

烤后烟叶挂灰的原因与防止烟叶挂灰的途径

杨晔 (河北中烟工业有限责任公司, 河北石家庄 050051)

摘要 从土壤酸化、重金属离子毒害、营养失调、生态因素、烟叶采收、烘烤技术等方面分析了烤后烟叶挂灰的原因,在此基础上,综述了防止或减轻烟叶挂灰的技术措施,以期在生产上采取措施降低烤后挂灰烟比例,提高橘黄烟比例,提高烟叶品质和可用性,增加烟农经济效益提供参考。

关键词 烟叶;挂灰;挂灰烟;防止途径

中图分类号 S527 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2014)19-06367-03

Causes of the Formation and Solving Approaches for the Scalded Tobacco Leaf

YANG Ye (China Tobacco Hebei Industrial Co. Ltd., Shijiazhuang, Hebei 050051)

Abstract Causes of the formation for scalded leaves were analyzed in term of soil acidity, heavy metals poisoning, nutrition disturbance, ecological factors, tobacco harvesting time and method, and flue curing technique, and so on. The technical measures in prevention or reduction of scalded leaves were summarized in accordance with the causes of the formation for scalded leaves. The aim of this review was to take measures for flue-curing tobacco production for reducing the proportion of scalded leaves and raising the proportion of orange tobacco leaf. At the same time, the paper could provide some references for improving leaf quality and usability and increasing economic benefits for peasants.

Key words Tobacco leaf; Scalding; Scalded leaf; Solving approaches

挂灰是烤后烟叶表面呈现局部或全部浅灰色或灰褐色^[1],本质上是发生了一定程度的酶促棕色化反应的结果,即多酚类物质在多酚氧化酶(PPO)的作用下被氧化成醌类物质,然后进一步和其他物质聚合成大分子深色物质^[2]。根据程度轻重,挂灰分为轻度挂灰、中度挂灰和重度挂灰^[3]。挂灰烟是我国烟区最常见的烤坏烟,每年都造成很大的损失。烟叶挂灰后不仅影响外观质量,使烟叶商品等级下降,而且也导致烟叶内在化学成分含量不适宜、不协调,降低工业可用性,甚至丧失使用价值。闫克玉等认为,烟叶挂灰部分的水溶性糖大量减少,总氮、不溶性氮、烟碱变化不大^[4]。笔者研究发现,中度挂灰的烟叶与正常烟叶相比,其总糖和还原糖含量显著下降(中部中度挂灰烟分别比C3F下降40.4%和33.2%,上部中度挂灰烟分别比B2F下降29.4%和24.5%);烟碱、蛋白质和总氮含量明显提高(中部中度挂灰烟分别比C3F提高提高31.4%、11.5%和21.8%,上部中度挂灰烟分别比B2F提高提高32.6%、7.3%和22.9%);化学成分不协调,还原糖和烟碱的比值过小(中部中度挂灰烟和上部中度挂灰烟分别为5.7和4.3,分别只有C3F和B2F的50.7%和54.5%)。在目前烟叶供大于求的市场条件下,卷烟工业企业不愿意采购挂灰烟,一些烟农的经济损失较大。因此,探明导致烟叶挂灰的原因,找到能够防止或减少烟叶挂灰的技术措施,是烤烟生产上迫切需要解决的问题。

1 烟叶挂灰的原因

导致烤后烟叶挂灰的原因比较复杂,有土壤方面的原因(土壤酸度不适宜、土壤中一些重金属元素含量过高、养分供给失调等),有气候方面的原因(干旱、多雨等),有栽培方面的原因(没有平衡施肥、没有及时进行田间管理等),更有采

