

李青山, 矫海楠, 王传义, 等. 烟叶正背面颜色参数与色素和主要化学成分的关系研究[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(8): 332–336.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.08.096

烟叶正背面颜色参数与色素和主要化学成分的关系研究

李青山^{1,2}, 矫海楠³, 王传义¹, 谭效磊⁴, 张国超⁵, 蒋佳祝⁶, 冯冰⁶, 张玉琴^{1,2}, 徐秀红^{1,5}

(1. 中国农业科学院烟草研究所/农业部烟草生物学与加工重点实验室, 山东青岛 266101; 2. 中国农业科学院研究生院, 北京 100081;
3. 上海烟草集团北京卷烟厂, 北京 101100; 4. 山东临沂烟草有限公司, 山东临沂 276001; 5. 山东烟草研究院, 山东济南 250098;
6. 山东中烟工业有限责任公司, 山东济南 250014)

摘要:探讨烤烟成熟过程中, 鲜烟叶正背面颜色参数与色素、主要化学成分的相关关系, 为准确判断鲜烟叶成熟度提供理论依据。分析烟叶正背面的颜色参数和主要化学成分在成熟过程中的变化, 并对颜色参数与色素、主要化学成分进行简单的相关分析。结果发现, 烟叶正面颜色参数与色素的相关系数较背面大, 且正面各颜色参数与色素的相关关系达到显著或极显著水平; 烟叶背面颜色参数 C 与总植物碱呈显著正相关。表明烟叶正面颜色参数能更好地指示色素含量的变化, 背面颜色参数 C 可以指示总植物碱的变化。色差计可以作为判断鲜烟叶成熟度的辅助工具。

关键词: 鲜烟叶; 正背面; 成熟度; 颜色参数; 色素; 化学成分

中图分类号: S572.09 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)08-0332-04

烟叶采摘成熟度是衡量烟叶生产和质量的核心, 影响并决定着烟叶的加工价值^[1]。当前烟叶烘烤中出现挂灰、烤青, 烤后烟叶等级质量不高的问题通常跟采摘成熟度有一定的关系^[2]。所以, 准确判断鲜烟叶成熟度, 适时采收是烟叶生产过程中至关重要的一个环节。

目前烟叶生产中成熟度判断方法仍主要以定性描述为主, 存在较强的主观性和随意性。例如韩锦峰等根据鲜烟叶叶面与主脉的颜色变化情况判断成熟度^[3-5]。烟叶颜色是判断和确定烤烟田间成熟度的主要依据^[1,6], 又是烘烤操作的重要依据。成熟过程中烟叶颜色的变化, 实质上就是叶组织内叶绿素以及类胡萝卜素占总叶绿体色素含量比例变化的外观反映^[7]。因此, 研究鲜烟叶成熟过程中鲜烟叶颜色参数、色素含量、主要化学成分含量的动态变化及其相互关系, 找出量化烟叶成熟度的指标, 对于准确把握成熟度适时采收具有重要意义。色差计利用仪器内部的标准光源照明被测物体, 测定其 CIE 三刺激值(X, Y, Z), 然后转换成度量颜色的数值, 能够准确测定物体表面颜色。为了探讨色差计是否能够应用于判断烟叶成熟, 使烟叶适时采收。梁洪波等采用色度学方法研究烤后烟叶颜色与内在品质间的关系, 得出叶色参数与烟叶常规化学成分存在显著相关性的结论^[8-10]; 张军刚等研究了烤烟成熟过程中鲜烟叶正面颜色值与色素含量变化及相

关关系, 得出成熟过程中烤烟叶片颜色值与色素含量关系密切, 叶片颜色值变化能够指示烟叶各色素含量的变化, 色差计可以作为判断烟叶成熟的辅助工具的结论^[11]。而有关烟叶成熟采收过程中鲜烟叶背面颜色参数与色素以及主要化学成分的相关关系的研究鲜有报道。本试验从分析烟叶成熟过程中颜色参数、色素含量、主要化学成分含量的变化和叶片颜色参数与色素、主要化学成分的相关关系入手, 比较烟叶正面、背面的颜色参数与色素含量、主要化学成分含量的相关关系的大小, 以期色差计能够更好的判断烟叶成熟度提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2014 年在山东诸城洛庄烟叶试验站进行, 供试品种为 NC55。选取生产管理规范、烟叶长势一致的烟田进行取样。

