

综述

胡婉蓉, 李东亮. 国产雪茄烟叶关键生产技术研究进展[J]. 中国烟草学报, 2025, 31 (1): 163-176. HU Wanrong, LI Dongliang. Research progress on key production technologies of domestic cigar tobacco leaves[J]. Acta Tabacaria Sinica, 2025,31(1):163-176. doi:10.16472/j. chinatobacco.2024.T0078

国产雪茄烟叶关键生产技术研究进展

胡婉蓉^{1,2}, 李东亮^{1,2}

1 四川中烟工业有限责任公司, 成都市龙泉驿区成龙大道二段 610100;

2 烟草行业雪茄烟技术创新中心, 成都市龙泉驿区成龙大道二段 610100

摘要: 近年来, 雪茄烟生产技术在国产雪茄烟叶品种、栽培、晾制、发酵及工艺设备等方面取得了显著成效。本文梳理了上述雪茄烟关键生产技术领域近 5 年的研究进展, 并对雪茄烟关键核心技术的未来研究方向进行了展望。

关键词: 雪茄烟叶; 品种; 栽培; 晾制; 烟叶发酵; 工艺设备

雪茄烟是烟草制品的重要品类之一, 相比于卷烟, 雪茄烟具有烟气浓度大、香韵丰富、香气量充足等特点。雪茄由雪茄烟叶卷制而成, 烟叶质量是雪茄烟品质的核心。近年来, 随着中国雪茄消费市场的迅速扩展和国产雪茄烟叶开发与应用重大专项的实施, 雪茄烟关键生产技术创新取得了显著成效, 国产雪茄生产关键技术瓶颈正在被逐步突破。本文主要基于近 5 年公开的研究资料, 总结了雪茄烟品种、栽培与晾制、发酵及工艺设备等核心技术领域的研究进展和现存问题, 展望了未来研究趋势, 以期对雪茄领域技术发展提供参考。

1 雪茄烟品种

优质的雪茄品种是生产高质量雪茄烟的重要基础。目前, 我国雪茄烟的主栽品种多为国外引进的优质品种, 但多数品种的具体来源、遗传背景和育种价值仍不清晰, 且存在茄衣、茄芯品种种植混乱、自育品种选育进度缓慢等问题。为解决上述问题, 研究人员近年来主要围绕雪茄烟叶品种遗传特性分析、优质品种筛选及规模化种植验证以及雪茄烟种质资源库的构建等重点领域开展了系列工作。

1.1 雪茄烟品种遗传特性分析

研究人员利用分子标记等技术对国内大部分种质

的农艺性状、植物学特征进行了收集、鉴定, 并初步建立了雪茄烟分子育种技术体系; 利用常规育种、分子育种、不育系转育等技术手段, 创制新的育种材料; 对雪茄烟种质资源的物理特性、化学成分及感官质量进行了系统研究; 通过杂交、自交、单粒传法及田间比较实验等方式, 筛选优质抗病品种^[1-3]; 基于 SNP (single nucleotide polymorphism, 单核苷酸多态性) 核心标记和 SSR (simple sequence repeats, 简单重复序列) 标记技术等手段, 建立了几百份雪茄烟种质资源指纹图谱^[4-5], 分析了各品种间的亲缘性^[6-7], 明确了德雪 1 号、德雪 2 号、德雪 3 号与古巴品种 C-15 间较近的亲缘关系等^[8], 为理顺国内雪茄品种遗传特性以及新品种的培育奠定基础^[9-11]。

1.2 优质雪茄烟品种的筛选及配套技术研究

由于我国现用雪茄品种间差异较大, 不同产区生态条件不同, 研究人员开展了雪茄烟优良品种筛选工作, 并明确适宜的种植区域, 以期形成适应区域生态特点的茄衣和茄芯主栽品种。海南产区筛选出适宜海南种植的多个雪茄烟品种, 例如古巴 8 号、古巴 7 号、古引 4 号、古引 3 号等, 其中古引 4 号于 2020 年通过全国烟草品种审定委员会的农业评审; 四川产区也筛选出适宜四川的多个茄衣和茄芯品种。2023 年, 海研 204、云雪 1 号、云雪 2 号、川雪 5 号、雪雅香 1 号、

作者简介: 胡婉蓉 (1996—), 博士, 工程师, 主要研究方向: 雪茄烟发酵, Email: huwanrongmail@163.com

通讯作者: 李东亮 (1973—), 博士, 研究员, 主要研究方向: 烟草化学, Email: 360188228@qq.com

收稿日期: 2024-03-13; **网络出版日期:** 2024-09-10

川雪 4 号、川雪 3 号、楚雪 14 号、楚雪 26 号 9 个雪茄品种在烟草新品种审定会议上审定通过，其基本性质包括特征特性和栽培发酵技术要点等详见审定结果公告。上述新品种涉及茄衣、茄芯纯系品种及茄衣茄芯兼用型品种，茄衣品种的优叶率可达 32%~35%，茄芯品种的优叶率可达 34%，且适用于四川、湖北等多产区种植，呈现较好的经济价值；但多数新品种对赤星病、野火病及马铃薯 Y 病毒（PVY）易感，表明在解决抗病性等问题方面的品种选育工作还要进一步推进。

在品种配套技术研究方面，围绕移栽期、施肥等关键技术以及离体快繁培养体系等特色技术开展了系列工作。目前，雪茄烟组织培养体系已经逐步建立并优化，成功开发了适合雪茄外植体生长的激素配方^[12]，为保存雪茄材料的优良性状及优质种质资源提供技术支持。

1.3 雪茄烟种质资源库建设

目前，云南省烟草农业科学研究院建立了第一个行业雪茄烟种质资源库，获得了 363 份国内雪茄烟叶资源的基本特征数据。国家烟草种质资源库和海口雪茄研究所保存有雪茄烟种质资源 300 多份。四川省德阳市烟草公司保存有雪茄烟种质资源 100 余份^[13]。但是，上述种质资源多来自国外，国产雪茄烟在种质创新及品种自主选育等方面仍存在较大进步空间。

2 雪茄栽培与晾制技术

基于不同产区的自然资源禀赋，研究人员根据雪茄烟叶的生物学特征、生理生化特点和质量需求，围绕雪茄烟叶育苗、移栽、施肥、植保、采收、晾制等关键技术环节开展了研究工作，以期形成国产雪茄烟叶生产技术规程。

2.1 雪茄栽培技术

近年来，雪茄烟叶种植区不断发展壮大。目前除海南、四川、湖北、云南 4 个规模化主产区外，福建、湖南、广西、山东和安徽 5 个省份也陆续开展雪茄烟叶种植。

2.1.1 关键生态因子

雪茄烟叶栽培的主要生态因子包括气象因子和土壤因子，前者包括空气温度、空气相对湿度、降水量和日照对数等，后者包括土壤 pH 值、碱解氮含量、有效磷含量和速效钾含量等，但它们对于烟叶品质影响的权重并不相同。以四川主要雪茄产区为例，气候条件权重占 0.511，土壤条件权重占 0.389，地形条件权重占 0.100^[14]。随着全球气候变化，各产区的生态指标也发生了明显变化^[15]，例如四川德阳产区近 30 年内大田生育期平均气温和降雨量呈上升趋势，日照时数呈下降趋势，pH 下降，土壤出现酸化趋势。此外，同一城市的雪茄种植区也有适宜区与不适宜区之分，例如德阳市最适雪茄种植区占全市面积的 10.26%，分布在什邡市南部和广汉市东北部；不适宜区占全市面积的 21.50%，分布在什邡市北部及绵竹地区，它们主要存在降雨量、土壤有机质、全氮和速效磷偏高以及氯离子含量偏低等问题。美国康涅狄格州、四川什邡、湖北来凤以及海南等主要产区的关键生态因子已被整合对比分析^[16]。其后，研究人员陆续对湖北丹江口、湖北枣阳、四川达州等产区的生态因子进行补充对比，如表 1 所示。可以看出，对于部分雪茄种植区，生态指标可能成为限制优质雪茄烟叶生产的限制因子，例如湖北丹江口的土壤有机质含量偏低，应注意有机肥的补充；湖北枣阳的大田期降雨量相对较少，需要注意田间灌溉，但日照强度较高，更适合茄芯烟叶的生产。

表 1 国内部分雪茄种植区生态因子
Tab.1 Ecological indicators of partial cigar cultivation regions in China

产区	湖北丹江口 ^[17-18]	湖北枣阳 ^[19]	四川达州 ^[14]
大田生育期平均温度	~23.6℃	~23.6℃	23℃~26℃
大田生育期日照时数	~1127.0 h	~668.8 h	570~730 h
大田生育期降雨量	~432.3 mm	~441.4 mm	632~770 mm
大田生育期相对湿度	~70.7%	70%~75%	70%~78%
土壤 pH	6.5~7.7	多为 5.5~6.5	多为 6.5~7.5
土壤有机质	多为 10~20 g·kg ⁻¹	多为 20~40 g·kg ⁻¹	多为 15~20 g·kg ⁻¹

2.1.2 移栽管理

雪茄移栽期的选择至关重要，这是由于不同移栽期会影响烟叶在田间的温度、降水和光照等生长条件，前人已对其影响原理作了详细阐述^[20]。大部分产区的雪茄烟最适移栽期皆为4月中下旬，包括四川什邡^[21]、云南昭通^[22]、云南甘庄^[23]、湖北丹江口^[20]等。在实际生产中，产区可能还会结合当地实际情况对移栽期作出调整，例如德阳产区构建了“水稻-大蒜-雪茄”粮经复合高效种植模式，将雪茄烟移栽期推迟1~2周，与当地蔬菜种植季避开，减少病虫害的发生，同时也可以降低冻害的风险。

2.1.3 水肥管理

水肥管理是优质雪茄烟叶栽培阶段的关键技术环节，施肥量、肥料种类和施肥方式是其重点研究方向。从肥料的特色成分来看，雪茄烟用主要肥料类型包括

有机肥、中微量元素配施肥和微生物肥料，如表2所示。中微量元素配施肥可以提高烟叶的光合作用和碳氮代谢水平，促进烟株生长发育^[24-26]；有机肥通过提高烟草根际土壤酶活性改善烟株的外观和感官品质^[27]；而微生物肥料基于与本地致病菌种的拮抗相互作用^[28]，提高土壤酶活性和土壤肥力^[29]。因此，肥料的合理选择需要结合产区土壤的理化性质和微生态环境，施肥前应对目标土壤进行综合评价，包括酸碱性、营养元素和土壤质地等。例如，当产区土壤出现板结、酸化、微生物区系变劣、肥料利用率降低等问题时，可以考虑适当施加有机肥及微生物肥料；当雪茄烟叶出现植株矮小且燃烧性较差时，可适当考虑镁肥的调整^[30]；当土壤碱解氮、速效磷和速效钾比例不合适时，需适当调整肥料配比。

