

方朝阳,钱建财,张莉,等. 烤烟糖碱比及影响因素研究进展[J]. 江苏农业科学,2025,53(7):10-21.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2025.07.002

## 烤烟糖碱比及影响因素研究进展

方朝阳<sup>1</sup>, 钱建财<sup>2</sup>, 张莉<sup>2</sup>, 杨超飞<sup>3</sup>, 闫凤丹<sup>3</sup>, 黄五星<sup>1</sup>

(1. 河南农业大学烟草学院, 河南郑州 450046; 2. 江苏中烟工业有限责任公司, 江苏南京 210015;

3. 三门峡市烟草公司渑池县分公司, 河南渑池 472400)

**摘要:**近年来,随着卷烟工业企业不同品牌对原料差异化需求的发展,糖碱比被广泛应用于烟草质量评价。糖碱比是从酸碱平衡角度判断烟叶化学成分协调性的重要指标,与烟草质量密切相关。鉴于糖碱比对卷烟配方质量和经济效益的直接影响,研究者对烤烟糖碱比与烟叶质量的关系以及不同因素对糖碱比的影响开展了大量研究,旨在明确糖碱比对烟叶质量的具体影响,探究影响糖碱比的关键因素。本文以文献计量法为基础,分析 1998—2022 年关于烟草糖碱比的研究趋势,综述了烤烟糖碱比与外观质量、物理特性、常规化学成分、感官质量等其他质量指标之间的关系;并从品种、生态条件、关键栽培措施、采烤与调制 4 个方面探讨了影响烤烟糖碱比的主要因素,总结分析了不同因素对烤烟糖碱比的具体影响;最后,讨论了烤烟糖碱比在烟草质量评价的应用中存在的问题,提出了现阶段关于烤烟糖碱比影响因素的研究存在的局限性,并在此基础上展望了未来的研究方向,以期为糖碱比在烟草质量评价中的科学应用以及通过有效调控糖碱比提升烟草的工业价值提供参考。

**关键词:**烤烟;糖碱比;质量;品种;生态;栽培

**中图分类号:**S572.04;TS44 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2025)07-0010-12

烟草是重要的模式植物和经济作物,而烟叶的质量直接影响到卷烟产品的优劣。烟叶质量是一个综合性概念,是对烟叶包括外观质量、物理特性、化学成分协调性和感官评吸质量等因素的综合评价<sup>[1]</sup>。影响烟草质量的因素众多,对于烤烟而言,化学成分是烟叶外观质量和物理特性的物质基础,其协调性是影响感官质量的重要因素。烟叶化学

成分含量及其协调性直接影响烤烟质量与工业利用价值。因此,对烤烟化学成分与其质量之间的关系进行深入研究具有重要意义。而烟草化学成分复杂多样,找出影响烟草质量的关键指标可提高人们对烟草质量评价的效率。烟草化学成分中还原糖与烟碱的比值简称糖碱比,糖碱比主要反映烟气酸碱平衡,是判断烟叶化学成分协调性的重要指标。烟叶燃烧时,糖类的热解产物呈酸性,而烟碱的热解产物则呈碱性。当烟叶中的糖碱比达到协调状态时,烟气中的酸性物质和碱性物质含量达到平衡,烟气口感醇和,刺激性小,使烟叶在保持良好的吸味和香气的同时,也具备了适宜的劲头和浓度<sup>[2-7]</sup>。而当糖碱比过高时,尽管抽吸时的烟味较

收稿日期:2024-05-07

基金项目:江苏中烟工业有限责任公司科技项目(编号:20220729)。

作者简介:方朝阳(2000—),男,河南洛阳人,硕士研究生,主要从事烟草品质生态与质量评价研究。E-mail:fzyatl@126.com。

通信作者:黄五星,博士,副教授,主要从事烟草品质生态与质量评价研究。E-mail:wxyang@henau.edu.cn。

12;701683.

[62] Zhang K, Zhuang X J, Dong Z Z, et al. The dynamics of N<sup>6</sup>-methyladenine RNA modification in interactions between rice and plant viruses[J]. *Genome Biology*, 2021, 22(1):189.

[63] Han C Y, Zhang F, Qiao X, et al. Multi-omics analysis reveals the dynamic changes of RNA N<sup>6</sup>-methyladenosine in pear (*Pyrus bretschneideri*) defense responses to *Erwinia amylovora* pathogen infection[J]. *Frontiers in Microbiology*, 2022, 12:803512.

[64] Guo T L, Liu C H, Meng F X, et al. The m<sup>6</sup>A reader MhYTP2 regulates *MdMLO19* mRNA stability and antioxidant genes

translation efficiency conferring powdery mildew resistance in apple [J]. *Plant Biotechnology Journal*, 2022, 20(3):511-525.

[65] Xu M Q, Zhang X Y, Dhanasekaran S, et al. Transcriptome analysis of postharvest pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai) in response to *Penicillium expansum* infection [J]. *Scientia Horticulturae*, 2021, 288:110361.

[66] Xu M Q, Godana E A, Dhanasekaran S, et al. Comparative proteome and transcriptome analyses of the response of postharvest pears to *Penicillium expansum* infection [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2023, 196:112182.

为温和,但劲头较小,使得烟味显得较为寡淡;相反,如果糖碱比过低,抽吸时则会感受到强烈的烟味和较大的刺激性,甚至伴随有苦味<sup>[8]</sup>。研究表明,糖碱比对烟叶感官品质有较大影响<sup>[9]</sup>。赵蓉蓉等对烟草常规化学成分与感官质量进行灰色关联分析,结果表明,糖碱比与大多数的感官指标有高度的关联性<sup>[10]</sup>,与李东亮等的研究结果<sup>[11]</sup>一致。杨佳玫等的研究也表明,糖碱比与烟叶感官评吸质量指标关联较大,对烟叶的感官品质特征具有显著影响<sup>[12-13]</sup>。多项研究表明,在一定范围内,通过增加糖碱比,可有效提升烤烟的感官评吸质量<sup>[14-22]</sup>。而烤烟糖碱比的大小与气象因子、土壤因子密切相关,也因品种、栽培措施和部位的不同而有不同程度的差异。

一般认为,优质烤烟的糖碱比在 6~12 范围内,糖碱比越接近 10 的烤烟品质越好<sup>[23]</sup>。喻奇伟等的研究表明,毕节烟区烤烟糖碱比在 8.00~21.99 范围内的烟叶评吸总分较高<sup>[24]</sup>,这与李肃等对四川烟区烤烟的研究结果(8.00~24.00)<sup>[25]</sup>相似。而许威等的研究表明,赣州烟叶 C3F 和 B2F 的糖碱比在 4.30~14.00 的范围内,评分较高<sup>[26]</sup>。陈胜利等的研究表明,我国烤烟主产区中部叶糖碱比在 3.00~28.01 之间,不同品种烤烟糖碱比存在显著差异<sup>[27]</sup>。说明烤烟糖碱比与其质量的关系复杂,不同生态区以及不同烤烟品种的糖碱比有很大差异,仅凭糖碱比接近 10 的程度来判断烤烟化学成分的协调性及品质显然不合理。鉴于此,各烟区应结合当地生态条件、烤烟品种以及工业需求来确立相应的糖碱比评价标准和范围。因此,本研究综述了烤烟糖碱比与烟草其他质量指标的关系,同时总结分析了影响烟草糖碱比的主要因素,以期烟草质量评价以及通过调控糖碱比提升烟草工业价值提供参考。

## 1 烟草糖碱比研究趋势分析

以 2022 年为基准,回溯至 1998 年,对这一时期内国内烟草糖碱比研究趋势进行深入分析。在中国知网数据库(CNKI)以“烟叶糖碱比”为主题,文章发表时间设为 1998-01-01 至 2022-12-31 进行高级检索,共检索出文献 597 篇,删除国内会议、成果及其他不符合要求的文献,最终得到 581 篇文献。

对 1998—2022 年间与烟草糖碱比相关的中文研究论文数量进行统计,每 5 年的发文量分布如图

1 所示。发文量趋势线的  $R^2$  为 0.980 1,表明趋势线可靠。CNKI 的数据显示,国内烟草糖碱比的研究可分为 3 个阶段,在 2007 年之前,我国对于烟草糖碱比的研究相对较少,处于停滞期;然而,从 2007 年开始至 2017 年,这一领域的研究经历了快速增长期,发文量显著上升,在 2013—2017 年间,发文量达到了最大值,共计 215 篇。自 2017 年以后至 2022 年,研究进入了稳定期,发文量逐年递减,但维持在平均每年 24 篇左右的发文量。

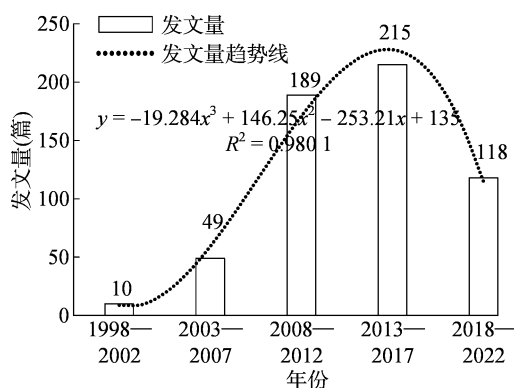


图1 烟草糖碱比研究每 5 年发文量分布

## 2 烤烟糖碱比与烟叶质量的关系

### 2.1 烤烟糖碱比与烟叶外观质量的关系

烟叶的外观质量和内在质量之间存在着密切的联系,烟叶的化学成分是其外观质量的内在基础,而外观质量则是内在质量的直观表现。邓小华等在研究烟叶糖碱比与色度的相关性时,得出了一致的结论,即烟叶糖碱比与色度之间存在负相关关系<sup>[28-30]</sup>。同时,邓小华等在烟叶糖碱比与油分的相关性上的研究结果<sup>[28-30]</sup>一致,表明烟叶糖碱比与油分之间存在负相关关系。于川芳等在烟叶糖碱比与成熟度相关性上的研究结果<sup>[29-31]</sup>一致,表明烟叶糖碱比与成熟度呈正相关关系。蔡宪杰等在烟叶糖碱比与厚度相关性上的研究结果一致,表明烟叶糖碱比与厚度呈负相关<sup>[32-33]</sup>。邓小华等在烟叶糖碱比与叶片结构分值相关性上的研究结果<sup>[28,31]</sup>一致,认为烟叶糖碱比与叶片结构分值呈负相关关系,而刘大双等的研究结果<sup>[30,33]</sup>则一致表明烟叶糖碱比与叶片结构分值呈正相关关系。综上所述,可初步判断,烟叶糖碱比与叶片成熟度分值呈正相关关系,与叶片色度、厚度、油分呈负相关关系,在烟叶糖碱比与叶片结构分值相关性上的研究存在分歧,需进一步探讨和研究。

