

全程实现打叶复烤均质化加工的研究进展

王发勇¹, 张春磊¹, 喻绍新¹, 李一辉¹, 可文庚¹, 吴贵轩¹, 杨石钢¹, 谢永军¹, 雷佳², 陈建军^{3*} (1. 红河红河集团红河卷烟厂, 云南弥勒 652300; 2. 广东中烟工业有限责任公司技术中心, 广东广州 510310; 3. 华南农业大学烟草研究室, 广东广州 510642)

摘要 综述了原料混配均质化、水分控制均质化、化学成分均质化、叶片结构均质化与装箱结构均质化对打叶复烤均质化加工的影响, 系统地探讨了多维度全面措施对打叶复烤均质化加工的调控效应。最后, 基于打叶复烤易地技改对该领域新工艺提出了展望与对策。

关键词 打叶复烤; 均质化加工; 烤烟; 全程

中图分类号 TS44*3 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)12-0011-03

Research Progress on Homogenization Comprehensive Processing of Tobacco Threshing and Re-drying

WANG Fa-yong, ZHANG Chun-lei, YU Shao-xin et al (Honghe Cigarette Factory, Hongyunchonghe Group, Mile, Yunnan 652300)

Abstract The effects of homogenization of raw materials, homogenization of water control, homogenization of chemical components, homogenization of leaf structure and homogenization of packing structure on the homogenization processing of re-bake tobacco leaf were systematically reviewed. Dimensional comprehensive measures on the control effect of the tobacco threshing and re-drying homogenization process were discussed. Finally, the prospect and suggestion on the new technology in this field were put forward based on the technical innovation of the tobacco threshing and re-drying for relocation and technical improvement.

Key words Tobacco threshing and re-drying; Homogenization processing; Tobacco leaf; Whole process

国家烟草局颁布 2016 版《卷烟工艺规范》中, 新增打叶复烤章节^[1]。这是国家烟草局首次将打叶复烤纳入卷烟工艺规范的标准化文件系统中, 同时将打叶复烤的地位提升到新的位置。自替代挂杆复烤以来, 打叶复烤就承担了部分制丝工艺的任务, 是卷烟工艺前移的重要实践部分, 为卷烟工艺的整个过程提高了效率, 同时也创造了效益。21 世纪初, 烟草行业蓬勃发展, 同时烟草行业对于原料的研究多集中于农产品阶段, 包括品种、农艺措施、生态区域划分、田间烟叶烘烤等基于田间的原料研究。工业方面, 制丝工艺与卷包工艺得到了快速的发展, 而复烤工艺的发展却相对滞后, 相当一段时间仅停留于撕叶、烤干与打包的低层次阶段, 这在一定程度上阻碍了卷烟水平的提高。原料供应上水平不能单纯地停留在品种选育、农艺栽培与初烤原料等农业阶段, 还应延伸到打叶复烤的层面。

面对新增打叶复烤工艺中提出的“三化一保”(即模块化、均质化、纯净化与保香), 国家烟草局在 2016 年做出了重点控制成品烟碱和水分均匀性 2 项关键指标, 深入实现均质化复烤加工工作的要求^[2]。可见打叶复烤均质化加工已引起行业的足够重视。鉴于此, 笔者探讨了全面实现均质化加工工艺技术的可行路径, 旨在为烟草行业层面上挖掘复烤工艺技术的质量潜势。

1 均质化复烤加工是实现烟叶原料质量稳定性的重要路径

原料质量稳定性一直受到行业研究者的关注。陈江华等^[3]以“国际型优质烟开发项目”为依托, 在全国范围内对烤烟矿质元素含量以及主要化学成分进行研究, 发现含氮量最小值为 1.10%, 最大值为 3.27%, 品种、部位与地域之间的差异均达到极显著水平; 钾含量最小值为 0.65%, 最大值为