1.2 试验设计

按照打顶后时间以及叶面、主脉、支脉的颜色、烟叶黄绿面积, 对 3 个部位烟叶均设置 3 个成熟度处理, 由低到高分别为 M1、M2、M3, 共 9 个处理(表 1), 用于叶片颜色参数和色素、主要化学成分含量的测定。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 颜色参数的测定 采用 CR-10 型全自动色差计, 选取具有代表性的叶片取叶中部距离烟叶主脉 5 cm 处的对称点测量叶色, 每半张叶片等距离测量 3 个点, 每张叶片则取 6 个点的平均值, 测量烟叶正背面的颜色参数[亮度值(L)、红度值(a)和黄度值(b)], 正背面测定方法一致。计算色相角(H°)、饱和度(C)和色差值(ΔE)。色相角(H°)、饱和度(C)、色差值(ΔE)的计算公式分别为: $H^\circ = a/b$ 、 $C = (a^2 + b^2)^{1/2}$ 、 $\Delta E = [(\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)^{1/2}]$ 。

收稿日期: 2015-08-05

基金项目: 国家公益性行业(农业)科研专项(编号: 201203091); 中国烟草总公司山东省公司科技重点项目(编号: 鲁烟科[2015]7号); 中国农业科学院科技创新工程(编号: ASTIP-TRIC03)。

作者简介: 李青山(1990—), 男, 山东潍坊人, 硕士研究生, 主要从事烟草调制加工研究。E-mail: 794524506@qq.com。

通信作者: 徐秀红, 硕士, 研究员, 主要从事烟草调制加工研究。E-mail: xuxiuhong@caas.cn。

表 1 各部位不同成熟度处理

部位	处理	主要外观特征			
		烟叶黄绿面积(%)	叶面颜色	主脉颜色	支脉颜色
下部	XM1	50~60	黄绿色	开始变白	
	XM2	60~70	黄绿色	变白 1/2 以上	稍见变白
	XM3	70~80	黄绿色	变白 2/3 以上	变白 3/1 以上
中部	CM1	60~70	浅黄色	变白 1/3 以上	稍见变白
	CM2	70~80	浅黄色	变白 1/2 以上	变白 1/3 以上
	CM3	80~90	浅黄至基本全黄	变白 2/3 以上	变白 1/2 以上
上部	BM1	70~80	浅黄色	变白 1/2 以上	变白 1/3 以上
	BM2	80~90	基本全黄	变白 2/3 以上	变白 1/2 以上
	BM3	90~100	基本全黄至全黄	基本全白	变白 2/3 以上

1.3.2 色素含量的测定 叶绿素、类胡萝卜素含量测定采用分光光度法^[12]。

1.3.3 主要化学成分的测定 总糖、还原糖、总植物碱、总氮、淀粉、蛋白质的检测按照中华人民共和国烟草行业标准进行,具体测定方法分别为总糖和还原糖:YC/T 159—2002《烟草及烟草制品水溶性糖的测定:连续流动法》;总植物碱:YC/T 160—2002《烟草及烟草制品总植物碱的测定:连续流动法》;总氮:YC/T 33—1996《烟草及烟草制品总氮的测定:克达尔法》;淀粉:YC/T 216—2007《烟草及烟草制品淀粉的测定:连续流动法》;蛋白质:YC/T 166—2003《烟草及烟草制品总蛋白质含量的测定:克达尔法》。

