

不同成熟度烟叶叶绿素含量及其 与 SPAD 值的相关分析

李旭华¹, 扈 强¹, 潘义宏², 张晓龙², 王 娟²

(1. 广东中烟工业有限责任公司 技术中心, 广东 广州 510310; 2. 云南瑞升烟草技术(集团)有限公司, 云南 昆明 650106)

摘要: 为了研究叶绿素仪在判断烟叶成熟度中的应用, 对不同部位不同成熟度烟叶叶绿素含量和 SPAD 值进行测定和相关性分析。结果表明, 从适熟、成熟至过熟, 各部位烟叶叶绿素 a、叶绿素 b、总叶绿素含量以及 SPAD 值显著降低。下部适熟、中部成熟、上部成熟采收烟叶的总叶绿素含量和 SPAD 值相关系数分别为 0.777、0.942、0.877, 均达极显著正相关。下部和中部的 3 个成熟度烟叶总叶绿素含量与 SPAD 值均是在叶基部位达到显著正相关, 上部适熟和过熟烟叶在叶基部达到显著正相关, 成熟烟叶在叶中或叶基部位达到极显著正相关。综合分析表明, 上、中、下 3 个部位不同成熟度烟叶叶基部为叶绿素仪测定的最佳部位, 适熟、成熟、过熟, 下部叶叶基部叶绿素仪的读数分别为 22.8~32.1、19.7~22.8、13.5~17.2, 中部叶读数分别为 24.1~28.5、19.2~21.4、2.4~4.3, 上部叶读数分别为 36.2~47.5、18.3~23.1、2.2~3.8; 使用叶绿素仪能较好地判断下部适熟或过熟档次烟叶, 并能较好地判断上部和中部的 3 个采收成熟档次的烟叶, 其中对成熟烟叶的判断效果最好。

关键词: 烟叶; 成熟度; 叶绿素; SPAD 值; 相关性

中图分类号: S852.72 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2014)03-0047-07

Correlation Analysis of Chlorophyll Content and SPAD Values in Flue-cured Tobacco of Different Maturity

LI Xu-hua¹, HU Qiang¹, PAN Yi-hong², ZHANG Xiao-long², WANG Juan²

(1. Technical Center of China Tobacco Guangdong Industrial Co., Ltd., Guangzhou 510310, China;

2. Yunnan Reascend Tobacco Technology(Group) Co., Ltd., Kunming 650106, China)

Abstract: In order to study the application of chlorophyll meter in judging tobacco harvest maturity, the field experiment was carried out to investigate the correlation between chlorophyll content and SPAD values in flue-cured tobacco with different harvest maturity of positions. The results showed that SPAD values and the contents of chlorophyll a, chlorophyll b and total chlorophyll in leaves of different parts decreased significantly with the increase of maturity. In addition, the chlorophyll content of tobacco leaves with proper maturity of lower leaves, maturity of the middle leaves and upper leaves had significantly positive relation with SPAD values ($P < 0.01$), and the correlation coefficients were 0.777, 0.942 and 0.877, respectively. Based on the correlation analysis of chlorophyll content and SPAD values, there was significantly positive correlation in the base of lower leaves and middle leaves with the three different maturity ($P < 0.05$), as well as in the base of upper leaves with proper maturity and over-maturity, while in upper leaves with maturity, there was significantly positive correlation both in the base and middle leaf sections ($P < 0.05$). To sum up, the base of leaf was the best choice to be measured by SPAD-502 for discriminating the degree of maturity of tobacco leaves. The range of SPAD-502 chlorophyll meter scale for the base

收稿日期: 2013-09-08

基金项目: 广东中烟工业有限责任公司科技项目(粤烟工 05XM-QK[2011]023, 粤烟工 05XM-QK[2011]024)

作者简介: 李旭华(1963-), 男, 福建上杭人, 高级工程师, 本科, 主要从事烟用材料与烟叶研究及品控管理工作。

E-mail: lixh@gdzygy.com

of lower leaves from proper maturity to over maturity was 22.8—32.1, 19.7—22.8, 13.5—17.2, respectively. The range of scale for the base of middle leaves was 24.1—28.5, 19.2—21.4, 2.4—4.3, respectively. And the range of scale for the base of upper leaves was 36.2—47.5, 18.3—23.1, 2.2—3.8, respectively. The chlorophyll meter could be used to judge the lower leaves with proper maturity and over-maturity, and also the upper and middle leaves of three maturity levels, especially the tobacco leaves with maturity.

