 烟草科技, 2012(12): 33-38.
- [9] 官长荣,汪耀富,赵铭钦,等. 烘烤过程中烟叶香气成分变化的研究[J]. 烟草科技, 1995(5): 31-33.
- [10] 钱华,杨军杰,史宏志,等. 豫中不同土壤质地烤烟烟叶中性致香物质含量和感官质量的差异[J]. 中国烟草学报, 2012, 18(6): 17-22.
- [11] 汪耀富,高华军. 采收时间对烤烟致香物质含量和评吸质量的影响[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2006, 34(12): 74-78.
- [12] 张小艳. 田间消化处理不适用鲜烟叶探讨[J]. 现代农业科技, 2011(17): 108-110.
- [13] 周昆,周清明,胡晓兰. 烤烟香气物质研究进展[J]. 中国烟草科学, 2008, 29(2): 58-61.
- [14] 周冀衡,朱小平,王彦亭,等. 烟草生理与生物化学[M].

- 合肥:中国科学技术大学出版社,1996:478,481.
- [15] 杨虹琦,周冀衡,杨述元,等.不同产区烤烟中主要潜香型物质对评吸质量的影响研究[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2005,31(1):11-14.
- [16] 史宏志,刘国顺.烟草香味学[M].北京:中国农业出版社,1998.
- [17] Hayato H R. The quality estimation of different tobacco types examined by headspace vapor [D]. England: Papers presented at the joint meeting of smoke and technology groups of CORESTA, 1998.
- [18] 赵铭钦,杨磊,李元实,等.不同施氮水平对烤烟中性致香成分及评析质量的影响[J].云南农业大学学报,2009,24(1):16-21.
- [19] Davis D L, Nielsen T M. 烟草生产、化学和技术[M]. 国家烟草专卖局科教司,译.北京:化学工业出版社,2003.
- [20] 杨虹琦,周冀衡,罗泽民,等.不同产区烤烟中质体色素及降解产物的研究[J].西南农业大学学报,2004,26(5):640-644.
- [21] 金亚波,韦建玉,李桂湘.烤烟香气风格的研究进展[J].南方农业学报,2011,42(12):1540-1544.
- [22] 李俊丽,叶协锋,赵莉,等.豫中浓香型烤烟香气质量与中性致香成分关系分析[J].山西农业科学,2012,40(12):1268-1272.
- [23] 周冀衡,杨虹琦,林桂华,等.我国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(1):20-23.
- [24] 时向东,朱命阳,赵会纳,等.种植密度对烤烟叶片生育期光合特性的影响[J].中国烟草学报,2012,18(6):38-42.
- [25] 赵铭钦,韩静,刘友杰,等.种植密度和留叶数对延边烤烟中性致香物质含量及评吸质量的影响[J].浙江农业学报,2009,21(2):178-182.
- [26] 吕中显,赵铭钦,拓阳阳.种植密度和顶端调节剂对烤烟中性致香物质的影响[J].华北农学报,2011,26(4):104-110.
- [27] 张广富,赵铭钦,拓阳阳,等.种植密度和施钾量对烤烟中性致香物质含量的影响[J].西北农业学报,2011,20(2):104-109.