

不同烟支长度对加热卷烟烟气主要成分逐口释放量的影响

吴金凤¹, 张燕², 高峰³, 齐延鹏¹, 卢乐华³, 汪长国^{1*}, 肖克毅¹ (1. 重庆中烟工业有限责任公司技术中心, 重庆 400060; 2. 云南省烟草质量监督检测站, 云南昆明 650106; 3. 上海新型烟草制品研究院, 上海 201315)

摘要 为了研究不同烟支长度对加热卷烟烟气主要成分逐口释放量的影响, 以烟支长度分别为 60、66 和 72 mm 的样品为研究对象, 设置相同的加热曲线参数进行抽吸, 测定了加热卷烟逐口动态吸阻和主流烟气气溶胶捕集量 (ACM) 以及烟碱、甘油、水分的逐口释放量, 分析了单支逐口烟气释放量均值及相对标准偏差 (RSD), 并研究了其对主流烟气中烟碱、甘油和水分转移率以及单位质量烟草释放量的影响。结果表明: 随着烟支长度的增加, 烟支逐口序逐口抽吸动态吸阻增大; 逐口烟气主要成分释放稳定性递增, 烟气中的 ACM、烟碱和水分释放量递增, 烟支长度 66 mm 卷烟的甘油释放量最低, 烟支长度 72 mm 卷烟最高。随着烟支长度的增加, 烟碱和水分在卷烟烟气中的转移率下降, 烟支长度 66 mm 卷烟的甘油转移率最低。当烟草段长度为 30~42 mm 时, 不同烟支长度加热卷烟逐口烟气中 ACM、烟碱、甘油及水分释放趋势基本一致。

关键词 加热卷烟; 烟支长度; 烟草段; 逐口释放

中图分类号 TS41⁺1 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2023)07-0200-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2023.07.046



开放科学 (资源服务) 标识码 (OSID):

Effects of Different Rod Length on the Puff-by-puff Release Amount of Main Smoke Components from Heated Cigarettes

WU Jin-feng¹, ZHANG Yan², GAO Yi-han³ et al (1. Technology Center, China Tobacco Chongqing Industrial Co., Ltd., Chongqing 400060; 2. Yunnan Tobacco Quality Supervision and Inspection Station, Kunming, Yunnan 650106; 3. Shanghai New Tobacco Product Research Institute, Shanghai 201315)

Abstract In order to investigate the effects of different rod length on the puff-by-puff release amount of main smoke components from heated cigarettes, the heated cigarette samples with the rod length of 60, 66 and 72 mm were used as research objectives, the same heating curve parameters were set for smoking. The puff-by-puff dynamic suction resistance, aerosol collection mass (ACM) and the puff-by-puff release amount of nicotine, glycerin and water in the mainstream smoke of heated cigarettes were measured, and the average values and RSD of puff-by-puff release amount per smoke were analyzed. And the effects of different rod length on the transfer rate of nicotine, glycerin, water and tobacco release per unit mass in mainstream smoke were also studied. The results showed that the dynamic suction resistance of the heated cigarettes increased with the increase of rod length. With the increase of rod length, the puff-by-puff release's stability of main smoke components increased, ACM, the release amount of nicotine and water in the smoke increased. The release amount of glycerin in the heated cigarettes with the rod length of 66 mm was the lowest, and that in the heated cigarettes with the rod length of 72 mm was the highest. The transfer rates of nicotine and water in the smoke of the heated cigarettes decreased with the increase of rod length, the transfer rate of glycerin in the heated cigarettes with the rod length of 66 mm was the lowest. In the tobacco part length range of 30~42 mm, the puff-by-puff release trends of ACM, nicotine, glycerin and water in the main smoke of the heated cigarettes with different rod length were basically similar.

Key words Heated cigarettes; Rod length; Tobacco part; Puff-by-puff release

加热卷烟是新型烟草制品的重要类型。与传统卷烟点燃抽吸不同, 加热卷烟利用外部热源加热烟草材料释放烟气。受加热温度、烟芯材料、嘴棒结构等因素的影响, 加热卷烟逐口烟气释放及其稳定性一直是加热卷烟研究的重点和难点。国内很多学者以加热卷烟为研究对象, 采用剑桥滤片捕集的方法研究了抽吸模式^[1]、环境湿度^[2]、加热温度^[3-4]、滤棒结构^[5]对烟气释放的影响。王珂清等^[6]、何红梅等^[7]对不同品牌中心加热卷烟逐口释放行为特征进行了分析。龚淑果等^[8]以加热卷烟 iQOS 和 GLO 为研究对象, 考察了加热卷烟烟气中主要成分逐口释放量的变化。王乐等^[9-10]以 iQOS 电加热卷烟加热器具和配套烟支为试验对象, 研究了电加热卷烟烟芯温度分布和烟气关键成分逐口变化, 建立了电加热卷烟烟芯材料关键成分传热传质数学模型。目前, 烟支规格对烟气释放的影响主要在传统卷烟领域^[11-15], 对加热卷烟逐口烟气释放的影响研究鲜有报道。加热卷烟烟草