Key words: tobacco leaves; maturity; chlorophyll; SPAD value; correlation

烟叶采收成熟度是指烟叶在田间的成熟程度。相关研究表明,烟叶的采收成熟度对烟叶品质有重要影响^[1-6]。烟叶田间采收成熟度的把握也是烟叶生产中的关键环节,其影响并决定着烟叶的可用性^[7]。因此,能否在田间准确把握烟叶的采收成熟度将决定烟叶品质的优劣。在如何把握烟叶采收成熟度方面,国内外学者进行了一些尝试,如美国主要通过提前分析烟叶化学成分来判定烟叶的采收成熟度,津巴布韦采用彩色图片比对以及通过抽屉试验对各指标进行量化来确定采收成熟度,而日本普遍采用比色卡比对来指导烟叶采收^[8-11]。目前,国内判断采收成熟度的方法主要以烟叶的颜色、主支脉变白程度、茎叶夹角等田间的外观特征为主^[12-14]。这些外观特征主要由主观判断,受人为影响因素较大。采用叶绿素仪测定叶片的 SPAD 值具有便携、实时和对叶片无损的优点,目前已被广泛应用于棉花、水稻、小麦及林业等领域^[15-18]。近年来,叶绿素仪也被用于烤烟生产,但主要集中于指导烤烟合理施肥方面的研究^[19-20]。

关于叶绿素仪读数与烤烟不同部位烟叶采收成熟度间的关系研究还鲜见报道。鉴于此,测定了不同部位不同采收成熟度烟叶的 SPAD 值和叶绿素含量,并对二者进行相关性分析,旨在为快速确定烟叶田间采收成熟度提供相应的理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验地概况和供试材料

试验设在云南省普洱市景东县代表烟区安定乡烟区,植烟土壤 pH 值 5.60、有机质 29.85 g/kg、速效氮 118.76 mg/kg、速效磷 98.71 mg/kg、速效钾 129.12 mg/kg。供试烤烟品种为云 87,种植密度 16 500 株/hm²,烟株留叶数 18~22 片。

1.2 试验设计

选取烟株上、中、下 3 个部位,每个部位烟叶设置 3 个成熟度处理,分别是适熟、成熟、过熟;试验采用完全随机设计,每个处理重复 3 次,分别按表 1 所示成熟度田间外观特征进行取样。

表 1 各部位不同成熟度烟叶外观特征

部位	成熟度	外观特征
上部叶	适熟	60%叶色淡黄,主脉变白 50%~60%,支脉变白 60%左右,叶尖黄绿略下勾,叶面褶皱,分布 70%左右的不规则成熟斑
	成熟	70%~80%叶色淡黄,主脉变白 70%左右,支脉变白 70%左右,叶尖稍枯略下勾,叶面明显褶皱,分布 90%左右不规则成熟斑
	过熟	80%~90%叶色淡黄,主脉变白 80%~90%,支脉变白 90%以上,叶尖稍枯略下勾,叶缘稍枯内曲明显,叶面明显褶皱,不规则成熟斑布满整个叶面
中部叶	适熟	50%叶色淡黄,主脉变白 30%左右,支脉淡绿,叶面略褶皱,分布 30%~40%不规则成熟斑
	成熟	60%~70%叶色淡黄,主脉变白 50%~60%,支脉变白 40%左右,叶面褶皱,叶尖稍枯略下勾,分布 60%~70%不规则成熟斑
	过熟	70%~80%叶色淡黄,主脉变白 60%~70%,支脉变白 50%~60%,叶尖稍枯略下勾,叶缘稍枯内曲明显,叶面明显褶皱,分布 90%以上不规则成熟斑
下部叶	适熟	20%叶色黄绿,主脉变白 20%左右,支脉淡绿,叶面平滑,叶尖黄绿略下勾
	成熟	40%叶色黄绿,主脉变白 30%~40%,支脉变白 20%左右,稍有成熟斑,叶面平滑,叶尖稍枯略下勾
	过熟	50%~60%叶色黄绿,主脉变白 50%~60%,支脉变白 30%,叶尖稍枯略下勾,叶缘稍枯内曲明显,分布 60%以上不规则成熟斑

1.3 取样与分析

田间每个处理选取 20 株具代表性的烟株标记,

去除 2 片脚叶后对第 4、第 9 和第 15 叶位进行定位,分别代表下部叶、中部叶和上部叶。分别在各叶

片的叶尖、叶中和叶基 3 个位置主脉两侧部位用 SPAD-502 仪(KONICA MINOLTA)读取 SPAD 值,并在相应部位用打孔器取样,并在室内测定叶绿素 a、叶绿素 b、类胡萝卜素含量。烟叶叶绿素含量测定采用分光光度法,并换算成单位面积鲜烟叶的叶绿素含量^[21]。分光光度计为 UV-2550 型(SHIMADZU 岛津)。