4.21%, 品种、部位与地域之间的差异也均达到极显著水平。陈伟等^[4]选择在同一品种、同一农艺措施的栽培模式下, 对不同生态区域的(7 个省共 12 个县)烤烟烟碱进行统计分析, 得到不同生态区域间的烟碱含量存在广泛变异、且差异极显著的结果; 同年不同生态区域内, 相同部位与等级的烟碱含量均存在不同程度的变异, 年际间亦然。李丹丹等^[5]抽样调查的结果也显示, 年际间烤烟的主要化学成分差异显著。而闫新甫等^[6]从工业企业调入的烟叶等级质量的合格率角度进行调查, 发现工业企业收购调入的烟叶普遍存在混级现象, 导致等级合格率较低(仅为 63.4%)。这些研究表明, 无论是同一年份或不同年际间, 不同品种、部位、生态区的烟叶主要化学成分(提取烟碱为代表)的差异是客观存在的。除去品种的选择、栽培技术的优化等可控因素, 不同生态条件(基因型与环境互作效应)为人为难以调控的领域。此外, 原料质量稳定性还受到调入原料等级合格率的人为因素制约, 因此保证烟叶主要化学成分的稳定性存在极大难度。而田间原料的质量不稳定性给卷烟产品的质量稳定带来了极大的挑战。因此, 研究打叶复烤均质化加工技术有重要意义。

2 均质化复烤加工对烟叶质量的影响

2.1 原料混配均质化的影响 近年来, 国家烟草局提出“实施好均质化加工工艺策划, 重点实现投料等级比例和烟叶均匀混配 2 个核心需求”, 行业内对原料混配均质化开展了新的探索与实践。有研究认为, 根据烟叶质量的相似性或近似性进行原料配打, 其前提在于对烟叶原料的化学成分进行检测与运用, 基于化学成分进行配打才能减少片烟成品的质量波动^[7-8]。肖明礼等^[9]研究发现, 按比例投料加贮柜混配模式有利于降低模块烟叶的烟碱变异系数。杨凯等^[10]抽取烟碱为因子, 对化学成分调节模式、混合挑选模式以及两者的组合模式对比分析, 发现各控制模式下的烟碱变异系数都能得到较好的控制(平均值在 4% 以下)。云南烟叶复烤公司

基金项目 红河红河烟草(集团)有限责任公司科技项目(合同号 HY-HH2018YL01)。

作者简介 王发勇(1990—), 男, 云南弥勒人, 硕士, 从事烟草原料研究。* 通讯作者, 教授, 博士生导师, 博士, 从事烟草栽培与品质生理方面科研和教学工作。

收稿日期 2018-01-02

宣威复烤厂在原料配方混配时也进行了同样的探索^[11],并优化了产品片烟烟碱变异系数。

随着烟草行业的发展,中式卷烟技术已日趋成熟,充分重视卷烟工业中各环节并深度挖掘其潜力,才能保障企业的发展战略得到贯彻落实。“原料上水平”在于保障卷烟的内在质量,提升卷烟产品的燃吸品质是卷烟产品风靡于市场的根本保证。原料混配均质化是稳定产品质量的必要手段,也是“原料上水平”的关键措施之一。国家烟草局充分重视并以实际制度政策推动打叶复烤环节原料的均质化加工,提出打叶复烤成品烟碱含量变异系数 $\leq 5\%$ 的标准,而原料混配是关键因素之一,复烤企业应结合烟叶加工生态、品种、等级、纯度等自身实际,积极探索最佳的原料混配方案,从打叶复烤工序前沿至严抓“均质化”,保证原料的稳定性。

2.2 水分控制均质化的作用 原料复烤调制的作用在于将烟叶水分调制至适宜范围,既利于烟叶的仓储安全,又利于烟叶自身的发酵醇化,去除烟叶中的不利因素,彰显出优质因子,为卷烟提供良好的原料。复烤产品水分的均质化是整个卷烟工艺中的重要环节之一。尽管仓储过程中水分不均匀的烟叶间存在水分迁移现象,但烤后烟叶的吸湿性能大大减弱,水分迁移速度极为缓慢,加之包芯温度的作用,微生物的活性存在强弱之分,所以同一时间内烟叶发酵的速度与程度存在差异,这必将引起烟叶质量稳定性的波动,从源头上为卷烟产品质量的不稳定性埋下祸根。更有甚者,超出安全储存的水分范围时将导致烟叶霉变或碳烧,给企业带来一定程度的损失。