表2 不同类型的雪茄烟用肥料
Tab.2 Different types of cigar fertilizers

肥料类型	特色成分	功效	参考文献
中微量元素配施肥	Mg、S、Zn、Mn、B 等中微量元素	提高雪茄烟叶的光合作用和碳氮代谢水平	[24-25]
	麦饭石肥料	促进雪茄烟株生长发育	[26]
有机肥	沼渣、牛粪、鸡粪、锯末	富含氮元素，改善雪茄烟叶油分、光泽等	[31]
	小檗碱、液体氨基酸、液体腐殖酸、氨基寡糖素及氨基丁酸	提高雪茄烟根际土壤酶活性	[32]
	咖啡豆渣、菜籽粕和酒糟	提高雪茄烟叶片长度和宽度，改善雪茄烟叶的香韵特征和品质特征	[33]
微生物肥料	巨大芽孢杆菌、特基拉芽孢杆菌、杂色云芝、粗毛栓菌、黄孢原毛平革菌、长柄木霉和泾阳链霉菌	降低烟草种植中的土传病害，解决雪茄烟叶不能连种或者连种困难的技术问题	[34]
	枯草芽孢杆菌	呈现出与本地致病菌种的拮抗相互作用，提高土壤酶活性和土壤肥力	[29]
	库藏细菌、放线菌	对烟草促生明显	/

由于不同产区的生态因子存在差异，雪茄烟叶种植期间的水肥管理也各不相同，不同产区的施肥管理现状如表3所示。目前，大部分产区采用基肥和追肥并施模式，海南儋州开发了拮抗型腐熟菌剂木霉、枯

草芽孢杆菌发酵工艺和木薯渣堆肥发酵工艺，研制出雪茄烟叶生产专用生物有机肥，各地正在加速建立具有产区自主特色的施肥管理技术。

表3 不同产区的施肥管理
Tab.3 Fertilizer management in different cigar cultivation regions

产区	海南儋州	四川达州 ^[35]	湖北丹江口 ^[20]	
品种	H382	川雪2号	CX-26	CX-14
施氮量	228 kg/hm ²	195 kg/hm ²	120 kg/hm ²	187.5 kg/hm ²
氮磷钾比例	1:0.4:1.6	2:1:4	1:0.3:2.5	1:1.5:3
施肥方式	/	基追比为6:4，40%的氮肥和钾肥作为追肥，追肥于一次施加	全部腐熟菜饼肥和磷肥以及1/3的氮肥和钾肥作基肥施加，追肥分两次均施	全部腐熟菜饼肥和50%的化肥作基肥施加，追肥一次施加

此外,施用保水剂能够显著提升耕层土壤体积含水率,降低土壤电导率,提高土壤有机质、碱解氮、速效磷和速效钾含量的同时促进雪茄烟叶的光合作用,从而提高雪茄烟干物质积累及氮肥吸收效率^[36-37]。

2.1.4 遮荫管理

遮荫栽培是获得优质茄衣的核心技术,这是由于高强度的光照会导致烟叶海绵组织和栅栏组织加厚,主脉突出,前人已对遮荫机理做了详尽的总结^[16]。近年来,研究人员补充发现了遮荫栽培有利于降低烟叶膜脂过氧化水平^[38]、提高叶片光合作用的碳利用率^[39]、改善上部叶的平展度(中部叶相反)^[40]、提高茄衣烟叶产值^[41]。此外,遮荫也从传统黑色遮阳网为主转变为以新型白色遮阳网为主,这与不同遮荫网的光线透过率等参数有关。

2.2 雪茄晾制技术

雪茄烟叶的晾制以往常在简易晾棚或封闭式晾房内进行,这是由于大部分产区沿用或简易改造了晒烟的晾晒装置。随着国产雪茄烟叶开发研究的深入,关于雪茄烟叶晾制技术进展的成果报道越来越多。雪茄烟叶的晾制研究多关注不同晾制工艺对雪茄烟叶内含物质、生理生化特征的影响,如常规化学成分及多酚类化合物含量、非挥发性有机酸代谢、烟草特有亚硝胺积累动态以及成熟特性等的变化规律^[42-43]。

2.2.1 雪茄烟叶内含物质转化规律

雪茄烟叶在晾制过程中外观颜色表现为由绿色变为黄色,最终定为褐色,在此过程中,烟叶水分大量散失、色素含量降低、膜脂含量降低以及活性氧物质积累都对烟叶颜色变化呈显著影响^[44-45]。除前人对部分内含物质变化规律的总结外^[46],近期研究表明,雪茄烟叶在晾制期间,总糖、还原糖、淀粉和苹果酸含量逐渐降低,柠檬酸、草酸、丙二酸和烟草特有亚硝胺含量呈上升趋势;苹果酸脱氢酶活性先升高后下降,柠檬酸合成酶活性呈上升趋势,琥珀酸脱氢酶活性呈下降趋势^[47];参与褐变过程的主要多酚物质为花青素和芦丁,主要氨基酸为谷氨酸和丝氨酸^[48]。不同采收成熟度的雪茄烟叶晾制特性存在显著差异,适熟烟叶的多酚氧化酶活性适中、淀粉含量较高,晾制后烟叶色泽好,淀粉降解较快,水溶性糖和还原糖含量较高。此外,不同品种雪茄烟叶在同一生态下晾制后,内含物质的代谢谱也存在显著差异,主要以多酚、氨基酸、生物碱和黄酮类代谢产物的含量为主要差异指标^[49-50]。

2.2.2 晾制环境温湿度对雪茄烟叶品质的影响

温度和湿度是影响雪茄烟叶晾制效果的关键工艺参数。晾制温度的升高有利于氮素转化酶活性的提高,促使亚硝酸盐向铵态氮以及铵态氮向氨基酸的转化,氨挥发和棕色化反应加剧^[51]。环境湿度则影响烟叶的失水速度,在高温高湿的晾制环境下,烟叶多酚氧化酶活性最高,晾制后淀粉含量较高,但过高的多酚氧化酶活性容易导致烟叶发黑和霉变,因此,中温中湿晾制烟叶更有利于提高雪茄烟叶的品质。

2.2.3 青斑的形成与防控

雪茄烟叶在晾制过程中产生青斑将严重影响烟叶可用性,青斑的形成与叶绿素及绿原酸的沉积有关。青斑与烟叶正常组织之间的酪氨酸代谢、苯丙氨酸代谢和类黄酮生物合成途径具有显著差异,绿原酸和二氢玉米素可作为青斑形成过程的化学标记物,用于预测烟叶晾制过程中青斑的形成;晾房内环境湿度的波动是青斑形成的外部环境因素,可通过控制湿度来提高烟叶的外观稳定性^[52]。此外,在晾制过程中施加外源物质也是改善青斑问题的重要方法,例如施加蔗糖可以有效减少雪茄烟叶表面青斑的形成^[53]。

3 雪茄发酵技术

雪茄烟叶在发酵过程中,受微生物和酶的作用,烟叶中的大分子化合物进一步分解转化,青杂气降低,烟香显露,吃味柔顺^[54-55]。目前,雪茄发酵研究主要围绕发酵机理、发酵介质和发酵方法等开展研究。近年来关于发酵机理的研究着重于进一步加强发酵过程中微生物群落演替规律的分析、及其与化学成分变化的关联性分析^[56-58],例如假丝酵母相对丰度与致香成分含量呈正相关^[59]、4-磷酸甲基赤藓糖醇途径和类胡萝卜素合成途径是挥发性香味成分形成的关键代谢途径^[60]等新发现。关于雪茄发酵机理的综述性论文相对较多^[16, 46, 61-62],本文不再赘述。

3.1 发酵介质研究

在雪茄烟叶发酵过程中,研究人员通常会采用添加介质的方式来提升雪茄烟的风格特色品质。理论上,添加的介质除了其本身携带的香味成分可以为烟叶增香提质,还会影响微生物的生长代谢从而改变雪茄烟的品质(图1)。雪茄烟用介质的进展情况如表4所示,可以看出,合理选择发酵介质有利于提升雪茄烟品质和凸显风格特色。

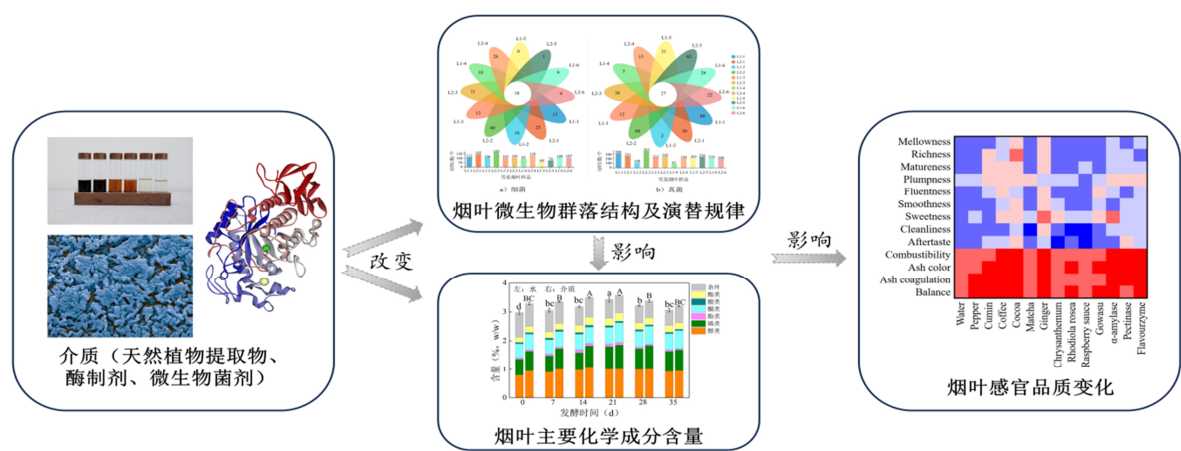


图 1 特色发酵介质作用机理示意图^[63, 64]

Fig.1 Schematic diagram of the effect mechanism of characteristic fermentation media

表 4 不同类型的雪茄烟用介质
Tab.4 Different types of media for cigars

介质类型	成分	对雪茄烟叶质量的影响	参考文献
天然植物提取物	烟草腺毛分泌物	改善雪茄烟叶的颜色、烟气、香气和口感特征	[65]
	糊米	提升香气、吃味和燃烧性，改善外观品质	[66-67]
	咖啡提取物	增加咖啡香、焦甜香和烘烤香，提升甜润感	[64]
	可可提取物	增加可可香和坚果香，提高成熟度和甜润感	[64]
	生姜提取物	增加雪茄烟叶的辛香，醇和烟气，降低杂气	[64]
微生物菌剂	薄荷酮、褪黑素	降低烟草亚硝胺含量	[68-69]
	假丝酵母	降低烟碱含量	[59]
	类胡萝卜素降解菌	提高香韵丰富度	[70]
	葡萄汁有孢汉逊酵母、毕赤酵母	增加雪茄烟叶的果香	[71]
	单宁降解菌	降低苦味和杂气	[72]
	蜡样芽孢杆菌	弱化蛋白质气息，增加香气	[73]
酶制剂	不动杆菌	提高醛酮类致香成分含量	[74]
	纤维素酶、果胶酶	提高总糖和还原糖含量，降低烟碱含量	[75]
	植酸酶、中性蛋白酶	提高氨基酸含量，降低蛋白质含量	[75]
	蛋白酶、果胶酶	提高中性致香物质含量，降低刺激性和杂气	[76]