## 2.2 烤烟糖碱比与烟叶物理特性的关系

烟叶的物理特性是指对烟叶品质和工艺加工有直接影响的物理因素,它对卷烟生产过程、产品风格、成本及其他经济因素都存在影响<sup>[34]</sup>。烤烟物理特性是烟叶化学成分及其协调性的外在表现,化学成分及其协调性在不同程度上对烟叶的物理特性起着决定性作用<sup>[28]</sup>。冯连军等采用了灰色关联度分析法研究了烟叶的物理特性与糖碱比之间的关联性,结果表明,与下部叶糖碱比关联度最大的物理特性指标为叶质重,其次为单叶重;与中部叶糖碱比关联度最大的物理特性指标为叶面密度,其次为叶质重;与上部叶糖碱比关联度最大的物理特性指标为叶质重,其次为叶面密度<sup>[35]</sup>。李东亮等的研究表明,中部烟叶的糖碱比随叶长和叶宽的增加而增大,随单叶重和叶片厚度的增加而逐渐下降<sup>[36]</sup>。邓小华等的研究表明,糖碱比与开片度和平衡含水率呈正相关关系,与单叶重、叶片厚度和叶面积质量呈负相关关系<sup>[28]</sup>。马红辉等的研究表明,烟叶叶面密度和平衡含水率随糖碱比的增加而增加,叶片含梗率与糖碱比呈负相关关系<sup>[37]</sup>。综上所述,可初步判断,烟叶糖碱比与叶长、叶宽、叶面密度和平衡含水率呈正相关关系,与叶片厚度和叶片含梗率呈负相关关系。

## 2.3 烤烟糖碱比与烟叶常规化学成分的关系

烟叶化学成分是进行烟叶质量评价的基础。目前,烟叶常规化学成分检测包括总氮、总植物碱(烟碱)、水溶性总糖(简称总糖)、还原糖、淀粉、钾、氯等含量的测定。基于这些测定结果,可以进一步计算出糖碱比、两糖比、两糖差、钾氯比、氮碱比等关键指标,以此来全面评判烟叶的化学成分及其协调性<sup>[38]</sup>。烤烟糖碱比是烟叶化学成分协调性的重要指标之一。孙敏等对湖南浓香型主产烟区烟叶样品进行了常规化学成分的测定与相关性分析,结果显示,烟叶中的糖碱比与总糖含量、还原糖含量、钾含量以及氮碱比之间存在正相关关系,而与总氮含量和烟碱含量存在负相关关系,与氯含量和钾氯比则没有显著相关性<sup>[39]</sup>。这一结果与其他人的研究结论<sup>[40-43]</sup>相似。因此,可以初步认为烤烟糖碱比与还原糖含量、总糖含量呈正相关关系,与烟碱含量、总氮含量和氮碱比呈负相关关系。

## 2.4 烤烟糖碱比与烟叶感官质量的关系

烤烟糖碱比与感官质量关系密切。李洪勋等的研究表明,化学成分及相关指标中糖碱比对评吸

总分影响最大,且对评吸总分产生了正向作用<sup>[20]</sup>。长期以来,烟草科研工作者对烟草糖碱比与感官质量的关系做了大量研究(表1)。各研究在糖碱比与感官质量中的杂气、浓度、劲头、刺激性和余味得分的关系上基本一致,而在糖碱比与感官质量中的香气质和香气量得分的关系上存在分歧。多数研究结果表明,糖碱比与香气质得分呈正相关关系,邓小华等的研究表明,糖碱比与香气质得分呈负相关关系<sup>[28,44,50]</sup>。各研究在糖碱比与香气量得分的关系上分歧最大,胡建军等的研究表明,糖碱比与香气量得分呈显著正相关关系<sup>[3]</sup>。这与窦玉青等的研究结果<sup>[2,21,45,49]</sup>一致。而张国等的研究表明,糖碱比与香气量得分呈显著负相关关系<sup>[44]</sup>。这与崔英等的研究结果<sup>[17,20,28,46,50]</sup>一致。喻奇伟等对烟叶的糖碱比与感官品质指标进行回归分析,结果显示,在烤烟的糖碱比处于4~28的范围内时,烟叶香气质和香气量的评吸得分与糖碱比之间存在二次函数关系<sup>[24]</sup>,与李肃等的研究结果<sup>[25]</sup>一致。在烟叶香味物质总量中,中性组的巨豆三烯酮、大马酮、茄酮这3种香味物质最能代表烤烟的主体香味成分,其中,大马酮和巨豆三烯酮的含量越高,烤烟的香味品质就越好,茄酮含量过高会导致烤烟的香味品质变差<sup>[53]</sup>。而巨豆三烯酮、大马酮和茄酮的含量均与糖碱比呈极显著负相关关系<sup>[54-55]</sup>。这印证了喻奇伟等的研究结果<sup>[24-25]</sup>,即烤烟的糖碱比与香气质和香气量评吸得分之间存在二次函数关系。因此,上述关于糖碱比与香气质及香气量得分之间关系的研究分歧,可能是由于各研究所涉及的糖碱比范围不同所引起的。综合可知,烤烟的香气质和香气量评吸得分与糖碱比呈二次函数关系。而烤烟糖碱比与杂气、刺激性、余味得分呈正相关关系,与浓度和劲头得分呈负相关关系。这意味着,当糖碱比提高时,杂气会减少,浓度会降低,劲头会减弱,刺激性会减少,余味会更加舒适。

糖碱比还是导致烟叶香型风格特征差异的主要因素之一<sup>[56-58]</sup>。糖碱比是烟叶香型彰显程度的重要影响因素,烟叶香型风格越偏向清香型,糖碱比越高<sup>[2]</sup>。韩锦峰等对关于不同香型烤烟的常规化学成分表征指标的报道进行总结分析后认为,清香型烤烟的糖碱比通常在10~15之间,甚至可能更高;而中间香型的糖碱比则大多略超过10;浓香型烤烟的糖碱比则通常在10左右,略微偏低<sup>[59]</sup>。较高的总糖含量、还原糖含量、糖碱比是清香型烤烟

表 1 烤烟糖碱比与感官质量评分相关性

相关性							参考文献
香气质	香气量	杂气	浓度	劲头	刺激性	余味	
+	0	+	-	-	+	+	[2]
+	+	+	-	-	+	+	[3]
+	0	0	0	-	-	+	[13]
0	-	0	-	-	0	0	[17]
+	-	0	0	0	+	+	[20]
+	+	+	0	0	+	+	[21]
-	-	+	-	0	+	+	[44]
+	+	0	-	-	0	+	[45]
+	-	+	0	0	+	+	[46]
-	-	+	-	0	+	+	[28]
+	0	+	0	-	+	+	[47]
+	+	+	0	-	+	+	[48]
+	+	+	0	0	+	+	[49]
-	-	+	-	0	+	+	[50]
+	0	+	-	+	+	+	[51]
0	0	0	-	-	0	0	[52]

注：“+”表示正相关，“-”表示负相关，“0”表示无显著线性关系或研究未涉及。

重要化学成分特征<sup>[57]</sup>。相关研究表明,清香型烤烟的糖碱比显著高于中间香型和浓香型烤烟,随着烟叶香型从偏清到中间再到偏浓过渡,糖碱比有降低的趋势<sup>[60-63]</sup>。因此,不同香型烤烟的糖碱比表现为清香型>中间香型>浓香型。随着烤烟香型由清香型向中间香型再到浓香型过渡,糖碱比降低。

3 影响烤烟糖碱比的主要因素

3.1 品种

不同烤烟品种由于基因型的差异导致遗传因素不同,因此在烟株的生长发育和烟叶化学成分方面存在着诸多差异。陈胜利等的研究表明,我国烤烟主产区不同品种烤烟糖碱比存在显著差异<sup>[27]</sup>。还有研究者对云南省、临沧市、大理白族自治州、宣威市、玉溪市、红河哈尼族彝族自治州、南阳市、四川省、重庆市等烟草产区不同品种烤烟的糖碱比大小进行了研究分析,结果表明,不同产地各品种间糖碱比大小存在很大差异<sup>[64-71]</sup>。曹金莉等的研究还表明,不同等级和部位的各品种间糖碱比大小也有明显不同<sup>[66-68]</sup>。因此,为了更准确地比较分析不同烤烟品种的糖碱比,应该结合产区,针对同一等级和同一叶位的烟叶进行研究。这样,卷烟工业企业在使用烟叶原料时,就可以根据不同产区烤烟各

品种糖碱比的分布特点,更加科学合理地选择原料。

将上述关于不同品种烟草糖碱比的研究结果进行聚类分析,结果如图 2 所示,聚为 3 个类别。第 1 类品种的糖碱比最高,包括龙江 911 和中烟 100 这 2 个品种;第 2 类品种的糖碱比处于中等水平,包括红花大金元、云烟 87、CF209、NC292、翠碧一号、云烟 85、K326、KRK26、云烟 97、NC82、NC71 这 11 个品种;第 3 类品种的糖碱比则相对较低,包括云烟 203、豫烟 6 号和 NC89 这 3 个品种。