段长度的设计对于加热卷烟制造降本增效具有重要意义。笔者以细支周向加热卷烟为研究对象, 考察不同烟支长度对加热卷烟逐口释放的影响, 分析逐口释放量变化趋势, 旨在为加热卷烟的烟支长度设计及优化提供理论指导。

1 材料与方法

1.1 材料、试剂和仪器

1.1.1 试验材料。 圆周 17 mm, 烟支长度分别为 60、66 和 72 mm 的 3 种加热卷烟, 由重庆中烟工业有限责任公司生产制样, 嘴棒长度 30 mm, 嘴棒打孔位置距离唇端 15 mm。剑桥滤片 (φ44 mm, 美国 GE 公司)。

1.1.2 主要试剂。 异丙醇 (色谱纯, RCI Labscan); 1,2-丙二醇和丙三醇, 纯度 ≥ 99.5%; 1,4-丁二醇, 纯度 ≥ 99%, 购自 Sigma-Aldrich 公司; 烟碱 (上海安谱科技有限公司)。

1.1.3 主要仪器。 周向电加热烟具 (自制); ACCS100 加热不燃烧卷烟裁切仪 (合肥众沃仪器技术有限公司); X500E 新型烟草专用吸烟机 (上海帕夫曼自动化仪器有限公司); 56X 综合测试台 (法国 SODIM 公司); 7890B 气相色谱仪 (配备 FID 和 TCD 检测器, 美国 Agilent 公司)。

1.2 方法

1.2.1 样品制备。 为保持烟支前后密度一致, 采用全紧头

基金项目 国家烟草专卖局科技重点研发项目 (110202102047); 重庆中烟工业有限责任公司 2020 年科研项目 (HX202001)。

作者简介 吴金凤 (1982—), 女, 重庆人, 工程师, 博士, 从事新型烟草制品研究。* 通信作者, 研究员, 硕士, 从事烟草、烟气化学和生物技术应用研究。

收稿日期 2022-05-19; **修回日期** 2022-06-21

平准器卷制加热卷烟样品,在平均质量 ± 0.03 g 的范围内挑选烟支样品,利用离线裁切仪将同款烟支分别裁切成 60、66 和 72 mm 3 个规格,分别编号为 HTP-1、HTP-2 和 HTP-3。

1.2.2 烟具设计。3 个长度规格的加热卷烟均采用加热腔长度 42 mm 的周向两段式电加热烟具。为避免前几口烟气温度过高,减缓后几口烟气释放量的衰减,第 1 段和第 2 段加热区域分段比例应不大于 1:1。加热腔分段区域及两段

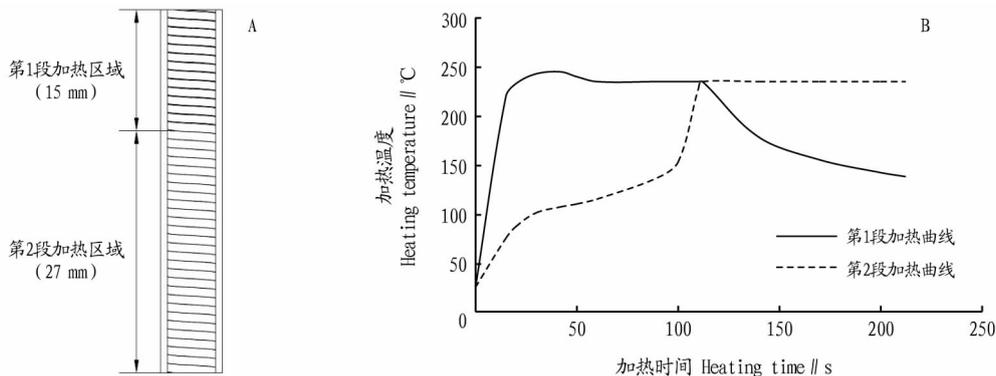


图 1 加热烟具加热腔体分段及其加热曲线

Fig. 1 The heating chamber segment of the heating tobacco device and its heating curve

