

变黄期不同成熟档次鲜烟叶素质参数间的相关性研究

李静浩¹, 白 森², 马俊桃¹, 孙光伟³, 杨艳华³, 孙敬国³, 陈振国^{3*}

(1. 河南农业大学 烟草学院, 河南 郑州 450002; 2. 广西中烟工业有限责任公司 原料部, 广西 南宁 530001;
3. 湖北省烟草科学研究院 栽培调制中心, 湖北 武汉 430030)

摘要: 探寻变黄期对变黄失水规律影响较大的鲜烟叶素质参数, 可为烟叶烘烤特性判断提供量化指标依据。试验以不同成熟度云烟 87 中部叶为研究对象, 分别检测其叶绿素、含水率、烟叶厚度、比叶质量等素质参数, 以及水分、叶绿素含量在烘烤过程中的变化速率, 并运用相关性分析法筛选出对烟叶水分散失、叶绿素降解影响较大的鲜烟叶参数。结果表明: 整个变黄期, 失水率与鲜烟叶厚度、比叶质量、叶绿素呈显著负相关; 叶绿素降解率与鲜烟叶厚度呈极显著负相关, 与比叶质量呈显著负相关。说明鲜烟叶的厚度、比叶质量、叶绿素含量是影响烟叶变黄期变黄失水特性的关键指标。

关键词: 成熟度; 鲜烟叶; 素质参数; 相关性

中图分类号: S572 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674 - 5639 (2022) 03 - 0013 - 05

DOI: 10. 14091/j. cnki. kmxyxb. 2022. 03. 003

Correlation Study on Quality Parameters of Fresh Tobacco Leaves with Different Maturity Grades in Yellowing Stage

LI Jinghao¹, BAI Sen², MA Juntao¹, SUN Guangwei³, YANG Yanhua³, SUN Jingguo³, CHEN Zhenguo^{3*}

(1. College of Tobacco Science, Henan Agricultural University, Zhengzhou, Henan, China 450002;
2. Ingredients Department, China Tobacco Guangxi Industrial Co., Ltd., Nanning, Guangxi, China 530001;
3. Cultivation and Modulation Center, Hubei Academy of Tobacco Science, Wuhan, Hubei, China 430030)

Abstract: To explore the fresh tobacco leaf quality parameters, which have a great effect on the rule of yellowing and dehydration of tobacco leaves, can provide quantitative index basis for the judgment of tobacco leaf baking characteristics. The experiment took the central leaf of cloud smoke 87 with different maturity as the research object to detect the parameters such as chlorophyll, water content, specific leaf quality and tobacco leaf thickness, as well as the changing rate of moisture and chlorophyll in the baking process. By using the correlation analysis, the fresh tobacco leaf quality parameters with great influence on leaf dispersion and chlorophyll degradation were screened out. The results showed that during the whole yellowing period, the rate of water loss and the thickness of fresh tobacco leaves, specific leaves quality, chlorophyll were significantly negatively correlated; the chlorophyll degradation rate and the thickness of fresh tobacco leaves, specific leaf quality were significantly negatively correlated; This reported that the critical indicators of yellowing and dehydration of tobacco leaves during the yellowing period are the thickness of fresh tobacco leaves, specific leaves quality, and chlorophyll content.

Key words: maturity; fresh tobacco leaf; quality parameter; correlation

目前, 烟叶烘烤特性主要是通过人为观察和暗箱实验等方法进行判断。然而, 凭借个人经验往往会受主观因素的影响, 而使用暗箱实验所需时间太

长。由于烟叶自身的素质差异会造成其烘烤特性的不同^[1], 例如类胡萝卜素含量较高的烟叶其易烤性较好, 而叶绿素含量较高的烟叶其易烤性较

收稿日期: 2021 - 05 - 06

基金项目: 中国烟草总公司湖北省公司资助项目 (027Y2019-006)。

作者简介: 李静浩 (1997—), 男, 河南周口人, 在读硕士, 主要从事烟草调制技术研究。

*通信作者: 陈振国 (1975—), 男, 湖北武汉人, 高级农艺师, 主要从事烟草栽培调制技术研究, E-mail: hbskys1@163. com.