烤方面的原因(采收成熟度过低或过高、烘烤工艺不科学、烤房排湿能力不足等)。前述的很多原因会导致采收的鲜烟叶自身素质较差,PPO活性较高,不耐烘烤,容易发生酶促棕色化反应,容易导致烟叶挂灰甚至黑糟,这是烟叶挂灰的内因;而烘烤中温湿度调控不当是烟叶产生挂灰的外部条件^[5]。目前普遍认为,在烟叶烘烤过程中发生的酶促棕色化反应是产生烟叶挂灰、蒸片的重要原因之一,严重影响烟叶的商品等级和使用价值^[6]。合理控制烟叶中PPO活性,在烘烤过程中可减少烟叶挂灰,增加桔黄色及上中等烟比例,增加烤烟的天然特征香气,降低刺激性^[7]。因此,笔者将从烤烟生产的土壤条件、气候条件、施肥、采收和烘烤工艺等方面分析造成烟叶挂灰的原因。

1.1 养分元素对烟叶挂灰的影响 有研究得出,加拿大魁北克15个地方的灰色烟叶中的氮、磷、钾、钙和硼含量显著低于正常烟叶,而铁和铝含量显著高于正常烟叶,产生灰色烟叶土壤的氮、钙、有机质和阳离子交换量显著降低,而氯离子含量较高^[8];但Neville等认为,土壤或烟叶缺氮或某些主要养分元素可能不是引起烟叶挂灰的根本原因^[8]。土壤pH较低,酸性土壤中锰离子活化,烟叶锰中毒致使烤后烟叶呈灰色^[9];偏低的土壤pH、过高的根层土壤含水量和土壤通透性与灰色烟的形成密切相关,并且土壤和烟叶内 Fe^{2+} 、 Mn^{2+} 等离子含量过高是导致产生灰色烟的直接原因^[10-11]。Elliot等发现,加拿大安大略省的灰色烟叶含有较高的镁、锰和锌,而氮含量较低^[12]。

烟田营养不协调也易造成烤烟挂灰^[13]。氮肥用量过高导致烤烟上部叶偏厚,含氮化合物升高;而氮化合物含量高,叶片偏厚,组织结构紧密的烟叶容易挂灰^[5]。上部叶及较厚的烟叶叶片蜡质层较厚,水分排出困难,易造成烟叶挂灰^[3]。氮肥用量过高烟叶的叶绿素含量较高,而白肋烟和深色晾烟中叶绿素含量与绿原酸和PPO活性呈显著正相关^[14];并且随氮用量增加,烤烟上部烟叶PPO和苯丙氨酸解氨酶活性升

基金项目 河北中烟工业有限责任公司项目(“钻石”品牌重庆巫溪文峰基地单元优质烟叶烘烤技术研究)。

作者简介 杨晔(1969-),男,河北衡水人,从事烟叶质量评价研究。

收稿日期 2014-06-06

高^[15],PPO 活性升高,烟叶内多酚类物质的氧化还原平衡被打破,醌类物质大量积累、聚合成大分子深色物质,导致烟叶挂灰^[2]。因此,烟叶内叶绿素含量和 PPO 活性升高可能是烤烟上部烟叶容易挂灰的原因之一。我国烤烟钾含量大多偏低,并且随部位升高,烤烟叶片钾含量显著降低^[16],上部叶较低的钾含量是否是其容易挂灰的原因,何永秋等研究发现,施用普通钾肥+缓释钾肥+黄腐酸钾可有效降低烟叶叶绿素含量,提高类胡萝卜素含量^[17]。开展钾肥种类及其在烤烟上部叶中分布的研究也许对减少烤烟上部叶挂灰有积极作用。