1.2.3 逐口动态吸阻测定。使用单通道吸阻仪测定逐口动态吸阻^[16],将加热卷烟放入烟具,烟支在烟具中未加热时测定的吸阻为初始吸阻,烟支在烟具中达到预热温度后打开单通道吸阻仪开始抽吸,抽吸口数为 7 口,抽吸容量 55 mL,每次抽吸持续 2 s,抽吸间隔 30 s,记录烟支实时动态吸阻。每组样品随机选取 5 个样品进行测试,取平均值。

1.2.4 化学成分测定。加热卷烟原料及烟气主要化学指标分析包括烟碱、甘油、水分和烟气气溶胶捕集量(aerosol collection mass, ACM)。采用 CORESTA 推荐的 62 号、60 号、57 号方法^[17-19]测定加热卷烟原料中的烟碱、甘油、水分含量。按照 ISO 20778 的方法^[20]确定烟气抽吸参数:抽吸容量 55 mL,抽吸时间 2 s,抽吸间隔 30 s,采用钟形流量图。使用 CORESTA 推荐的 84 号方法^[21]测定烟气中烟碱、甘油和水分含量,烟具触发时长 2 s,预热等待时长 42 s,抽吸口数 7 口。

1.2.5 数据处理。使用 SPSS 软件对测定数据进行统计分析。3 种烟支长度加热卷烟烟草原料中烟碱、甘油和水分在气溶胶中的转移率按以下公式计算:

$$T = m_1 / m_0 \times 100\% \quad (1)$$

式中, m_0 为单支烟草原料中烟碱、甘油或水分的含量,单位为 mg/支; m_1 为气溶胶中烟碱、甘油或水分的含量,单位为 mg/支。

2 结果与分析

2.1 不同烟支长度对加热卷烟逐口动态吸阻的影响 考察了 3 种加热卷烟在加热抽吸状态下的动态吸阻,结果见图 2。从图 2 可以看出,3 种加热卷烟逐口动态吸阻变化趋势基本一致。不同长度烟支在加热抽吸过程中的逐口动态吸阻均高于初始未加热时的吸阻,动态吸阻均值比初始吸阻高 255~350 Pa。烟支长度最长的 HTP-3 样品动态吸阻较 HTP-1、HTP-2 样品第 1 口增幅较大,可见烟草段增长会增

式加热温度曲线见图 1。全尺寸加热腔体适配 72 mm 烟支,在适配长度 60 和 66 mm 烟支时,分别使用长度 12 和 6 mm 的纸质空管置于加热腔下部,缩短加热腔长度,满足 3 种不同规格的烟支在相同加热曲线下抽吸。第 1 段预热温度 245 °C,预热时间 42 s;第 1 段加热温度 235 °C,保温 70 s,112 s 时停止对第 1 段加热的同时第 2 段加热段达到预设温度 235 °C,并保温 100 s。

加同口序动态吸阻。在加热抽吸 7 口过程中,第 1 口吸阻最大,第 4 口较第 3 口略高,此后处于相对平稳的下降趋势。单因素方差分析表明,3 种加热卷烟烟支逐口动态吸阻存在极显著差异($P < 0.01$),HTP-1 与其他 2 种加热卷烟动态吸阻的差异显著高于 HTP-2 与 HTP-3 之间的差异,HTP-1、HTP-2 和 HTP-3 加热卷烟动态吸阻的相对标准偏差(RSD)分别为 4.4%、2.9%和 3.3%,说明不同烟支长度加热卷烟逐口动态吸阻稳定性较好。

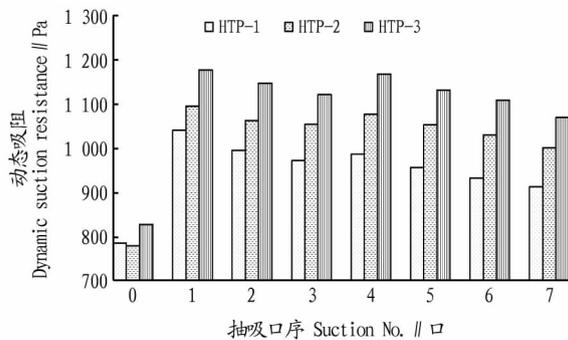


图 2 不同烟支长度加热卷烟动态吸阻的变化

Fig. 2 Variation of the dynamic suction resistance of heated cigarettes with different rod length