润叶过程是保证叶片结构均匀性的前提。蒸汽润后烟叶水分含量的均匀性好,能有效避免水渍烟出现。复烤机加工过程中应保证单位时间内原料的流量稳定,控制凉房水分均匀性,利用蒸汽回潮技术保障机尾水分的均匀性。

2.3 化学成分均质化与过程监控的影响 近红外光谱技术具有实时、快速、无损检测烟叶化学成分的优势,在打叶复烤中引入近红外光谱检测仪,实现过程质量检测与控制。在积累大量生产数据的基础上,生产企业可实现产品质控信息的深度挖掘,从而为加工工艺的改进提供依据^[12]。

烟叶科研者们早已验证,烟叶色泽与烟叶内在质量、化学成分存在显著关联,且烟叶色泽是主要的等级划分依据之一^[13-15]。此外,烟叶部分内在化学成分与耐加工性具有一定关联。陈红丽等^[16]研究发现,当还原糖与钾含量增加时,烟叶的耐加工性增强。王建民等^[17]通过试验发现,当设备、参数设置一定时,可溶性糖含量低、总氮含量高的烟叶造碎较严重,而可溶性糖含量高、总氮含量低的烟叶梗带叶率较高,造成叶片损失。这是由于配方模块中烟叶的化学成分差异造成的。

杜文等^[18]认为,运用近红外分析仪进行在线化学成分检测,并制定加工工艺标准时,应考虑到实时模型效验残差较高的因素,把波动控制在较小范围内。王宏铝等^[19]运用近红外光谱实时检测均质化加工的效果,发现均质化的成品烟碱变异系数、成品含水率及颜色变异系数降幅较大,三者

的变异系数均控制在较小范围内。

由此可以得出:①烟叶的色泽、抗破碎性与其内部化学成分含量密切相关,在打叶复烤和制丝卷制过程中选择合理的工艺参数,以优化其化学成分,尽可能减少造碎,增加可用性;②制订片烟成品控制工艺指标既要结合来料状况,又要结合初烤烟叶与复烤后烟叶的检测结果;③基于在线化学成分的配方混投是化学成分均质化的前提;④加工过程监测是保障片烟产品均质化的重要手段。

2.4 叶片结构均质化对烟叶质量的影响 研究证明,烟丝结构的差异是烟支卷制质量不稳定性的源头。而控制烟丝结构的稳定应追溯到打叶复烤过程中叶片结构^[20-22]。刘志平等^[23]通过复烤后烟叶结构对烟丝尺寸影响的试验得出,当复烤片烟大中片率(>12.7 mm的叶片)提高时, >3.2 mm的叶丝比例增加,但 ≤ 1.4 mm的叶丝降低。因此,提高打叶复烤大中片率是获得较优叶丝结构的前提条件,而保障片烟结构的稳定性是关键之一。由此可见,打叶复烤叶片结构均质化加工意义重大。

就打叶工序而言,叶片结构的均质化加工取决于润叶后烟叶的含水率与温度。不同等级、部位的烟叶耐加工强度存在差异,所以对应的润后烟叶含水率与温度应作调整。例如,下部烟叶身份较薄、抗破碎性差,此时应该提高润叶加工强度,以提高润叶后烟叶的含水率与温度,增加其耐加工性。而中部烟韧性好、抗破碎性强,适当的润叶水分和温度可满足获取良好叶片结构的条件,无需加大润叶加工强度。同一等级、部位条件下,在可调整的生产范围内,随着润后烟叶温度与水分的提高,可获得较高的大中片率,而碎片与梗含叶相应减少^[24-25]。