差^[2]。烟叶的组织结构、颜色参数、自由水、束缚水含量等指标随烟叶成熟度的变化呈现规律性变化,而这些指标是影响烟叶失水的重要因素^[3-5]。同时烘烤过程中失水速率的差异、叶绿素降解的快慢及彻底与否也是分辨不同品种之间烘烤特性的重要依据^[6-7]。此外,烘烤过程中的变黄速率对烟叶的烤后质量影响显著。有研究^[1,8]表明,鲜烟叶自由水束缚水比值、前 48 h 类胡萝卜素平均降解速率、前 48, 64 h 叶绿素平均降解速率与烤后中上等烟比例具有极显著正相关关系,类胡萝卜素降解、转化产物的含量也直接影响着烤烟的香气成分。水分是影响烟叶烘烤的重要因素,正如所谓“无水不变黄,无水不坏烟”,因此,许多研究人员对多个不同含水率处理烟叶的烘烤变黄时间进行探讨,发现适宜的含水率有利于烟叶变黄,并降低干物质消耗^[9]。本研究将烟叶成熟度量化为素质参数,对其变黄期变黄失水规律进行相关分析,探讨鲜烟叶素质参数对变黄失水特性的影响,以期为烟叶烘烤特性判断提供量化的指标依据。

1 材料和方法

1.1 材料

试验于 2019 年在湖北省利川市柏杨镇烟站进行,供试品种为云烟 87,土壤为沙壤土,有机质为 2.32%, pH 为 5.77,速效氮 90.00 mg/kg,有效磷 58.63mg/kg,速效钾 125.00mg/kg。此外,该供试品种依照当地优质烟叶生产技术规程进行大田管理。

1.2 方法

试验烟叶在采收时,设置适熟烟叶、欠熟烟叶、过熟烟叶(均为中部叶的第 10~12 叶位)3 个处理(表 1),并利用小型电烤房(杨凌金叶烘干设备有限公司)依照当地常规烘烤工艺进行烘烤(表 2)。在点火前和烘烤变黄期过程中的 38, 40, 42, 44℃稳温结束时,对 3 个处理的烟叶取样,并进行生理生化指标测定。

表 1 烟叶处理及编号

编号	处理
S1	适熟烟叶
S2	欠熟烟叶
S3	过熟烟叶

表 2 烘烤工艺执行参数

阶段	干球温度/℃	湿球温度/℃	时间(含升温时间)/h
1	38	36~37	18~24
2	40	37~38	21~25
3	42	37	15~19
4	44	37	6~8
5	46	37	10
6	48	38	10
7	54	39	26~28
8	60~62	40	14~16
9	68	42	23

注:烤箱点火后,8 h 升至 38℃;38~44℃烘烤期间,升温速度为 0.5℃/h;44℃之后升温速度为 1℃/h。

1.3 测定项目及方法

叶绿素、类胡萝卜素含量测定采用分光光度法^[10];含水率、干鲜比采用常压恒温干燥法^[11];自由水、束缚水含量测定使用阿贝折射仪^[4]。此外,自束比(自由水束缚水比例)=自由水含量/束缚水含量;叶片厚度采用厚度计测量^[12];烟叶单位面积质量(比叶质量)参照 YC/T 142—2010 进行测定^[13]:使用 8 mm 孔径打孔器,在烟叶主脉两侧叶尖、叶中、叶基部对称打孔(避开支脉),每片烟叶各得 6 片小圆片,单位叶面积质量=烟叶小圆片质量/烟叶小圆片面积;绝对电导率使用 GTCON30 型便携式电导率仪测定^[14]:取 0.1 g 烟叶,浸泡于装有 10 mL 蒸馏水的试管中,将试管置于 100℃的水浴锅加热 10 min,冷却后测其绝对电导率。