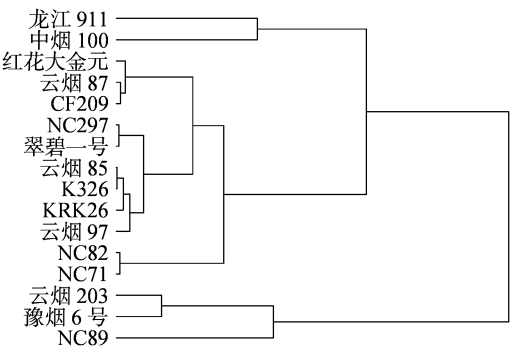


图2 不同烤烟品种糖碱比聚类分析

3.2 生态条件

3.2.1 土壤 土壤是烤烟生长所必需的生态条件之一。烤烟的营养物质主要来源于土壤。陈杰等研究发现,随着土壤质地的增重,烟叶的糖碱比呈现出逐渐降低的趋势,在沙壤土中种植的烟叶糖碱比最高,而在粉壤土、粉沙黏壤土和粉黏土中种植的烟叶,其糖碱比分别比沙壤土中的烟叶降低了 4.70%、8.86% 和 24.06%<sup>[72]</sup>。土壤的理化状况和养分含量也在很大程度上影响着烟叶的糖碱比。研究表明,烤烟糖碱比与土壤有机质含量和全钾含量呈显著正相关关系<sup>[73-75]</sup>,与土壤氯含量呈负相关关系<sup>[76]</sup>,与土壤中有效磷含量呈正相关关系<sup>[77]</sup>。烟叶总糖含量和还原糖含量随着土壤含水率的增加而增加,烟碱含量降低,糖碱比增加<sup>[78]</sup>。烤烟的糖碱比还与土壤碱解氮含量之间存在显著负相关关系<sup>[79]</sup>。土壤中的微量元素也在一定程度上影响着烟叶的糖碱比。研究表明,烤烟糖碱比与土壤有效硼含量呈极显著正相关关系,与土壤有效钼含量呈极显著负相关关系<sup>[80]</sup>。李自强等的研究也表明,烤烟糖碱比与土壤有效硼含量呈正相关关系<sup>[81]</sup>。但也有研究表明,土壤有效钼含量与烟叶糖碱比呈显著正相关<sup>[82-83]</sup>,与李孟霞等的研究结果<sup>[84]</sup>一致。还有研究表明,在一定范围内,烟叶糖碱比与土壤中有效镁含量呈正相关关系<sup>[77]</sup>。

土壤成分复杂多样,在不同成土母岩和地理环境条件下,土壤理化性状和养分含量存在很大差异。上述研究均在土壤理化性状指标的一定范围内进行研究,一些关于土壤因子对烤烟糖碱比影响的研究结果,可能仅在特定的土壤和地理环境条件下适用。

**3.2.2 气候** 气候是影响烤烟不同物质的积累和内在化学品质形成的关键因素之一。李小芳等以烤烟不同生育期的平均温度、降水量和日照时数为基础,构建了气候综合指数(CCI),并研究分析了其对烤烟糖碱比的影响,结果表明,不同生育期 CCI 对烟叶糖碱比的影响以采烤后期最大,旺长期最小<sup>[85]</sup>。李洪勋等的研究表明,各气象因子对烤烟糖碱比影响程度最大的为 4 月日照,最小的为 20 ℃ 日数<sup>[86]</sup>。姬兴杰等的研究表明,伸根期的高温日数是影响烤烟中部叶糖碱比的主要气候因素,两者间呈显著正相关关系<sup>[87-88]</sup>。

降雨方面,研究表明,烤烟糖碱比与大田期降水量呈正相关关系<sup>[89-90]</sup>。关于大田期不同生育期降水量与烤烟糖碱比关系的研究表明,烤烟糖碱比与伸根期降水量呈负相关关系<sup>[89]</sup>,与旺长期降水量呈负相关关系<sup>[91-92]</sup>,与成熟期降水量呈负相关关系<sup>[93-94]</sup>。姜俊红等的研究也表明,伸根期、旺长期和成熟期的水分胁迫可以降低糖碱比<sup>[95]</sup>。陈茂建等对大田期每个月份降水量与烤烟糖碱比的关系进行分析研究,发现烤烟糖碱比与 5 月、6 月、8 月降水量呈正相关关系,与 9 月份降水量呈负相关关系<sup>[96-97]</sup>。日照方面,研究表明,烤烟糖碱比与大田生育期日照时数呈正相关关系<sup>[90,98]</sup>。关于大田期不同生育期日照与烤烟糖碱比关系的研究表明,烤烟糖碱比与伸根期日照时数、旺长期日照时数、成熟期日照时数均呈负相关关系<sup>[89]</sup>。还有研究表明,烤烟糖碱比与 9 月日照时数、7 月日照百分率呈正相关关系<sup>[96]</sup>,与烟季 150 d $\geq 35$  ℃ 的天数和采烤期日照总时数呈显著负相关关系<sup>[99]</sup>。气温方面,刘炳清等的研究表明,烤烟糖碱比与生育期均温呈显著负相关关系<sup>[89]</sup>。而丁根胜等的研究表明,烤烟糖碱比与大田期的平均气温呈正相关关系<sup>[92]</sup>。关于大田期不同生育期气温与烤烟糖碱比关系的研究表明,烤烟糖碱比与还苗期、伸根期、旺长期的平均气温呈正相关关系<sup>[92]</sup>。还有研究表明,烤烟糖碱比与大田生育期的平均昼夜温差呈正相关关系<sup>[90]</sup>,与 $\geq 10$  ℃ 活动积温呈显著负相关关系<sup>[91]</sup>。

在同一生态环境下,气象因子,如光照、温度和水分等,通常难以通过人为手段进行直接改变。但可以通过调整烤烟的移栽期,来间接影响大田烤烟不同生长阶段所经历的气候条件,进而可以对烟草的生长发育以及糖碱比产生显著影响<sup>[100-104]</sup>。

**3.2.3 海拔高度** 海拔高度是影响烟叶化学品质的重要生态条件之一。不同海拔高度的生态环境条件存在很大差异。王文辉等的研究表明,在海拔 1 550 ~ 2 300 m 范围内,会理烟区烤烟糖碱比与海拔高度呈极显著正相关关系<sup>[105]</sup>。这与李肃等在不同烟区相似海拔高度范围内的研究结果<sup>[25,81,106]</sup>一致。不同的是,杨振智等在相似海拔高度范围内的研究表明,移栽后 95 d 时,烤烟糖碱比表现为中海拔 > 低海拔 > 高海拔<sup>[107]</sup>。这与连培康等的研究结果<sup>[108]</sup>一致。王正旭等的研究表明,在玉溪烟区 1 300 ~ 2 200 m 海拔范围内,烤烟的糖碱比随海拔高度增加呈现先增后减的趋势<sup>[109]</sup>。这说明在中海拔与高海拔之间存在一个阈值,当海拔高度超过这个阈值,烤烟的糖碱比会迅速下降,甚至低于低海拔条件下的烤烟糖碱比。这可能是由于海拔高度过高,气温降低、空气稀薄、紫外线辐射增强等生态条件变差,不利于烤烟的生长发育,并对烤烟碳代谢产生抑制作用,不利于糖分的积累。而不同烤烟品种对海拔高度的敏感性不同,马剑雄等的研究结果<sup>[110]</sup>证明了这一点。此外,不同产区相同海拔高度下,其他生态条件也可能存在差异,因此,这个阈值与烤烟品种和产区密切相关。这也一定程度上解释了上述几人在相似海拔高度下研究结果的差异。为了证明这一推论的可靠性,对相对较低海拔高度下关于海拔高度对烤烟糖碱比的影响的研究进行总结分析。在 200 ~ 1 200、700 ~ 1 700、519 ~ 1 281 m 相对较低的海拔范围内,烤烟糖碱比均随海拔升高而升高<sup>[111-113]</sup>,与高林等在相似海拔高度下的研究结果<sup>[114-115]</sup>一致。在相对较低的海拔高度下,众人的研究一致表明,烟叶糖碱比与海拔高度呈正相关关系;而在相对较高海拔条件下,有研究显示,随着海拔高度升高,烟叶糖碱比先增后降。因此,这印证了上面所述在中海拔与高海拔之间存在一个阈值的推断。

综上所述,当海拔高度 $\leq$ 阈值时,烤烟糖碱比与海拔高度呈正相关关系,随海拔升高而增加;而海拔高度超过阈值时,烤烟糖碱比随海拔高度升高迅速降低。这个阈值应根据产区和烤烟品种进行

研究确定。

## 4 关键栽培措施

### 4.1 种植密度和留叶数

种植密度的设定是烤烟生产中的重要栽培措施之一,能够调控株型结构,改变冠层的光截获和分布特征,从而影响群体光合效能和田间小气候。种植密度还能影响烟株对水、肥等资源的利用状况,进而调控烤烟的碳氮代谢过程,最终影响烟叶品质和产量<sup>[116-117]</sup>。研究表明,烤后烟叶糖碱比与种植密度呈正相关关系<sup>[118-119]</sup>。此外,前人研究也一致表明,随着种植密度的增大,烤烟糖碱比增大,而种植密度减小,烤烟糖碱比也随之减小<sup>[120-125]</sup>。这可能是由于随着种植密度的增加,田间叶面积系数增大,光线相对减弱,风速减小,使烟叶的含糖量增加,氮化合物含量降低,从而使糖碱比相应提高。留叶数的设定是烟田管理中的重要技术环节。烤烟留叶数的多少直接影响着烟株的田间生长发育情况。适宜的留叶数可以调控氮素等养分的分配和供给,改善烟田的通风透光条件,从而影响烤烟的品质。相关研究一致表明,在合理留叶数范围内,随着留叶数的增多,烤烟糖碱比升高<sup>[125-127]</sup>。