1.4 数据处理及分析

叶绿素 a 含量: $C_a=13.95A_{665}-6.88A_{649}$;叶绿素 b 含量: $C_b=24.9A_{649}-7.32A_{665}$;类胡萝卜素含量: $C_L=(1\,000A_{470}-2.05C_a-114.8C_b)/245$;总叶绿素含量: $C_{a+b}=C_a+C_b$ ^[22]。

数据采用 SPSS 17.0 进行单因素方差分析和相关性分析,显著性差异水平 P 取 0.05,极显著性差异水平 P 取 0.01,并用 Origin 8.0 作图。

2 结果与分析

2.1 同一部位不同成熟度烟叶叶绿素、类胡萝卜素含量比较

由表 2 可见,上部各成熟度烟叶的叶绿素 a、叶绿素 b、总叶绿素含量、SPAD 值均表现为适熟>成熟>过熟,3 个成熟度间差异显著;各成熟度烟叶的类胡萝卜素含量和叶绿素 a/b 无显著差异。中部适熟和成熟烟叶叶绿素 a、叶绿素 b、总叶绿素、类胡萝卜素含量、叶绿素 a/b 和 SPAD 值均显著高于过熟烟叶。下部各成熟度烟叶的叶绿素 a、叶绿素 b、总叶绿素含量、类胡萝卜素含量、SPAD 值均表现为适熟>成熟>过熟,3 个成熟度间差异显著;适熟和成熟烟叶的叶绿素 a/b 差异不显著,但均显著高于过熟烟叶。

表 2 各部位不同成熟度烟叶叶绿素、类胡萝卜素含量比较

部位	处理	叶绿素 a/ (mg/dm ²)	叶绿素 b/ (mg/dm ²)	总叶绿素/ (mg/dm ²)	类胡萝卜素 (mg/dm ²)	叶绿素 a/b	SPAD 值
上部叶	适熟	1.808a	0.565a	2.373a	0.379a	3.230a	30.32a
	成熟	0.640b	0.256b	0.896b	0.297a	2.460a	18.33b
	过熟	0.191c	0.085c	0.276c	0.302a	2.231a	2.64c
中部叶	适熟	2.866a	1.103a	3.970a	0.261a	2.601a	26.22a
	成熟	1.577a	0.883a	2.460a	0.208a	1.786a	22.24a
	过熟	0.182b	0.123b	0.306b	0.169b	1.432b	2.93b
下部叶	适熟	2.457a	1.142a	3.599a	0.342a	2.162a	27.61a
	成熟	1.578b	0.931b	2.509b	0.220b	1.873a	21.62b
	过熟	0.510c	0.323c	0.833c	0.035c	1.616b	15.62c

注:同列同一部位不同小写字母表示不同成熟度间在 0.05 水平上差异显著。

2.2 相同成熟度不同部位烟叶 SPAD 值比较

由表 2 可知:各部位适熟烟叶的 SPAD 值表现为上部叶>下部叶>中部叶,成熟烟叶的 SPAD 值表现为中部叶>下部叶>上部叶,过熟烟叶的 SPAD 值表现为下部叶>上部叶>中部叶。可见,相同成熟度不同部位烟叶 SPAD 值变化无规律。