1.4 数据处理

使用 Excel 2016 对试验数据进行统计,采用 SPSS 17.0 对所得数据进行 LSD 单因素方差分析和 Pearson 相关性分析。

2 结果与分析

2.1 鲜烟叶素质参数比较

由表 3 可知,欠熟烟叶的含水率最高,并与适熟、过熟烟叶间差异有统计学意义,而适熟、过熟烟叶含水率之间差异无统计学意义。除含水率、自束比、干鲜比、烟叶厚度等指标之外,其余 4 个指标在 3 种烟叶间的差异均有统计学意义,并存在一定规律:随着成熟度的不断提高,这 3 种烟叶的比叶质量(单位面积质量)、叶绿素含量、类胡萝卜素含量均呈现出:欠熟烟叶>适熟烟叶>过熟烟叶,而绝对电导率则表现为:过熟烟叶>适熟烟叶>欠熟烟叶。

表3 鲜烟叶素质参数统计

编号	含水率/%	自束比 [*]	干鲜比	烟叶厚度/ μm	比叶质量/ (mg·cm ⁻²)	绝对电导率/ (μS·cm ⁻¹)	叶绿素/ (mg·g ⁻¹)	类胡萝卜素/ (mg·g ⁻¹)
S1	84.260 b	1.579 a	0.157 a	407.720 b	25.340 b	148.900 b	0.621 b	0.180 b
S2	86.340 a	1.581 a	0.137 b	453.650 a	27.210 a	119.400 c	0.797 a	0.211 a
S3	84.740 b	1.136 b	0.156 a	393.030 b	20.320 c	166.200 a	0.399 c	0.118 c

注: 表中同列数据后不同字母表示差异有统计学意义 ($P<0.05$)。

2.2 不同成熟度烟叶烘烤过程中变黄失水规律

2.2.1 不同成熟度烟叶烘烤过程中失水特性

从表4可以看出, 过熟烟叶从点火至42℃间的各阶段失水量最高, 失去41.07%的水分; 适熟烟叶次之, 失去37.18%的水分; 欠熟烟叶水分散失难度最大, 失去30.02%的水分。在44℃稳温阶段, 欠熟烟叶失水率最高, 为13.87%; 过熟烟叶失水率次之, 为13.15%; 适熟烟叶失水率最低, 为12.83%。不同成熟度烟叶从点火至44℃失水率表现为: 欠熟烟叶>过熟烟叶>适熟烟叶。

表4 不同素质烟叶烘烤过程中失水规律

编号	项目	鲜样	烘烤关键温度点			
			38℃	40℃	42℃	44℃
S1		84.26	79.43	61.69	47.08	34.25
S2	含水率/%	86.34	82.76	68.84	56.32	42.45
S3		84.74	75.86	59.03	43.67	30.52
S1		—	4.83	17.74	14.61	12.83
S2	失水率/%	—	3.58	13.92	12.52	13.87
S3		—	8.88	16.83	15.36	13.15

2.2.2 不同成熟度烟叶烘烤过程中叶绿素降解特性

由表5可知, 3种烟叶的叶绿素降解趋势不同, 适熟烟叶呈现出先快后慢的趋势, 欠熟烟叶降解逐渐加快, 过熟烟叶则随着烘烤进行叶绿素降解

逐渐减慢。在38℃, 过熟烟叶叶绿素降解率最大, 为51.88%; 适熟烟叶叶绿素降解率次之, 为32.53%; 欠熟烟叶叶绿素降解率最小, 为22.96%。在40℃稳温阶段, 适熟烟叶叶绿素降解率最大, 为40.90%; 欠熟烟叶变黄依旧相对缓慢, 仅降解了26.98%。从点火至42℃期间, 适熟、过熟烟叶的叶绿素降解量差异不明显, 分别有90.02%和90.98%的叶绿素降解。但在40℃稳温结束时, 过熟烟叶已有87.97%的叶绿素降解, 叶面接近全黄, 而适熟、欠熟烟叶分别有73.43%和49.94%的叶绿素降解。