3.1.1 天然植物提取物类介质

雪茄烟用发酵介质多以天然植物提取物为主，分为烟草提取物和非烟草源提取物，后者多以可食用植物为原料。烟草提取物如烟草腺毛分泌物，作为发酵介质可以改善雪茄烟叶的颜色、烟气、香气和口感特征^[65]。非烟草源提取物如甘草提取物、咖啡提取物、可可提取物和生姜提取物等，被证明可以提高香韵丰富度和成熟度，降低刺激性^[64, 77-78]。除了单一物质来源的介质，多种天然植物形成的复配型发酵介质也可用于雪茄烟叶的增香提质。以肉桂、丁香、甘蔗糖浆、食用白酒、红酒、菠萝和小苏打等为原料形成的复合介质，发酵后的雪茄烟叶生青气、腥气和杂气减轻，吃味醇和^[79]。此外，薄荷酮和褪黑素等介质被用于降低雪茄烟叶中的烟草特有亚硝胺^[68-69]。因此，介质发

酵对于雪茄烟叶的降焦减害也有裨益。

3.1.2 微生物菌剂及酶制剂类介质

雪茄烟发酵用微生物菌剂的开发多基于对烟叶发酵过程中微生物群落结构的变化解析，烟叶中的部分有益微生物可通过自身代谢活动产生活性酶和代谢产物，促进烟叶中大分子物质分解转化为小分子物质，从而增香提质^[80]。典型的烟叶原生微生物促进雪茄烟叶发酵包括假丝酵母可降低烟碱含量^[59]，亚硝酸盐降解菌可降低亚硝酸盐含量^[81]，类胡萝卜素降解菌促进雪茄烟叶提质增香^[70]，单宁降解菌降低烟叶苦味和杂气^[72]，蜡样芽孢杆菌可用于弱化蛋白质气息、增加香气^[73]，芽孢杆菌和小球菌提高烟叶的香韵丰富度^[82]，不动杆菌提高烟叶的醛酮类致香成分含量^[74]，贝莱斯芽孢杆菌通过分泌淀粉酶、蛋白酶等提高雪茄烟叶的

挥发性香气物质^[83]等。此外,一些外源微生物如酿酒酵母、黑曲霉、芽孢杆菌、米根霉、金耳菌等辅助烟叶发酵时可达达到加快发酵进程、协调化学成分和增加香气成分的目的^[84-85]。相较于微生物菌剂的开发与快速更新,雪茄烟用酶制剂仍多以淀粉酶、蛋白酶、糖化酶、风味酶、果胶酶等为主,新型酶制剂的开发有待加强。

介质在发酵过程中对雪茄烟叶化学成分及微生物群落结构的影响规律研究对于开发新型发酵介质具有重要指导意义。在发酵介质作用下,雪茄烟叶的糖、致香成分以及高级饱和脂肪酸含量都显著提高,由此提高了烟叶的醇和度及香韵丰富度^[63, 86]。关于新型介质筛选及其作用机理分析的研究越来越多,但介质增香提质的作用机理研究仍不深入和系统,介质在雪茄烟叶发酵过程中的最适条件和安全性也是未来的研究重点。因此,借助前沿检测手段,阐明功能介质的作用机制,形成更完善的介质辅助烟叶定向发酵的配套技术对促进国产雪茄发展具有重要意义。

3.2 发酵方法研究

雪茄烟叶发酵方法的研究多结合农业发酵和工业发酵的工艺特征,以温度、湿度、烟叶含水率等要素为参数,建立环境因素与雪茄烟叶核心微生物生长、原料成分转化、关键风味物质形成之间的影响关系。

3.2.1 发酵容器

雪茄烟叶发酵的基本方法为堆积发酵和装箱发酵,在实际生产中,应当根据烟草品种、晾制后烟叶状态、烟叶用途和生产环境条件,选择对应的发酵方法。研究表明,采用木桶发酵处理的雪茄烟叶烟碱含量明显降低,刺激性和苦味弱化。相比之下,竹筐发酵适用于叶片较厚、油分足、杂气较重、劲头大且刺激性较强的雪茄烟叶,有利于降刺去杂,提升成熟度及醇和度,且灵活、轻便的发酵容器更适合工业生产^[87]。此外,地窖发酵法以酒坛为容器、白酒窖泥为介质,借助土壤中的微生物加速雪茄烟叶的生化反应进程,提升雪茄烟叶原料品质^[88]。

3.2.2 发酵参数

适宜的烟叶初始含水率是雪茄烟叶发酵的基础,雪茄烟叶在发酵前一般需通过回潮至初始含水率为30%左右,这有利于促进烟叶微生物的群落演替^[89]。适宜的温度和环境湿度则是决定烟叶内部各类化学反应的关键因素。研究表明,随着发酵温度的升高,烟叶中蛋白质、总糖、淀粉和总生物碱含量降低,香气成分和氨基酸含量增加^[90];相对湿度75%有利于烟叶化学成分的协调和物理特性的提高,相对湿度85%有

利于香气物质的转化合成,但烟叶中糖类物质的过度降解会导致刺激性增大和霉变发生。因此,变温组合发酵模式应运而生。三级变温发酵可显著提高茄芯的还原糖和总糖含量,降低生物碱含量,在最大程度保留其香气丰富度和香气量的前提下,改善刺激性和杂气^[91]。此外,不同的季节环境亦会影响雪茄烟叶的发酵品质,夏季发酵的雪茄烟叶生物碱、萜类代谢转化相较于冬季更剧烈,有机酸等物质含量较高,感官质量更优^[92]。

堆垛发酵是雪茄烟叶最常用的发酵方式,翻堆处理能提高烟叶中性致香物质含量,降低烟叶杂气和刺激性^[93-95]。对于茄芯烟叶,适宜翻堆温度为45℃~55℃。对不同叶位烟叶的翻堆次数和翻堆节点采取不同控制策略,可以促进内含物质的充分降解,提高烟叶醇和度^[96]。四川德阳产区已确定适宜的“四步两型”发酵工艺,即针对茄衣或茄芯建立了不同的以初发酵、分选加工、二次发酵和精选装箱四步为主的特色发酵技术。

目前,关于发酵工艺参数优化的研究内容较单一,暂时无法系统解析雪茄生产过程中微生物与其它各种参数之间的相互关系,针对不同产区国产雪茄烟叶的工业发酵工艺条件尚需优化和固化,且缺乏指示雪茄烟叶发酵结束时间节点的客观指标。

4 雪茄烟机械化研发与应用

机械化保障设施开发是雪茄产业发展的重要基础,研发雪茄烟生产关键核心环节设施设备,推动雪茄烟生产的机械化转型,是雪茄烟叶规模化、智能化生产的基础保障。

4.1 雪茄烟用设施装备研发与应用

4.1.1 栽培相关设施

栽培设施的开发主要集中于植保、施肥和采收等3个环节。雪茄植株中下层烟叶植保装置可实现在烟田垄间遥控行走、中下层烟叶喷雾及路况可视等功能^[97],而雪茄烟叶采收转运装置,灵活性高,易于装卸,可以减少烟叶受到人为和机械损伤的概率,保持烟叶完整性,提高茄衣产出率^[98]。此外,轻简型烟草中耕机、施肥机、农机用施肥筛分装置、起垄覆膜施肥一体机、碎垄拔杆机、雪茄烟叶采摘用防护堆放框等设备应运而生,显著提高了相应工艺过程的效率,降低了烟叶损伤率^[99-101]。

4.1.2 晾制相关设施

目前,全国新建多座雪茄烟专用晾房,并已研发了雪茄烟茄衣、茄芯标准化晾房。为了弱化晾房上下

层空间水分不均对雪茄烟叶晾制效果的影响，研究人员研制了升降烟叶托架，实现雪茄烟叶的快速转运，降低人工成本^[102]。集约化晾房可解决烟叶在晾制过程中碎屑堵塞热风管出风口、晾烟杆高度固定、相邻晾烟杆间距不易调节等问题^[103]。霉变防治是雪茄烟叶晾制的难点之一，曲霉是该过程的典型致霉微生物^[104-105]。雪茄烟叶的霉变与环境氧气含量密切相关，为了防治霉变，研究人员发明了雪茄烟叶晾制换气供氧系统及使用方法和烟叶晾制机，可防治烟叶霉变，提高晾制质量^[106-107]。

智能化控制系统的引入显著推进了雪茄烟叶晾制设施的进步。基于物联网的雪茄烟晾制智能监测与调控系统可以减轻烟农劳动强度，优化雪茄烟晾制工艺，提高晾制质量^[108]。雪茄烟编烟机、茄衣摊叶机、雪茄烟晾房天窗通风装置、雪茄烟叶智能晾制设施单元、智能化控制的茄衣专用晾房、雪茄烟叶晾制提升装置、雪茄烟全自动晾房、新型雪茄烟晾房的供热系统等特色技术接连公开^[109-114]，表明我国雪茄烟叶晾制技术的机械化、智能化进程正阔步向前，设施保障能力全面提升。

4.1.3 发酵相关设施

随着发酵核心技术的构建，发酵配套设备的开发也在近年来突飞猛进。首先，为降低雪茄烟叶发酵过程中翻堆人工成本的消耗，研究人员通过电控箱驱动

电机，实现烟叶自动翻堆^[115]。提高雪茄烟叶发酵均匀性是雪茄烟生产长期以来面临的难点之一。目前，雪茄烟叶发酵箱等被证明可以提高雪茄烟叶体系内含水率的一致性，提高烟叶的均质性和完整性^[116]。

在雪茄烟叶特色发酵技术配套设施方面，围绕雪茄烟发酵技术升级，雪茄烟叶快捷抽样装置、雪茄烟叶发酵气相组分在线监测装置、小型烟叶生物发酵试验装置、酶制剂全自动烟叶发酵系统等陆续面世^[117]。此外，研究人员还陆续研发出发酵房自动化出入库系统、自动控温雪茄发酵房、控温控湿发酵房、无人值守雪茄烟叶发酵自动化系统等大型自动化设备，建立了“集中发酵工坊”等特色雪茄发酵设施，实现烟叶发酵过程中自动化监测及调控^[118-119]。

4.2 雪茄工业设备开发

表 5 总结了近两年关于雪茄生产主要环节涉及的工艺设备进展，它们多围绕回潮、分级、卷制、检测及养护等关键工段，就其自动化、数字化提升开展了系列工作。上述技术和设施虽各有优点和进步之处，但实际工业应用效率不高，例如雪茄自动去梗装置仍存在效率相较于人工处理较低、烟叶损耗明显等问题，这与大部分国产雪茄烟叶原料自身油分不足、机械性能不够好等问题有关。因此，要推动雪茄烟用设备的工业化应用进程，除了强化设备自身创新性，雪茄烟叶原料品质的提升也是重要影响因素之一。

表 5 雪茄工业生产主要环节涉及的工艺设备进展
Tab.5 Progress in processing equipment involved in key stages of cigar industrial production