1.2 采收成熟度与采收方式对烟叶挂灰的影响 烤烟打顶后上部叶变大变厚,在烟叶采收时,顶叶仅留 2~3 片叶一次采收,过少的顶部叶片养分供应失调,不能正常成熟是导致顶叶在烘烤过程中挂灰的原因^[2],顶部叶片氮化物含量增高,碳氮比例失调也导致顶部烟叶颜色加深,顶部叶留 5~7 片叶一次采收有利于提高烟叶外观质量^[18]。PPO 和过氧化物酶活性在烤烟叶龄 60 d 时达到最高,此后逐渐降低^[19]。烟叶烘烤过程中,CB-1 不同成熟度烟叶的 PPO 活性差异较大,烘烤温度在 42~54 ℃,下部叶早采的 PPO 活性较低,迟采的较高;中部叶迟采的 PPO 活性较低,早采的活性较高;上部叶过早或过迟采收的烟叶 PPO 活性都较高^[20]。由此可见,要避免烟叶烘烤过程中棕色化反应过度而挂灰,不同部位烟叶必须在各自适宜的成熟度档次采收。王能如等研究认为,青筋与挂灰烟叶的出现及其程度与采收成熟度密切相关,不同品种之间差异显著,G80 上部叶成熟度较高时易挂灰,成熟度较低时青筋较少,NC89 成熟度高时轻微挂灰,成熟度低时易青筋^[21]。CB-1 不同叶位烟叶无论成熟度高低,在整个烘烤过程中其 PPO 活性均高于 K326^[20]。由此可见,不同烤烟品种烘烤特性差异较大,应系统研究不同品种烤烟的成熟特征及其烘烤特性,以期针对不同品种确定其适宜的采收成熟度及配套烘烤工艺,避免在烘烤中导致烟叶挂灰。

采收方式也对烟叶是否挂灰具有一定的影响,上部 6 片烟叶一次带茎采收无青烟和挂灰烟,外观质量好于不带茎采收^[22];在烟株顶端两片叶成熟后,其顶部 5~6 片叶一次性砍株收获后带茎烘烤,烤后烟叶组织结构较疏松、厚度较适中,桔黄色烟叶比例提高,杂色和挂灰烟较少^[23];这可能是烤烟茎中的水分延长了烟叶的生命活力,提高了烟叶后熟程度,增强和延长了各种水解酶活性,加大了淀粉和蛋白质等大分子物质降解的结果。由此可见,上部叶最后一次采收的留叶数、采收方式都会对烟叶挂灰产生影响,应对烟叶采收方式进行系统研究。

1.3 生态条件对烟叶挂灰的影响 烟叶是否能够正常生长发育在很大程度上决定于生态条件。烤烟为了应对不利的生长环境条件,会增强烟叶 PPO 活性。因此,非正常烟叶在烘烤过程中易出现挂灰现象。旱天烟的水分含量较少,鲜干比一般在 4~6,束缚水比例相对增高,自由水比例降低,烟叶组织结构紧密,叶面有蜡质层,烘烤时易出现回青或挂

灰^[2]。旱黄烟是空气和土壤双重干旱胁迫下的假熟叶,成熟度不够,内含物欠充实,定色期易挂灰^[2]。后发烟是因为施肥不合理,或烤烟生育期内前旱后雨,前期养分吸收少,烟株发育不良,后期土壤水分多,营养充足,难以真正成熟,叶面落黄极不均匀,常因变黄困难而烤青,也会因脱水困难而出现不同程度的挂灰、红棕、杂色和僵硬等^[2]。秋后烟是重庆、四川、贵州、云南等海拔烟区常遇到的问题,上部叶成熟期由于气温较低,烟叶成熟迟缓,烘烤特性变差;在烘烤过程中,由于外界气温较低,易造成烤房内温度猛降而导致烟叶挂灰^[2]。水分含量大的烟叶在定色期若不能及时排除水分,在高温高湿烘烤条件下易发生酶促棕色化反应,导致叶片中部和基部挂灰较重,而叶尖部较少较轻^[24]。多雨寡照条件下生产的烟叶,自由水含量较多,干物质积累少,非常不耐烤,在烘烤过程中易出现蒸片或挂灰^[25-26]。雨淋烟是烟叶成熟期遭遇降雨,烟叶的生理特性和烘烤特性未发生明显改变,但烟叶含水量显著增加而且叶面附有明水,这类烟叶在变黄期若只变黄而不发软,定色期易导致挂灰或蒸片^[2]。