此外,叶片结构均质化加工还应关注打叶流量、打叶风分设备的高性能打刀、框栏形状、尺寸、打辊转速设置、各级风分效率布置等方面的内容^[26-27]。

因此,叶片结构的均质化应关注润前来料烟叶物理特性;润后物料的温度与水分是取得良好叶片结构的前提条件;在额定负荷内保障来料的稳定性;筛选高性能的打刀,取得良好的梗叶分离效果;设置适宜的打辊转速,避免造碎过大或超大片比例增加;优化框栏开口尺寸,保证中片比例;维持适当的风分风速,确保每级风分器的出片量,避免合格叶片进入下级打叶器再次加工而增加小片或碎片率。

卷烟工艺环环相扣,上下游工序紧密衔接。其中,复烤叶片结构均质化加工为制丝乃至卷包稳把质量关,起到源头控制的核心作用。

2.5 装箱结构均质化的影响 平衡装箱,需要加强对DVR值的关注力度。宜引用片烟密度偏差率检测仪^[28-31]进行过程平衡装箱检测。控制好装箱密度,避免烟叶结团结饼,一定程度上控制烟叶在醇化过程中的发酵速率、发酵程度,从而为卷烟质量的稳定性提供保障。通过在线检测信息反馈,实现实时调整打包段布料方式、布料均匀性、主压头与复压保压时间等方面操作事项。

应增加过程在线检测监控,探索不同品种、等级、部位、

水分及配方模块对应的设置参数。值得注意的是,岗位人员应关注烟箱密度的均匀性是由于设备布料不均,还是作业人员加减不均造成的。

3 展望与对策

模块烟叶已成为支撑卷烟配方的重要部分,也是合理优化烟叶原料使用的举措之一。复烤加工作为卷烟工业的前移工序,模块烟叶的均匀混配是一项重要职能。无论物料混配均质化、化学成分均质化、叶片结构均质化、水分控制均质化,还是装箱密度均质化,都要一一兼顾,在生产中突显打叶复烤源头质量控制的作用。

(1)对于预处理段,单纯依靠铺叶台人工混配难以实现不同地区、等级烟叶混配均质化。因此,应作柜配模式尝试:在铺叶切断后设置烟叶贮柜列,需要进行混配的烟叶以不同等级、地区分别进入不同列的贮柜中,出料时不同列的贮柜同时出料,在汇聚皮带上实现混配,各过程保证物料流量的稳定性,而后于打叶段加工再次实现混配均匀。或建立“高架库”现代物流系统,烟叶于切断机汇聚皮带处检测化学成分,后经柔性装箱进行暂存,根据化学成分(以烟碱为因子)的高低混配,实现预处理段的物料均匀混配。

(2)润叶后烟叶适宜的含水率与温度是获得良好叶片结构的关键,同时在柔性化“保香”为主题的加工工艺中,润后水分成为烟叶复烤机总温度控制的制约点。为此,润叶水分与温度的控制要寻求低水分与良好叶片结构的最佳契合平衡点。关注打叶器的打辊长度、打辊额定负荷设计、打辊转速、打刀性能、刀距。如果选择较大的框栏开口尺寸,大片、超大片相应增加,此时应辅之于“立式筛分”技术,工艺设想为于片烟汇聚皮带处设置“三级立式”振筛,一级位于最顶端,开口尺寸大于 25.4 cm,筛选出大片与超大片应用分切技术加工为中片,二、三级的工艺任务在于筛出碎片。该工艺设想服务于叶片结构的均质化。

(3)经过梗叶分离的片烟,在开机前即要进行化学成分的均质化混配,以免后移到复烤机尾而影响到打包工序所必须的水分与包芯温度。路线设计为:在打叶线后、复烤机前设置不同贮叶柜或装箱立库,前端配置化学成分检测仪(以烟碱为主要指标),设定值在某一范围内,物料正常入柜进行缓存喂料,当来料偏移或超出设定值时,高出时进入一柜,低出时进入另一柜,然后高低进行混配拌匀,再经过化学成分检测仪测定,如此削峰填谷,实现化学成分均质化的精确控制。中间需要电气设备的有效支持。