分类	方法或设备名称	特色/优点	参考文献
回潮	自动加湿回潮装置	内置多个高压喷雾及超声雾化装置	[120]
	旋转式回潮装置	转运方便、作业效率高、回潮均匀性好	[121]
	快速回潮装置	搅拌桨设计，升降设置可保证回潮结束后烟叶自动取出	[122]
	矩阵式回潮系统	回潮含水率精准控制、均匀性提高	[123]
分级	等级识别装置	配置工业相机、光学镜头、COB 线性光源、高精度电子秤及控制系统	[124]
	双工位动态采图装置	解决茄衣人工分级时受主观影响造成的定级误差大的问题	[124]
	基于深度学习的雪茄烟叶分级方法	鲁棒性高、对烟叶无损、减少人工工作量	[126]
去梗	雪茄烟去梗机	烟梗烟叶自动剥离分别收集	[127]
卷制	自动检测水分的雪茄定型压力装置	内设压力传感器和水分检测仪	[128]
	手卷雪茄内胚器	吸阻、圆周标准差显著下降，内胚卷制一致性提高	[129]
烟支检测	雪茄烟燃烧速率与灰分检测装置	基于燃烧状态、烟气、灰分图像处理与数据分析	[130]
	雪茄烟支图像识别计数装备	计数自动化和数字化，效率和准确率高	[131]
	吸阻测试装置	测试头可调节包裹长度，通用于多规格及形状	[132]
	茄衣颜色判别装置	利用深度卷积神经网络算法训练颜色判断模型	[133]
	全自动雪茄烟吸阻、圆周、圆度测试仪	设置了升降组件，降低测量雪茄不同位置过程的复杂繁琐性	[134]
养护	雪茄集气/烟气测试装置	便携式、快速响应	[135]
	密封型雪茄醇养器	雪茄烟单支养护，密封效果好	[136]
	紫砂养护装置	利用紫砂的微透气性和吸水性，加深茄衣颜色	[137]

此外,国产雪茄工业生产的转型升级还围绕数字化、信息化技术展开了系列工作。长城雪茄厂建设全球首个 5G+雪茄数字化车间,实现了物料自动申领、吸阻测试自动送检、质量自动检测、雪茄银行自动巡检;构建了一套面向手工雪茄烟生产过程的追溯系统,实现物料全过程的质量跟踪与追溯。

5 总结与展望

目前,国产雪茄烟叶生产技术仍存在较大进步空间,为推动国产雪茄科技水平迈进世界烟草前列,需持续突破雪茄烟品种、栽培、晾制、发酵和工艺设备等重点领域,做好以下几个方面的工作:

(1)在品种方向,新品种选育进展较为缓慢,雪茄烟关键基因与风格特色的分子机制尚未阐述,雪茄烟品种试验网络需进一步完善。在未来,①加强雪茄烟种质资源的开发利用,构建雪茄烟种质资源信息系统,优化育种方法,充分挖掘种质资源的育种潜力;②揭示影响雪茄烟重要性状的关键基因和风格特色彰显的主要前体物并阐明其分子机制,建立雪茄烟基因信息数据库,进行相关功能基因的挖掘;③加强品种配套技术与品种区划布局研究,形成良种良法配套,进一步规范雪茄烟叶品种登记办法及登记标准。

(2)在栽培与晾制方向,研究人员已明确了部分主栽品种的需肥特性、关键栽培技术参数、雪茄烟叶晾制特性等,但仍存在一些不足之处,例如雪茄烟叶、尤其是茄衣烟叶的品质形成规律尚不清晰,未解决现阶段茄衣产出率较低、品质不高等问题,在雪茄烟叶成熟度的客观评价、晾制均匀性、晾制过程霉变防控、烟叶等级质量规范化等方面仍存在一些不足。因此,下一步可继续关注:①系统开展茄衣技术攻关,集成构建国产茄衣精益化生产技术体系;②深入挖掘霉变烟叶的致霉因素,解析防霉拮抗微生物的关键代谢物,构建工程防霉菌株并研制防霉生物制剂;③开展雪茄烟叶生产农艺农机融合关键技术研究,开发雪茄烟专用配套设备,提高生产的均质化和标准化水平。

(3)在发酵方向,雪茄烟叶发酵技术在近两年得到了充分发展,发酵基础理论研究进步显著。然而,发酵作为改善雪茄烟叶品质的重要环节,各种特色发酵技术在应用于实际生产过程中仍存在一些亟需解决的问题。例如,目前雪茄烟叶质量仍以感官评吸结果为评价指标,缺乏雪茄烟叶发酵程度的理性指标;雪茄烟用的发酵介质种类仍然较少,工业化应用规模有待加强等。针对上述问题,未来可以:①应用统计方

法筛选确定雪茄烟叶发酵阶段指示物,建立发酵指示物快速检测方法,形成判断雪茄烟叶发酵程度的客观指标;②建立环境因素与雪茄烟叶核心微生物生长、原料成分转化、关键风味物质形成之间的数据模型,结合环境模拟仿真、多位点数据遥感等技术,开展高精度、高通量的雪茄发酵智能装备自主研发,推进智能化发酵工厂建设;③加速建立雪茄微生物资源库和发酵介质数据库,开展从实验室规模、中试平台到工业生产线的逐级放大工艺优化和硬件设施建设,促进特色发酵技术的工业化应用。

(4)在生产装备方向,雪茄生产相关设备开发与应用尚处于摸索阶段,虽然专利数量较多,但实际可投入使用的设备数量少且效率提升能力不足,机械化替代人工进程较慢。这是由于雪茄生产工艺流程复杂,工序和步骤多,过程质量控制难度高,批次间雪茄均质化水平不稳定等问题没有得到根本解决。下一步:①借助远程数据处理技术、微电子技术、纳米技术、传感器技术的发展,设计数字化晾制、发酵等核心工艺相关装置,实现智能化、数字化生产;②协同推进特色生产工艺和生产技术装备的融合发展,研究基于雪茄烟叶加工特性的介质精准添加、在线物料水分检测的回潮设备,研究具有雪茄特色的烟叶外观质量、水分的专用质量检测装备及基于视觉智能识别的茄衣烟叶自动化分拣设备等;③突破雪茄生产设备数字化控制与过程检测、质量控制等关键配套技术及配套设备开发,加快各生产环节重点生产技术装备的重构和集成。

未来应该加强推动信息技术、生物技术、新材料技术等前沿技术与雪茄烟产业的融合创新,深度应用这些前沿技术,与时俱进实现国产雪茄品质升级、品类创新,构建智能、高效、敏捷、绿色的现代雪茄制造体系,引领国产雪茄规模、结构、价值的持续提升。

致谢

衷心感谢“雪茄烟技术攻关要点”编写组对本文的贡献。

参考文献

- [1] 焦芳婧,陈学军,冯智宇,等. 125 份雪茄烟资源物理特性遗传多样性分析[J]. 分子植物育种. <https://link.cnki.net/urlid/46.1068.s.20230825.1637.012>. JIAO Fangchan, CHEN Xuejun, FENG Zhiyu, et al. Genetic diversity of physical characteristics of 125 cigar germplasm resources[J]. Molecular Plant Breeding. <https://link.cnki.net/urlid/46.1068.s.20230825.1637.012>.

- [2] 童治军, 卢桂萍, 陈学军, 等. 雪茄烟 Beinhart 1000-1 赤星病抗性的主基因+多基因混合遗传分析[J]. 西南农业学报, 2022, 35(3): 640-646.
TONG Zhijun, LU Guiping, CHEN Xuejun, et al. Genetic analysis on resistance to brown spot of cigar tobacco Beinhart 1000-1 by mixture model with major gene and polygene[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2022, 35(3): 640-646.
- [3] 许美玲, 贺晓辉, 宋玉川, 等. 雪茄烟种质常规化学成分、多酚与感官质量的相关性分析[J]. 中国农业科技导报, 2019, 21(6): 124-134.
XU Meiling, HE Xiaohui, SONG Yuchuan, et al. Correlation analysis of routine chemical components, polyphenol and sensory quality of cigar germplasm resources[J]. Journal of Agricultural Science and Technology, 2019, 21(6): 124-134.
- [4] WANG Yanyan, Lv Hongkun, XIANG Xiaohua, et al. Construction of a SNP fingerprinting database and population genetic analysis of cigar tobacco germplasm resources in china[J]. Frontiers in Plant Science, 2021, 12: 618133.
- [5] 王琰琰. 雪茄烟种质资源 SNP 指纹图谱构建及群体遗传分析[D]. 北京: 中国农业科学院, 2021.
WANG Yanyan. Construction of a SNP fingerprinting database and population genetic analysis of cigar tobacco germplasm resources in China[D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences Thesis, 2021.
- [6] 向小华, 刘国祥, 张兴伟, 等. 92 份雪茄烟原料种质资源遗传多样性研究[J]. 中国烟草科学, 2021, 42(4): 9-16.
XIANG Xiaohua, LIU Guoxiang, ZHANG Xingwei, et al. Genetic diversity analysis of 92 cigar germplasm resources[J]. Chinese Tobacco Science, 2021, 42(4): 9-16.
- [7] 张华述, 蒋勋, 张瑞娜, 等. 四川雪茄烟叶种质资源的遗传多样性分析[J]. 烟草科技, 2022, 55(2): 1-9.
ZHANG Huashu, JIANG Xun, ZHANG Ruina, et al. Genetic diversity analysis of cigar tobacco germplasm resources in Sichuan[J]. Tobacco Science & Technology, 2022, 55(2): 1-9.
- [8] 马驰淋, 王俊, 刘国祥, 等. 雪茄烟整体成熟度的主基因+多基因分析[J]. 分子植物育种. <https://link.cnki.net/urlid/46.1068.S.20231228.1438.012>.
MA Chilin, WANG Jun, LIU Guoxiang, et al. Major Gene Plus Polygenes Analysis of Overall Maturity in Cigar Tobacco[J]. Molecular Plant Breeding. <https://link.cnki.net/urlid/46.1068.S.20231228.1438.012>.
- [9] 张兴伟, 刘国祥, 向欢, 等. 雪茄烟新品种川雪 5 号的选育及特征特性[J]. 中国烟草科学, 2023, 44(6): 1-5.
ZHANG Xingwei, LIU Guoxiang, XIANG Huan, et al. Breeding and characteristics of a new cigar variety Chuanxue 5[J]. Chinese Tobacco Science, 2023, 44(6): 1-5.
- [10] 刘国祥, 李媛, 戴培刚, 等. 雪茄烟新品种雪雅香 1 号的选育及特征特性[J]. 中国烟草学报, 2024, 30(1): 129-134.
LIU Guoxiang, LI Yuan, DAI Peigang, et al. Breeding and characterization of a new cigar tobacco variety Xueyaxiang 1[J]. Acta Tabacaria Sinica, 2024, 30(1): 129-134.
- [11] 李雪山, 黄德文, 吕芳, 等. 联合代谢产物和重要农艺性状鉴定不同雪茄烟品系[J]. 中国烟草科学, 2023, 44(5): 94-102.
LI Xueshan, HUANG Dewen, LV Fang, et al. Identification of different cigar lines by combined analysis of metabolites and important agronomic traits[J]. Chinese Tobacco Science, 2023, 44(5): 94-102.
- [12] 郭栋, 吕洪坤, 颜统晶, 等. 雪茄烟组织培养体系的建立与优化[J]. 分子植物育种.
GUO Dong, LV Hongkun, YAN Tongjin, et al. Establishment and optimization of cigar tissue culture system[J]. Molecular Plant Breeding.
- [13] 王琰琰, 刘国祥, 向小华, 等. 国内外雪茄烟主产区及品种资源概况[J]. 中国烟草科学, 2020, 41(3): 93-98.
WANG Yanyan, LIU Guoxiang, XIANG Xiaohua, et al. Overview of main cigar production areas and variety resources at domestic and overseas[J]. Chinese Tobacco Science, 2020, 41(3): 93-98.
- [14] 张嘉雯. 基于 GIS 的四川主要雪茄烟区生态适宜性评价研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2021.
ZHANG Jiawen. Research on ecological suitability evaluation of major cigar tobacco planting in Sichuan based on GIS[D]. Zhengzhou: Henan Agricultural University, 2021.
- [15] 胡越. 35 年来什邡市雪茄烟土壤 pH、有机质和氮磷钾时空演变特征[D]. 绵阳: 西南科技大学, 2023.
HU Yue. Temporal and spatial evolution characteristics of pH, organic matter, and nitrogen, phosphorus, and potassium in cigar soil in Shifang city over the past 35[D]. Mianyang: Southwest University of Science and Technology, 2023.
- [16] 蔡斌, 耿召良, 高华军, 等. 国产雪茄原料生产技术研究现状[J]. 中国烟草学报, 2019, 25(6): 110-119.
CAI Bin, GENG Zhaoliang, GAO Huajin, et al. Research progress of production technologies of cigar tobaccos in China[J]. Acta Tabacaria Sinica, 2019, 25(6): 110-119.
- [17] 张艳梅. 丹江口植烟土壤养分供应状况及雪茄烟叶养分吸收规律研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2023.
ZHANG Yanmei. Study on the characteristics of soil nutrients supply and nutrients uptakes of cigar tobacco in Danjiangkou[D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2023.
- [18] 黄凯, 王洪斌, 吴自友, 等. 湖北省丹江口市发展雪茄烟叶产业的可行性分析[J]. 安徽农业科学, 2021, 49(13): 252-255+259.
HUANG Kai, WANG Hongbin, WU Ziyu, et al. Feasibility analysis of developing cigar tobacco industry in Danjiangkou city, Hubei province[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2021, 49(13): 252-255+259.
- [19] 徐锐, 王晓丽, 任永健, 等. 枣阳烟区雪茄烟种植主要生态因子特征分析[J]. 浙江农业科学, 2023, 64(8): 1862-1867.
XU Rui, WANG Xiaoli, REN Yongjian, et al. Analysis about characteristics of major ecological factors on the growing areas for cigar tobacco in Zaoyang[J]. Journal of Zhejiang Agricultural Sciences, 2023, 64(8): 1862-1867.
- [20] 谭荣雷. 移栽时期和种植密度对雪茄烟生长发育和生理特性的影响[D]. 武汉: 华中农业大学, 2023.
TAN Ronglei. Effects of transplanting time and planting density on growth and physiological characteristics of cigar plants[D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2023.
- [21] 朴晟源, 张思唯, 管庆林, 等. 移栽期对什邡雪茄烟叶膜脂过氧化及品质的影响[J]. 江苏农业科学, 2024, 52(2): 84-89.
PIAO Shenyuan, ZHANG Siwei, GUAN Qinlin, et al. Effect of transplanting date on the lipid peroxidation level and quality of cigar tobacco leaves in Shifang[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2024, 52(2): 84-89.
- [22] 朱勋田, 李峰, 杨军章, 等. 不同移栽期对昭通金沙江流域雪茄烟茄芯烟叶产质量影响[J]. 江西农业学报, 2023, 35(9): 9-14.
ZHU Xuntian, LI Feng, YANG Junzhang, et al. Effect of different transplanting periods on yield and quality of cigar-core tobacco leaves in Jinsha River basin of Zhaotong[J]. Acta Agriculturae Jiangxi, 2023, 35(9): 9-14.
- [23] 郝敏文, 王玥, 段艳茹. 不同移栽期对雪茄烟生育期及农艺性状等的影响[J]. 种子科技, 2023, 41(21): 1-5.
HAO Minwen, WANG Yue, DUAN Yanru. Effects of different transplanting date on the growth period and agronomic traits of cigar[J]. Seed Science & Technology, 2023, 41(21): 1-5.