1.4 烘烤操作对烟叶挂灰的影响 正常生长发育和适熟采收的烟叶,如果不能科学烘烤,烘烤工艺设置不当或烘烤操作失误,也会导致烟叶挂灰等烤坏烟现象方式。如果在温度较低、湿度较大的变黄期过度延长烘烤时间,则会导致细胞内含物过度分解转化,呼吸基质枯竭,多酚类物质被氧化而产生挂灰;定色期是烟叶外观质量形成的关键时期,定色期升温如果过急,烟叶内水分强行排出,会导致细胞破裂,多酚和 PPO 在空气中氧气的作用下,生产黑褐色物质,出现挂灰症状^[3]。定色期如果大幅度长时间降温,会使烤房内空气饱和蒸汽压力降低,空气中的相对湿度达到饱和而结露,烟叶被湿热空气形成的露滴烫伤,被伤害部位的细胞受热破裂,多酚类物质被氧化变成黑褐色物质而表现为挂灰^[27]。编烟、装烟不合理也易导致烟叶挂灰,如编烟、装烟过密或不匀,在通风障碍部位形成高温高湿环境,使烟叶受到烫伤而产生挂灰^[3]。烤房通风排湿面积不够,导致烤房定色期排湿不畅易形成挂灰烟^[3]。

2 防止或减少烟叶挂灰的途径

2.1 设法阻止或减少烟叶吸收重金属元素 烤烟长期连作易导致土壤 pH 降低,土壤中的重金属离子被活化,烟株过度吸收土壤中的铁、锰、铝、锌、氯等养分元素易导致烤后烟叶呈灰色。解决此问题途径首先应加强轮作,轮作一方面可以减少病害,另一方面可改良土壤结构,提高土壤的 pH,降低重金属离子的活性,减少烟草对这些元素的吸收量,防止烟叶重金属中毒而产生灰色烟;其次可通过土壤改良剂(如石灰、白云山粉等)提高土壤 pH,防止土壤酸化^[28]。

2.2 通过栽培措施防止或减少烟叶挂灰 合理平衡施肥可明显提高烟叶素质、改善烟叶烘烤特性。一些烟农为了提高产量,氮肥用量往往过高,使叶片变厚和氮化物含量过高,烟叶 PPO 活性较高,易导致烟叶挂灰。因此,在氮磷钾平衡配施基础上,控制氮肥用量,提高钾肥施用量,提高钾、氮比例,降低烟叶叶绿素含量和 PPO 活性,提高类胡萝卜素含量,

可明显减少养分失调导致的烟叶挂灰现象。应在氮肥、钾肥用量调配的基础上,对肥料种类及配比、施肥时间、施肥方法等进行系统研究。在氮磷钾平衡配施的基础上,补充中量和微量元素,例如在缺铁土壤增施镁肥^[29]和在缺铜土壤补施铜肥,都可降低烟叶 PPO 活性,提高烟叶烘烤质量^[30-31]。对于 pH 较低的土壤,施用白云石粉和石灰提高 pH,移栽后及早揭膜高培土,均能有效减少灰色烟叶的发生^[10-11]。

2.3 采收环节采取措施防止或减少烟叶挂灰

2.3.1 通过提高烟叶采收成熟度减少烟叶挂灰。成熟度与烤后烟叶质量密切相关。不同成熟度烟叶的多酚氧化活性差异较大,就翠碧绿一号(CB-1)而言,下、中部烟叶随着成熟度的提高 PPO 活性不断降低,上部叶则随着烟叶采收成熟度的提高,PPO 活性不断增加,因此下、中部烟叶适当提高烟叶采收成熟度、上部烟叶采取适宜的成熟度,有利于防止烟叶挂灰^[20]。对于其他烤烟品种,均需要对不同部位、不同品种的烟叶成熟特征进行系统研究,采收真正成熟的烟叶,才能减少烟叶挂灰。一般来说,顶叶最容易挂灰,目前认为最上部 4~6 片烟叶一次采收对于减少烟叶挂灰效果较好^[32];但是上部 4~6 片叶一次采收叶位跨度较大,以哪个叶位作为成熟采收标准及该叶位烟叶成熟特征表现,都应该通过一定科学研究,做出具体的技术规范,才利于推广应用。