(4)水分的均质化加工,一为保证片烟的仓储安全,二为保证片烟在仓储过程中醇化反应的速率与程度相对稳定一致。结合最大程度为原料“保香”的工艺,控制烤机总温度是前提,同时要在满足回潮均匀的条件,这意味着凉房烟叶水分必须处于“临界含水率”才有助于水分均质化。一般现有打叶复烤设备中,复烤机设置为 4 个干燥区与 2 个回潮区,在低温慢烤的主导加工条件基础上,再添加 1 个干燥区和 1 个回潮区,为加长烟叶在干燥区的作用时间、相应降低烤机温度、提高干燥区的烤透率;此外,在润叶水分难以下调的情

况下实现低温慢烤,同时实现水分的均质化加工。

(5)打包段要实现装箱密度的均质化,有效避免成品烟叶板结、压油、霉变与碳烧等情况,有助于仓储醇化过程中理化反应的速率与程度保持相对一致。装箱密度均质化甚至制约了制丝工段是否“易切”的问题。因此,打包段应围绕来料地域、等级、品种、部位等主因素,优化主压压深度和时间、复压时间、保压深度。

打叶复烤工艺以“均质化”“保香”加工为趋势,对开发均质化烟叶新工艺、新技术有重要意义。

参考文献

- [1] 国家烟草专卖局. 卷烟工艺规范[M]. 北京:中国轻工业出版社,2016.
- [2] 刘大伟. 推进均质化复烤加工 增强重点品牌原料加工保障能力[N]. 东方烟草报,2016-06-06(001).
- [3] 陈江华,刘建利,龙怀玉. 中国烟叶矿物质营养及主要化学成分含量特征研究[J]. 中国烟草学报,2004,10(5):20-27.
- [4] 陈伟,王三根,王玉明,等. 不同生态区烤烟烟碱含量的变异分析[J]. 中国生态农业学报,2009,17(2):285-290.
- [5] 李丹丹,许自成,邢小军,等. 四川烟区烤烟主要化学成分的变异分析[J]. 西南农业学报,2008,21(5):1270-1274.
- [6] 闫新甫,马建伟,王英元,等. 卷烟企业调入烟叶的等级质量分析[J]. 烟草科技,2006(8):55-59.
- [7] 李晓,牛柱峰. 烟叶原料配打技术研究[J]. 中国烟草科学,2007,28(1):43-47.
- [8] 吴昊,袁振权,穆郡江,等. 配方打叶智能化控制系统的运用[J]. 现代装饰(理论),2011(2):66-67.
- [9] 肖明礼,陈越立,尹智华,等. 烟叶配方打叶均匀性的研究[J]. 现代食品科技,2011,27(6):684-686.
- [10] 杨凯,陈清,徐其敏,等. 打叶复烤配方均匀性控制模式研究[J]. 烟草科技,2012(12):14-17.
- [11] 云南烟叶复烤公司宣威复烤厂精益改善课题组. 打叶复烤全面均质化加工方法研究应用[N]. 东方烟草报,2017-06-13(003).