1.4 数据分析

数据采用 Microsoft Excel 2003、SPSS 19.0 进行处理与分析。

2 结果与分析

2.1 鲜烟叶颜色参数在成熟过程中的变化

2.1.1 叶片亮度值(L)在成熟过程中的变化 从图 1 可知,在烟叶的成熟过程中各部位烟叶正背面亮度值的变化趋势一致,除 BM3 处理外,各部位烟叶背面的亮度均高于叶片正面。随着烟叶成熟度的提高,各部位烟叶的正背面 L 值均不断增大。方差分析表明,下部叶各处理间正面 L 值差异均达到极显著水平,背面 L 值仅 XM2 与 XM3 间差异达到极显著水平;中部叶 CM1 与 CM2、CM3 间正背面差异均达到极显著水平,CM2 与 CM3 仅正面 L 值差异达到显著水平;上部叶正面 L 值除 BM1 与 BM2 差异达到显著水平,其他处理间差异均达到极显著水平。从不同处理间烟叶正背的 L 值的增幅来分析,可知下部叶相邻处理间较大,中部叶仅 CM1 与 CM2 相对较大,上部叶处理间相对较小。

2.1.2 叶片红度值(a)在成熟过程中的变化 由图 2 可知,烟叶成熟过程中,除下部叶外,其他部位烟叶正背面的 a 值变化趋势基本一致,各部位烟叶正面的 a 值呈增大趋势,说明成熟过程中叶面绿色逐渐褪去。方差分析表明,下部叶仅 XM2 与 XM3 的正面 a 值差异达到极显著水平;中部叶各处理间背面 a 值差异均达到显著水平;上部叶各处理间正背面 a 值的差异达到极显著水平。从各部位不同处理间 a 值的增幅来分析,下部叶、中部叶正背面间相邻处理间均较小,上部叶相邻处理间较大。

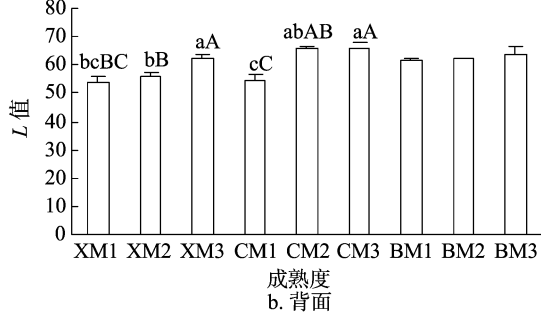
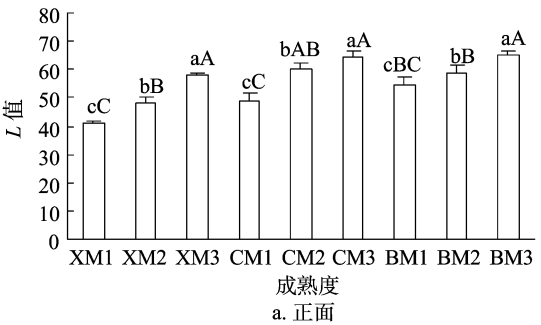


图 1 各部位不同成熟度的烟叶正背面 L 值的变化

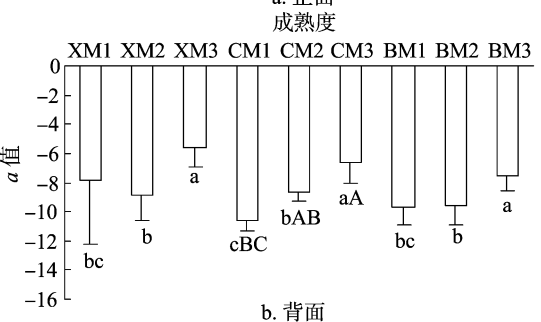
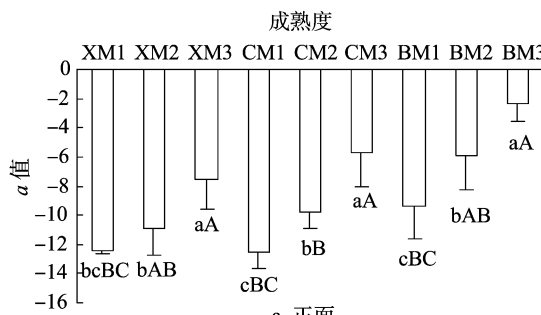