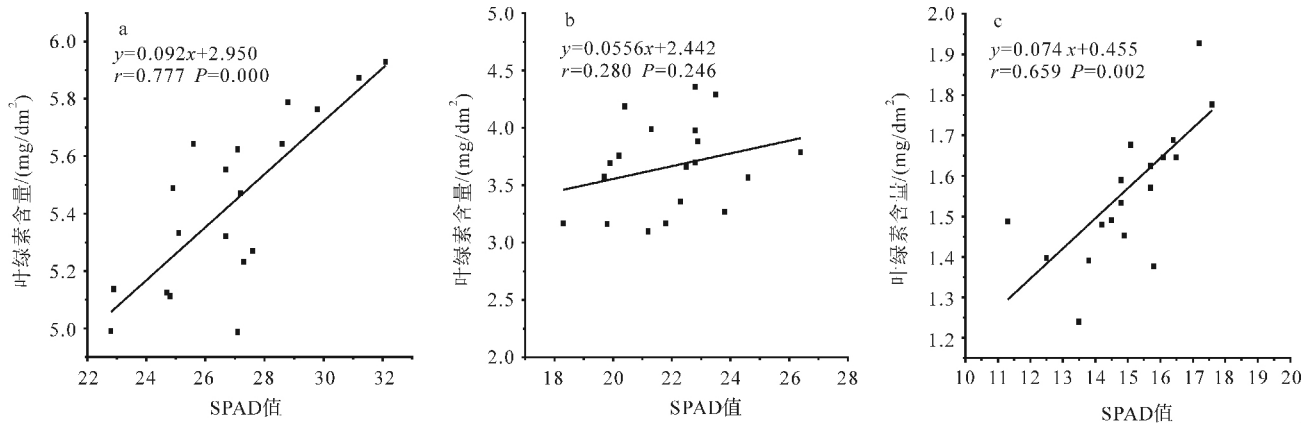
2.3 不同部位不同成熟度烟叶叶绿素含量与 SPAD 值相关性分析

2.3.1 下部烟叶 从图 1 可知,下部适熟和过熟烟叶的 SPAD 值与叶绿素含量均呈极显著正相关($P<0.01$),而成熟烟叶的 SPAD 值与叶绿素含量的相关性不显著($P>0.05$)。下部叶各成熟度烟叶 SPAD 值与叶绿素含量的相关系数表现为适熟(0.777)>过熟(0.659)>成熟(0.280),表明对于下部叶来说,使用叶绿素仪能较好地判断适熟或过熟

档次烟叶。

2.3.2 中部烟叶 由图 2 可知,3 个采收成熟度烟叶的 SPAD 值与叶绿素含量均呈极显著正相关($P<0.01$)。中部叶各成熟度烟叶与叶绿素含量的相关系数表现为成熟(0.942)>适熟(0.822)>过熟(0.744),表明对于中部叶来说,使用叶绿素仪能较好地判断 3 个采收成熟度的烟叶,其中对成熟烟叶的判断效果最好。

2.3.3 上部烟叶 由图 3 可知,3 个采收成熟度烟叶的 SPAD 值与叶绿素含量均呈极显著正相关($P<0.01$)。比较相关系数,上部叶各成熟度烟叶与叶绿素含量的相关系数表现为成熟(0.877)>过熟(0.780)>适熟(0.749),表明对于上部叶来说,使用叶绿素仪能较好地判断 3 个采收成熟度的烟叶,其中对成熟烟叶的判断效果最好。