- [12] 汤朝起,刘颖,束茹欣,等. 应用在线近红外光谱分析复烤前后原烟及片烟的质量特性[J]. 光谱学与光谱分析,2014(12):3273-3276.
- [13] 陈庆园,陈雪,袁有波. 初烤烟叶外观质量与主要化学成分关系的研究[J]. 中国烟草科学,2008,29(1):30-32.
- [14] 梁洪波,李念胜,元建,等. 烤烟烟叶颜色与内在品质的关系[J]. 中国烟草科学,2002,23(1):9-11.
- [15] 张长云,周淑平,田晓霞,等. 初烤烟叶颜色与化学成分关系分析[J]. 广西农业科学,2007,38(6):621-624.
- [16] 陈红丽,王盼盼,崔登科,等. 烤烟抗破碎性与常规化学成分的关系[J]. 浙江农业科学,2010(3):567-569.
- [17] 王建民,马林,胡开利,等. 打叶过程中烟叶造碎情况分析[J]. 烟草科技,2001(7):3-4.
- [18] 杜文,易建华,黄振军,等. 打叶复烤烟叶化学成分在线检测和成品质量控制[J]. 中国烟草学报,2009,15(1):1-5.
- [19] 王宏铝,王筑临,许小双,等. 基于在线烟碱预测模型的烟叶复烤均质化加工[J]. 烟草科技,2015(6):73-77.
- [20] 刘德强,贾洋,王乐军,等. 烟丝结构对烟支卷制质量的影响[J]. 安徽农业科学,2010,38(32):18589-18590.
- [21] 孙东亮,米强,胡建军. 卷烟卷制质量的稳定性研究[J]. 烟草科技,2007(4):9-12.
- [22] 孙嘉. 烟丝整丝率变化率对卷烟卷接质量控制的影响研究[J]. 科技与创新,2014(20):5-7.
- [23] 刘志平,姜焕元,林平. 叶片大小与叶丝尺寸关系的探讨[J]. 烟草科技,2002(2):15-17.
- [24] 李跃锋,姜焕元,刘志平,等. 烟叶温度和含水率与打叶质量的关系[J]. 烟草科技,2005(2):5-6,18.
- [25] 罗海燕,方文青,谢鑫,等. 打叶质量与出片率的关系[J]. 烟草科技,2005(1):8-10.
- [26] 赵金凤. 高性能烟叶复烤打叶刀具制造工艺研究[J]. 科技信息(科学·教研),2008(13):598-599.
- [27] 陈家东,陶智麟,刘全喜. 打叶复烤加工过程造碎及碎烟处理工艺研究[J]. 烟草科技,2000(4):4-7.
- [28] 马松. 片烟密度偏差率检测仪在打叶复烤企业的应用[J]. 企业技术开发,2012(5):32-33.