### 4.2 施肥

施肥对烤烟生长发育和产质量有显著影响。氮素是影响烟叶产量和品质最为重要的营养元素,氮有“生命元素”之称<sup>[128-130]</sup>。研究表明,随施氮量的增加,糖碱比降低<sup>[118-119]</sup>。这与前人的研究结果<sup>[131-136]</sup>一致。此外,烤烟对养分的吸收还具有阶段性、选择性等特点。谢晋等的研究表明,烤后叶片中糖碱比与硝态氮比例呈极显著正相关关系<sup>[102]</sup>。汤宏等的研究表明,随着施磷量增加,云烟 87 上部叶(B2F)的糖碱比值降低<sup>[137]</sup>。但表明磷肥的施用对烤烟糖碱比存在影响的研究较少,说明磷肥的施用对烤烟糖碱比无直接影响。钾是烤烟的重要品质元素之一,与烟叶的香气、吃味以及卷烟制品的安全性密切相关<sup>[138]</sup>。研究表明,在 247.5 ~ 341.25 kg/hm<sup>2</sup> 和 224.4 ~ 328.5 kg/hm<sup>2</sup> 范围内,随着钾(硫酸钾)用量的增加,烟叶的糖碱比降低<sup>[120,123]</sup>。也有研究表明,在 120 ~ 360 kg/hm<sup>2</sup> 和 172.5 ~ 373.5 kg/hm<sup>2</sup> 钾(硫酸钾)用量范围内,钾肥用量与烟叶糖碱比呈极显著正相关关系<sup>[139-140]</sup>。此外,钾肥的不同种类和施用方式对烤烟糖碱比的影响也有差异,研究表明,追施硫酸钾和硝酸钾肥

能显著提高中部和下部烟叶糖碱比,降低上部烟叶糖碱比;追施柠檬酸钾能显著提高上部和下部烟叶糖碱比,降低中部烟叶糖碱比<sup>[141]</sup>;叶面喷施硫酸钾和有机钾肥能提高中下部烟叶糖碱比,降低上部烟叶糖碱比,而叶面喷施磷酸二氢钾能提高上、中、下部烟叶糖碱比<sup>[142]</sup>。阚宏伟等的研究表明,施用钼肥提高了烟叶的糖碱比<sup>[143]</sup>。而周童的研究表明,烤烟增施钼元素,对烤烟不同部位烟叶糖碱比的影响存在差异,在一定范围内,降低了下部叶糖碱比,而烤烟上部叶糖碱比则随着增施钼元素呈先升高后减低的趋势<sup>[144]</sup>。

有机肥含有丰富的矿质养分和有机碳。施用有机肥不仅能够提升土壤肥力,改善土壤的理化性状和结构,还能显著增强土壤微生物的活性<sup>[145-146]</sup>。研究表明,在有机肥与无机肥混施或纯施有机肥能显著提高烤烟糖碱比<sup>[147-148]</sup>。而窦玉青等的研究则表明,施用生物有机肥的烟叶糖碱比降低<sup>[149-151]</sup>。还有研究表明,有机、无机肥配施基础上增施生物炭的施肥方式能显著增加中部和上部烤后烟糖碱比<sup>[152]</sup>,生物炭与氮肥配施可增加烤烟中上部叶的糖碱比<sup>[153]</sup>。有机酸作为有机肥的一种,也对烤烟糖碱比有一定的影响,研究表明,施用有机酸能明显提高烟叶的糖碱比,其中,苹果酸的效果最好<sup>[154-156]</sup>。有机肥因养分释放相对缓慢,难以完全替代化肥<sup>[157]</sup>。因此,有机肥与化肥的配施是目前有机肥的主要施用方式,而有机肥的不同种类以及有机肥与化肥的不同配比可能对烤烟的糖碱比产生不同的影响。

综上,在适宜的范围内,烤烟的糖碱比与氮肥的施用量之间存在负相关关系。磷肥的施用对烤烟糖碱比无直接影响。而钾肥和有机肥的施用对烤烟糖碱比存在间接影响,且不同种类、施用量范围、施用方式对烤烟不同部位的影响不同。

### 4.3 生长调节剂

植物生长调节剂是一类由人工合成的有机物质,这些物质具有植物激素的活性,能够调节植物的生长与发育<sup>[158]</sup>。武丽等的研究表明, $\alpha$ -萘乙酸(NAA)和赤霉素(GA)按 1:1 配比,在 3 ~ 12 mg/kg 浓度范围每次喷施 150 mL/株,能提高糖碱比<sup>[159]</sup>。李健忠等的研究表明,打顶后喷施 10 mg/kg GA<sub>3</sub> 和 10 mg/kg NAA 可以降低中部叶糖碱比,提高上部叶糖碱比<sup>[160]</sup>。扈强等的研究表明,打顶后喷施 50 mg/L 外源 GA<sub>3</sub> 和 30 mg/L 生长素(IAA)能够显

著增加打顶后 30 d 烤烟上部叶的糖碱比,且二者混施效果好于单施<sup>[161]</sup>。赵环宇等的研究表明,打顶后喷施 50 mg/L IAA 能提高烟叶糖碱比<sup>[162]</sup>。曹国璠等的研究表明,随着 IAA 施用量(10 ~ 50 mg/L)的增大,烟叶糖碱比表现为先增大,达到一定值后开始下降<sup>[121]</sup>。综上,对烤烟进行打顶后,在一定浓度范围内,喷施 GA、NAA、IAA 以及 GA 与 NAA 混合喷施、GA 与 IAA 混合喷施,均能有效提升上部叶的糖碱比。

#### 4.4 采烤与调制

4.4.1 采收 同一株烤烟不同采收部位烟叶内在化学成分和感官质量上表现迥异,王炽等的研究表明,烤烟糖碱比随叶位升高而降低<sup>[69,163]</sup>,与前人的研究结果<sup>[164-166]</sup>一致。此外,有研究表明,同一片烟叶不同区位的化学成分也存在差异<sup>[167-169]</sup>。郑宏斌等的研究表明,不同区位糖碱比表现为叶中部 > 叶尖 > 叶基部<sup>[170]</sup>,与李亚伟等的研究结果<sup>[171-172]</sup>相似。而周康等的研究表明,烟叶在低、中成熟度下,不同区位糖碱比表现为叶尖 > 叶中 > 叶基<sup>[173]</sup>,与王玉真等的研究结果<sup>[174]</sup>一致。王东旭等将烟叶横向分为近主脉、近中部、近叶缘 3 条区位带,糖碱比整体表现为近主脉 > 近中部 > 近叶缘<sup>[76]</sup>,与王小东等的研究结果<sup>[172]</sup>一致。这说明,烟叶不同区位的糖碱比的差异与烟叶区位的划分方法以及烟叶的发育情况有关。总之,同一张烟叶在纵向上,叶基部糖碱比大于叶中部和叶尖;在横向上,近主脉部位的糖碱比最高,近叶缘部位的糖碱比最低。同一部位不同成熟度烟叶的化学成分也存在差异<sup>[175]</sup>。李思军等对不同成熟度烤后烟叶化学成分的研究表明,随着成熟度提高,烤烟糖碱比升高<sup>[176]</sup>,与前人研究结果<sup>[171,177-178]</sup>基本一致。因此,可以初步判断,同一部位烟叶糖碱比随采收成熟度的提高而增加。

4.4.2 烘烤调制 烤烟的烘烤调制是决定其品质和经济效益的关键环节。研究表明,随着烤前晾置时间的延长,中部烟叶糖碱比呈增加趋势,上部烟叶糖碱比呈降低趋势<sup>[179]</sup>;与烤烟正常烘烤过程中变黄期时长 56 h 相比,延长变黄时间 8 h 和 16 h,糖碱比明显增高<sup>[180]</sup>;随着笼式烟夹密集烘烤装烟密度增大,糖碱比下降<sup>[181]</sup>;真空回潮后烟叶糖碱比有所降低<sup>[182]</sup>。此外,邵惠芳等还研究了松散回潮工序不同回风温度对烟叶糖碱比的影响,结果显示,当回风温度分别为 57 ℃ 和 62 ℃ 时,烟叶的糖碱比

显著高于 52 ℃ 时的水平<sup>[183]</sup>。打叶复烤是连接烤烟农业种植和卷烟工业生产的桥梁<sup>[184]</sup>。研究表明,经过打叶复烤加工工序,烟叶糖碱比升高<sup>[185]</sup>。李庆祥等对打叶复烤全线各工序对烟叶糖碱比的影响进行了研究分析,结果显示,真空回潮后,烟叶的糖碱比有所降低;铺叶解把后,糖碱比又有所上升;一润处理后,糖碱比再次降低;二润处理后,糖碱比重新上升;而在梗叶分离后,糖碱比再次降低;经过配叶储叶和复烤工艺处理后,糖碱比最终呈现升高趋势。在这些工序中,真空回潮对烟叶糖碱比的降低影响较为显著,而配叶储叶工序则对糖碱比的升高具有较大影响<sup>[186]</sup>。胡静宜等还研究了打叶复烤后片烟尺寸对糖碱比的影响,结果表明,糖碱比随着片烟尺寸的增大而升高<sup>[187]</sup>。醇化是一种国际上广泛采用的提高烟叶质量的方法,包括陈化和发酵。烟叶的自然醇化是其生化特性经过一系列变化后,最终导致其化学成分发生复杂转变的过程。王发勇等研究发现,在 0、12、24、36 个月的醇化时间节点上,烤烟糖碱比呈现出逐渐下降的趋势,且不同品种间的以上指标数值在设定时间点上的降幅均不同<sup>[188]</sup>。这与前人的研究结果<sup>[189-190]</sup>相似。根据众人研究结果绘制不同烘烤调制工序对烤烟糖碱比的影响关系图,具体如图 3 所示。