- [24] 管庆林, 朴晟源, 张思唯, 等. 中微量元素配施对雪茄烟叶光合特性、碳氮代谢及产量和质量的影响[J]. 作物杂志, 2023(5): 187-196.
GUAN Qinlin, PIAO Shengyuan, ZHANG Siwei, et al. Effects of combined application of medium-trace elements on photosynthetic characteristics, carbon and nitrogen metabolism, yield and quality of cigar tobacco[J]. Crops, 2023(5): 187-196.
- [25] 管庆林, 朴晟源, 袁华恩, 等. 锌锰硼配施对雪茄烟叶矿质元素含量及其干物质积累的影响[J]. 山东农业科学, 2023, 55(9): 128-136.
GUAN Qinlin, PIAO Shengyuan, YUAN Huaen, et al. Effects of combined application of zinc, manganese and boron on mineral elements contents and dry matter accumulation of cigar leaves[J]. Shandong Agricultural Sciences, 2023, 55(9): 128-136.
- [26] 吴创, 施友志, 潘勇, 等. 麦饭石肥料施用量对来凤雪茄烟叶品质的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2022, (5): 116-123.
WU Chuang, SHI Youzhi, PAN Yong, et al. Effect of fertilizer application rate of maifanite on quality of Laifeng cigar tobacco leaf[J]. Soils and Fertilizers Sciences in China, 2022, (5): 116-123.
- [27] 李虹, 高华军, 吕洪坤, 等. 有机肥和品种互作对土壤微生物群落及雪茄烟叶生长和产量的影响[J]. 南方农业学报, 2022, 53(6): 1552-1559.
LI Hong, GAO Huajun, LV Hongkun, et al. Interactions of organic fertilizers and varieties on soil microbial communities and cigar tobacco leaf growth and yield[J]. Journal of Southern Agriculture, 2022, 53(6): 1552-1559.
- [28] SI Hongyang, CUI Bing, LIU Fang, et al. Microbial community and chemical composition of cigar tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) leaves altered by tobacco wildfire disease[J]. Plant Direct, 2023, 7(12): e551.
- [29] SHANG Xianchao, FU Sha, GUO Xiaomeng, et al. Plant growth-promoting Rhizobacteria microbial fertilizer changes soils' microbial structure and promotes healthy growth of cigar tobacco plants[J]. Agronomy-Basel, 2023, 13(12): 2895.
- [30] 杨月先. 镁肥施用和光照晾晒对雪茄茄烟叶颜色及品质的影响[D]. 武汉: 华中农业大学, 2023.
YANG Yuexian. Effect of magnesium fertilizer application and light airing on the color and quality of cigar coat[D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2023.
- [31] 方松, 林卿, 胡忠良, 等. 一种含氮有机质的制备方法及其在雪茄烟专用肥中的应用: CN117756562A[P]. 2023-11-09.
FANG Song, LIN Qin, HU Zhongliang, et al. A preparation method of nitrogen-containing organic matter and its application in special formula fertilizer for cigar: CN117756562A[P]. 2023-11-09.
- [32] 沈俊儒, 唐旭兵, 吴贵成, 等. 一种防治雪茄烟土传病害的液态有机肥及其应用: CN116854535A[P]. 2023-07-10.
SHEN Junru, TANG Xubing, WU Guicheng, et al. A liquid organic fertilizer for controlling soil-borne diseases of cigar and its application: CN116854535A[P]. 2023-07-10.
- [33] 叶科媛, 刘路路, 王俊, 等. 一种雪茄茄芯叶特用有机肥的制备方法: CN115536469A[P]. 2022-10-26.
YE Keyuan, LIU lulu, WANG Jun, et al. A preparation method of special organic fertilizer for cigar filler leaves: CN115536469A[P]. 2022-10-26.
- [34] 刘好宝, 梁开朝, 张鸽, 等. 一种雪茄茄外包烟叶生物有机专用肥及其制备方法和应用: CN111393211A[P]. 2020-07-10.
LIU Haobao, LIANG Kaichao, ZHANG Ge, et al. The preparation of a biological organic special fertilizer for cigar wrapper leaves and its application: CN111393211A[P]. 2020-07-10.
- [35] 朴晟源, 管庆林, 袁华恩, 等. 等氮水平下不同磷钾比例对雪茄烟叶碳氮代谢及产质量的影响[J]. 江苏农业科学, 2023, 51(20): 107-114.
PIAO Shengyuan, GUAN Qinlin, YUAN Huaen, et al. Effects of different phosphorus and potassium ratios on the carbon and nitrogen metabolisms, yield and quality of cigar tobacco leaves under isonitrogen levels[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2023, 51(20): 107-114.
- [36] 马宇, 王硕立, 赵曦, 等. 保水剂对豫西南半湿润区雪茄烟田耕层土壤理化性质及烟株生长发育的影响[J]. 河南农业科学, 2024, 53(2): 46-55.
MA Yu, WANG Shuoli, ZHAO Xi, et al. Effects of Water-retaining Agent on the Physical and Chemical Properties of Topsoil and the Growth and Development of Tobacco Plants in Cigar Tobacco Field in the Semi-humid Area of Southwest Henan[J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 2024, 53(2): 46-55.
- [37] 付宏磊, 王亚飞, 朱治忠, 等. 保水剂与氮肥配施对雪茄烟抗旱性相关理化性状的影响[J]. 山东农业科学, 2024, 56(6): 88-95.
FU Hongzhe, WANG Yafei, ZHU Zhizhong, et al. Effects of water retention agent paired with nitrogen fertilizer on physiological indexes of drought resistance in cigar tobacco[J]. Shandong Agricultural Sciences, 2024, 56(6): 88-95.
- [38] 陈泳纬, 金明珂, 吴永兵, 等. 遮阴透光处理对雪茄晾晒期间烟叶膜脂过氧化特性及晾晒后化学成分的影响[J]. 作物杂志, 2023(2): 193-200.
CHEN Yongwei, JIN Mingke, WU Yongbing, et al. Effects of Shading and light-transmitting treatment on lipid peroxidation characteristics of cigar leaves during air-curing and chemical composition after air-curing[J]. Crops, 2023(2): 193-200.
- [39] WU Xiaoying, KHAN Rayyan, GAO Huajuan, et al. Low light alters the photosynthesis process in cigar tobacco via modulation of the chlorophyll content, chlorophyll fluorescence, and gene expression[J]. Agriculture, 2021, 11: 755-771.
- [40] 郭昊, 谭荣雷, 杨锦鹏, 等. 遮阴栽培对雪茄茄烟叶叶面均匀性的影响[J]. 中国农业科技导报, 2024, 26(2): 216-225.
GUO Hao, TAN Ronglei, YANG Jinpeng, et al. Effects of shading cultivation on leaf uniformity of cigar-wrapper tobacco (*nicotiana tabacum*)[J]. Journal of Agricultural Science and Technology, 2024, 26(2): 216-225.
- [41] 朱勋田, 李峰, 杨军章, 等. 遮阴对昭通金沙江流域雪茄烟茄衣产质量的影响[J]. 福建农业科技, 2023, 54(11): 50-55.
ZHU Xuntian, LI Feng, YANG Junzhang, et al. Effect of the shading treatment on the yield and quality of cigar-wapper tobacco leaves in Jinsha River basin of Zhaotong city[J]. Journal of Fujian Agricultural Sciences, 2023, 54(11): 50-55.
- [42] 卢瑞琳. 四川德阳产区雪茄烟叶成熟特征与调制工艺研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2022.
LU Ruilin. Study on maturity characteristics and modulation technology of cigar leaves in Deyang of Sichuan[D]. Zhengzhou: Henan Agricultural University, 2022.
- [43] 孙雨琦, 张蓝月, 刘德水, 等. 四川雪茄烟叶在成熟与晾晒和发酵过程中烟草特有亚硝胺的积累动态[J]. 烟草科技, 2022, 55(5): 25-31.
SUN Yuqi, ZHANG Lanyue, LIU Deshui, et al. Dynamic accumulation of TSNA in Sichuan cigar tobacco during mature, air-curing and fermentation[J]. Tobacco Science & Technology, 2022, 55(5): 25-31.
- [44] 范宁波. 雪茄烟叶晾晒过程中颜色及相关生理变化特性分析[D]. 郑州: 河南农业大学, 2021.
FAN Ningbo. Analysis of color and related physiological characteristics in cigar leaves during air-curing[D]. Zhengzhou: Henan Agricultural University, 2021.
- [45] ZHAO Gaokun, ZHANG Qing, KONG Guanghui, et al.