- 转化子鉴定[J]. 中国农业科学, 2013, 46(9): 1799-1807.
- [18] 张俊祥, 吴建圆, 冀志蕊, 等. 农杆菌介导的苹果炭疽叶枯病菌遗传转化及插入突变的筛选[J]. 基因组学与应用生物学, 2014, 33(6): 1261-1267.
- [19] 吴建圆, 冀志蕊, 李壮, 等. *npt II* 基因真菌表达载体的构建及在苹果炭疽叶枯病菌遗传转化中的应用[J]. 基因组学与应用生物学, 2015, 34(10): 2156-2160.
- [20] 韩小路, 白静科, 张玮, 等. PEG 介导的苹果果生刺盘孢 *Colletotrichum fructicola* 原生质体转化[J]. 西北农业学报, 2016, 25(3): 442-449.
- [21] PERFECT S A, HUGHES H B, O'CONNELL R J, et al. *Colletotrichum*: A model genus for studies on pathology and fungal-plant interactions[J]. Fungal genetics and biology, 1999, 27(2/3): 186-198.
- [22] SYGMUND C, STAUDIGL P, KLAUSBERGER M, et al. Heterologous overexpression of *Glomerella cingulata* FAD-dependent glucose dehydrogenase in *Escherichia coli* and *Pichia pastoris*[J]. Microbial cell factories, 2011, 10(1): 1-9.
- [23] SYGMUND C, KLAUSBERGER M, FELICE A K, et al. Reduction of quinones and phenoxy radicals by extracellular glucose dehydrogenase from *Glomerella cingulata* suggests a role in plant pathogenicity[J]. Microbiology, 2011, 157(Pt11): 3203-3212.
- [24] SEMAN W M, BAKAR S A, BUKHARI N A, et al. High level expression of *Glomerella cingulata* cutinase in dense cultures of *Pichia pastoris* grown under fed-batch conditions[J]. Journal of biotechnology, 2014, 184: 219-228.
- [25] WANG S S, SAITO T, OHKAWA K. α -Ketol linolenic acid (KODA) application affects endogenous abscisic acid, jasmonic acid and aromatic volatiles in grapes infected by a pathogen (*Glomerella cingulata*) [J]. Journal of plant physiology, 2016, 192: 90-97.
- [26] WANG S S, TAKAHASHI H, SAITO T, et al. Jasmonate application influences endogenous abscisic acid, jasmonic acid and aroma volatiles in grapes infected by a pathogen (*Glomerella cingulata*) [J]. Scientia horticulturae, 2015, 192: 166-172.
- [27] VELHO A C, ROCKENBACH M F, MONDINO P, et al. Modulation of oxidative responses by a virulent isolate of *Colletotrichum fructicola* in apple leaves[J]. Fungal biology, 2016, 120(10): 1184-1193.
- [28] SCHWESSINGER B, RONALD P C. Plant innate immunity: Perception of conserved microbial signatures[J]. Annual review of plant biology, 2012, 63(3): 451-482.
- [29] JONES J D, DANGL J L. The plant immune system[J]. Nature, 2006, 444(7117): 323-329.
- [30] ZIPFEL C. Pattern-recognition receptors in plant innate immunity [J]. Current opinion in immunology, 2008, 20(1): 10-16.
- [31] ALTENBACH D, ROBATZEK S. Pattern recognition receptors: From the cell surface to intracellular dynamics[J]. Molecular plant-microbe interactions, 2007, 20(20): 1031-1039.
- [32] ZIPFEL C. Early molecular events in PAMP-triggered immunity[J]. Current opinion in plant biology, 2009, 12(4): 414-420.
- [33] ABRAMOVITCH R B, ANDERSON J C, MARTIN G B, et al. Bacterial elicitation and evasion of plant innate immunity[J]. Nature reviews molecular cell biology, 2006, 7: 601-611.
- [34] CHISHOLM S T, COAKER G, DAY B, et al. Host-microbe interactions: Shaping the evolution of the plant immune response[J]. Cell, 2006, 124(4): 803-814.
- [35] NARUSAKA Y, NARUSAKA M, PARK P, et al. RCH1, a locus in *Arabidopsis* that confers resistance to the hemibiotrophic fungal pathogen *Colletotrichum higginsianum* [J]. Molecular plant-microbe interactions, 2004, 17: 749-762.
- [36] NARUSAKA M, SHIRASU K, NOUTOSHI Y, et al. *RRS1* and *RPS4* provide a dual *Resistance*-gene system against fungal and bacterial pathogens [J]. Plant journal, 2009, 60(2): 218-226.
- [37] O'CONNELL R, HERBERT C, SREENIVASAPRASAD S, et al. A novel *Arabidopsis*-*Colletotrichum* pathosystem for the molecular dissection of plant-fungal interactions[J]. Molecular plant-microbe interactions, 2004, 17: 272-282.