## 5 展望

目前,关于烤烟糖碱比方面已有大量研究,但在糖碱比的研究和应用上仍存在问题:(1)除了以还原糖含量与烟碱含量的比值作为糖碱比的衡量方式外,还有学者采用总糖含量与烟碱含量的比值作为研究糖碱比的依据。这种不一致性不利于对糖碱比的深入研究和讨论。因此,未来研究应统一以(还原糖含量/烟碱含量)或(总糖含量/烟碱含量)作为糖碱比的概念开展研究,或在研究中标明糖碱比值的来源。(2)一般认为,优质烤烟的糖碱比在 6 ~ 12 之间,糖碱比越接近 10 的烤烟品质越好。然而,随着对烤烟糖碱比研究的深入,总结发现,不同产区的烤烟糖碱比差异巨大,并非都遵循“糖碱比越接近 10 的烤烟品质越好”这一规律。而目前仍有许多烟草研究者以此为依据,来判断烤烟化学成分的协调性和品质。因此,应该根据产区和当地的主栽品种等,结合对应工业需求,研究制定相应的优质烤烟糖碱比对照标准和范围,有利于提高烤烟评价效率,增加烟叶工业价值。(3)影响烤



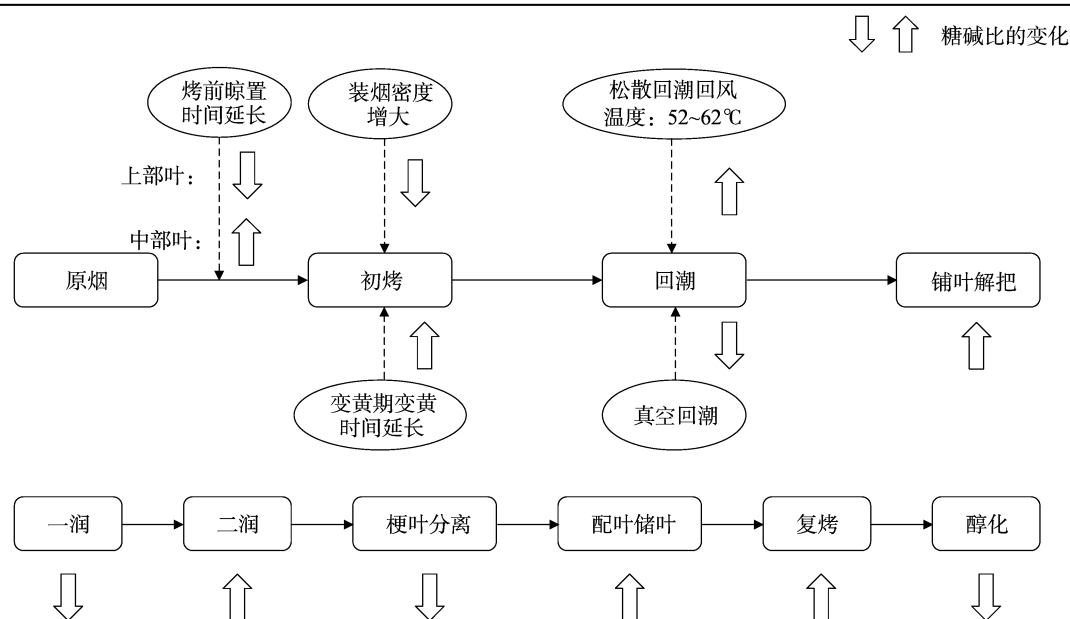


图3 不同烘烤调制工序对烤烟糖碱比的影响

烟糖碱比的因素相当复杂,这些因素包括品种、生态条件、栽培方法、采收部位、采收成熟度以及烘烤调制等。不同因素间可能还存在交互作用,甚至试验时间不同结果可能存在差异。但关于不同因素交互作用对烤烟糖碱比影响的研究较少。因此,未来关于糖碱比的研究可以侧重不同因素间交互作用对烤烟糖碱比的影响,有利于对烤烟糖碱比的精确调控。

#### 参考文献:

- [1] 阎克玉,袁志永,吴殿信,等. 烤烟质量评价指标体系研究[J]. 郑州轻工业学院学报,2001,16(4):57-61.
- [2] 窦玉青,汤朝起,王平,等. 闽西、赣中不同香型烤烟主要化学成分对吸食品质的影响[J]. 烟草科技,2009,42(11):15-20.
- [3] 胡建军,马明,李耀光,等. 烟叶主要化学指标与其感官质量的灰色关联分析[J]. 烟草科技,2001,34(1):3-7.
- [4] 章新军,任晓红,毕庆文,等. 鄂西南烤烟主要化学成分与评吸质量的关系[J]. 烟草科技,2006,39(9):58-60.
- [5] 闫克玉,王建民,屈剑波,等. 河南烤烟评吸质量与主要理化指标的相关分析[J]. 烟草科技,2001,34(10):5-9.
- [6] 张晓兵,夏琛,项波卡,等. 基于灰色关联分析的云南烟叶化学成分适宜性评价[J]. 烟草科技,2011,44(10):32-35.
- [7] 王育军,周冀衡,李强,等. 曲靖烟叶化学成分可用性及其对感官评吸质量的影响[J]. 烟草科技,2014,47(11):67-73.
- [8] 王龙,何孝强,向虎,等. 烤烟糖碱比与非挥发性有机酸、高级脂肪酸相关分析[J]. 安徽农业科学,2018,46(36):176-177,191.
- [9] 徐泽桐,刘亚相,袁帅,等. 化学成分指标对感官质量的影响及陕西省烟叶质量综合评价[J]. 西南农业学报,2018,31(9):1953-1960.
- [10] 赵蓉蓉,邵惠芳,范磊,等. 卷烟加料工序化学成分与感官质量的灰色关联分析[J]. 江西农业学报,2016,28(10):36-40.
- [11] 李东亮,胡军,许自成,等. 基于灰色统计的烤烟化学成分指标的相对重要性评价[J]. 农业系统科学与综合研究,2007,23(3):351-355.
- [12] 杨佳玫,陈颀,王玉平,等. 不同生态区烟叶化学成分和营养元素特征与感官质量的关系[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版),2015,41(4):364-368.
- [13] 王刘胜,马戎. 浓香型产区烟叶主要化学成分与风格品质特色及其关系研究[J]. 中国烟草科学,2013,34(5):28-32.
- [14] 李洪勋,潘文杰,廖勇,等. 烟叶口感与烟叶质量评价指标的关系研究[J]. 河南农业科学,2010,39(12):32-35.
- [15] 卫青,施建在,郑彬,等. 造纸法再造烟叶原料化学成分与感官质量间关系的研究[J]. 中国农学通报,2012,28(12):264-268.
- [16] 马科,蒋登科,杨雪鹏,等. 改变烟草薄片糖碱比对其感官品质的影响研究[J]. 云南民族大学学报(自然科学版),2023,32(5):569-574.
- [17] 崔英. 黔南烤烟化学成分与感官质量的典型相关分析[J]. 安徽农业科学,2017,45(33):21-25.
- [18] 赵蓉蓉,邵惠芳,范磊,等. 烘丝工序烟丝化学成分与感官质量的关系分析[J]. 中国农业科技导报,2017,19(2):93-102.
- [19] 沈晗,杨凯,任伟,等. 影响上部烟叶感官质量的主要化学成分分析[J]. 中国烟草学报,2019,25(6):18-26.
- [20] 李洪勋,潘文杰,李建伟,等. 烤烟内在化学成分含量与感官评吸指标的关系分析[J]. 湖北农业科学,2013,52(8):1836-1841.
- [21] 夏冰冰,梁永江,张扬,等. 遵义烟区上部烟叶化学成分与感官评吸的相关性[J]. 中国烟草科学,2015,36(1):30-34.
- [22] 陈祖销,过伟民,徐文韬,等. 不同生态区影响上部烟叶感官品质的关键化学成分指标筛选[J]. 江苏农业科学,2023,51(17):171-178.