2.2 不同烟支长度对加热卷烟烟气主要成分逐口释放量的影响 考察了烟支长度分别为 60、66 和 72 mm 的加热卷烟在相同加热模式和抽吸模式下 ACM 以及烟碱、甘油和水分的逐口释放量,结果见表 1。由表 1 可知,随着烟支长度的增加,加热卷烟 ACM、烟碱和水分的逐口释放量均逐渐增加,甘油逐口释放量均值差异不明显。从逐口释放量相对标准偏差(RSD)来看,ACM、烟碱、甘油和水分的逐口释放量 RSD 均大于 30%,表明逐口释放量差异较大,均为非均匀释放。随着烟支长度的增加,烟气中主要成分逐口释放量 RSD 降

低,逐口烟气释放量均匀性越高。

表1 不同烟支长度加热卷烟烟气主要成分的逐口释放量

Table 1 Puff-by-puff release amount of main smoke components from the heated cigarettes with different rod length

抽吸口序 Suction No. 口	ACM//mg/支			烟碱释放量 Release amount of nicotine//mg/支			甘油释放量 Release amount of glycerin//mg/支			水分释放量 Release amount of water//mg/支		
	HTP-1	HTP-2	HTP-3	HTP-1	HTP-2	HTP-3	HTP-1	HTP-2	HTP-3	HTP-1	HTP-2	HTP-3
1	5.89	4.82	5.29	0.09	0.07	0.07	0.48	0.37	0.45	3.16	2.43	2.66
2	6.25	5.71	6.20	0.13	0.13	0.13	1.18	1.04	1.14	3.04	2.39	2.80
3	5.17	5.19	5.77	0.09	0.10	0.10	1.15	1.06	1.19	2.03	2.06	2.57
4	4.63	5.10	5.70	0.13	0.12	0.13	1.06	0.96	1.09	1.81	2.20	2.33
5	3.05	3.85	4.27	0.14	0.18	0.20	0.82	0.79	0.87	1.12	1.57	1.72
6	1.91	2.55	3.21	0.08	0.13	0.17	0.59	0.56	0.62	0.53	1.07	1.23
7	1.02	1.53	2.05	0.03	0.06	0.09	0.35	0.35	0.44	0.23	0.74	1.00
均值 Average	3.99	4.11	4.64	0.10	0.11	0.13	0.80	0.73	0.83	1.70	1.78	2.04
RSD//%	50.72	37.68	33.08	39.11	36.13	35.94	42.14	41.91	39.39	67.34	37.56	35.49

2.3 烟气主要成分逐口释放量变化 分析了3种不同烟支长度加热卷烟烟气中 ACM 以及烟碱、甘油和水分的逐口释放量,结果见图3~6。

由图3可知,3种加热卷烟释放的 ACM 均在第2口达到峰值,此后整体上呈下降趋势,其中 HTP-1 的 ACM 逐口下降最为明显。不同烟支长度对加热卷烟第4口后 ACM 的影响较大。从第3口开始,HTP-3 样品的 ACM 大于 HTP-1 和 HTP-2 样品;从第4口开始,HTP-2 样品的 ACM 比 HTP-1 样品大。

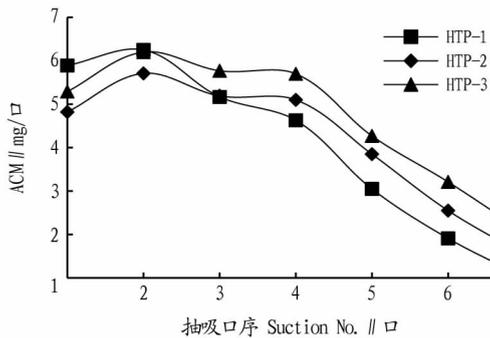


图3 不同烟支长度加热卷烟烟气逐口 ACM 释放量

Fig. 3 Puff-by-puff release amount of ACM from the heated cigarettes with different rod length

由图4可知,不同烟支长度加热卷烟的烟碱逐口释放量均在第2口烟碱释放量达到第1个峰值,随后烟碱释放量下降,第3口后再上升,第5口达到第2个峰值,此后再下降。由于第3口后第2段加热腔开启并升温,第1段加热腔未冷却,持续促使第1段烟草物料释放烟碱,并累积到后序逐口烟气中,第5口达到第2个峰值,此后随着第1段加热腔温度冷却,第2段加热腔加热的烟草物料随着加热过程中烟碱释放到烟气中,逐口烟碱释放量再次下降。这也与两段式加热程序的设置相一致。

由图5可知,HTP-1 样品的甘油释放量在第2口达到峰值,而 HTP-2 和 HTP-3 样品在第3口达到峰值。3个样品的逐口甘油释放量差异不大,虽然烟支长度不同、甘油含量不同,但并不会导致加热卷烟逐口甘油释放量存在显著差