- [38] SHEN S, GOODWIN P H, HSIANG T. Infection of *Nicotiana* species by the anthracnose fungus, *Colletotrichum orbiculare* [J]. European journal of plant pathology, 2001, 107: 767-773.
- [39] KIM Y K, LIU Z M, LI D, et al. Two novel genes induced by hard-surface contact of *Colletotrichum gloeosporioides* conidia[J]. Journal of bacteriology, 2000, 182: 4688-4695.
- [40] STEPHENSON S A, HATFIELD J, RUSU A G, et al. CgDN3: An essential pathogenicity gene of *Colletotrichum gloeosporioides* necessary to avert a hypersensitive-like response in the host *Stylosanthes guianensis* [J]. Molecular plant-microbe interactions, 2000, 13: 929-941.
- [41] KLEEMANN J, RINCON-RIVERA L J, TAKAHARA H, et al. Sequential delivery of host-induced virulence effectors by appressoria and intracellular hyphae of the phytopathogen *Colletotrichum higginsianum* [J]. PLoS Pathogens, 2012, 8(4): 1-15.
- [42] YOSHINO K, IRIEDA H, SUGIMOTO F, et al. Cell death of *Nicotiana benthamiana* is induced by secreted protein NIS1 of *Colletotrichum orbiculare* and is suppressed by a homologue of CgDN3 [J]. Molecular plant-microbe interactions, 2012, 25: 625-636.
- [43] HOGENHOUT S A, VAN DER HOORN R A L, TERAUCHI R, et al. Emerging concepts in effector biology of plant-associated organisms [J]. Molecular plant-microbe interactions, 2009, 22(2): 115-122.
- [44] LIU J L, WANG X J, MITCHELL T, et al. Recent progress and understanding of the molecular mechanisms of the rice-*Magnaporthe oryzae* interaction [J]. Molecular plant pathology, 2010, 11(3): 419-427.
- [45] GARCIBRUGGER A, LAMOTTE O, VANDELLE E, et al. Early signaling events induced by elicitors of plant defenses [J]. Molecular plant-microbe interactions, 2006, 19(7): 711-724.
- [46] OLIVA R, WIN J, RAFFAELE S, et al. Recent developments in effector biology of filamentous plant pathogens [J]. Cellular microbiology, 2010, 12(6): 705-715.
- [47] MA Y N, HAN C, CHEN J Y, et al. Fungal cellulase is an elicitor but its enzymatic activity is not required for its elicitor activity [J]. Molecular plant pathology, 2015, 16(1): 14-26.
- [48] POSTEL S, KEMMERLING B. Plant systems for recognition of pathogen-associated molecular patterns [J]. Seminars in cell & developmental biology, 2009, 20(9): 1025-1031.
- [49] ZHANG L H, KARS I, ESSENSTAM B, et al. Fungal endopolygalacturonases are recognized as MAMPs by the *Arabidopsis* receptor-like protein RBPG1 [J]. Plant physiology, 2013, 164: 352-364.
- [50] FELIX G, DURAN J D, VOLKO S, et al. Plants have a sensitive perception system for the most conserved domain of bacterial flagellin [J]. The plant journal, 1999, 18(3): 265-276.
- [51] DOW M, NEWMAN M A, ROEPENACK E. The induction and modulation of plant defense responses by bacterial lipopolysaccharides [J]. Annual review of phytopathology, 2000, 38: 241-261.
- [52] ERBS G, SILIPO A, ASLAM S, et al. Peptidoglycan and muropeptides from pathogens *Agrobacterium* and *Xanthomonas* elicit plant innate immunity: Structure and activity [J]. Chemistry & biology, 2008, 15(5): 438-448.
- [53] THOMMA B P, NURNBERGER T, JOOSTEN M H. Of PAMPs and effectors: The blurred PTI-ETI dichotomy [J]. Plant cell, 2011, 23(1): 4-15.
- [54] GAWEHNS F, CORNELISSEN B J C, TAKKEN F L W. The potential of effector-target genes in breeding for plant innate immunity [J]. Microb biotechnol, 2013, 6: 223-229.
- [55] PAVAN S, JACOBSEN E, VISSER R G F, et al. Loss of susceptibility as a novel breeding strategy for durable and broad-spectrum resistance [J]. Molecular breeding, 2010, 25: 1-12.

(上接第13页)

- [29] 郭国良, 刘斌, 帅朗, 等. 烟箱密度检测装置的研发 [J]. 机械工程师, 2009(5): 63-64.
- [30] 李斌, 胡启秀, 刘泽, 等. 箱内片烟密度偏差率的无损检测——X-射线检测法 [J]. 烟草科技, 2009(7): 6-9, 23.
- [31] 李果, 杜显维, 余敬尧, 等. 箱内片烟密度偏差率在线检测与控制系统 [J]. 烟草科技, 2010(6): 32-35.