图 2 各部位不同成熟度的烟叶正背面 a 值的变化

2.1.3 叶片黄度值(b)在成熟过程中的变化 颜色参数 b

值表示从蓝到黄的变化,其正值越大,黄色越浓。由图 3 可知,各部位烟叶正背面 b 值变化趋势一致,随着成熟度的提高,各部位烟叶 b 值逐渐增大,说明叶面在成熟过程中逐渐变黄。方差分析表明,下部叶各处理间正面 b 值差异均达到极显著水平;中部叶仅 CM1 与 CM3 间烟叶正面 b 值差异达到极显著水平。不同部位各处理间正背面 b 值的增幅变化不同,相对于正面,各部位相邻处理间背面 b 值的增幅较小。

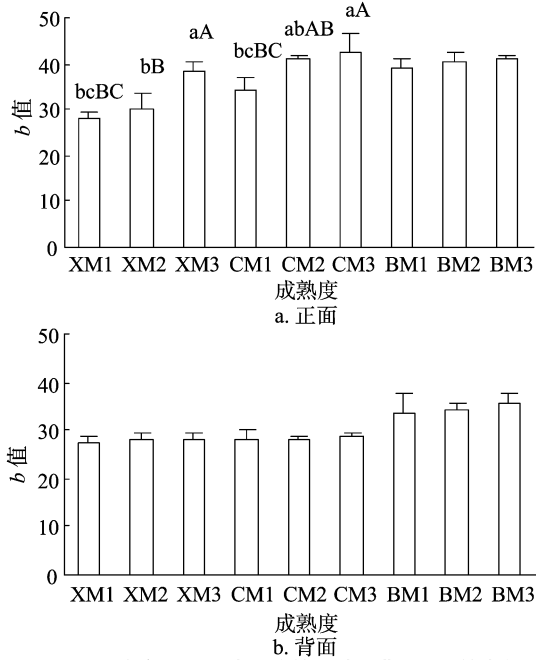


图3 各部位不同成熟度的烟叶正背面 b 值的变化

2.1.4 叶片相角(H°) 在成熟过程中的变化 色相角是颜色的基本特征,其在 $0 \sim 360^\circ$ 连续变化, 0 是红色, 90° 是黄色, 180° 是绿色, 270° 是蓝色。由图 4 可知,成熟过程中,各部位不同处理间烟叶正背面的色相角差别不大,变化趋势一致,随着成熟度的提高,各部位烟叶的正背面的 H° 均变小。方差分析表明,下部叶 XM1 与 XM2 间的正背面 H° 值的差异达到极显著水平, XM2 与 XM3 正面的 H° 值的差异仅达到显著水平;中部叶各处理间正面 H 值差异均达到极显著水平,背面 H° 值仅 CM1 与 CM2 间的差异达到极显著水平;上部叶仅 BM1 与 BM2 间面的 H° 值的差异达到极显著水平。

2.1.5 叶片饱和度(C) 在成熟过程中的变化 饱和度(C) 别称纯度,表示含色的多少,低饱和度意味着色泽稀疏暗淡,而高饱和度则表示饱满、强烈的颜色,其值为 $0 \sim 60$ 。从图 5 可知,在烟叶成熟过程中,各部位烟叶正面的饱和度均大于叶片背面,但烟叶叶片正背面饱和度的变化趋势不一致。随着成熟度的提高,叶片正面饱和度的变化趋势为:下部叶和上部叶逐渐增大,中部叶先增大再减小。叶片背面饱和度的变化趋势为:下、中部叶逐渐减小,上部叶逐渐增大。方差分析表明:各部位相邻处理间,下部叶 XM1 与 XM2 的正背面 C 值差异均达到显著水平, XM2 与 XM3 仅正面 C 值差异达到极显著水平。

2.1.6 叶片色差(ΔE) 在成熟过程中的变化 叶片色差是 L 、 a 和 b 的综合差别,其值为 $0 \sim 0.5$ 表示颜色差别极小, $>0.5 \sim 1.5$ 为稍有差异, $>1.5 \sim 3.0$ 表示感觉有点差异, $>3 \sim 6$ 表示差异显著, $>6 \sim 12$ 表示差异极显著, >12 即为