a、b、c 分别表示适熟、成熟和过熟采收烟叶叶绿素含量与 SPAD 值的线性关系,下同

图 1 下部不同成熟度烟叶叶绿素含量与 SPAD 值相关性

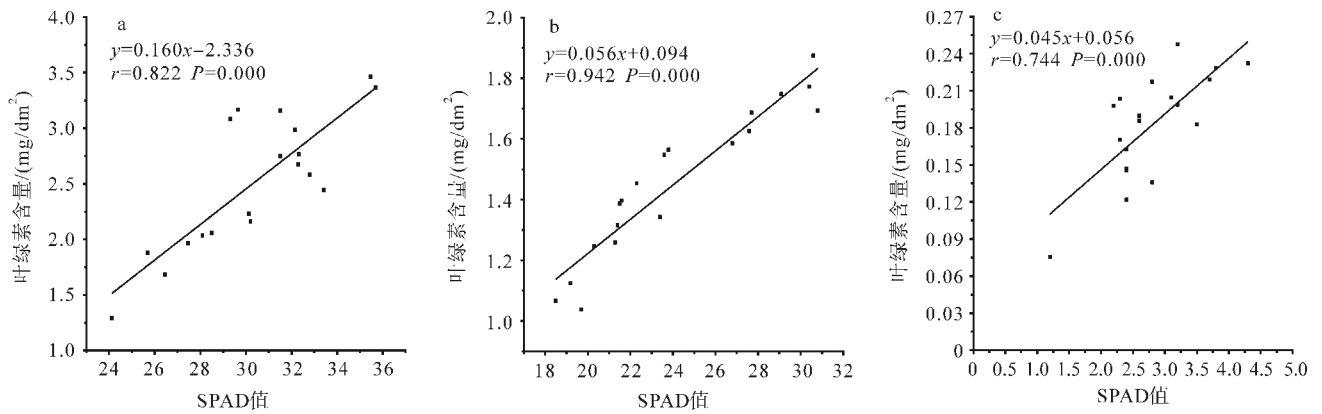


图 2 中部不同成熟度烟叶叶绿素含量与 SPAD 值相关性

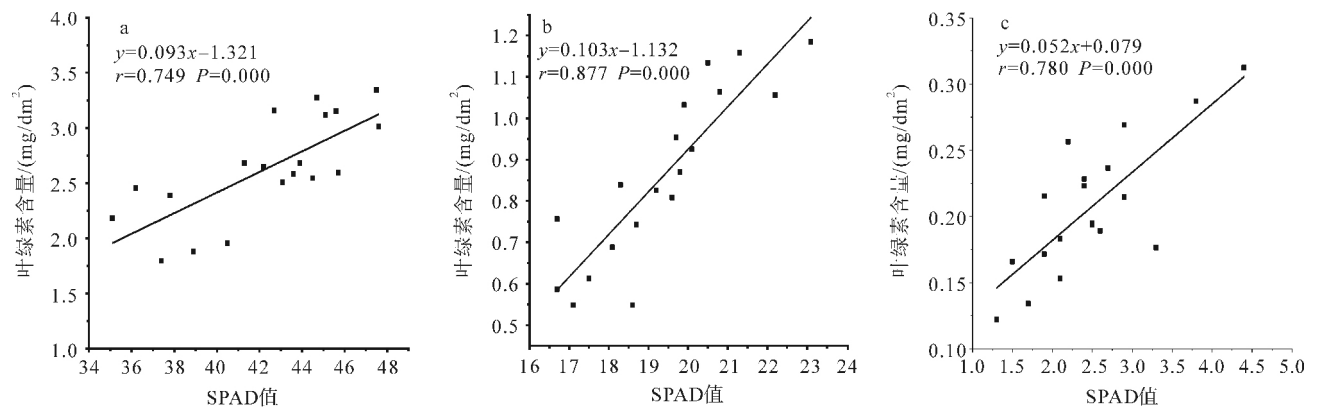


图 3 上部不同成熟度烟叶叶绿素含量与 SPAD 值相关性

2.4 不同部位不同成熟度烟叶各位置叶绿素含量与 SPAD 值的相关性分析

2.4.1 下部烟叶 从表 3 中可知,对于下部叶 3 个采收成熟度来说,同一叶片不同位置(叶尖、叶中、叶基)的 SPAD 值与叶绿素含量相关性存在一定差异,3 个成熟度烟叶叶绿素含量与 SPAD 值的

相关系数均是叶基部位最大,分别为 0.941、0.911 和 0.903,且均达显著或极显著水平,说明对于不同采收成熟度的下部叶来说,采用叶绿素仪测定的最佳部位为叶基部,适熟、成熟和过熟叶基部叶绿素仪的读数分别为 22.8~32.1、19.7~22.8、13.5~17.2。

表 3 下部不同成熟度烟叶不同叶位叶绿素含量与 SPAD 值相关性分析

成熟度	位置	回归方程	相关系数	样品数	SPAD 值
适熟	叶尖	$Y=0.088X+3.179$	0.746	6	24.7~29.8
	叶中	$Y=0.092X+2.909$	0.714	7	22.9~31.2
	叶基	$Y=0.109X+2.432$	0.941**	6	22.8~32.1
成熟	叶尖	$Y=0.019X+3.104$	0.719	6	21.2~26.4
	叶中	$Y=0.182X-0.244$	0.764	7	19.8~22.9
	叶基	$Y=0.260X-1.476$	0.911*	6	19.7~22.8
过熟	叶尖	$Y=0.040X+1.006$	0.819	6	11.3~17.6
	叶中	$Y=0.118X-0.150$	0.727	7	12.5~15.2
	叶基	$Y=0.173X-1.149$	0.903*	6	13.5~17.2

注: * 表示差异显著 ($P<0.05$), ** 表示差异极显著 ($P<0.01$); X 表示 SPAD 值, Y 表示叶绿素总量;下同。

2.4.2 中部烟叶 从表 4 中可知,对于中部叶 3 个采收成熟度来说,同一叶片不同位置的 SPAD 值与叶绿素含量相关性存在一定差异,3 个成熟度烟叶叶绿素含量与 SPAD 值的相关系数均是在叶基部位最大,分别为 0.826、0.865 和 0.839,且达显著水平,说明对于不同采收成熟度的中部叶来说,叶绿素仪测定的最佳部位为叶基部,适熟、成熟和过熟叶基部叶绿素仪的读数分别为 24.1~28.5、19.2~21.4、2.4~4.3。

