

有色膜遮光对烤烟生长和光合特性 及其初烤品质的影响

陈兵林¹, 李 浩¹, 母少东¹, 蒋光华², 潘文杰³, 陈 伟³, 任 竹³, 周治国^{1*}

(1 南京农业大学 农业部作物生理生态与生产管理重点实验室, 南京 210095; 2 贵州省烟草公司, 贵阳 550003; 3 贵州省烟草科学研究所, 贵阳 550081)

摘 要:以自然光为对照, 采用红色、白色、蓝色、黄色 4 种有色薄膜于 2010~2011 年从团棵期开始对大田烤烟进行遮光处理, 研究不同光质对烤烟生长、光合特性及初烤品质指标的影响。结果显示: (1) 红膜处理最大叶长宽比最小、叶面积最大, 黄膜处理则相反。(2) 红、蓝膜处理烟叶净光合速率、气孔导度、蒸腾速率明显高于自然光处理, 白、黄膜处理略高于对照或与对照持平, 且遮膜处理前期红膜高于蓝膜处理, 后期蓝膜高于红膜处理。(3) 红、蓝膜处理有利于提高倒 5 叶 SPAD 值, 黄膜处理则相反。(4) 红膜处理显著降低了中部叶蛋白质、总氮含量和氮碱比, 提高了施木克值, 并显著提高了上部叶可溶性糖含量和氮碱比, 降低了施木克值; 蓝膜处理显著提高了中部叶烟碱和多酚含量, 降低了可溶性糖含量、施木克值及氮碱比, 并显著提高了上部叶蛋白质、总氮、烟碱和多酚含量, 降低了施木克值, 提高了氮碱比; 黄膜处理显著降低了中上部叶蛋白质、总氮、烟碱和多酚含量, 提高了上部叶施木克值、降低了氮碱比。研究表明, 红、蓝膜处理更利于烟叶发育和光合特性的提高, 初烤烟叶化学成分更协调, 利于优质烟叶的形成。

关键词:烤烟; 有色薄膜; 农艺性状; 光合特性; 烟叶品质

中图分类号: Q945.79

文献标志码: A

Effects of Different Color Film Shading on Growth, Photosynthetic Characteristics and Quality Indexes after First Baking of Flue-cured Tobacco

CHEN Binglin¹, LI Hao¹, MU Shaodong¹, JIANG Guanghua²,
PAN Wenjie³, CHEN Wei³, REN Zhu³, ZHOU Zhiguo^{1*}

(1 Key Laboratory of Crop Physiology Ecology and Production Management, Ministry of Agriculture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; 2 Guizhou Tobacco Company, Guiyang 550003, China; 3 Guizhou Tobacco Institution, Guiyang 550081, China)

Abstract: The experiment from 2010 to 2011 was conducted to study the effects of light qualities of red, white, blue, and yellow light gotten by different color plastic films shading from resettling stage on growth, photosynthetic characteristics and quality indexes of flue-cured tobacco with natural light as comparison. Results showed that: (1) The ratio of length and width was minimum and the leaf area was maximum for the largest tobacco leaf with red film treatment, the opposite with yellow film treatment; (2) Net photosynthetic rate, stomatal conductance and transpiration rate of function leaf in red and blue film were signifi-

收稿日期: 2013-11-01; 修改稿收到日期: 2014-03-26

基金项目: 国家烟草专卖局特色优质烟叶开发重大专项(TS-02-20110015); 贵州省烟草专卖局科技重大专项(200902)

作者简介: 陈兵林(1969—), 男, 副教授, 主要从事作物生理生态研究。E-mail: blchen@njau.edu.cn

* 通信作者: 周治国, 教授, 主要从事作物生理生态及信息学研究。E-mail: giscott@njau.edu.cn

cantly higher than that of natural light (control), and white and yellow film were slightly higher than or equal to natural light. Red film was higher than blue film early, and blue film was higher than red film in the later period; (3) Red and blue film were helpful to improve the SPAD value of function leaf, yellow film was on the contrary; (4) Red film significantly reduced the contents of protein and total nitrogen and the ratio of protein and nicotine, improved Shmuck value in middle leaves; significantly increased the soluble sugar content and the ratio of protein and nicotine and reduced Shmuck value in upper leaves. Blue film significantly increased the content of nicotine and total phenol, reduced the soluble sugar content, Shmuck value and the ratio of protein and nicotine in middle leaves; Blue film also significantly improved the contents of protein, total nitrogen, nicotine and total phenol and the ratio of protein and nicotine and reduced Shmuck value in upper tobacco leaves. Yellow film significantly decreased the contents of protein, total nitrogen, nicotine and total phenol in middle and upper leaves, improved the Shmuck value and reduced the ratio of protein and nicotine in upper leaves. In summary, red and blue film are more helpful to coordinate and optimize tobacco growth and photosynthetic characteristic improvement. The chemical compositions of tobacco leaves after first baking are more coordinate with red and blue film treatments which are more helpful to improve the quality of tobacco leaves.