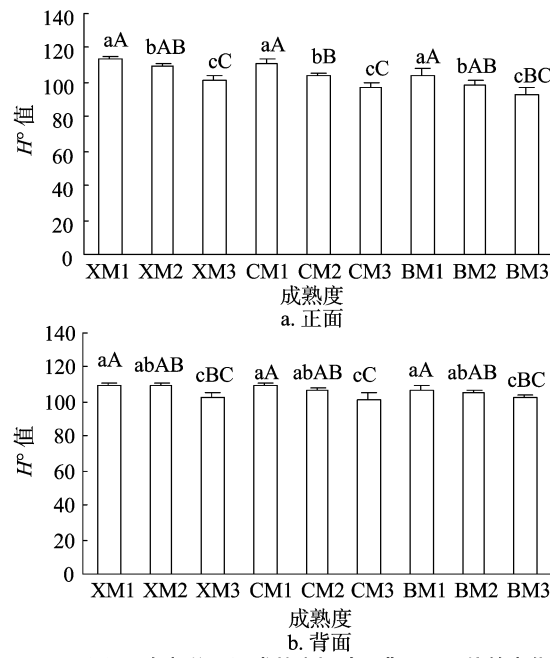


图4 各部位不同成熟度烟叶正背面 H° 值的变化

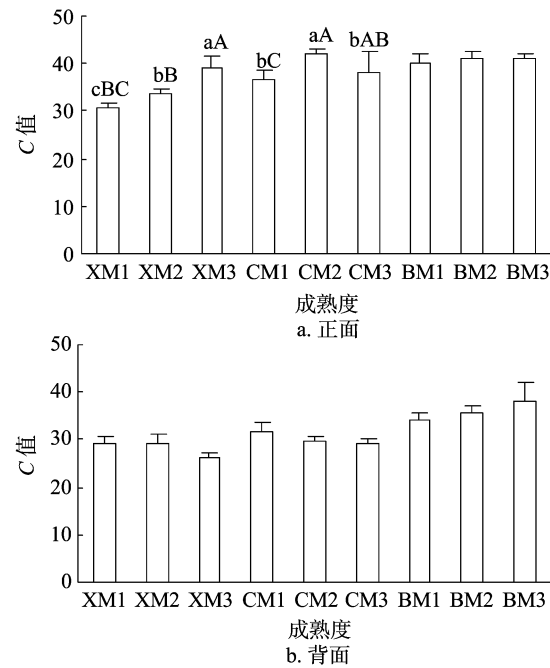


图5 各部位不同成熟度的烟叶正背面 C 值的变化

不同颜色。由表 2 可知,在烟叶的成熟过程中,各部位烟叶叶片正面的色差变化趋势不一致,随着成熟度的提高,分别为:下部叶和上部叶先减小后增大,中部叶先增大后减小。

表 2 鲜烟叶成熟过程中叶片正背面颜色色差值

下部叶色差值			中部叶色差值			上部叶色差值		
XM1	XM2	XM3	CM1	CM2	CM3	BM1	BM2	BM3
8.7	12.3	9.8	13.9	8.2	13.5	9.1	9.6	8.1

2.2 鲜烟叶在成熟过程中色素、主要化学成分的变化 表 3 显示,不同部位,叶绿素含量随着成熟度的提高而降低。对叶绿素含量方差分析表明,下部叶各处理间叶绿素含

量差异达到显著水平,且 XM1 与 XM2 间达到极显著水平;中部叶各处理间差异达到极显著水平;上部叶 BM1 与 BM2、BM3 间差异达到显著水平。各部位烟叶的类胡萝卜素含量随着成熟度的提高也表现为降低,且降解幅度随着成熟度的提高而减小。对类胡萝卜素含量进行方差分析,下部叶 XM1 与 XM2、中部叶 CM2 与 CM3、上部叶 BM2 与 BM3 间差异达到显著水平。