异。由此可见,不能单一通过烟草物料的增加来增加甘油释放量,从而达到提高烟雾量的目的。究其原因,可能是由于甘油沸点较高、挥发性较差,容易被较长气路截留,烟气中的甘油释放量不会随着烟支长度的增加而增大。

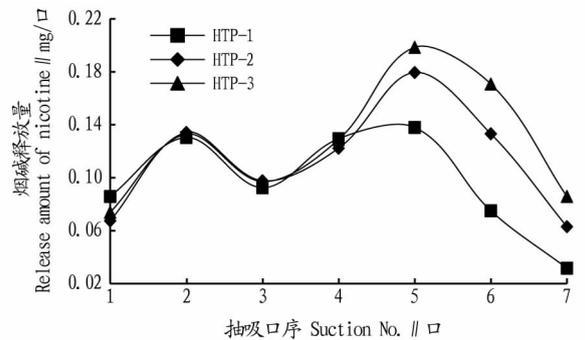


图4 不同烟支长度加热卷烟逐口烟气中烟碱释放量

Fig. 4 Puff-by-puff release amount of nicotine in the smoke from the heated cigarettes with different rod length

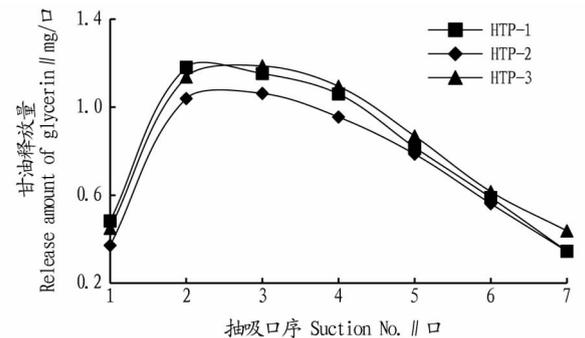


图5 不同烟支长度加热卷烟逐口烟气中甘油释放量

Fig. 5 Puff-by-puff release amount of glycerin in the smoke from the heated cigarettes with different rod length

由图6可知,3种加热卷烟逐口水分释放量整体上呈下降趋势。相较于甘油和烟碱,水的沸点较低、最先释放,且随着后续不断加热更易释放。HTP-1 样品第1口水分释放量最高,且前2口水分释放量均较 HTP-2 和 HTP-3 样品更多。这也可能与烟支长度不同、气路截留不同有关。HTP-2 样品的前3口水分释放量较 HTP-1 和 HTP-3 样品更少,加

热卷烟烟气发烫主要在前 3 口出现,因此合理设计加热卷烟的长度及烟支结构显得尤为重要。

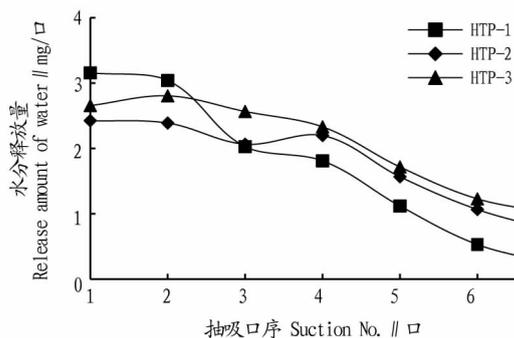


图 6 不同烟支长度加热卷烟逐口烟气中水分释放量

Fig. 6 Puff-by-puff release amount of water in the smoke from the heated cigarettes with different rod length

2.4 不同烟支长度对加热卷烟烟气主要成分转移率的影响 利用 3 种不同烟支长度加热卷烟烟气主要成分释放量与单支加热卷烟烟草原料中对应成分含量,按公式(1)计算烟气各成分转移率,结果见图 7。由图 7 可知,随着烟支长度的增加,加热卷烟烟碱和水分在烟气中的转移率随之降低。HTP-1 样品逐口动态吸阻小、烟气路径短,有利于烟草中主要成分的释放,因此烟气主要成分转移率高;随着烟支长度的增加,可供加热的烟草原料增加,虽然烟气释放总量增加,但烟气路径增长导致部分烟气成分截留,因此 HTP-3 样品烟气中烟碱和水分转移率最低。从甘油转移率来看,HTP-2 与 HTP-3 加热卷烟烟气中甘油转移率没有显著差异 ($P >$