Key words: flue-cured tobacco; colored film; agronomic characters; photosynthesis; quality of tobacco leaves

光是影响植物最重要的生态因子之一,它通过光质、光强和光照时间三方面来影响植物的生长发育和形态建成^[1]。不同波长的光即不同光质的光对植物影响广泛^[2-3]。前人研究表明:增加红、蓝光中蓝光比例,烟叶的生长受到抑制,但提高了烟叶总氮、蛋白质、氨基酸的含量^[4];蓝光具有抑制水稻幼苗主茎伸长和叶面积增加的现象^[5]。红光、蓝光、紫光可增加中部烟叶净光合速率、气孔导度、胞间 CO₂ 浓度和蒸腾速率^[6]。不同光质处理明显降低了初烤烟叶淀粉含量,但红光明显提高了初烤烟叶总植物碱含量^[7];而且光质对水稻^[8]、甜椒^[9]、番茄^[10]和草莓^[11]等作物的生长发育也均有重要影响。但徐莉等^[12]研究发现,黄光有利于提高莴苣可溶性蛋白、可溶性糖含量,这与光质对烟叶影响的结论明显不同。可见,现有相关研究主要集中在人造光源红光和蓝光上,且大多集中于水稻、甜椒及草莓等作物上,有关光质对烤烟生长发育及品质性状影响的研究较少,大田遮光研究更为鲜见。

近年来,中国提出了走“中式卷烟”的发展道路,特色优质烟叶是烤烟生产发展的重要方向^[13]。贵州烤烟生产在全国排第二位,风格差异明显,但贵州不同生态烟区特色烟叶品质形成的详细机制目前尚不明确。光作为烤烟生产的重要生态因子,与烟叶产量、品质以及风格特色密切相关。本研究利用不同有色薄膜对大田烤烟进行遮光试验,探讨不同光质对烤烟农艺性状、光合特性及初烤烟叶品质指标的影响,阐明烤烟农艺性状、光合特性及初烤品质指标对不同光质的响应规律,为特色优质烟叶的生产提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验地概况

试验分别于 2010、2011 年在贵州省遵义县三岔科技园(106°55'E, 27°32'N)和鸭溪镇金刀村(106°44'E, 27°35'N)进行。供试土壤为黄色水稻土, pH 值分别为 5.59、5.92, 0~20 cm 土壤有机质含量分别为 23.30、35.06 g·kg⁻¹, 全氮含量分别为 1.83、2.35 g·kg⁻¹, 碱解氮含量分别为 15.72、22.56 mg·kg⁻¹, 速效磷含量分别为 64.79、53.62 mg·kg⁻¹, 速效钾含量分别为 90.98、155.77 mg·kg⁻¹。

1.2 试验方法

以贵州主栽品种‘云烟 87’为材料,设自然光、红、白、蓝、黄 5 种不同光质处理,其中以自然光(CK)为对照,其他光质通过定制不同有色薄膜(云南省玉溪市旭日塑料有限责任公司)搭建拱棚获得,分别为红膜(R)、白膜(W)、蓝膜(B)、黄膜(Y),4 种薄膜透光率分别为 83.1%、88.1%、86.8%和 85.3%,对照处理通过调节 40 目无色透明纱网的遮阳高度获得与其他处理相近的透光率。试验采用随机区组设计,重复 3 次。光质处理自烤烟团棵期开始至采收结束,各小区上部全部遮光,四周 1/2 遮光。为保证各处理光强和光质的稳定性,30 d 左右更换 1 次新膜或纱网。

2010、2011 年 2 试点小区面积分别为 111.6、117.6 m²,行株距 1 m×0.6 m,密度为 1.67×10⁴ 株·hm⁻²,于 2 月 15 日左右漂浮育苗,2 年试验移栽期分别为 4 月 24 日和 5 月 8 日,6 月 7 日和 6 月 25 日进行遮膜处理,6 月 27 日和 7 月 3 日打顶,有

效留叶 21 片/株。试验地起垄时条施烤烟专用复合肥(N:P₂O₅:K₂O=9:9:24)757.5 kg·hm⁻²,移栽后 25 d 后追施烤烟专用复合肥(N:P₂O₅:K₂O=15:0:30)195 kg·hm⁻²。田间其他管理措施均按烤烟技术规范要求进行。