表 3 鲜烟叶成熟过程中不同部位主要化学成分的变化

部位	处理	还原糖 (%)	总糖 (%)	总植物碱 (%)	总氮 (%)	淀粉 (%)	蛋白质 (%)	叶绿素 (mg/g)	类胡萝卜素 (mg/g)
下部叶	XM1	2.78bB	4.59aA	1.77aA	1.86aA	16.1cC	7.94aA	0.78aA	0.094aA
	XM2	2.56cC	3.87cB	1.80aA	1.60bB	28.6aA	5.84bB	0.64bB	0.065bB
	XM3	2.91aA	4.47bA	1.54aA	1.59bB	19.0bB	4.70cC	0.56cB	0.06bB
中部叶	CM1	3.56bB	5.97aA	1.94bB	1.38bB	39.5bB	4.10bB	0.51aA	0.079aA
	CM2	2.73cC	5.33bB	2.07aA	1.44aA	40.9aA	5.85aA	0.36aA	0.057aA
	CM3	3.99aA	5.06cC	1.59cC	1.41bAB	34.4cC	5.83aA	0.24bB	0.040bB
上部叶	BM1	3.45aA	4.45aAB	1.93cC	1.65bB	34.4aA	7.00bB	0.32aA	0.052aA
	BM2	3.11cC	4.54aA	2.00bB	1.49cC	35.0aA	5.25cC	0.29bAB	0.036aA
	BM3	3.16bB	4.32bB	2.12aA	1.78aA	29.8bB	7.20aA	0.27bB	0.022bB

注:同列后不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著,不同大写字母表示在 0.01 水平差异显著;XM1 - XM3、CM1 - CM3、BM1 - BM3 分别进行多重比较。

2.3 鲜烟叶正背面颜色参数与色素、主要化学成分的相关分析

鲜烟叶成熟过程中颜色参数与色素、主要化学成分间的相关关系见表 4。烟叶正面颜色参数 *L* 与叶绿素含量呈极显著相关,与类胡萝卜素含量呈极显著相关;*a* 与叶绿素含量呈显著相关,与类胡萝卜素含量呈极显著相关;*b* 与叶绿素含量呈极显著相关,与类胡萝卜素含量呈显著相关;*H°* 与叶绿素含量呈极显著相关,与类胡萝卜素含量呈极显著相关;*C* 与叶

在鲜烟叶成熟过程中各部位 M1、M2、M3 这 3 个处理下,下部叶烟叶的蛋白质、淀粉、还原糖、总糖、总氮、总植物碱的含量先升高后小幅降低;中部叶烟叶的总糖、还原糖含量先降低后升高,总植物碱、总氮、淀粉、蛋白质的含量先升高后降低的;上部叶烟叶的总氮、蛋白质的含量先降低后升高,总糖、淀粉的含量先升高后降低,还原糖的含量则呈现不断降低的趋势,总植物碱含量不断升高。

绿素含量呈显著相关,与类胡萝卜素含量呈显著相关。烟叶背面颜色参数 *L* 与叶绿素含量呈显著相关,与类胡萝卜素含量呈显著相关;*b* 与叶绿素含量呈显著相关;*H°* 与叶绿素含量呈显著相关,与类胡萝卜素含量呈显著相关;*C* 与总植物碱含量呈显著相关。表明颜色参数与色素关系密切。