表 4 中部不同成熟度烟叶不同叶位叶绿素含量与 SPAD 值相关性分析

成熟度	位置	回归方程	相关系数	样品数	SPAD 值
适熟	叶尖	$Y=0.049X+1.610$	0.770	6	29.3~35.7
	叶中	$Y=0.117X-0.121$	0.604	7	30.1~33.4
	叶基	$Y=0.028X+1.165$	0.826*	6	24.1~28.5
成熟	叶尖	$Y=0.040X+0.571$	0.671	6	27.6~30.8
	叶中	$Y=0.038X+0.580$	0.709	7	21.6~26.8
	叶基	$Y=0.085X-0.537$	0.865*	6	19.2~21.4
过熟	叶尖	$Y=0.054X+0.027$	0.737	6	1.2~3.5
	叶中	$Y=0.039X+0.085$	0.715	7	2.2~3.8
	叶基	$Y=0.046X+0.045$	0.839*	6	2.4~4.3

2.4.3 上部烟叶 由表 5 可看出,对于不同成熟度上部叶来说,同一叶片不同位置的 SPAD 值与叶绿素含量相关性有差异,其中,适熟和过熟烟叶叶绿素含量与 SPAD 值的相关性均是在叶基部位达到显著水平,相关系数分别为 0.866 和 0.885;而成熟烟叶的 SPAD 值与叶绿素含量相关性在叶中和叶基 2 个位置均达极显著水平。说明对于上部适熟和过熟叶来说,叶绿素仪测定的最佳部位为叶基部,叶绿素仪叶基部的读数范围分别为 36.2~47.5、2.2~3.8,而对于成熟烟叶,叶绿素仪测定的最佳部位为叶中或叶基,叶中和叶基部对应的叶绿素仪读数分别为 16.7~22.2 和 18.3~23.1。

表 5 上部不同成熟度烟叶不同叶位叶绿素含量与 SPAD 值相关性分析

成熟度	位置	回归方程	相关系数	样品数	SPAD 值
适熟	叶尖	$Y=0.108X-1.976$	0.693	6	42.2~47.6
	叶中	$Y=0.070X-0.604$	0.677	7	35.1~45.7
	叶基	$Y=0.086X-0.728$	0.866*	6	36.2~47.5
成熟	叶尖	$Y=0.134X-1.830$	0.759	6	18.1~19.8
	叶中	$Y=0.096X-0.983$	0.891**	7	16.7~22.2
	叶基	$Y=0.075X-0.493$	0.942**	6	18.3~23.1
过熟	叶尖	$Y=0.042X+0.096$	0.746	6	1.3~2.9
	叶中	$Y=0.027X+0.116$	0.675	7	1.7~3.3
	叶基	$Y=0.034X+0.160$	0.885*	6	2.2~3.8

3 结论与讨论

在成熟过程中烟叶内的物质变化是一个动态过程,烟叶采收的时间不同,其干物质、水分以及色素等含量都有差异。烟叶采收成熟度是影响烟叶品质的重要因素之一,烟叶在田间的颜色变化是判断烟叶成熟度的主要依据^[23]。研究^[24]表明,在田间成熟过程烟叶的颜色变化实质是烟叶内叶绿体色素和类胡萝卜素占总叶绿体色素比例变化的外观反映。本研究中,随着成熟度的增加,中、上、下部叶的叶绿素 a、b 含量,总叶绿素含量和类胡萝卜素含量均呈下降趋势,其中叶绿素含量下降较快,类胡萝卜素下降较慢,说明烟叶在成熟过程中,类胡萝卜素降解较慢,而叶绿素降解较快,二者之间的含量变化和比例关系使不同成熟度烟叶的叶色有差异。随着采收成熟度增加,叶绿素快速降解,同时叶色也由绿逐渐变黄,这与李佛琳等^[25]的研究结果一致。因此,将烟叶田间外观特征与叶绿素变化规律相结合,可以将叶绿素含量作为把握烟叶田间采收成熟度的指标之一。