2.2.3 不同成熟度烟叶烘烤过程中类胡萝卜素降解特性

由表6可知, 从点火至42℃期间, 3种烟叶的类胡萝卜素降解总量要小于叶绿素降解总量, 其中: 适熟烟叶类胡萝卜素降解量最少, 仅为18.89%; 欠熟、过熟烟叶次之, 分别为35.55%和36.44%。虽然欠熟、过熟烟叶在变黄期的类胡萝卜素总降解量差异不大, 但在38℃和40℃时, 欠熟烟叶类胡萝卜素降解率分别为6.16%和7.11%, 而过熟烟叶则分别有13.56%和16.10%的类胡萝卜素被降解。在42℃稳温阶段, 欠熟烟叶类胡萝卜素降解率最大, 为22.27%, 而适熟、过熟烟叶则分别有6.67%和6.78%的类胡萝卜素降解。

表5 不同成熟度烟叶各阶段叶绿素降解规律

编号	项目	鲜样	烘烤关键温度点		
			38℃	40℃	42℃
S1		0.621	0.419	0.165	0.062
S2	叶绿素/(mg·g ⁻¹)	0.797	0.614	0.399	0.137
S3		0.399	0.192	0.048	0.036
S1		—	32.530	40.900	16.590
S2	叶绿素降解率/%	—	22.960	26.980	32.870
S3		—	51.880	36.090	3.010

表 6 不同成熟度烟叶各阶段类胡萝卜素降解规律

编号	项目	鲜样	烘烤关键温度点		
			38 ℃	40 ℃	42 ℃
S1	类胡萝卜素 /($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	0.180	0.175	0.158	0.146
S2		0.211	0.198	0.183	0.136
S3		0.118	0.102	0.083	0.075
S1	类胡萝卜素降解率/%	—	2.780	9.440	6.670
S2		—	6.160	7.110	22.270
S3		—	13.560	16.100	6.780

2.3 鲜烟叶素质参数与烘烤中变黄失水规律的相关性分析

由表 7 可知, 38 ℃ 时, 失水率与烟叶比叶质量呈显著负相关; 40 ℃ 时, 失水率与烟叶厚度、叶绿素和类胡萝卜素含量呈显著负相关, 与比叶质量呈极显著负相关; 42 ℃ 时, 失水率与烟叶厚度呈显著负相关, 与烟叶绝对电导率呈显著正相关. 整个变黄期, 即点火至 42 ℃, 失水率与烟叶厚度、比叶质量、叶绿素和类胡萝卜素含量呈显著负相关.

38 ℃ 时, 叶绿素降解率与烟叶厚度、比叶质量、

叶绿素含量呈显著负相关; 但在 42 ℃ 时, 叶绿素降解率与烟叶厚度呈极显著正相关, 与比叶质量呈显著正相关, 这可能是烟叶在变黄前期和中期易变黄烟叶叶绿素降解量大, 导致在变黄后期叶绿素含量较少, 降解减慢. 叶绿素降解率与鲜烟叶含水率不存在显著相关关系, 此结论与杨树勋等^[15]的研究结果存在差异. 整个变黄期叶绿素降解率与鲜烟叶厚度呈极显著负相关, 与比叶质量呈显著负相关. 此外, 40 ℃ 稳温期间的类胡萝卜素降解率与鲜烟叶比叶质量、类胡萝卜素含量分别呈极显著和显著负相关.