烟叶背面颜色参数 *C* 与总植物碱含量达到显著正相关。其他烟叶正背面颜色参数与各化学成分的相关关系未达到显著水平。

表 4 鲜烟叶颜色参数与主要化学成分的相关分析

		相关系数							
		叶绿素含量	类胡萝卜素含量	还原糖含量	总糖含量	总植物碱含量	总氮含量	淀粉含量	蛋白质含量
正面	<i>L</i>	-0.821 **	-0.870 **	0.319	-0.137	0.139	-0.326	0.402	-0.146
	<i>A</i>	-0.772 *	-0.886 **	0.226	-0.464	0.143	0.074	0.068	0.105
	<i>B</i>	-0.855 **	-0.736 *	0.394	-0.060	0.167	-0.434	0.511	-0.207
	<i>H°</i>	0.854 **	0.894 **	-0.308	0.336	-0.153	0.128	-0.245	0.033
	<i>C</i>	-0.733 *	-0.679 *	0.132	-0.103	0.413	-0.380	0.565	-0.252
背面	<i>L</i>	-0.725 *	-0.763 *	0.192	-0.201	0.084	-0.302	0.368	-0.037
	<i>A</i>	0.029	-0.254	-0.141	-0.436	-0.643	0.276	-0.614	0.141
	<i>B</i>	-0.713 *	-0.646	0.130	-0.546	0.570	0.269	0.191	0.301
	<i>H°</i>	0.672 *	0.766 *	-0.291	0.338	0.221	0.097	0.020	0.102
	<i>C</i>	-0.624	-0.510	0.199	-0.238	0.783 *	0.192	0.376	0.300

注:*表示在 0.05 水平(双侧)上显著相关,**表示在 0.01 水平(双侧)上显著相关。

3 讨论

各部位烟叶随着成熟度的提高,叶片的颜色参数 *L*、*a*、*b* 的变化趋势基本一致,均随着成熟度的提高而不断增大。这与张军刚等的研究结果^[11,13-14]相同。各部位不同处理间烟叶正背面色相角也差别不大,变化趋势基本一致,均随着成熟度的提高不断减小。各部位烟叶正背面饱和度的变化趋势不一致,表现为叶片正面的饱和度大于叶片背面。这主要是由于叶片上表皮靠近栅栏组织,栅栏组织排列紧密,含叶绿体多。鲜烟叶在成熟过程中,各部位烟叶的叶绿素、类胡萝卜素

的含量变化趋势一致,表现为不断减小,而类叶比则不断增大,这可能是由于两者在鲜烟叶成熟过程中的降解速率不同。

烟叶正面较背面的颜色参数与色素的关系更加密切,说明烟叶正面颜色参数就能够指示色素含量的变化。下一步应该确定出能判断烟叶成熟的颜色参数的范围。烟叶背面颜色参数 *C* 与总植物碱含量呈显著正相关。随着烟叶成熟度的提高,总植物碱含量的变化也有一定的规律性,能否在利用色差计判断鲜烟叶成熟度时,将烟叶颜色参数指示色素含量的变化和指示总植物碱含量的变化协同起来,以此来提高判断成熟度的准确性。这为研究色差计判断烟叶成熟提供了一个方向。

宋 君,郭灵安,雷绍荣. GLP 体系中转基因生物检测试验的质量保证:以转基因玉米 MON863 环境评价前期试验为例[J]. 江苏农业科学, 2016,44(8):336-338.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.08.097

GLP 体系中转基因生物检测试验的质量保证: 以转基因玉米 MON863 环境评价前期试验为例

宋 君,郭灵安,雷绍荣

(四川省农业科学院质量标准与检测技术研究所,四川成都 610066)

摘要:转基因生物检测试验是转基因生物环境安全评价试验的前期小型短期试验,涉及到供试品和对照品的制备、基因组 DNA 的分离纯化以及目的核酸片段数量的放大和分离等步骤。在良好实验室规范 (GLP) 体系中,转基因生物检测试验的质量保证有其特殊性。为了加强转基因生物安全评价研究的质量保证,从转基因生物检测试验步骤、执行 GLP 的要求、试验关键阶段的检查、原始资料的审查等方面分析了转基因生物检测试验的质量保证要求和注意事项,为我国建设转基因生物安全评价 GLP 实验室提供有益探索。