2.3.2 通过调整烘烤技术措施减少烟叶挂灰。烘烤工艺必须与烟叶素质配套,即必须根据烟叶的具体烘烤特性灵活调整,才能确保烟叶烘烤质量,防止或减少挂灰烟。对于水分小的烟叶,要适当稠装烟,通过增加烤房装烟量来提高烤房内的空气相对湿度;在变黄阶段要采取“先拿色、后拿水”的烘烤策略,要大胆变黄,保湿变黄,甚至补湿变黄,提高烟叶各种水解酶活性,促进大分子物质充分适度降解转化;定色阶段升温速度要慢,整个烘烤过程保持湿球温度宜稍高于正常烘烤工艺^[2]。对于水分含量较大的烟叶,要适当减小编烟、装烟密度,在变黄阶段要采取“先拿水、后拿色”的烘烤策略,高温低湿脱水,适当降低湿球温度,使烟叶边变黄,边变软,防止出现硬变黄。对于各种逆境下生产的非正常烟叶,都要根据其烘烤特性制定适宜的烘烤工艺,才能防止或减少挂灰烟^[2,33]。

烤房设备是否完好、性能是否优良是烟叶烘烤成败的关键因素之一。在开始烟叶烘烤前,必须要对烤房进行检修,确保其在烘烤过程中能够及时升温、排湿,防止因为不能及时排湿而导致烟叶挂灰。烟叶编竿、装炕要匀,避免出现通风障碍使烟叶受害而挂灰^[3]。在烟叶装炕时要根据烟叶素质差异进行合理装炕,过熟的烟叶要装到烤房内温度较高的地方,适当高温快烤,防止变黄过度;成熟度较低的烟叶装到烤房内温度较低的地方,适当拉长变黄期,使叶绿素充分降解,以防烤青^[2]。在烟叶烘烤过程中,烧火要稳,避免在变黄、定色期出现急升温或长时间降温而导致烟叶挂灰。到变黄后期,烟叶基本全黄时,脱水率应达到 30%~40%;烟叶进入定色期,继续扩大排湿、促进烟叶脱水,及时逐渐干叶定色,固定黄色和品质。因此,只有烟叶烘烤工艺与烟叶烘烤

特性相一致,才能避免挂灰等烤坏烟现象的发生。

2.3.3 通过使用多酚氧化酶抑制剂减少烟叶挂灰。针对烟叶在烘烤中挂灰的问题,一些研究人员研究了 PPO 抑制剂对防止或减轻烟叶挂灰的作用^[34-39]。李尼杭等研究认为,二乙基二硫代氨基甲酸钠(NaDiCa)、聚乙烯吡咯烷酮(PVP)、乙二胺四乙酸(EDTA)和硫脲在在烘烤失当的条件下,均能有效抑制多酚氧化,抑制作用由强到弱依次为 NaDiCa、PVP、EDTA 和硫脲^[34]。EDTA、NaHSO₃、H₃BO₃、柠檬酸既是 PPO 的良好抑制剂,也是抗坏血酸氧化酶的激活剂^[35]。在烟叶烘烤过程中,施用亚氯酸钠(SC)可抑制 PPO 活性而直接抑制酶促棕色化反应或通过氧化分解绿原酸等酶促棕色化反应的底物而减少酚类物质向醌类物质的转化从而降低酶促棕色化反应的发生^[36-37],降低烟叶挂灰风险,提高烟叶质量。PPO 抑制剂浓度不同,抑制效果也不同。在 0.5 mmol/L 浓度下,EDTA、抗坏血酸(V_C)、硫脲、L-半胱氨酸和 PVP 可有效减低 PPO 活性,其中 L-半胱氨酸和 PVP 抑制效果最为显著^[38]。烘烤前用 4.0 和 8.0 mmol/L 的 L-半胱氨酸喷施烟叶表面,可明显提高烤后烟叶中总绿原酸和多酚含量,改善烟叶外观质量和评吸质量,降低烘烤过程中 PPO 活性^[39]。