表 7 鲜烟叶素质参数与烤中变黄失水情况相关性分析

变黄失水情况	鲜烟叶素质参数							
	含水率	自束比	干鲜比	厚度	比叶质量	绝对电导率	叶绿素	类胡萝卜素
38 ℃ 失水率	-0.294	-0.538	0.294	-0.806	-0.918 *	0.657	-0.838	-0.803
40 ℃ 失水率	-0.527	-0.729	0.527	-0.932 *	-0.966 **	0.819	-0.942 *	-0.895 *
42 ℃ 失水率	-0.492	-0.587	0.492	-0.936 *	-0.703	0.937 *	-0.707	-0.764
点火至 42 ℃ 失水率	-0.462	-0.664	0.462	-0.942 *	-0.938 *	0.836	-0.900 *	-0.880 *
38 ℃ 叶绿素降解率	-0.479	-0.665	0.459	-0.937 *	-0.953 *	0.814	-0.908 *	-0.876
40 ℃ 叶绿素降解率	-0.458	-0.095	0.458	-0.738	-0.497	0.342	-0.323	-0.168
42 ℃ 叶绿素降解率	0.602	0.519	-0.602	0.982 **	0.912 *	-0.765	0.806	0.754
点火至 42 ℃ 叶绿素降解率	-0.751	-0.511	0.751	-0.989 **	-0.897 *	0.733	-0.793	-0.704
38 ℃ 类胡萝卜素降解率	0.009	-0.951	-0.009	-0.433	-0.839	0.555	-0.721	-0.801
40 ℃ 类胡萝卜素降解率	-0.536	-0.966	0.536	-0.853	-0.998 **	0.918	-0.982	-0.902 *
42 ℃ 类胡萝卜素降解率	0.982	0.475	-0.982	0.964	0.686	-0.918	0.811	0.732
点火至 42 ℃ 类胡萝卜素降解率	0.638	-0.543	-0.638	0.233	-0.307	-0.095	-0.122	-0.244

注: 表中 * 表示差异有统计学意义 ($P < 0.05$), ** 表示差异极具统计学意义 ($P < 0.01$).

3 讨论与结论

3.1 讨论

本试验结果表明, 不同成熟度处理烟叶的素质参数以及变黄失水特性差异明显. 随着成熟度的降

低, 烟叶比叶质量、厚度、叶绿素含量、组织结构密度增加^[16-18]. 由于欠熟烟叶叶片较厚、比叶质量较高, 变黄期变黄与失水较缓慢; 过熟烟叶虽然自束比较低, 但其较为疏松的组织结构, 导致烤中失水较快, 这一结果与李跃武等^[19]研究结论一致.

成熟度不同也会使烟叶的变黄特性出现差异^[20-21], 试验结果表明, 在烘烤温度达到 40 ℃ 前, 欠熟烟叶叶绿素降解率小, 变黄缓慢, 而烘烤温度达到 40 ℃ 之后, 欠熟烟叶变黄速度明显加快, 可能是此时烟叶叶绿素含量较多, 而温度的升高加速了叶绿素的降解, 该结论与魏硕等^[22] 研究结果一致. 相关性分析表明: 鲜烟叶的厚度、比叶质量对烟叶变黄期失水影响显著, 鲜烟叶厚度、比叶质量的增加会使烟叶在变黄期失水困难; 随着鲜烟叶厚度、比叶质量、叶绿素含量的增加, 烟叶在变黄期的叶绿素降解速率会减慢, 变黄难度增加. 而造成烟叶素质参数差异的因素较多, 例如烟叶的品种、部位、生长环境、大田管理等.

此外, 当前对不同烟叶的素质研究大多集中于组织结构、变黄失水均衡性与正常烟叶的差异等方面, 如何以量化的数值来表述鲜烟叶素质参数, 进而分析出影响烟叶变黄失水特性的主要参数, 对鲜烟叶素质评价、烘烤工艺制定具有重要意义.

3.2 结论

本研究初步探寻了对不同成熟度云烟 87 中部叶变黄期变黄失水特性产生影响的鲜烟叶素质参数, 结果表明, 不同成熟度鲜烟叶的厚度、比叶质量、叶绿素含量是影响烟叶烤中变黄失水特性的关键指标. 在实际生产中将这些指标进行量化处理, 可减少烘烤人员凭经验判断烟叶烘烤特性造成的误差.