0.05),烟气中的甘油转移率不一定随着烟支长度的增加以及烟草原料甘油含量的增加而增加。

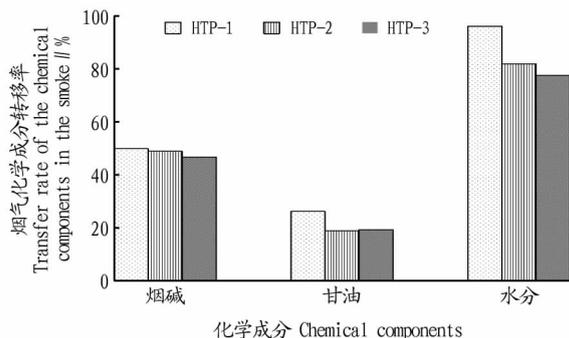


图 7 不同烟支长度加热卷烟 ACM 中化学成分转移率的比较

Fig. 7 The transfer rate comparison of the chemical components in ACM of the heated cigarettes with different rod length

2.5 不同烟支长度对加热卷烟烟草原料单位质量烟气主要成分释放量的影响 3 种长度烟支参与加热的烟草段长度分别为 30、36 和 42 mm。烟草段长度不同,参与加热的烟草原料质量也不同。以烟支中烟草原料单位质量释放的烟气主要成分为研究对象,结果见表 2。由表 2 可知,随着烟支长度的增加,加热卷烟单支烟草原料质量增加,ACM、烟碱和水分的释放量增大;甘油释放量 HTP-3 样品最大,HTP-2 样品小于 HTP-1 样品。从烟草原料在不同长度规格的烟支中单位质量释放量来看,随着烟支长度的增加,单位质量烟草原料的烟气主要成分释放量均呈现递减趋势。由此可见,缩短烟草段长度可以提高单位质量烟草的有效利用率。

表 2 单位质量烟草在不同长度烟支中释放烟气主要成分的比较

Table 2 The comparison of main smoke components per unit mass tobacco released from the heated cigarettes with different rod length

样品号 Sample No.	烟草原料质量 Tobacco material quality mg/支	ACM		烟碱 Nicotine		甘油 Glycerin		水分 Water	
		烟气释放量 Release amount of smoke mg/支	单位质量 释放量 Release amount per unit mass mg/g						
HTP-1	168.15	27.92	166.04	0.68	4.06	5.60	33.30	11.92	70.88
HTP-2	210.35	28.75	136.68	0.80	3.79	5.14	24.44	12.45	59.19
HTP-3	241.81	32.49	134.36	0.89	3.67	5.83	24.11	14.31	59.17

3 结论

①烟支长度分别为 60、66 和 72 mm 的加热卷烟逐口动态吸阻存在显著差异。随着烟草段长度的增加,烟支同口序动态吸阻增大。②在试验范围内,随着烟草段长度的增加,烟气中各主要成分逐口释放稳定性增加,ACM、烟碱和水分逐口释放量递增,HTP-3 样品烟气中各主要成分逐口释放量均值最高且逐口释放稳定性最佳,HTP-2 样品甘油逐口释放量均值最低。③不同烟草段长度的加热卷烟逐口烟气均呈非均匀释放。ACM 均在第 2 口达到峰值后降低,烟碱逐口释放量在第 2 口和第 5 口出现 2 个峰值,甘油逐口释放量在第 2 口或第 3 口达到峰值后降低,HTP-1 样品水分逐口释放量在第 1 口达到最大值后下降,前 2 口水

释放量均大于 HTP-2 和 HTP-3 样品。④烟气主要成分在烟草段中的截留效应导致 HTP-3 样品烟气中烟碱和水分的转移率最低,HTP-2 样品的甘油转移率最低。⑤通过对单位质量烟草原料在不同长度规格的烟支中烟气释放量分析发现,随着烟支长度的增加,烟草原料单位质量 ACM 以及烟碱、甘油和水分的释放量下降,原料利用率降低。因此,烟支长度设计需要根据产品设计需求来平衡烟草段长度与成分释放稳定性、烟气成分转移率和原料有效利用率的关系。在该试验范围内,为了提高烟草利用率,可缩短烟草段长度;为增加逐口烟气释放的均匀性,可增加烟草段长度。