对于 PPO 抑制剂研究,不仅要进行种类的筛选,还要对其安全性、生产成本进行系统研究,力求筛选出物美价廉、安全系数高的 PPO 抑制剂,以减少烟叶烘烤中的挂灰现象。

3 结语

综上所述,解决烟叶挂灰的问题,应该从多方面入手,首先查明烟叶挂灰的原因,在此基础上,针对不同的挂灰问题采用相应的技术措施;在非正常条件下生产的烟叶在烘烤时,在合理制定烘烤工艺的基础上,可适当使用 PPO 抑制剂,减少烟叶挂灰,提高桔黄色烟叶比例,增加烟农经济收入。

参考文献

- [1] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB/T 18771.1-2002. 烟草术语 第 1 部分:烟草栽培、烘烤与分级[S]. 北京:中国标准出版社,2003.
- [2] 官长荣,王能如,杨煊文,等. 烟草烘烤学[M]. 北京:中国农业出版社,2003.
- [3] 陈致丽. 烟叶挂灰的原因及解决方法[J]. 福建农业,2012(8):26.
- [4] 闫克玉,赵献章. 烟叶分级[M]. 北京:中国农业出版社,2003.
- [5] 王德华. 优质烤烟施肥、采收和烘烤关键技术研究[D]. 郑州:河南农业大学烟草学院,2008.
- [6] 李玉娥,尹启生,宋纪真. 烟草酶促棕色化反应及调控技术研究进展[J]. 中国烟草科学,2008,29(6):71-77.
- [7] 尹建雄,卢红. 烟草中多酚化合物及多酚氧化酶研究进展[J]. 广西农业科学,2005,36(3):284-286.
- [8] NEVILLE A, CALVIN C, MICHAEL B. A comparative study of the mineral nutrients in grey and non-grey flue-cured tobacco[J]. Canada Journal Plant, 1981, 61:703-710.
- [9] GAYED S K. Tobacco diseases[R]. Agriculture Canada, 1964:56.
- [10] 何伟,郭大仰,李永智,等. 形成灰色烤烟的原因及机理[J]. 湖南农业大学学报:自然科学版,2007,33(2):167-169.
- [11] 张银军. 灰色烟叶的成因和防治技术研究[D]. 长沙:湖南农业大学,2008.
- [12] ELLIOT J M, BACK M E. A preliminary study of grey tobacco in Ontario [J]. Tobacco Science, 1963, 7:105-109.
- [13] 刘国顺. 烟草栽培学[M]. 北京:中国农业出版社,2003.
- [14] SHEEN S J. Correlation between chlorophyll and chlorogenic acid content in tobacco leaves[J]. Plant Physiol, 1973, 52:422-426.

2.91 g;母本糖枣、长枣、南方冬枣、酸元枣、药枣含量次之,分别为2.63、1.84、1.38、1.31、1.30 g;而瓜枣、光皮枣含量最低,仅为1.08、1.10 g。多糖含量高与含量低枣品种之间含量相差达2.6倍。

不同品种枣果实多糖含量差异较大。由表3可见,16个品种枣果中,多糖含量均值为5.25%,其中以小米枣、子代糖枣含量最高,分别为9.75%、9.06%,均值达到了9.41%;母本糖枣、酸元枣、药枣、长枣、玉泉八号和南方冬枣次之,分别为8.82%、6.20%、5.89%、5.56%、5.54%、5.23%;而光皮枣、瓜枣含量最低,仅为2.45%、2.54%;多糖含量高与含量低枣品种之间含量相差达3.9倍。通过方差分析,无论是多糖粗提物还是多糖含量,其 $F > F_{0.01}(15, 32)$,差异达极显著水平,说明不同枣品种间多糖粗提物及其多糖含量差异极为显著。

对比多糖含量与多糖粗提物含量还可看出,两者基本上存在一一对应的关系,多糖粗提物含量高的枣品种其多糖含量也相对高一些;多糖含量组内均方为0.009,多糖粗提物质量组内均方为0.017,对比两者组内均方可知,多糖含量测定具有很高的稳定性,多糖粗提物测定其稳定性相对较低一点。