【参考文献】

- [1] 周冀衡, 杨虹琦, 林桂华, 等. 不同烤烟产区烟叶中主要挥发性香气物质的研究 [J]. 湖南农业大学学报 (自然科学版), 2004, 30 (1): 20-23.
- [2] 李雪震, 张希杰, 李念胜, 等. 烤烟烟叶色素与烟叶品质的关系 [J]. 中国烟草, 1988 (2): 23-27.
- [3] 张伟娜, 庞立峰, 窦素平, 等. 烤烟鲜烟叶颜色参数与烘烤特性的关系 [J]. 山东农业科学, 2017, 49 (12): 25-28.
- [4] 聂荣邦, 唐建文. 烟叶烘烤特性研究I: 烟叶自由水和束缚水含量与品种及烟叶着生部位和成熟度的关系 [J]. 湖南农业大学学报 (自然科学版), 2002, 28 (4): 290-292.
- [5] 聂荣邦, 赵松义, 陈传孟, 等. 烤烟不同成熟度鲜烟叶组织结构研究 [J]. 湖南农学院学报, 1992 (S2): 394-400.
- [6] 武圣江, 詹军, 莫静静, 等. 不同烤烟品种 (系) 烘烤特性研究 [J]. 云南农业大学学报 (自然科学), 2019, 34 (5): 1-9.
- [7] 訾莹莹, 韩志忠, 孙福山, 等. 烤烟烘烤过程中品种间的生理生化反应差异研究 [J]. 中国烟草科学, 2011, 32 (1): 61-65.
- [8] 李淮源, 陈建军, 周诚, 等. 烤烟烘烤特性评价及其指标筛选 [J]. 西南农业学报, 2018, 31 (8): 1746-1750.
- [9] 杨树勋, 李琅, 权文彦, 等. 鲜烟叶含水率对烟叶烘烤变黄和外观及经济性状的影响 [J]. 作物研究, 2018, 32 (6): 500-503.
- [10] 邹琦. 植物生理学实验指导 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [11] 王瑞新. 烟草化学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [12] 王浩雅, 王理珉, 张强, 等. 一种测定烟叶单层厚度和层积厚度的方法: CN102095396A [P]. 2011-06-15.
- [13] 国家烟草专卖局. 烟草农艺性状调查测量方法: YC/T 142—2010 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [14] 李军营, 李大肥, 杨宇虹, 等. 烤烟幼苗响应温度胁迫的部位差异 [J]. 烟草科技, 2009 (11): 52-55, 64.
- [15] 杨树勋, 荣翔麟. 烟叶烘烤前期失水对烟叶变黄的影响 [J]. 作物研究, 2013, 27 (6): 668-671.
- [16] 冉邦定, 刘敬业, 李天福, 等. 成熟度、施肥量、留叶数与烟叶组织结构和比叶重的关系 [J]. 中国烟草, 1993 (2): 2-6.
- [17] 张丽, 艾复清, 彭剑涛. 云烟 85 不同成熟度叶片组织结构的变化 [J]. 贵州农业科学, 2013, 41 (5): 44-47.
- [18] 刘国敏. 种植密度和施氮量对烟叶组织结构发育、化学成分及产质量的影响 [D]. 广州: 华南农业大学, 2016.
- [19] 李跃武, 陈朝阳, 江豪, 等. 烤烟品种云烟 85 烟叶的成熟度 I. 成熟度与叶片组织结构、叶色、化学成分的关系 [J]. 福建农林大学学报 (自然科学版), 2002 (1): 16-21.
- [20] 张树堂, 杨雪彪, 王亚辉, 等. 不同成熟度烤烟鲜烟叶的组织结构比较 [J]. 烟草科技, 2005 (1): 38-40.
- [21] 戴勋, 王毅, 刘彦中, 等. 不同施氮量下云烟 85 不同成熟度烟叶的烘烤特性 [J]. 湖北农业科学, 2007, 46 (4): 552-555.
- [22] 魏硕, 王涛, 王松峰, 等. 烤烟变黄期叶绿素降解动力学分析 [J]. 中国烟草科学, 2017, 38 (4): 86-91.