贡献。

参考文献

- [1] 高真伟,王冬梅,展广军,等.水田覆膜对稻作生长的影响[J].垦殖与稻作,2001(2):11-13.
- [2] WU Y, HUANG F Y, ZHANG C, et al. Effects of different mulching patterns on soil moisture, temperature, and maize yield in a semi-arid region of the Loess Plateau, China[J]. Arid land research and management, 2016, 30(4):490-504.
- [3] 张俊丽,索龙,景鹏娟,等.生物降解地膜的增温保墒及增产效应研究进展[J].农业与技术,2021,41(15):113-115.
- [4] 严小峰,刘艳军,黄俊轩,等.冰灯玉露松散型胚性愈伤组织的诱导方法[J].天津农业科学,2017,23(7):21-24,36.
- [5] 杨晓东.地膜覆盖技术探讨[J].农业科技与装备,2016(3):49-50,53.
- [6] 王雅琴,刘洪光,朱拥军.重盐碱地膜下滴灌土壤盐分运移规律研究[J].灌溉排水学报,2010,29(3):58-60.
- [7] 邓方宁,林涛,何文清,等.生物降解地膜覆盖对棉田土壤水-热-盐及产量的影响[J].生态学杂志,2020,39(6):1956-1965.
- [8] 陈明周,黄瑶珠,杨友军,等.花生除草地膜对田间杂草防除及花生产量的影响研究[J].广东农业科学,2008(6):35-38.
- [9] SHILPA, SHUKLA Y R, BIJALWAN P, et al. Mulch cover management for improving weed control in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) production[J]. Journal of experimental agriculture international, 2020, 42(8):37-43.
- [10] 中华人民共和国农业部.中国农业统计年鉴[M].北京:中国农业出版社,1982-2012.
- [11] 王金山,刘涛.设施蔬菜病害绿色防控技术[J].现代农村科技,2020(10):31-33.
- [12] 徐军,刘中新.地膜花生的气象效应和经济效益[J].湖北农业科学,2020,59(S1):155-157,160.
- [13] 门洪文,黄庆银,陆广梅,等.不同地膜覆盖对谷子产量及田间杂草防除影响[J].农业科技通讯,2022(3):117-120.
- [14] 杨军章,龚林,马岩,等.有色地膜覆盖对烟草番茄斑萎病毒病发生的影响[J].贵州农业科学,2022,50(2):38-43.
- [15] 王路伟.有色地膜对蒜田主要害虫种群动态和大蒜生长的影响[D].泰安:山东农业大学,2019.
- [16] 夏楠楠.有色地膜对花生田害虫优势种和花生生长的影响[D].泰安:山东农业大学,2018.
- [17] 国家统计局农村经济调查司.中国农村统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2018.
- [18] 代亚妮,卫引菊,王海燕.降解地膜是农用塑料膜发展的必然趋势[J].陕西农业科学,2003(6):32-34.
- [19] 新疆统计局.新疆农业统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2005.
- [20] 赵永敢,王婧,李玉玉,等.秸秆隔层与地膜覆盖有效抑制潜水蒸发和土壤返盐[J].农业工程学报,2013,29(23):109-117.
- [21] 付恒阳,朱拥军,王雅琴.干旱区大田膜下滴灌对土壤盐分的影响[J].灌溉排水学报,2013,32(2):19-22.
- [22] ZHOU L M, LI F M, JIN S L, et al. How two ridges and the furrow mulched with plastic film affect soil water, soil temperature and yield of maize on the semiarid Loess Plateau of China[J]. Field crops research, 2009, 113(1):41-47.
- [23] DENG X P, SHAN L, ZHANG H P, et al. Improving agricultural water use efficiency in arid and semiarid areas of China[J]. Agricultural water management, 2006, 80(1/2/3):23-40.
- [24] 曾红远,熊路,吴佳宝,等.农作物覆膜栽培研究进展[J].湖南农业科学,2012(11):32-34.
- [25] 银敏华,李援农,申胜龙,等.中国可降解膜覆盖对玉米产量效应的Meta分析[J].农业工程学报,2017,33(19):1-9.
- [26] 周明冬,侯洪,董合干,等.新疆农用地膜应用与残留污染现状分析[J].浙江农业科学,2015,56(12):2058-2061.
- [27] 刘超吉,侯书林,甄健民,等.南疆棉田残膜污染现状及防治途径[J].农业工程,2018,8(3):45-51.
- [28] 朱懿.不同除草剂对机直播稻田杂草控制及水稻生长和产量的影响[D].雅安:四川农业大学,2015.
- [29] 徐亚秋,廖文君.地膜对土壤环境的影响[J].现代农业科技,2014(10):229.
- [30] 越亚丽.马铃薯地膜覆土除草试验与示范效果初探[J].中国农技推广,2019,35(9):88-90.
- [31] 张德玉,王松,陈昆,等.邳州市地膜大蒜草害发生特点及综合防治技术[J].现代农业科技,2006(10):80.
- [32] 李宪生,刘留,孙光天.地膜大蒜草害发生特点及综合防治技术[J].现代农业科技,2010(20):214.
- [33] 王锐,郭怡婷,王乃江,等.地膜覆盖对夏玉米籽粒灌浆过程及产量的影响[J].节水灌溉,2021(9):71-76.
- [34] ZHU Y, CHEN Y L, GONG X F, et al. Plastic film mulching improved rhizosphere microbes and yield of rainfed spring wheat[J]. Agricultural and forest meteorology, 2018, 263:130-136.
- [35] 陈利军,宝哲,林涛,等.基于Meta-analysis的新疆主要作物地膜覆盖产量及水分利用效率分析[J].生态学杂志,2022,41(4):661-667.
- [36] 高旭华,黄健,黄瑶珠,等.玉米专用除草地膜田间应用效果研究[J].农学学报,2014,4(3):11-13,34.
- [37] 谢东,杨友军,潘东英,等.聚乙烯除草地膜的制备及其结构与性能研究[J].塑料科技,2015,43(2):65-68.