- [23] 刘国顺. 烟草栽培学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [24] 喻奇伟, 符云鹏, 李 炜, 等. 毕节烟区烤烟糖碱比的区域分布特点及与感官品质的关系[J]. 烟草科技, 2015, 48(3): 14 – 18, 46.
- [25] 李 肃, 鲜兴明, 杨 杰, 等. 四川烟区烤烟还原糖与总植物碱比值的分布特点及其与评吸品质的关系[J]. 甘肃农业大学学报, 2012, 47(5): 75 – 81.
- [26] 许 威, 宋纪真, 谌 剑, 等. 赣州烟叶主要化学成分最优适宜范围研究[J]. 安徽农业科学, 2023, 51(2): 199 – 205, 211.
- [27] 陈胜利, 张玉林, 张占军, 等. 烤烟主产区烟叶糖碱比的变异分析[J]. 烟草科技, 2012(10): 73 – 76.
- [28] 邓小华, 周冀衡, 陈新联, 等. 烟叶质量评价指标间的相关性研究[J]. 中国烟草学报, 2008, 14(2): 1 – 8.
- [29] 于川芳, 李晓红, 罗登山, 等. 玉溪烤烟外观质量因素与其主要化学成分之间的关系[J]. 烟草科技, 2005, 38(1): 5 – 7.
- [30] 刘大双, 肖振杰, 解彩军, 等. 烤烟分级因素与常规化学成分的相关分析[J]. 江西农业学报, 2016, 28(8): 51 – 55.
- [31] 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.
- [32] 蔡宪杰, 左伟标, 郭 文, 等. 黄淮部分焦甜焦香型产区烤烟外观特征及其与常规化学成分和感官质量的关系[J]. 烟草科技, 2020, 53(11): 23 – 29.
- [33] 左伟标, 蔡宪杰, 王 皓, 等. 沂蒙丘陵生态区蜜甜焦香烤烟外观特征及与烟叶品质的关系[J]. 中国烟草科学, 2022, 43(1): 75 – 81.
- [34] 左天觉. 烟草的生产、生理和生物化学[M]. 上海: 上海远东出版社, 1993.
- [35] 冯连军, 朱列书, 朱静娴. 湖南烤烟烟叶主要物理特性与主要化学指标间的灰色关联度分析[J]. 安徽农业大学学报, 2012, 39(1): 140 – 143.
- [36] 李东亮, 许自成. 还原糖含量、还原糖烟碱比与烤烟形态特征的相关分析[J]. 安徽农业大学学报, 2007, 34(4): 481 – 485.
- [37] 马红辉, 许安定, 宋文峰, 等. 重庆烤烟化学成分及其协调性对物理特性的影响[J]. 西南农业学报, 2014, 27(4): 1751 – 1755.
- [38] 曹景林, 程君奇, 李亚培, 等. 烤烟常规化学成分与吸食品质关系的研究进展[J]. 湖北农业科学, 2020, 59(增刊1): 253 – 258, 262.
- [39] 孙 敏, 黎 娟, 周清明, 等. 湖南浓香型烟叶不同类型区化学成分比较[J]. 天津农业科学, 2016, 22(5): 58 – 62, 66.
- [40] 宋鹏飞, 王萝萍, 钱颖颖, 等. 不同产地、品种、仓储地点烤烟片烟陈化中化学成分的变化[J]. 西南农业学报, 2018, 31(3): 488 – 493.
- [41] 于建军, 代惠娟, 李爱军, 等. 鄂西南烤烟主要化学成分因子分析及综合评价[J]. 甘肃农业大学学报, 2008, 43(1): 98 – 101.
- [42] 张志灵, 林 隆, 张炳辉, 等. 不同部位烤烟主要化学成分特征及其与感官评吸质量的关系[J]. 江西农业学报, 2022, 34(6): 28 – 33.
- [43] 贺国强, 黄宗伟, 张立锟, 等. 不同施肥处理下烤后烟叶化学成分特点与综合评价[J]. 浙江农业科学, 2023, 64(1): 225 – 229.
- [44] 张 国, 朱列书, 李小忠, 等. 湖南烤烟评吸质量与化学成分、烟气成分关系的研究[J]. 中国农学通报, 2006, 22(2): 94 – 97.
- [45] 池敬姬, 王艳丽. 烟叶主要化学指标及其评吸质量间的相关性分析[J]. 延边大学农学学报, 2006, 28(3): 208 – 210.
- [46] 王利杰, 卢 红. 云南烤烟几个品质指标部位间关系研究[J]. 西南农业学报, 2008, 21(6): 1555 – 1558.
- [47] 常爱霞, 杜咏梅, 付秋娟, 等. 烤烟主要化学成分与感官质量的相关性分析[J]. 中国烟草科学, 2009, 30(6): 9 – 12.
- [48] 李朝建, 李晓刚. 烤烟主要化学成分与吸味品质的相关性[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2009, 35(3): 252 – 256.
- [49] 吴 春, 王志红. 烤烟评吸质量与主要化学成分相关及通径分析[J]. 贵州农业科学, 2010, 38(11): 63 – 66.
- [50] 李广才, 余玉梅, 胡建军, 等. 湖南烤烟主要化学成分与评吸质量的非线性关系解析[J]. 中国烟草学报, 2012, 18(4): 17 – 26.
- [51] 肖先仪, 徐庆凯, 黄平香, 等. 江西烤烟化学成分与感官质量典型相关分析[J]. 安徽农业大学学报, 2015, 42(5): 836 – 840.
- [52] 王建伟, 刘海轮, 段卫东, 等. 环秦岭植烟区烟叶主要化学成分特征及其与评吸质量的关系[J]. 烟草科技, 2016, 49(2): 7 – 13.
- [53] 王能如, 李章海, 王东胜, 等. 我国烤烟主体香味成分研究初报[J]. 中国烟草科学, 2009, 30(3): 1 – 6.
- [54] 赵华武, 贺 帆, 宫长荣, 等. 烤烟化学成分与主体香味成分的相关和通径分析[J]. 河南农业科学, 2012, 41(7): 42 – 46.
- [55] 赵会纳, 向章敏, 周淑平, 等. 贵州烤烟常规化学成分与中性香气物质的相关分析[J]. 西南农业学报, 2012, 25(3): 856 – 863.
- [56] 李海林, 邓小华, 李 伟, 等. 湖南浓香型产区上部烟叶化学成分特征与风格特色[J]. 中国烟草科学, 2016, 37(3): 79 – 85.
- [57] 杜咏梅, 张建平, 王树声, 等. 主导烤烟香型风格及感官质量差异的主要化学指标分析[J]. 中国烟草科学, 2010, 31(5): 7 – 12.
- [58] 常爱霞, 张建平, 杜咏梅, 等. 烤烟香型相关化学成分主导的不同产区烟叶聚类分析[J]. 中国烟草学报, 2010, 16(2): 14 – 19.
- [59] 韩锦峰, 宋娜娜. 烤烟香型表征研究[J]. 中国烟草学报, 2014, 20(6): 150 – 154.
- [60] 宁 扬, 曹建敏, 廉芸芸, 等. 凉山州不同香型风格烤烟品质对比分析[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(3): 286 – 287.
- [61] 陈 颐, 杨虹琦, 杨佳玫, 等. 不同香型烤烟香气前体物特征及其对感官评吸的影响[J]. 云南农业大学学报(自然科学版), 2016, 31(3): 489 – 497.
- [62] 张 骏, 杨征宇, 刘新民, 等. 四川会东烤烟香型风格特点及主导因子初探[J]. 中国烟草科学, 2011, 32(6): 7 – 11.
- [63] 常爱霞, 瞿永生, 计 玉, 等. 福建产区不同香型烤烟质量特征分析[J]. 中国烟草科学, 2011, 32(4): 1 – 5.
- [64] 李晓婷, 张 静, 保 华, 等. 云南 3 个主栽烤烟品种的化学成分含量和区域特征分析[J]. 云南大学学报(自然科学版), 2018, 40(5): 995 – 1005.
- [65] 李晓婷, 亚 平, 何元胜, 等. 云南省临沧烟区烤烟化学成分特征及空间分布[J]. 烟草科技, 2013(1): 53 – 57.