关键词:转基因成分检测;质量保证;良好实验室规范

中图分类号: S513.01 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)08-0336-03

转基因生物是科学家根据现代社会发展对农作物提出的“高产、高抗和优质”等需求在实验室里采用“剪切和重组”甚

收稿日期:2015-06-23

基金项目:四川省质量技术监督局重要技术标准项目(编号:ZY-BZ2013-039)。

作者简介:宋 君(1973—),男,四川成都人,博士,副研究员,主要从事生物安全及分子鉴定研究。

通信作者:雷绍荣,研究员,主要从事食品安全及风险评估。

E-mail:leishaorong2004@163.com。

4 结论

烟叶叶片正背面都存在与叶绿素、类胡萝卜素含量显著相关的颜色参数,通过比较发现烟叶正面的颜色参数与色素含量的相关关系较背面高。而烟叶背面存在与主要化学成分含量显著相关的颜色参数,而正面颜色参数与主要化学成分含量的相关关系较小。烟叶的颜色参数与色素的含量关系密切,颜色参数可以指示烟叶色素含量的变化,可以将色差计作为判断鲜烟叶成熟度的辅助工具。

参考文献:

- [1] 蔡宪杰,王信民,尹启生,成熟度与烟叶质量的量化关系研究[J]. 中国烟草学报,2005,11(4):42-46.
- [2] 高汉杰,陈汉新,彭世阳,等. 烟叶成熟度鉴别方法与实用五段式烘烤新工艺应用研究的回顾[J]. 中国烟草科学,2002,23(4):39-41.
- [3] 韩锦峰,宫长荣,王瑞新,等. 烤烟叶片成熟度的研究 II. 烤烟成熟标准及不同成熟度烟叶烘烤效应的研究[J]. 中国烟草,1991(4):15-20.
- [4] 孙福山,王丽卿,刘 伟,等. 烟叶成熟度及烘烤关键指标与烟叶质量关系的研究[J]. 中国烟草科学,2002,23(3):25-27.
- [5] 龙明锦,厉福强,蒋玉梅,等. 烟叶不同田间成熟度外观评价指标

至“人工合成”等基因操作和化学合成等现代科学技术手段“制造”出的新型生物,包括转基因动物、植物和微生物。目前,转基因生物已经在全球推广种植约 20 多年^[1],但是由于潜在的安全问题^[2-4],转基因生物及产品仍然未被社会广泛接受。为了保护生物安全和生物多样性,我国农业部组建了 30 多家转基因生物安全检测实验室(包括扩项实验室),其中有 10 多家实验室具有转基因生物环境安全评价资质。目前,这些实验室都通过了基于 ISO/IEC 17025—2005《检测和校准实验室能力的通用要求》的实验室资质认定和部门审查认

- 研究[J]. 贵州农业科学,2007,55(6):35-37.
- [6] 李向阳,刘国顺,史 舟,等. 利用室内光谱红边参数估测烤烟叶片成熟度[J]. 遥感学报,2007,11(2):269-275.
- [7] 韩锦峰,宫长荣,黄海棠,等. 烤烟叶片成熟度的研究 I. 烤烟叶片成熟和衰老过程中某些生理生化变化的研究[J]. 中国烟草,1990(1):9-13.
- [8] 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.
- [9] 刘新民. 烤烟颜色量化分析在烤烟品质评价中的应用研究[D]. 北京:中国农业科学研究院,2004:1-5.
- [10] 彭新辉,易建华,周清明,等. 同部位不同等级烤烟的色泽和化学成分及其关系[J]. 湖南农业大学学报:自然科学版,2008,34(1):39-43.
- [11] 张军刚,王永利,吕国新,等. 烤烟成熟过程中鲜烟颜色值与色素含量变化及相关分析[J]. 中国烟草科学,2014,35(1):54-60.
- [12] 赵铭钦,王文基,刘国顺,等. 不同成熟度对烤后烟叶中质体色素及其降解产物的影响[J]. 植物生理通报,2009,45(1):8-12.
- [13] 霍开玲,宋朝鹏,武圣江,等. 不同成熟度烟叶烘烤中颜色值和色素含量的变化[J]. 中国农业科学,2011,44(10):2013-2021.
- [14] 张丽英,鲜兴明,杨 杰,等. 烘烤过程中烟叶颜色特征参数与色素含量的关系[J]. 烟草科技,2013(8):85-90.