(上接第203页)

参考文献

- [1] 司晓喜,汤建国,朱瑞芝,等.两种抽吸模式下电加热不燃烧卷烟烟气溶胶的粒径分布[J].烟草科技,2018,51(8):47-52.
- [2] 刘广超,刘鸿,张玮,等.调节湿度对国外两款市售加热卷烟烟气主要成分逐口释放行为的影响[J].烟草科技,2021,54(9):40-47.
- [3] 郑绪东,李志强,王程娅,等.不同加热温度下电加热不燃烧卷烟烟气释放特性研究[J].安徽农业科学,2018,46(36):168-171.
- [4] 周慧明,刘鸿,刘广超,等.自制研究平台不同加热温度下电加热卷烟主要成分的释放行为[J].烟草科技,2021,54(6):50-57.
- [5] 韩敬美,张明建,尚善斋,等.不同滤嘴结构的电加热烟草产品烟气主要成分逐口释放规律研究[J].中国烟草学报,2021,27(1):1-7.
- [6] 王珂清,秦艳华,吴洋,等.加热卷烟烟气中氨释放特性研究[J].中国烟草科学,2021,42(6):74-78.
- [7] 何红梅,尤晓娟,刘献军,等.8种中心电加热卷烟烟气释放特性分析[J].食品与机械,2021,37(11):44-49.
- [8] 龚淑果,刘巍,黄平,等.加热不燃烧卷烟烟气主要成分的逐口释放行为[J].烟草科技,2019,52(2):62-71.
- [9] 王乐,王亚林,李志强,等.电加热卷烟烟芯段温度分布和烟气关键成分逐口变化:第1部分 实验[J].烟草科技,2021,54(3):31-39.
- [10] 王乐,王亚林,李志强,等.电加热卷烟烟芯段温度分布和烟气关键成分逐口变化:第2部分 模拟[J].烟草科技,2021,54(6):58-64.
- [11] 李超,崔柱文,蔡洁云,等.不同长度、圆周、切丝宽度卷烟主流烟气常规指标释放量及其变化[J].烟草科技,2021,54(3):40-49.
- [12] 芦昶彤,王丁众,李鹏,等.短支卷烟烟气香味成分逐口释放分析[J].烟草科技,2021,54(12):64-72,94.
- [13] 刘琪,马梦婕,龚珍林,等.烤烟型细支与常规卷烟烟气中9种主要成分的逐口释放量比较[J].食品与机械,2020,36(7):39-44.
- [14] 潘广乐,张二强,巩佳豪,等.烟支规格对卷烟物理、烟气、燃吸特性及感官质量的影响[J].烟草科技,2022,55(1):91-98.
- [15] 邓其馨,林艳,黄延俊,等.不同圆周、不同滤嘴通风率卷烟主流烟气酸性成分的逐口释放[J].烟草科技,2021,54(12):35-45.
- [16] 刘欢,王乐,胡少东,等.卷烟燃烧动态吸阻研究[J].食品与机械,2017,33(5):83-86.
- [17] CORESTA. Determination of nicotine in tobacco and tobacco products by gas chromatographic analysis; CORESTA No. 62[S]. CORESTA, 2021.
- [18] CORESTA. Determination of 1,2-propylene glycol and glycerol in tobacco and tobacco products by gas chromatography; CORESTA No. 60[S]. CORESTA, 2019.
- [19] CORESTA. Determination of water in tobacco and tobacco products by gas chromatographic analysis; CORESTA No. 57[S]. CORESTA, 2018.
- [20] ISO. Cigarettes-Routine analytical cigarette smoking machine-Definitions and standard conditions with an intense smoking regime; ISO 20778:2018[S]. ISO, 2018.
- [21] CORESTA. Determination of glycerin, propylene glycol, water, and nicotine in the aerosol of e-cigarettes by gas chromatographic analysis; CORESTA No. 84[S]. CORESTA, 2021.