- [66]曹金莉,何悦,赵国明,等. 云南大理烟区主要烤烟品种的化学成分比较研究[J]. 昆明学院学报,2009,31(3):37-38,41.
- [67]梁荣,刘新民,侯小东,等. 宣威市不同烤烟品种感官质量差异及其影响因素分析[J]. 广东农业科学,2013,40(22):30-33.
- [68]高云才,刘玲,徐昭梅,等. 玉溪市不同品种烤烟烟叶化学指标差异及品质分析[J]. 烟草科技,2015,48(6):34-39.
- [69]王焱,陈兴位,阮亚男,等. 红河植烟区烟叶主要化学成分含量特征[J]. 西南农业学报,2020,33(12):2793-2799.
- [70]段宾宾,赵铭钦,王冬,等. 南阳烟区烤烟品种 NC89、云烟 87 和豫烟 6 号的适应性研究[J]. 西南农业学报,2011,24(3):863-867.
- [71]王鹏,戴亚,唐杰,等. 重庆地产烟叶最佳醇化期的常规化学成分分析[J]. 贵州农业科学,2018,46(10):37-40.
- [72]陈杰,何崇文,李建伟,等. 土壤质地对贵州烤烟品质的影响[J]. 中国烟草科学,2011,32(1):35-38.
- [73]李佳颖,刘新源,李洪臣,等. 三门峡土壤有机质含量分布特征及其与烟叶品质的关系[J]. 江苏农业科学,2016,44(12):475-479.
- [74]李敏. 广东烟区土壤养分状况与烟叶品质的关系研究[J]. 安徽农业科学,2009,37(2):699-700,752.
- [75]赵鹏力,申洪涛,徐辰生,等. 土壤与初烤烟叶成分及烤烟品质的相关性分析[J]. 河南科技大学学报(自然科学版),2021,42(2):82-87,93.
- [76]王东旭,武云杰,曾超,等. 土壤质地和氮含量对烤烟叶片区位化学成分的影响[J]. 河南农业科学,2022,51(9):35-45.
- [77]沈晗,周冀衡,赵百东,等. 云南保山市植烟土壤养分状况与烤烟化学成分相关分析[J]. 中国土壤与肥料,2012(4):22-26.
- [78]崔保伟,陆引罡,张振中,等. 水分胁迫下施氮量对烤烟生理特性及化学成分的影响[J]. 烟草科技,2009,42(5):60-64.
- [79]杨德海,赵伟金,谢益燕,等. 大理州植烟土壤理化性状与烟叶化学成分相关性分析[J]. 中国土壤与肥料,2022(1):97-103.
- [80]刘文龙,宁尚辉,曹明锋,等. 桃源县植烟土壤微量元素与烟叶常规化学成分相关性分析[J]. 作物杂志,2021(5):176-180.
- [81]李自强,刘新民,董建新,等. 罗平县海拔高度和土壤类型与烟叶化学成分的关系[J]. 中国烟草科学,2010,31(5):44-48.
- [82]常乃杰. 生态因素对云南烤烟品质影响[D]. 北京:中国农业科学院,2016.
- [83]周翔. 山东烟区生态因子与烟叶品质的关系[D]. 北京:中国农业科学院,2008.
- [84]李孟霞,李军营,文国松,等. 影响云南清香型烟叶化学品质的土壤因子分析[J]. 西南农业学报,2021,34(2):340-346.
- [85]李小芳,赵鹏,王毅,等. 陕西安康烟区生育期气候综合指数对烤烟化学成分的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版),2013,39(5):458-462.
- [86]李洪勋,唐远驹. 毕节烟叶气象因子的灰色关联分析[J]. 现代农业科技,2008(3):136-138.
- [87]姬兴杰,石英. 气候变化对河南烟区烤烟化学品质的影响[J]. 气候变化研究进展,2017,13(3):262-272.
- [88]姬兴杰,孟寒冬,左璇,等. 河南烟区主要气候因子与烤烟烟叶化学成分的关系[J]. 中国烟草科学,2017,38(1):35-41.
- [89]刘炳清,翟欣,许自成,等. 贵州乌蒙烟区气候特征及其对烟叶化学成分的影响[J]. 甘肃农业大学学报,2015,50(3):113-118.
- [90]刘先超,马君红,刘健康,等. 四川地区生态因素与烟叶化学成分的关系[J]. 西南农业学报,2014,27(6):2644-2649.
- [91]黎妍妍,许自成,王金平,等. 湖南烟区气候因素分析及对烟叶化学成分的影响[J]. 中国农业气象,2007,28(3):308-311.
- [92]丁根胜,王允白,陈朝阳,等. 南平烟区主要气候因子与烟叶化学成分的关系[J]. 中国烟草科学,2009,30(4):26-30.
- [93]张波,王树声,史万华,等. 凉山烟区气象因子与烤烟烟叶化学成分含量的关系[J]. 中国烟草科学,2010,31(3):13-17.
- [94]李杰,徐兴阳,张龙,等. 烤烟成熟期降雨对烟叶常规化学成分的影响[J]. 昆明学院学报,2017,39(6):7-12.
- [95]姜俊红,汪军,劳同浩,等. 水分亏缺对粤北烤烟品质及水分利用的影响[J]. 灌溉排水学报,2015,34(10):81-87.
- [96]陈茂建,何其晶,李成杰,等. 丽江主产烟区大田期气象条件与烟叶化学成分关系的初步研究[J]. 云南农业大学学报(自然科学),2011,26(增刊2):21-24,56.
- [97]周翔,梁洪波,董建新,等. 山东烟区降水对烟叶主要化学成分的影响[J]. 中国烟草科学,2008,29(2):37-41.
- [98]邓建华,李向阳,逢涛,等. 云南烤烟化学品质的气候生态基础分析[J]. 西南农业学报,2011,24(2):513-518.
- [99]张国,朱列书,王奎武,等. 湖南烤烟质量与气候因子的关系研究[J]. 作物研究,2005,19(4):226-230.
- [100]朱波,马君红,王龙,等. 不同移栽期对四川省会理县烟叶化学成分和香气成分的影响[J]. 江苏农业科学,2014,42(1):84-86.
- [101]张志高,李立新,饶文平,等. 不同移栽期对烤烟 K326 化学成分及中性香气成分的影响[J]. 江西农业大学学报,2015,37(3):423-428.
- [102]谢晋,严玛丽,陈建军,等. 不同铵态氮硝态氮配比对烤烟产量、质量及其主要化学成分的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2014,20(4):1030-1037.
- [103]孙延国,马兴华,姜滨,等. 烟草温光特性研究与利用:II. 气象因素对山东主栽烤烟品种生长发育及产质量的影响[J]. 中国烟草科学,2020,41(3):44-52.
- [104]苏永士,蒋伟峰,杨洋,等. 不同移栽期下气象因子与三门峡烤烟上部叶产量和品质的关系分析[J]. 河南农业科学,2023,52(5):61-73.
- [105]王文辉,袁文彬,李谨成,等. 海拔高度对会理烤烟品质及代谢组学的影响[J]. 西南农业学报,2023,36(6):1180-1187.
- [106]王斌,周冀衡,李强,等. 曲靖烟区不同海拔对烤烟化学成分及协调性的影响[J]. 云南农业大学学报(自然科学),2014,29(2):198-202.
- [107]杨振智,沈宏,刘丽娟,等. 毕节市不同海拔对烤烟新品系毕纳 1 号叶片化学成分代谢的影响[J]. 贵州农业科学,2013,41(5):47-50.
- [108]连培康,许自成,孟黎明,等. 贵州乌蒙烟区不同海拔烤烟碳氮代谢的差异[J]. 植物营养与肥料学报,2016,22(1):143-

- 150.
- [109] 王正旭,田阳阳,冯 瑜,等. 玉溪烟区海拔对烤烟主要化学成分的影响[J]. 西南农业学报,2020,33(7):1461-1466.
- [110] 马剑雄,徐兴阳,罗华元,等. 不同品种烤烟对种植海拔的敏感性[J]. 烟草科技,2009,42(3):53-55,61.
- [111] 凌天孝,李志鹏,张晓帆,等. 巫山烟区海拔高度对烤烟常规化学成分含量及其协调性的影响[J]. 江苏农业科学,2017,45(5):73-76.
- [112] 简永兴,杨 磊,谢龙杰,等. 种植海拔对烤烟石油醚提取物及常规化学成分的影响[J]. 烟草科技,2005,38(7):3-6.
- [113] 王建波,李明海,史训瑶,等. 铜仁烤烟糖含量特征及空间分布[J]. 湖南文理学院学报(自然科学版),2018,30(1):30-32,36.
- [114] 高 林,王 瑞,王卫民,等. 恩施烟区不同海拔高度对烟叶品质的影响[J]. 湖北农业科学,2013,52(10):2337-2339,2343.
- [115] 杨 超,江厚龙,许安定,等. 重庆烟区海拔高度对烤烟品质的影响[J]. 河南农业科学,2013,42(1):43-46.
- [116] 沈 杰,王昌全,何玉亭,等. 合理密植对不同株型烤烟冠层结构及光合生产特性的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2019,25(2):284-295.
- [117] Yang H J, Su F, Wang J, et al. Comparative shotgun proteomic profiles for identification of differentially expressed proteins in response to topping in *Nicotiana tabacum* leaves [J]. Acta Physiologiae Plantarum,2016,39(1):13.
- [118] 黄 佳,李 信,王子一,等. 种植密度和施氮量对烤烟碳氮代谢关键酶及品质的影响[J]. 江苏农业科学,2023,51(9):82-88.
- [119] 王玉林,孙延国,高 峻,等. 施氮量与种植密度对‘中烟 100’烟叶产量及化学成分的影响[J]. 山东农业科学,2022,54(7):113-121,134.
- [120] 汪 丽,刘 雷,杨文钰,等. 种植密度与施钾量对烤烟品质的影响[J]. 华北农学报,2007,22(增刊1):106-110.
- [121] 曹国璠,杨志华. 麦烟套作中综合措施对烤烟糖碱比的影响[J]. 江苏农业科学,2009,37(5):106-109.
- [122] 陈茂建,胡小曼,杨焕文,等. 烤烟新品种 PVH19 的种植密度产质量效应[J]. 中国农学通报,2011,27(9):261-264.
- [123] 张广富,赵铭钦,韩富根,等. 种植密度和施钾量对烤烟化学成分和香气物质含量的影响[J]. 中国土壤与肥料,2011(5):43-47.
- [124] 查宏波,石 磊,卯志勇,等. 株行距、施氮量及打顶留叶长度对云烟 97 农艺性状和化学成分的影响[J]. 烟草科技,2012(12):39-43.
- [125] 牛建行,王 冉,闫 荣,等. 种植密度和留叶数对重庆巫山云烟 97 株型和产质量的影响[J]. 西南大学学报(自然科学版),2015,37(12):9-16.
- [126] 孙红恋,史宏志,孙军伟,等. 留叶数对白肋烟叶片物理特性及化学成分含量的影响[J]. 河南农业大学学报,2013,47(1):21-25.
- [127] 穆文静,杨园园,宋莹丽,等. 施氮量和留叶数互作对烤烟 NC297 产量和质量的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版),2014,40(1):19-22,88.
- [128] 王全贞,夏贤仁,邓 涛,等. 3 种生物制剂在宣威南部烟区的防病提质效果研究[J]. 湖南农业科学,2023(2):57-62.
- [129] 贾海江,冯俊喜,吴 涛,等. 生物炭菌剂对烟草黑胫病及土壤微生物的影响[J]. 中国烟草科学,2022,43(6):68-75.
- [130] 阎海涛,常 栋,许跃奇,等. 生物炭和微生物菌剂对烤烟产质量的影响[J]. 贵州农业科学,2021,49(10):21-27.
- [131] 徐照丽,卢秀萍,李梅云,等. 烤烟新品种云烟 97 的氮肥效应[J]. 中国烟草科学,2010,31(6):41-45.
- [132] 杨跃华,李军营,邓小鹏. 云南烟区种植密度与施氮水平互作对烤烟生长及品质的影响[J]. 广东农业科学,2012,39(23):49-52.
- [133] 傅献忠,王 军. 不同施氮量对紫色土烟叶产质量及质量风格特色的影响[J]. 现代农业科技,2013(20):21-22.
- [134] 谭炳昱,刘 莉,杨永花,等. 施氮量对 NC102 品种生长发育及产质量的影响[J]. 中国烟草科学,2015,36(2):66-70.
- [135] 卢素萍,李玉娥,刘鹏飞,等. 氮用量对南阳不同基因型烤烟烟叶品质的影响[J]. 江西农业大学学报,2016,38(1):67-73.
- [136] 陈常瑜,程 森,周炼川,等. 文山州滴灌条件下减施氮肥用量对烤烟生长发育及产质量的影响[J]. 分子植物育种,2019,17(1):321-326.
- [137] 汤 宏,李向阳,王建伟,等. 施磷量对黔东南州烤烟产量品质及磷吸收利用的影响[J]. 土壤通报,2019,50(6):1418-1425.
- [138] 张映杰,闫芳芳,叶田会,等. 4 种生物制剂对烟草根结线虫防治技术的研究[J]. 中国农学通报,2019,35(8):82-85.
- [139] 戴 勋,王 毅,刘彦中,等. 不同钾肥追施量对烤烟 K326 生长及产质量的影响[J]. 中国烟草科学,2009,30(1):19-22.
- [140] 赵尊康,尹 辉,卢燕回,等. 不同施肥模式对异地种植大宁晒烟产量和品质的影响[J]. 南方农业学报,2015,46(5):787-792.
- [141] 郝浩浩,薛立新,许自成,等. 追施不同种类钾肥对烤烟品质性状的影响[J]. 中国农业科技导报,2016,18(1):136-143.
- [142] 蒋寿安,续勇波,刘晓冰. 叶面喷施不同钾肥对烤烟产质量的影响[J]. 中国农学通报,2020,36(5):42-45.
- [143] 阚宏伟,刘明亮,张纪利,等. 钼肥施用方式对烤烟化学成分和经济性状的影响[J]. 湖北农业科学,2013,52(18):4411-4414.
- [144] 周 童. 钼肥用量和施用方法对烤烟生长发育及产量品质的影响[D]. 郑州:河南农业大学,2015.
- [145] 李 亮,张佩佳,张 翔,等. 不同饼肥配比对烟田土壤生物学特性及氮素转化的影响[J]. 土壤,2019,51(4):648-657.
- [146] 季 璇,冯长春,郑学博,等. 饼肥等氮替代化肥对植烟土壤养分、酶活性和氮素利用的影响[J]. 中国烟草科学,2019,40(5):23-29.
- [147] 吴照辉,郭芳阳,李柏杰,等. 纯施有机肥对烤烟产量、产值和品质的影响[J]. 河南农业科学,2012,41(4):54-58.
- [148] 王家顺,赵 承,陆引昱. 生物有机无机复混肥对烤烟产量和品质的影响[J]. 华北农学报,2009,24(增刊1):303-306.
- [149] 窦玉青,屈建康,陈 刚,等. 生物有机肥在四川烟区应用效果初报[J]. 中国烟草科学,2015,36(3):68-71.