- Identification of physiological and metabolic networks involved in postharvest browning of cigar tobacco leaves[J]. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 2023, 10(1): 135.
- [46] 张倩颖, 罗诚, 李东亮, 等. 雪茄烟叶调制及发酵技术研究进展[J]. *中国烟草学报*, 2020, 26(4): 1-6.
ZHANG Qianying, LUO Cheng, LI Dongliang, et al. Research progress in curing and fermentation technology for cigar tobacco leaf production[J]. *Acta Tabacaria Sinica*, 2020, 26(4): 1-6.
- [47] 卢绍浩. 雪茄烟叶晾制过程中物质含量的动态变化[D]. 郑州: 河南农业大学, 2021.
LU Shaohao. Dynamic changes of substance content of cigar leaves during air-curing[D]. Zhengzhou: Henan Agricultural University, 2021.
- [48] ZHAO Songchao, WU Zhiyong, LAI Miao, et al. Determination of optimum humidity for air-curing of cigar tobacco leaves during the browning period[J]. *Industrial Crops & Products*, 2022, 183: 114936.
- [49] 李楠芬, 于连营, 杨锦鹏, 等. 不同品种雪茄烟叶晾制后代谢组的差异分析[J]. *中国烟草科学*, 2022, 43(2): 77-85.
LI Nanfen, YU Lianying, YANG Jinpeng, et al. Differential analysis of metabolomics of cigar tobacco leaves of different varieties after Air-curing[J]. *Chinese Tobacco Science*, 2022, 43(2): 77-85.
- [50] 杨鸿宇, 郑煜, 耿召良, 等. 海南五指山产区不同雪茄品种晾制后烟叶感官质量和代谢组的差异分析[J]. *南方农业学报*, 2024: 1-15.
YANG Hongyu, ZHENG Yu, GENG Zhaoliang, et al. Differential analysis of metabolomics of cigar tobacco leaves of different varieties after air-curing in Wuzhishan region of Hainan province[J]. *Journal of Southern Agriculture*, 2024: 1-15.
- [51] 金明珂. 变色期温湿度对雪茄晾制过程中主要氮素转化及晾后品质的影响[D]. 郑州: 河南农业大学, 2022.
JIN Mingke. Effects of temperature and humidity during color change stage on the transformation of main nitrogen during the airing process of cigars and the quality of cigars after airing[D]. Zhengzhou: Henan Agricultural University, 2022.
- [52] 于连营, 杨锦鹏, 余君, 等. 基于代谢组学分析雪茄烟叶晾制时“青斑”组织的代谢差异及形成原因[J]. *华中农业大学学报*, 2022, 41(1): 152-159.
YU Lianying, YANG Jinpeng, YU Jun, et al. Metabolomic analysis of metabolic differences and causes of green spots of cigar tobacco during air-curing[J]. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 2022, 41(1): 152-159.
- [53] LI Nanfen, YU Jun, YANG Jinpeng, et al. Metabolomic analysis reveals key metabolites alleviating green spots under exogenous sucrose spraying in air-curing cigar tobacco leaves[J]. *Scientific Reports*, 2023, 13(1): 1311.
- [54] WU Xue, HU Yanqi, WANG Qian, et al. Study on the correlation between the dominant microflora and the main flavor substances in the fermentation process of cigar tobacco leaves[J]. *Frontiers in Microbiology*, 2023, 14: 1267447.
- [55] ZHANG Qing, KONG Guanghui, ZHAO Gaokun, et al. Microbial and enzymatic changes in cigar tobacco leaves during air-curing and fermentation[J]. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2023, 107(18): 5789-5801.
- [56] WANG Zhenhua, PENG Deyuan, FU Changwu, et al. Pan-metagenome reveals the abiotic stress resistome of cigar tobacco phyllosphere microbiome[J]. *Frontiers in Plant Science*, 2023, 14: 1248476.
- [57] SI Hongzhi, ZHOU Kun, ZHAO Tingyi, et al. The bacterial succession and its role in flavor compounds formation during the fermentation of cigar tobacco leaves[J]. *Bioresources and Bioprocessing*, 2023, 10(1).
- [58] FAN Jiaohong, KONG Guanghui, YAO Heng, et al. Widely targeted metabolomic analysis reveals that volatile metabolites in cigar tobacco leaves dynamically change during fermentation[J]. *Biochemistry and Biophysics Reports*, 2023, 35.
- [59] JIA Yun, ZHOU Wen, YANG Zhen, et al. A critical assessment of the *Candida* strains isolated from cigar tobacco leaves[J]. *Frontiers in Bioengineering And Biotechnology*, 2023, 11: 1201957.
- [60] WANG Haiqing, GUO Dongfeng, ZHANG Mingzhu, et al. Correlation study on microbial communities and volatile flavor compounds in cigar tobacco leaves of diverse origins[J]. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2024, 108(1).
- [61] 牛浩, 周中宇, 白金莹, 等. 雪茄烟发酵的研究进展[J]. *湖南文理学院学报 (自然科学版)*, 2020, 32(4): 60-63+68.
NIU Hao, ZHOU Zhongyu, BAI Jinying, et al. Research progress of cigar fermentation[J]. *Journal of Hunan University of Arts and Science (Science and Technology)*, 2020, 32(4): 60-63+68.
- [62] 章征程, 柴志顺, 辛永康, 等. 微生物在国产雪茄烟叶原料生产过程中的应用研究进展[J]. *轻工学报*, 2024, 39(1): 64-72.
ZHANG Zhengcheng, CHAI Zhishun, XIN Yongkang, et al. Research progress on the application of microorganisms in the production process of domestic cigar tobacco leaves[J]. *Journal of Light Industry*, 2024, 39(1): 64-72.
- [63] 胡婉蓉, 蔡文, 李东亮, 等. 发酵介质对雪茄烟叶化学成分及微生物群落结构的影响[J]. *轻工学报*, 2023, 38(1): 90-100.
HU Wanrong, CAI Wen, LI Dongliang, et al. Influence of fermentative medium on the chemical compositions and microbial communities of cigar tobacco leaves[J]. *Journal of Light Industry*, 2023, 38(1): 90-100.
- [64] HU Wanrong, CAI Wen, LI Dongliang, et al. Exogenous additives facilitate the fermentation of cigar tobacco leaves: improving sensory quality and contents of aroma components[J]. *Food Science and Technology*, 2022, 42: e68122.
- [65] 黄明月, 郭文龙, 时向东, 等. 一种利用烟草腺毛分泌物对雪茄烟叶发酵增香提质的方法: CN113892676B[P]. 2022-08-30.
HUANG Mingyue, GUO Wenlong, SHI Xiangdong, et al. A method for improving aroma and quality of cigar tobacco leaves by fermentation with the secretion of tobacco glandular hair: CN113892676B[P]. 2022-08-30.
- [66] 张炳峰, 赵园园, 秦艳青, 等. 不同炒制程度糯米水发酵对雪茄烟叶化学成分和香味品质的影响[J]. *烟草科技*, 2023, 56(10): 21-29.
ZHANG Bingfeng, ZHAO Yuanyuan, QIN Yanqing, et al. Effects of fermentation with fried rice solution on chemical components and aroma quality of cigar tobacco leaves[J]. *Tobacco Science & Technology*, 2023, 56(10): 21-29.
- [67] REN Mengjuan, QIN Yanqing, ZHAO Yuanyuan, et al. Effects of microbes and metabolites on tobacco quality in “Humi” characteristic fermentation of cigar tobacco leaf[J]. *Process Biochemistry*, 2024, 143: 186-197.
- [68] 史宏志, 李晶晶, 秦艳青, 等. 薄荷酮在降低雪茄烟发酵过程中烟草特有亚硝胺含量中的应用: CN111972697B[P]. 2021-08-13.
SHI Hongzhi, LI Jinjin, QIN Yanqing, et al. Application of menthone in reducing the content of TSNAs during the fermentation of cigar tobacco leaves: CN111972697B[P]. 2021-08-13.
- [69] 史宏志, 李晶晶, 赵园园, 等. 褪黑素在降低雪茄烟发酵过程中烟草特有亚硝胺含量中的应用: CN111972698B[P]. 2021-08-27.
SHI Hongzhi, LI Jinjin, ZHAO Yuanyuan, et al. Application of melatonin in reducing the content of TSNAs during the fermentation of cigar tobacco leaves: CN111972698B[P]. 2021-08-27.
- [70] 吴巧茜, 施友志, 李林林, 等. 类胡萝卜素降解菌株的原位筛选及其在雪茄提质增香中的应用[J]. *生物技术通报*, 2023, 39(9):