表3 不同品种枣果中多糖粗提物及多糖含量

枣果名称	多糖粗提物含量//g	多糖含量%	枣果名称	多糖粗提物含量//g	多糖含量%
方头枣	1.21	3.55	大米枣	1.16	4.91
小米枣	3.02	9.75	玉泉八号	1.27	5.54
子代糖枣	2.79	9.06	酸枣	1.12	3.55
母本糖枣	2.63	8.82	酸元枣	1.31	6.20
长枣	1.84	5.56	军枣	1.12	2.87
光皮枣	1.10	2.45	牛奶枣	1.18	4.32
鸡蛋枣	1.24	3.84	瓜枣	1.08	2.54
药枣	1.30	5.89	南方冬枣	1.38	5.23

3 结论与讨论

枣资源多种多样,资源基因差异大,不同品种枣果实多糖的含量存在较大差异。该试验结果表明,不同枣品种间多糖含量最高与最低相差达3.9倍,其中小米枣与子代糖枣多糖含量高达9%以上,具有很高的多糖加工利用价值,值得开发利用。

试验过程中始终保持65℃左右的温度,既能提高试验效率,又能避免因温度过高导致枣多糖颜色过深;通过水浴超声所浸提出的粗多糖经乙醇沉淀、洗涤,丙酮洗涤,Sevag试剂除蛋白,可除去大量脂溶性物质、色素、单糖、蛋白质等进而使测定结果更加精准。该试验研究显示,苯酚-硫酸法较为稳定,准确率和精密度高,而且重现性好,可作为枣多糖含量的测定方法。

参考文献

- [1] 国家药典委员会. 中国药典[S]. 北京:中国医药科技出版社,2010:21-22.
- [2] 何峰,潘勤,闵知大. 枣属植物化学成分研究进展[J]. 国外医药·植物分册,2005,20(1):1-5.
- [3] 陈辉. 食品原料与资源学[M]. 北京:中国轻工业出版社,2007.
- [4] 李进伟. 金丝小枣多糖的研究[D]. 无锡:江南大学,2006.
- [5] 姚文华,尹卓容. 大枣的研究[J]. 农产品加工·学刊,2006(2):28-31.
- [6] 赵爱玲,李登科,王永康,等. 枣树不同品种、发育时期和器官的水溶性多糖含量研究[J]. 山西农业科学,2012,40(10):1040-1043.
- [7] 张惟杰. 糖复合物生化研究技术[M]. 2版. 杭州:浙江大学出版社,1999.
- [8] 何余堂,潘黎明. 植物多糖的结构与活性研究进展[J]. 食品科学,2010,31(17):493-496.
- [9] SPILLER G A. Dietary fiber in prevention and treatment of disease[M]// SPILLER G A. CRC handbook of dietary fiber in human nutrition. Washington: CRC Press LLC,2001:363-431.
- [10] 顾有方,董策龙,陈会良,等. 大枣多糖对大鼠血清自由代谢的影响[J]. 中国中医药科技,2007,14(S1):347-348.
- [11] ZHANG H,JIANG L,YE S,et al. Systematic evaluation of antioxidant capacities of ethanolic extract of different tissues of jujube from china[J]. Food and Chemical Toxicology,2010(48):1461-1465.
- [12] 吴娜,杨洁,许海燕,等. 若羌大枣多糖的分离纯化及抗氧化活性的研究[J]. 天然产物研究与开发,2009,21(2):319-323.