- [150] 申 燕,肖谋良,朱家荣,等. 喀斯特典型区有机和常规生产烤烟主要化学成分分析[J]. 南方农业学报,2015,46(11): 1958-1964.
- [151] 赵满兴,刘 慧,白二磊,等. 腐殖酸和生物有机肥替代化肥对烤烟生长及品质的影响[J]. 分子植物育种,2019,17(9): 3105-3114.
- [152] 李青山,王德权,杜传印,等. 有机无机肥与生物炭配施对烤烟生长发育和烟叶质量的影响[J]. 土壤通报,2021,52(6): 1393-1401.
- [153] 何聪莲,顾 浩,张锦韬,等. 氮肥配施生物炭对烤烟生长及烤后烟叶化学品质的影响[J]. 云南农业大学学报(自然科学版),2022,37(6):1014-1020.
- [154] 刘世亮,杜 君,化党领,等. 不同有机酸对烤烟品质和产值的影响[J]. 作物学报,2008,34(5):851-858.
- [155] 赵瑞蕊,王 林,任胜超,等. 功能微生物制剂和腐殖酸钠对烤烟生长、产量和品质的影响[J]. 西南农业学报,2012,25(1): 188-192.
- [156] 张 洁,陆引罡,余 洁. 柠檬酸对烤烟烟碱含量及糖、氮的影响[J]. 广东农业科学,2012,39(14):17-19.
- [157] 许跃奇,阎海涛,王晓强,等. 生物炭与有机肥配施对褐土烟田微生物功能多样性的影响[J]. 中国烟草科学,2020,41(5): 55-59,67.
- [158] 韩雅婷,钱建财,宋正熊,等. 不同植物生长调节剂对烟草生育期和烟叶品质的影响[J]. 江苏农业科学,2024,52(4):101-107.
- [159] 武 丽,徐晓燕,李章海,等. 不同浓度组合生长调节物质对烤烟生长和品质的影响[J]. 安徽农学通报,2008,14(21):99-100.
- [160] 李健忠,薛立新,朱金峰,等. 赤霉素和萘乙酸互作对烤烟生长、碳氮代谢及烟叶品质的影响[J]. 植物生理学报,2015,51(9):1473-1481.
- [161] 扈 强,金保锋,郑璞帆,等. 外源  $GA_3$  和 IAA 对陕南烤烟上部叶品质的影响[J]. 作物杂志,2016(6):135-141.
- [162] 赵环宇,孙光伟,王玉军,等. 植物生长调节剂对烤烟上部叶质量的影响[J]. 中国烟草科学,2019,40(2):38-43.
- [163] 张 帅,左万琦,谭 勇,等. 重庆市西阳县烤烟常规化学成分及协调性变异特征分析[J]. 江西农业学报,2020,32(12): 75-86.
- [164] 徐雪芹,陈志燕,曾德芬,等. 邵阳主烟区初烤烟化学成分部位特征分析[J]. 安徽农业科学,2009,37(33):16330-16332.
- [165] 肖先仪,张清莉,钟玉德,等. 赣州烤烟化学成分分析[J]. 安徽农业科学,2013,41(25):10412-10413,10416.
- [166] 闫洪洋,刘春奎,闫洪喜,等. 河南主产烟区烤烟化学成分分析[J]. 西南农业学报,2012,25(4):1211-1214.
- [167] 王建安,刘国顺,申洪涛,等. 烤烟调制后单叶中 4 种常规化学成分的区域分布[J]. 中国农学通报,2011,27(7):418-422.
- [168] 贺 帆,王 涛,孙建锋,等. 烟叶不同区位主要化学成分差异分析[J]. 江西农业学报,2013,25(12):49-52.
- [169] 殷全玉,许希希,张玉兰,等. 烟叶不同区位常规化学成分差异分析[J]. 湖南文理学院学报(自然科学版),2018,30(1): 21-29.
- [170] 郑宏斌,刘江豫,杜阅光,等. 浓香型烟叶分切不同段位质量变化研究[J]. 湖北农业科学,2014,53(16):3824-3827.
- [171] 李亚伟,孙温淑,许东亚,等. 豫中不同叶位和成熟度烟叶化学成分的区域分布[J]. 江西农业学报,2016,28(10):41-45.
- [172] 王小东,顾会战,郭东锋,等. 烤烟叶片不同区位化学成分含量及协调性分析[J]. 烟草科技,2021,54(6):22-29.
- [173] 周 康,李青山,张富军,等. 采收成熟度对烤烟上部叶不同分切区段质量的影响[J]. 中国烟草科学,2021,42(2):62-70.
- [174] 王玉真,卞俊萍,华一崑,等. 初烤砂烟叶面不同区位的理化特性及聚类分析[J]. 烟草科技,2023,56(8):74-85.
- [175] 朱 忠,洗可法,尚希勇. 中上部不同成熟度烤烟烟叶与主要化学成分和香味物质组成关系的研究[J]. 中国烟草学报,2008,14(1):6-12.
- [176] 李思军,郑宏斌,毕一鸣,等. 一次性采收中部 6 片烟叶的田间成熟特征及烤后质量研究[J]. 河南农业科学,2023,52(10): 30-39.
- [177] 扈 强,李旭华,卢 叶,等. 采收成熟度与留叶数对烟叶品质的影响[J]. 江苏农业科学,2014,42(3):61-64,65.
- [178] 徐增汉,王能如,李章海,等. 成熟度与挂烟棚次对烤后烟叶还原糖和烟碱的影响[J]. 安徽农业科学,2008,36(13):5471-5472,5509.
- [179] 王 行,王玉胜,邱妙文,等. 烤前晾晒时间对烟叶淀粉和总糖含量及烤后烟叶化学成分的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版),2014,40(4):358-361.
- [180] 刘腾江,张荣春,杨 乘,等. 不同变黄期时间对上部烟叶可用性的影响[J]. 西南农业学报,2015,28(1):73-78.
- [181] 王能如,余金恒,罗荣欣,等. 笼式烟架密集烘烤装烟密度对烤烟质量的影响[J]. 西南农业学报,2013,26(6):2532-2537.
- [182] 许淑红,熊安言,赵伟民,等. 真空回潮对烟叶质量的影响[J]. 烟草科技,2007,40(5):12-14,57.
- [183] 邵惠芳,赵蓉蓉,范 磊,等. 松散回潮回风温度对烟叶化学成分与中性致香物质的影响[J]. 中国农业科技导报,2016,18(6):138-145.
- [184] 王 戈,刘 威,李善莲,等. 我国烟草行业质量追溯体系建设的现状与展望[J]. 中国烟草学报,2021,27(5):90-99.
- [185] 袁逢春,龙明海,何邦华,等. 打叶复烤过程烟叶内在品质的变化研究[J]. 湖北农业科学,2013,52(1):158-160.
- [186] 李庆祥,梁 森,刘向真,等. 打叶复烤各工序对烟叶糖碱比稳定性的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版),2019,45(3):269-272.
- [187] 胡静宜,杨永锋,刘茂林,等. 打叶复烤后不同尺寸片烟的化学成分差异[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2020,48(9):89-96.
- [188] 王发勇,王玉真,刘 泽,等. 醇化过程中云南清香型烟叶的化学成分分析[J]. 西南农业学报,2023,36(8):1671-1676.
- [189] 王能如,李章海,范东升,等. 广西河池烤烟陈化特性研究[J]. 安徽农业科学,2009,37(17):7969-7971.
- [190] 周 恒,许自成,毕庆文,等. 醇化过程中烤烟片烟主要化学成分与中性致香成分的变异分析[J]. 江西农业学报,2009,21(4):1-5.