- 192-201.
WU Qiaoyin, SHI Youzhi, LI Linlin, et al. In situ screening of carotenoid degrading strains and the application in improving quality and aroma of cigar[J]. Biotechnology Bulletin, 2023, 39(9): 192-201.
- [71] YAO Lan, HUANG Chenyi, DING Jingyi, et al. Application of yeast in plant-derived aroma formation from cigar filler leaves[J]. Frontiers in Bioengineering and Biotechnology, 2022, 10.
- [72] 张蒙蒙, 刘茜, 潘勇, 等. 雪茄烟叶单宁降解菌的筛选、鉴定及发酵工艺优化[J]. 烟草科技, 2023, 56(7): 32-40.
ZAHNG Mengmeng, LIU Qian, PAN Yong, et al. Screening and identification of tannin-degrading bacteria to optimize fermentation of cigar tobacco[J]. Tobacco Science & Technology, 2023, 56(7): 32-40.
- [73] 段如敏, 吴丽君, 刘晶, 等. 一种蜡样芽孢杆菌 S5 及其应用: CN114874955A[P]. 2022-08-09.
DUAN Rumin, WU Lijun, LIU Jin, et al. The application of *Bacillus cereus* S5: CN114874955A[P]. 2022-08-09.
- [74] ZHENG Tianfei, ZHANG Qianying, WU Qiaoyin, et al. Effects of inoculation with *Acinetobacter* on fermentation of cigar tobacco leaves[J]. Frontiers in Microbiology, 2022, 13: 911791.
- [75] 郑霖霖, 赵亮, 蔡兴华, 等. 外源酶制剂对雪茄茄芯烟叶化学成分和感官品质的影响[J]. 烟草科技, 2022, 55(10): 26-33.
ZHENG Linlin, ZHAO Liang, CAI Xinghua, et al. Effects of exogenous enzyme preparations on chemical components and sensory quality of tobacco leaves for cigar fillers[J]. Tobacco Science & Technology, 2022, 55(10): 26-33.
- [76] 据绍焯, 时向东, 王骏, 等. 外源复合酶制剂对发酵后茄芯烟叶品质的影响[J]. 山东农业科学, 2023, 55(6): 69-76.
JU Shaoxuan, SHI Xiangdong, WANG Jun, et al. Effect of exogenous complex enzyme preparation on quality of filler tobacco leaves after fermentation[J]. Shandong Agricultural Sciences, 2023, 55(6): 69-76.
- [77] HU Wanrong, ZHOU Quanwei, CAI Wen, et al. Effects of coffee and cocoa as fermentation additives on sensory quality and chemical compositions of cigar tobacco leaves[J]. Food Science and Technology, 2023, 43: e96122.
- [78] 刘路路, 杨振, 张贾宝, 等. 一种超声提取制备甘草提取物辅助雪茄烟叶发酵的方法: CN117770497A[P]. 2024-03-29.
LIU Lulu, YANG Zhen, ZHANG Jiabao, et al. A method of preparing licorice extract by ultrasonic extraction for the fermentation of cigar tobacco leaves: CN117770497A[P]. 2024-03-29.
- [79] 张光海, 孔光辉, 焦芳婵, 等. 一种雪茄茄芯烟叶增香提质醇化介质的制备方法及应用: CN115053982A[P]. 2022-09-16.
ZHANG Guanghai, KONG Guanghui, JIAO Fangchan, et al. A preparation method and its application of a medium for improving the aroma and quality of cigar filler leaves: CN115053982A[P]. 2022-09-16.
- [80] YAO Lan, LI Daoyu, HUANG Chengyi, et al. Screening of cellulase-producing bacteria and their effect on the chemical composition and aroma quality improvement of cigar wrapper leaves[J]. Bioresources, 2022, 17(1): 1566-1590.
- [81] 王光路, 胡希, 杨雪鹏, 等. 一株烟草源耐高温硝酸盐降解菌及其在雪茄烟叶发酵中的应用: CN114621901A[P]. 2022-06-14.
WANG Guanglu, HU Xi, YANG Xuepeng, et al. A heat-tolerant nitrite-degrading bacterial strains derived from tobacco and its application in the fermentation of cigar tobacco leaves: CN114621901A[P]. 2022-06-14.
- [82] 叶惠源, 丁松爽, 段旺军, 等. 雪茄烟叶工业辅料发酵研究进展[J]. 食品与机械, 2022, 38(4): 220-227.
- YE Huiyuan, DING Songshuang, DUAN Wangjun, et al. Research progress on industrial auxiliary materials fermentation of cigar tobacco leaf[J]. Food & Machinery, 2022, 38(4): 220-227.
- [83] 张彤彤, 赵君, 余君, 等. 贝莱斯芽孢杆菌提升雪茄茄衣烟叶发酵品质机制研究[J]. 轻工学报, 2023, 38(6): 93-101.
ZAHNG Tongtong, ZHAO Jun, YU Jun, et al. Study on the mechanism of improving fermentation quality of cigar wrapper leaves by *Bacillus velezensis*[J]. Journal of Light Industry, 2023, 38(6): 93-101.
- [84] 王金棒, 邱纪青, 汪志波, 等. 生物技术在烟草发酵领域的专利布局现状及热点分析[J]. 烟草科技, 2021, 54(10): 96-112.
WANG Jinbang, QIU Jiqing, WANG Zhibo, et al. Current status and hot spot analysis on patent portfolio of biotechnology in tobacco fermentation[J]. Tobacco Science & Technology, 2021, 54(10): 96-112.
- [85] ZHANG Qianying, YANG Shuanghong, YANG Zhen, et al. Effects of a novel microbial fermentation medium produced by *Tremella aurantialba* SCT-F3 on cigar filler leaf[J]. Frontiers in Microbiology, 2023, 14: 1267916.
- [86] HU Wanrong, CAI Wen, ZHENG Zhaojun, et al. Study on the chemical compositions and microbial communities of cigar tobacco leaves fermented with exogenous additive[J]. Scientific Reports, 2022, 12(1): 19182.
- [87] 王跃, 刘屹, 胡德军, 等. 一种雪茄烟叶竹筐发酵方法: CN114766714A[P]. 2022-07-22.
WANG Yue, LIU Yi, HU Dejun, et al. A bamboo basket fermentation method for cigar tobacco leaves: CN114766714A[P]. 2022-07-22.
- [88] 黄洋, 张倩颖, 李东亮, 等. 一种改善雪茄烟叶感官质量的地窖发酵方法: CN117158625A[P]. 2023-12-05.
HUANG Yang, ZHANG Qianying, LI Dongliang, et al. A cellar fermentation method for improving sensory quality of cigar tobacco leaves: CN117158625A[P]. 2023-12-05.
- [89] ZHANG Mingzhu, GUO Dongfeng, WANG Haiqing, et al. Analyzing microbial community and volatile compound profiles in the fermentation of cigar tobacco leaves[J]. Applied Microbiology and Biotechnology, 2024, 108(1).
- [90] REN Mengjun, QIN Yanqing, ZHANG Lanyue, et al. Effects of fermentation chamber temperature on microbes and quality of cigar wrapper tobacco leaves[J]. Applied Microbiology and Biotechnology, 2023, 107(21): 6469-6485.
- [91] 贾云, 张倩颖, 李品鹤, 等. 恒温发酵和变温发酵对雪茄烟叶品质的影响[J]. 中国酿造, 2023, 42(6): 212-217.
JIA Yun, ZAHNG Qianying, LI Pinhe, et al. Effects of constant and variable temperature fermentation on the quality of cigar tobacco[J]. China Brewing, 2023, 42(6): 212-217.
- [92] 虞昕磊, 何结望, 林国平, 等. 夏冬两季发酵雪茄烟叶的代谢组差异分析[J]. 生物技术通报, 2024, 40(6): 260-270.
YU Xinlei, HE Jiewang, LIN Guoping, et al. Metabolome difference analysis of fermented cigar tobacco leaves in summer and winter[J]. Biotechnology Bulletin, 2024, 40(6): 260-270.
- [93] 郭文龙, 丁松爽, 刘路路, 等. 翻堆对初次发酵过程中雪茄茄芯烟叶质量变化的影响[J]. 南方农业学报, 2021, 52(2): 365-373.
GUO Wenlong, DING Songshuang, LIU Lulu, et al. Effects of pile turning on the quality change of cigar core tobacco leaf during primary fermentation[J]. Journal of Southern Agriculture, 2021, 52(2): 365-373.
- [94] WU Qianying, PENG Zheng, PAN Yong, et al. Interaction analysis of tobacco leaf microbial community structure and volatiles flavor compounds during cigar stacking fermentation[J]. Frontiers in Microbiology, 2023, 14: 1168122.
- [95] ZHANG Guanghai, YAO Heng, ZHAO Gaokun, et al.