(上接第6369页)

- [15] 王爱华,王松峰,官长荣. 氮素用量对烤烟上部叶片多酚类物质动态的影响[J]. 西北农林科技大学学报,2005,33(3):57-60.
- [16] 郭永新,王岩,刘德玉,等. 烤烟不同部位叶片中氮磷钾含量的变化[J]. 现代化农业,2008(6):26-27.
- [17] 何永秋,刘国顺,母海勇,等. 不同钾肥组合对烤烟质体色素及降解产物的影响[J]. 土壤,2013,45(3):495-500.
- [18] 徐增汉,王能如,王书茂,等. 不同采收方式对烤烟上部叶烘烤质量的影响[J]. 安徽农业科学,2001,29(5):660-662.
- [19] 闻刚,赵铭钦,李小勇,等. 烤烟生长过程中多酚及相关酶活性的动态变化[J]. 江西农业学报,2013,25(2):98-100.
- [20] 兰俊荣,靖军领,黄一兰,等. 不同成熟度烟叶烘烤过程中多酚氧化酶活性变化[J]. 现代农业科技,2010(23):54-56.
- [21] 王能如,方传斌,徐增汉,等. 烤烟上部叶采收成熟度试验[J]. 烟草科技,1993(5):32-33.
- [22] 徐建平,胡选彪,朱颖勋,等. 不同采收方法对烤烟上部叶烘烤质量及烤烟产量的影响[J]. 安徽农业科学,2006,34(8):1609-1610.
- [23] 赵元宽. 顶部烟叶带茎烘烤试验简报[J]. 烟草科技,2004(4):36-39.
- [24] 崔国明,孟凡军. 浅析烟叶挂灰的原因及解决方法[J]. 科技咨询导报,2007(20):255.
- [25] 谭青涛,杨杰. 含水量大的上部烟叶产生挂灰的原因及对策[J]. 科技资讯,2011(6):47.
- [26] 杨杰,谭青涛,朱先志,等. 含水量大的上部烟叶产生挂灰的原因及对策[J]. 科技资源,2011(6):47.
- [27] 马云红,马维广,邢世东. 控制烘烤温湿度解决烟叶汗斑、烤红、挂灰问题的试验研究[J]. 农业科技与装备,2009(2):72-74.
- [28] 吕永华,詹寿,马武军,等. 石灰、钙镁磷肥对烤烟生产及土壤酸度调节的影响[J]. 生态环境,2004,13(3):379-381.
- [29] 王世济,赵第银,崔仁权,等. 缺镁对烟叶内外观质量影响初探[J]. 安徽农学通报,2010,16(7):80-82.
- [30] 李章海,宋泽民,黄刚,等. 钼对烤烟烘烤过程中酶促棕色化和烟叶质量的影响[J]. 中国烟草科学,2011,32(3):46-50.
- [31] 张纪利,李章海,李余湘,等. 钼对烤烟烘烤过程中酶促棕色化反应相关指标的影响[J]. 烟草科技,2010(10):52-55.
- [32] 余金恒,代丽,刘霞,等. 采收方式对烤烟上部叶烘烤过程生理特性及品质的影响[J]. 云南农业大学学报,2009,24(2):210-215.
- [33] 薛焕荣,谭青涛,蒋本利,等. 解决烟叶挂灰的几项技术措施[J]. 中国烟草科学,1999(1):49-50.
- [34] 李尼抗,卢红,杨焕文. 烘烤过程中多酚氧化酶抑制剂对烤烟多酚的影响[J]. 云南农业大学学报,2007,22(1):71-75.
- [35] 韩富根,韩锦峰,赵铭钦,等. 烤烟叶片多酚氧化酶和抗坏血酸氧化酶活性影响因素研究[J]. 河南农业大学学报,2004,38(4):432-435.
- [36] HE Q,LUO Y G,CHEN P. Elucidation of the mechanism of enzymatic browning inhibition by sodium chlorite[J]. Food Chemistry,2008,110:847-851.
- [37] 任杰,李雨江,包可翔,等. 亚氯酸钠对烤烟酶促棕色化反应及烟叶质量的影响[J]. 中国农业大学学报,2012,175(5):81-85.
- [38] 李玉娥,尹启生,宋纪真,等. 烤烟中多酚氧化酶促褐变反应抑制剂的筛选[J]. 烟草科技,2008(11):40-44.
- [39] 李玉娥,宋纪真,蔡杰杰,等. 多酚氧化酶抑制剂对烟叶质量的影响[J]. 烟草科技,2009(8):56-61.