叶绿素的实验室测定具有一定的滞后性,不能及时反映田间烟叶的采收成熟度。叶绿素仪具有田间现场、快速以及烟叶无损测定等优点,通过烟叶田间外观特征并结合叶绿素仪读数准确把握采收成熟度能有效减少外观判断的不确定性和主观性,具有一定的实用性和可操作性。本研究对叶绿素仪 SPAD 读数与叶绿素含量的相关性分析结果表明,中、上部成熟烟叶的叶绿素含量与 SPAD 值的相关性最好(中部叶为 0.942**,上部叶为 0.877**),说明烤烟在充分成熟后 SPAD 值与叶绿素含量的相关性比未成熟或过熟时更高。曾建敏等^[26]和李佛琳等^[25]研究认为,烟叶叶片的中部位置为叶绿素仪测定的最佳部位;而徐照丽等^[27]研究认为,叶绿素仪的最佳测定部位为叶基部。本研究结果表明,上部成熟烟叶的叶中或叶基部为叶绿素仪测定的最佳部位,而中部成熟烟叶的叶基部为叶绿素仪测定的最佳部位,下部适熟和过熟烟叶的叶基部为叶绿素仪测定的最佳部位。造成叶绿素仪测定最佳部位差异的原因可能是烤烟的品种、施肥水平、叶位以及采收成熟度等存在差异,而同一片烟叶不同位置 SPAD 值和叶绿素含量相关性有较大差异的内在原因有待进一步深入研究。本试验仅在景东烟区针对云 87 进行了研究,而其他烟草品种以及相应生长条件下的情况有待进一步开展研究,叶绿素仪的适用范围和准确性也有待于进一步提高。

综合分析认为,从适熟、成熟至过熟,上、中、下部叶的叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素含量以及 SPAD 值显著降低。中部叶 3 个成熟度烟叶的 SPAD 值与叶绿素含量均是在叶基部位达到显著正相关;上部适熟和过熟烟叶 SPAD 值与叶绿素含量在叶基部达到显著正相关,成熟烟叶在叶中或叶基部位达到极显著正相关。3 个部位不同成熟度烟叶叶基部为叶绿素仪测定的最佳部位,下部烟叶适熟、成熟和过熟叶基部的叶绿素仪读数分别为 22.8~32.1、19.7~22.8、13.5~17.2,中部叶读数分别为 24.1~28.5、19.2~21.4、2.4~4.3,上部叶读数分别为 36.2~47.5、18.3~23.1、2.2~3.8。使用叶绿素仪能较好地判断下部适熟或过熟烟叶,能较好地判断上部和中部 3 个采收成熟度的烟叶,其中对成熟烟叶的判断效果最好。

参考文献:

- [1] 朱尊权. 当前制约两烟质量提高的关键因素[J]. 烟草科技, 1998(4): 3-4.
- [2] 闫克玉, 赵献章. 烟叶分级[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [3] 赵铭钦, 于建军, 程玉渊, 等. 烤烟烟叶成熟度与香气质量的关系[J]. 中国农业大学学报, 2005, 10(3): 10-14.
- [4] 中国农业科学院烟草研究所. 中国烟草栽培学[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1986.
- [5] 曾祥难. 不同成熟度采收对烤烟香气物质及前体物的影响[J]. 天津农业科学, 2013, 19(12): 59-62.
- [6] 赵铭钦, 苏长涛, 姬小明, 等. 不同成熟度对烤后烟叶物理性状、化学成分和中性香气成分的影响[J]. 华北农学报, 2008, 23(3): 146-150.
- [7] 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.
- [8] 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(4): 39-41.
- [9] Peedin G F. Effects of nitrogen rate and ripeness at harvest on some agronomic and chemical characteristics of flue-cured tobacco[C]. Coresta Congress, Agro-Photo Groups, 1995: 7.
- [10] Hwang K J, Kim C W, Kim C H. Studies on the change of chemical components of flue-cured tobacco with maturity [C]. Coresta Congress, Agro-Photo Groups, 1981: 10.
- [11] Walker E K. Some chemical characteristics of the cured leaves of flue-cured tobacco relative to time of harvest, stalk position and chlorophyll content of the green leaves[J]. Tob Sci, 1968, 12: 58-65.

(下转第 58 页)

照高。由此可见,连作改变了灵芝栽培土壤中原来的微生物平衡,特别是病原真菌改变了原有的土壤微生境,但具体是哪一种菌有待做进一步的分子鉴定。

参考文献:

- [1] 蒋冬花. 培养基配方与栽培方式对灵芝产量和质量的影响[J]. 海南大学学报:自然科学版, 2001, 19(1): 76-79.
- [2] 池小妹. 我国灵芝人工栽培技术研究现状[J]. 时珍国医国药, 2005, 16(8): 791-792.
- [3] 叶向花, 杨勇岐. 灵芝栽培新技术[J]. 现代农业科技, 2007(16): 46.
- [4] 谭雪莲, 郭晓冬, 马明生, 等. 连作对马铃薯土壤微生物区系和产量的影响[J]. 核农学报, 2012, 26(9): 1322-1325.
- [5] 许光辉, 郑洪元. 土壤微生物研究方法手册[M]. 北京: 科学出版社, 1983.
- [6] 林先贵. 土壤微生物研究原理与方法[M]. 北京: 高等教育出版社, 2010.
- [7] 郑平. 环境微生物学实验指导[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2005.
- [8] 王家岭. 环境微生物学[M]. 2 版. 北京: 高等教育出版社, 2004.
- [9] 东秀珠, 蔡妙英. 常见细菌系统鉴定手册[M]. 北京: 科学出版社, 2001: 330-336.
- [10] 中国科学院微生物研究所放线菌分类组. 链霉菌鉴定手册[M]. 北京: 科学出版社, 1975.
- [11] 阮继生. 放线菌分类基础[M]. 北京: 科学出版社, 1973.
- [12] 魏景超. 真菌鉴定手册[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1979.
- [13] 张纪忠. 微生物分类学[M]. 上海: 复旦大学出版社, 1990.
- [14] 邹莉, 袁晓顾, 李玲, 等. 连作对大豆根部土壤微生物的影响研究[J]. 微生物学杂志, 2005, 25(2): 27-30.
- [15] 许光辉, 郑洪元. 土壤微生物研究方法手册[M]. 北京: 科学出版社, 1983.
- [16] 李文建. 肠道需氧优势菌群分离方法的建立及初步应用[J]. 中国微生态学杂志, 1999, 11(5): 315-316.
- [17] 袁龙刚, 张军林, 张朝阳, 等. 连作对辣椒根际土壤微生物区系影响的初步研究[J]. 陕西农业科学, 2006(2): 49-50.
- [18] 马云华, 魏珉, 王秀峰. 日光温室连作黄瓜根区微生物区系及酶活性的变化[J]. 应用生态学报, 2004, 15(6): 1005-1008.
- [12] 张树堂. 一次性采收上部烟叶的成熟度及成熟特征研究[J]. 中国农业科技导报, 2012, 14(5): 123-129.
- [13] 王怀珠, 汪健, 胡玉录, 等. 茎叶夹角与烤烟成熟度的关系[J]. 烟草科技, 2005(8): 32-34.
- [14] 王怀珠, 汪健, 胡玉录, 等. 茎叶夹角在判断烤烟成熟度中的作用[J]. 湖北农业科学, 2005(4): 79-81.
- [15] 陈宝燕, 马兴旺, 杨涛, 等. 棉花生育时期 SPAD 值准确性与样本数的关系[J]. 中国农业科学, 2011, 44(22): 4748-4755.
- [16] 李刚华, 薛利红, 尤娟, 等. 水稻氮素和叶绿素 SPAD 叶位分布特点及氮素诊断的叶位选择[J]. 中国农业科学, 2007, 40(6): 1127-1134.
- [17] 贾良良, 陈新平, 张福锁. 叶绿素仪与植株硝酸盐浓度测试对冬小麦氮营养诊断准确性的比较研究[J]. 华北农学报, 2007, 22(6): 157-160.
- [18] 姜丽芬, 石福臣, 王化田, 等. 叶绿素计 SPAD-502 在林业上应用[J]. 生态学杂志, 2005, 24(12): 1543-1548.
- [19] 周丽丽, 刘爱琴, 唐莉娜, 等. 不同养分配施对‘云烟 87’叶绿素与 SPAD 的影响[J]. 中国农学通报, 2012, 28(13): 147-154.
- [20] 魏彬, 曾繁东, 林建委, 等. 基于 SPAD 仪的精准施肥模式对烤烟叶片生长发育及产量性状的影响[J]. 广东农业科学, 2012(16): 13-16.
- [21] 许大全. 叶绿素含量的测定及其应用中的几个问题[J]. 植物生理学通讯, 2009, 45(9): 896-898.
- [22] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 134-137.
- [23] 李佛琳, 赵春江, 王纪华, 等. 不同成熟度烤烟鲜叶的高光谱响应及其判别分析[J]. 福建农林大学学报: 自然科学版, 2008, 37(6): 565-569.
- [24] 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.
- [25] 李佛琳, 赵春江, 刘良云, 等. 烤烟鲜烟叶成熟度的量化[J]. 烟草科技, 2007(1): 54-58.
- [26] 曾建敏, 姚恒, 李天福, 等. 烤烟叶片叶绿素含量的测定及其与 SPAD 值的关系[J]. 分子植物育种, 2009, 7(1): 56-62.
- [27] 徐照丽, 李天福. SPAD-502 叶绿素仪在烤烟生产中的应用研究[J]. 贵州农业科学, 2006, 34(4): 23-24.

(上接第 52 页)