- Metabolomics reveals the effects producing region and fermentation stage on substance conversion in cigar tobacco leaf[J]. Chemical and Biological Technologies in Agriculture, 2023, 10(1).
- [96] 王荣浩, 李林林, 刘利平, 等. 一种提升雪茄茄芯烟叶品质的工业发酵方法: CN113796564B[P]. 2022-08-02.
WANG Ronghao, LI Linlin, LIU Liping, et al. An industrial fermentation method for improving the quality of cigar filler leaves: CN113796564B[P]. 2022-08-02.
- [97] 张青松, 陈志凌, 杜文斌, 等. 遥控自述式雪茄植株中下层烟叶植保喷雾机设计与试验[J]. 农业机械学报. 2024, 55(1): 122-133.
ZHANG Qingsong, CHEN Zhiling, DU Wenbin, et al. Design and experiment of a novel sprayer for protecting middle and lower leaves of cigar tobacco plants[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery. 2024, 55(1): 122-133.
- [98] 杨春雷, 杨锦鹏, 乔保明, 等. 一种雪茄烟叶采收转运装置及其用法: CN114158760A[P]. 2022-10-18.
YANG Chunlei, YANG Jinpeng, QIAO Baoming, et al. A device and its usage for the harvesting and transferring of cigar tobacco leaves: CN114158760A[P]. 2022-10-18.
- [99] 郭仕平, 卞建锋, 刘杨, 等. 施肥机: CN305586959S[P]. 2020-02-04.
GUO Shiping, BIAN Jianfeng, LIU Yang, et al. Fertilizer applicator: CN305586959S[P]. 2020-02-04.
- [100] 郭仕平, 卞建锋, 刘杨, 等. 一种农机用施肥筛分装置: CN210253077U[P]. 2020-04-07.
GUO Shiping, BIAN Jianfeng, LIU Yang, et al. A fertilizer screening device for agricultural machinery: CN210253077U[P]. 2020-04-07.
- [101] 蒋代兵, 陈爱国, 曾文龙, 等. 一种雪茄烟叶采摘用防护堆放框: CN217515600U[P]. 2022-09-30.
JIANG Daibin, CHEN Aiguo, ZENG Wenlong, et al. A protective stacking frame for picking cigar tobacco leaves: CN217515600U[P]. 2022-09-30.
- [102] 邱铭生, 曾文龙, 林雷通, 等. 一种雪茄晾晒房的升降机烟叶托架: CN217658138U[P]. 2022-10-28.
QIU Mingsheng, ZENG Wenlong, LIN Leitong, et al. An elevator tobacco bracket used in a cigar air-drying house: CN217658138U[P]. 2022-10-28.
- [103] 聂威, 薛博, 王术科, 等. 一种雪茄烟晾制集约化晾房: CN217609443U[P]. 2022-10-21.
NIE Wei, XUE Bo, WANG Shuke, et al. An intensive air-curing room for cigar: CN217609443U[P]. 2022-10-21.
- [104] FU Kejian, SONG Xueru, CUI Yonghe, et al. Analyzing the quality differences between healthy and moldy cigar tobacco leaves during the air-curing process through fungal communities and physicochemical components[J]. Frontiers in Microbiology, 2024, 15: 1399777.
- [105] ZHAO Songchao, LI Yuanyuan, LIU Fang, et al. Dynamic changes in fungal communities and functions in different air-curing stages of cigar tobacco leaves[J]. Frontiers in Microbiology, 2024, 15: 1361649.
- [106] 卜令铎, 任珂成, 任永明, 等. 一种雪茄烟叶晾制机: CN217242623U[P]. 2022-08-23.
BU Lingduo, REN Kecheng, REN Yongming, et al. An air-curing machine for cigar tobacco leaves: CN217242623U[P]. 2022-08-23.
- [107] 卜令铎, 任珂成, 宋学茹, 等. 一种雪茄烟叶晾制换气供氧系统及使用方法: CN115053974A[P]. 2022-09-16.
BU Lingduo, REN Kecheng, SONG Xueru, et al. A entilation and oxygen supply system and its application for the air-curing of cigar tobacco leaves: CN115053974A[P]. 2022-09-16.
- [108] 刘小伟, 范国栋, 刘竞, 等. 一种基于物联网的雪茄烟晾制智能监测与调控系统及方法: CN115061395A[P]. 2022-09-16.
LIU Xiaowei, FAN Guodong, LIU Jing, et al. An intelligent monitoring and control system and method based on Internet of Things for the air-curing of cigar tobacco leaves: CN115061395A[P]. 2022-09-16.
- [109] 母婷婷, 肖志鹏, 陈智杰, 等. 一种雪茄烟晾房天窗通风装置: CN217284722U[P]. 2022-08-26.
MU Tingting, XIAO Zhipeng, CHEN Zhijie, et al. A skylight ventilation device for cigar air-curing room: CN217284722U[P]. 2022-08-26.
- [110] 彭小冬, 徐友干, 李兴友. 一种雪茄烟叶智能晾制设施单元: CN217487623U[P]. 2022-09-27.
PENG Xiaodong, XU Yougan, LI Xingyou. The intelligent facilities for the air-curing of cigar tobacco leaves: CN217487623U[P]. 2022-09-27.
- [111] 李宗平, 杨春雷, 李浩, 等. 一种雪茄烟全自动晾房及晾制方法: CN113768179B[P]. 2022-08-16.
LI Zongping, YANG Chunlei, LI Hao, et al. A fully automatic air-curing room and the air-curing method of cigar tobacco leaves: CN113768179B[P]. 2022-08-16.
- [112] 李宗平, 杨春雷, 李浩, 等. 一种智能化控制的茄衣专用晾房及晾制方法: CN113475731B[P]. 2022-08-16.
LI Zongping, YANG Chunlei, LI Hao, et al. A intelligent and exclusive air-curing room for cigar wrapper leaves and its uasage method: CN113475731B[P]. 2022-08-16.
- [113] 连长伟, 张汉千, 谢廷鑫, 等. 一种雪茄烟叶晾制提升装置: CN217184772U[P]. 2022-08-16.
LIAN Changwei, ZHANG Hanqian, XIE Tingxin, et al. A bont for the air-curing of cigar tobacco leaves: CN217184772U[P]. 2022-08-16.
- [114] 赵高坤, 姚恒, 张光海, 等. 一种新型雪茄烟晾房的供热系统及供热方法: CN114343218A[P]. 2022-04-15.
ZHAO Gaokun, YAO Heng, ZHANG Guanghai, et al. A heat-supply system and method used in a novel cigar air-curing room: CN114343218A[P]. 2022-04-15.
- [115] 杨露, 权发香, 张鹏, 等. 一种雪茄烟叶堆积发酵装置: CN217487635U[P]. 2022-09-27.
YANG Lu, QUAN Faxiang, ZHANG Peng, et al. A heap fermentation device for cigar tobacco leaves: CN217487635U[P]. 2022-09-27.
- [116] 张明月, 周亚茹, 刘兆洋, 等. 一种雪茄烟叶发酵箱: CN217284729U[P]. 2022-08-26.
ZHANG Mingyue, ZHOU Yaru, LIU Zhaoyang, et al. A fermentation tank for cigar tobacco leave: CN217284729U[P]. 2022-08-26.
- [117] 张光海, 孔光辉, 姚恒, 等. 一种便于抽样检测的雪茄烟叶发酵装置: CN217658144U[P]. 2022-10-28.
ZHANG Guanghai, KONG Guanghui, YAO Heng, et al. A fermentation device of cigar tobacco leaves convenient for sampling and testing: CN217658144U[P]. 2022-10-28.
- [118] 刘兴鑫, 熊东华, 刘圣高, 等. 一种无人值守雪茄烟叶发酵自动化系统及控制方法: CN114675696A[P]. 2022-06-28.
LIU Xingxin, XIONG Donghua, LIU Shenggao, et al. An unattended cigar tobacco fermentation automation system and control method: CN114675696A[P]. 2022-06-28.
- [119] 王吉刚, 张兵, 岳俊廷. 一种雪茄烟叶发酵室温湿度控制设备: CN216557496U[P]. 2022-05-17.
WANG Jigang, ZHANG Bin, YUE Juntao. A temperature and humidity control device used in cigar tobacco fermentation room: CN216557496U[P]. 2022-05-17.

- [120] 杨万龙, 陈彪, 贺晓辉, 等. 一种雪茄烟叶自动加湿回潮的装置: CN216651298U[P]. 2022-06-03.
YANG Wanlong, CHEN Biao, HE Xiaohui, et al. A device for automatic humidification and moisture regain of cigar tobacco leaves: CN216651298U[P]. 2022-06-03.
- [121] 谭舒, 林川尧, 曾旻, 等. 旋转式雪茄烟回潮装置: CN219146737U[P]. 2023-06-09.
TAN Shu, LIN Chuanyao, ZENG Yang, et al. Rotary moisture regain device for cigar: CN219146737U[P]. 2023-06-09.
- [122] 吴哲宽, 饶雄飞, 袁跃斌, 等. 一种雪茄烟叶快速回潮装置: CN220024143U[P]. 2023-11-17.
WU Zhekuan, RAO Xiongfei, YUAN Yuebin, et al. A quick moisture regain device for cigar tobacco leaves: CN220024143U[P]. 2023-11-17.
- [123] 段保中, 韩金江, 孙仕荣, 等. 一种雪茄烟叶矩阵式回潮系统及其方法: CN115956694A[P]. 2023-04-14.
DUAN Baozhong, HAN Jinjiang, SUN Shirong, et al. A matrix moisture regain system and method for cigar tobacco leaves: CN115956694A[P]. 2023-04-14.
- [124] 段杰, 和明东, 赵刚, 等. 一种雪茄烟叶等级识别装置: CN217337369U[P]. 2022-09-02.
DUAN Jie, HE Mingdong, ZHAO Gang, et al. A device of grade identification for cigar tobacco leaves: CN217337369U[P]. 2022-09-02.
- [125] 陈栋, 诸定莲, 闫双全, 等. 雪茄茄衣的自动分级分选设备: CN115254672A[P]. 2022-11-01.
CHEN Dong, ZHU Dinglian, YAN Shuangquan, et al. A device of auto outline for cigar wrapper leaves: CN115254672A[P]. 2022-11-01.
- [126] 薛辰, 熊攀攀, 任鲁西, 等. 基于深度学习的雪茄烟叶分级方法: CN115294020A[P]. 2022-11-04.
XUE Chen, XIONG Panpan, REN Luxi, et al. Grading method based on deep learning for cigar tobacco leaves: CN115294020A[P]. 2022-11-04.
- [127] 周治中, 周曹, 曹代树, 等. 雪茄烟去梗机: CN117426542A[P]. 2024-01-23.
ZHOU Zhizhong, ZHOU Cao, CAO Daishu, et al. A stemming machine for cigar tobacco leaves: CN117426542A[P]. 2024-01-23.
- [128] 贾梦珠, 吴英乔, 谭再钰, 等. 一种自动检测水分的雪茄定型压力装置: CN216651298U[P]. 2022-06-03.
JIA Mengzhu, WU Yingqiao, TAN Zaiyu, et al. A formalized pressure device with auto moisture detection for cigar: CN216651298U[P]. 2022-06-03.
- [129] 李俊瑶, 黄紫祥, 王剑, 等. 手卷雪茄内胚器电动化改进[J]. 食品与机械, 2020, 36(9): 142-145+182.
LI Junyao, HUANG Zixiang, WANG Jian, et al. Electric improvement of hand-rolled cigar inner germ[J]. Food & Machinery, 2020, 36(9): 142-145+182.
- [130] 贺远, 李龙科, 李林, 等. 雪茄烟燃烧速率与灰分检测装置及方法: CN117538374A[P]. 2024-02-09.
HE Yuan, LI Longke, LI Lin, et al. Device and method for measuring burning rate and ash content of cigar: CN117538374A[P]. 2024-02-09.
- [131] 施友志, 潘勇, 谭再钰, 等. 一种基于图像识别的雪茄烟支计数方法: CN115359262A[P]. 2022-11-18.
SHI Youzhi, PAN Yong, TAN Zaiyu, et al. A cigar counting method based on image recognition: CN115359262A[P]. 2022-11-18.
- [132] 范静苑, 史占东, 乐遥, 等. 一种雪茄烟吸阻测试装置: CN114608992A[P]. 2022-06-10.
FAN Jingyuan, SHI Zhandong, YUE Yao, et al. A cigar smoking resistance testing device: CN114608992A[P]. 2022-06-10.
- [133] 姜舒文, 易娇, 陈天恩, 等. 雪茄茄衣颜色判别方法、装置、存储介质及服务器: CN115661024A[P]. 2023-01-31.
JIANG Shuwen, YI Jiao, CHEN Tianen, et al. The determination method, device, storage medium, and server for the color of cigar wrapper leaves: CN115661024A[P]. 2023-01-31.
- [134] 赵建平. 一种全自动雪茄烟吸阻、圆周、圆度测试仪: CN214039947U[P]. 2021-08-24.
ZHAO Jianping. A automatic tester for cigar suction resistance, circumference, and roundness: CN214039947U[P]. 2021-08-24.
- [135] 周婷, 陈琦, 刘力, 等. 一种雪茄集气装置和雪茄烟气测试装置: CN116577457A[P]. 2023-08-11.
ZHOU Ting, Chen Qi, LIU Li, et al. A cigar gas collecting device and a cigar smoke testing device: CN116577457A[P]. 2023-08-11.
- [136] 王亚辉. 一种高效的密封型雪茄醇养器: CN220734409U[P]. 2024-04-09.
WANG Yahui. An efficient hermetically sealed cigar alcoholizer: CN220734409U[P]. 2024-04-09.
- [137] 陈姣文, 薛芳, 李东亮, 等. 一种基于紫砂的雪茄烟养护醇化方法及装置: CN117752115A[P]. 2024-03-26.
CHEN Jiaowen, XUE Fang, LI Dongliang, et al. A method and device for the aging and alcoholizing of cigar based on purple: CN117752115A[P]. 2024-03-26.

Research progress on key production technologies of domestic cigar tobacco leaves

HU Wanrong^{1,2}, LI Dongliang^{1,2}

1 China Tobacco Sichuan Industrial Co., Ltd., Chengdu 610100, China;

2 China Tobacco Technology Innovation Center for Cigar, Chengdu 610100, China

Abstract: In recent years, significant achievements have been made in domestic cigar tobacco production technology, including varieties, cultivation, curing, fermentation, and processing equipment. This paper reviews the research progress in these key production technology areas over the past five years and looks ahead to the future research directions of key core technologies for cigars.

Keywords: cigar tobacco leaves; varieties; cultivation; curing; tobacco fermentation; processing equipment

*Corresponding author. Email: 360188228@qq.com