选取各小区中间 3 行烟株,对生长一致的烟株下部叶(3~5 叶)、中部叶(10~12 叶)、上部叶(18~20 叶)进行挂牌标记。对挂牌标记的烟叶,自叶龄 10 d 开始直至成熟,每 10~15 d(当日 9:00~10:00)取生长发育一致的烟叶 3~4 片,在田间去除主脉后分成两等份,一份迅速放置于冰盒内,带回室内移置到-40℃低温冰柜中,待测酶活(另文发表);另一份放置在自封袋中,带回室内于 105℃下杀青 30 min,70℃下烘干至恒重,称重粉碎后测定烟叶品质指标物质。对于挂牌未被取样的烟叶,正常采收并烘烤,留着测定初烤烟叶品质指标物质。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 田间温、湿度 在烟草打顶期,选择典型的晴天和阴天,自 8:00~20:00 用 CEM DT-8892 温湿度计每小时按烟株上、中、下部位连续观察田间温、湿度,每部位连续测定 3 次,取其平均值,某部位所有时刻温、湿度的平均值即为该部位当日的平均温、湿度。

1.3.2 农艺性状 按照烟草行业标准(YC/T142-1998)进行株高、茎围、最大叶长、宽及面积等农艺性状的调查。

1.3.3 光合性能参数 选择生长均匀一致的烤烟 3 株,于光质处理后 30、55 d 左右,用美国产 LI-6400 型光合仪连续测定烤烟倒 5 叶(即主茎第 17 有效叶)的净光合速率(P_n)、气孔导度(G_s)、胞间 CO₂ 浓度

(C_i)和蒸腾速率(T_r)等光合性能参数,测定时采用开放式气路,内置光强为 1 500 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

1.3.4 SPAD 值 自倒 5 叶叶龄 10 d 开始,每 10~15 d 利用 SPAD-502 叶绿素仪测定 SPAD 值。每叶均匀取 8 个测量点,取其平均值作为该叶的 SPAD 值。

1.3.5 初烤烟叶品质指标 采用凯氏定氮法^[14]测定初烤烟叶总氮含量,蛋白质含量采用间接计算法^[15];采用蒽酮比色法^[16]和茚三酮显色法^[17]测定初烤烟叶可溶性糖、淀粉含量和氨基酸含量;流动分析法测定烟碱含量^[18];火焰光度计法测定钾含量^[19];高效液相色谱法测定绿原酸和芸香苷含量^[20]。

1.4 数据处理

采用 Excel 2003 软件完成全部数据处理和作图,运用 SPSS 11.5 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 有色膜遮光对烟田温、湿度的影响

烤烟打顶期不同有色膜处理烟株上、中、下部田间温度差异不显著(表 1)。晴天 CK 田间相对湿度显著低于其他薄膜处理,极差仅 3.0%~3.4%,其他薄膜处理间差异较小;阴天各薄膜处理间相对湿度差异并不显著。可见,不同有色膜遮光处理下烟田温、湿度差异不显著或差异较小。

2.2 有色膜遮光对烤烟农艺性状的影响

有色膜遮光对烤烟株高影响显著(表 2),各处理烤烟株高在遮膜初期差异较小,至打顶期株高表现为 CK>红膜(R)>黄膜(H)>白膜(W)>蓝膜(B);遮膜对烤烟茎围影响相对较小,以白膜处理茎围最大,CK 次之;最大叶长宽比以黄膜最大,蓝膜

表 1 不同有色膜遮光对烤烟打顶期烟田温湿度的影响

Table 1 Effects of shading with different color films on the temperature and relative humidity of flue-cured tobacco field in the topping period

小气候 Microclimate	叶位 Leaf position	晴天 Clear day					阴天 Cloudy day				
		CK	R	W	B	Y	CK	R	W	B	Y
温度 Temperature /℃	上部叶 Upper leaves	37.0a	36.5a	36.7a	36.5a	37.0a	26.0a	25.7a	25.9a	26.2a	26.1a
	中部叶 Middle leaves	37.1a	36.7a	36.7a	36.3a	36.9a	26.0a	25.7a	25.9a	26.0a	26.0a
	下部叶 Lower leaves	36.6a	36.3a	36.1a	36.2a	36.6a	25.9a	25.6a	25.8a	26.0a	26.0a
相对湿度 Relative humidity/%	上部叶 Upper leaves	48.1b	50.3a	51.5a	50.3a	50.8a	70.8a	72.1a	71.7a	71.7a	72.5a
	中部叶 Middle leaves	49.2b	51.5a	52.6a	51.5a	51.9a	72.2a	73.6a	72.8a	73.1a	73.7a
	下部叶 Lower leaves	52.3b	54.7a	55.3a	54.8a	55.0a	73.6a	74.6a	74.2a	74.3a	74.5a

注:CK、R、W、B、Y 分别表示自然光、红膜、白膜、蓝膜、黄膜处理(下同);同一行不同字母表示在某一典型天气 0.05 水平上差异显著。

Note:CK, R, W, B and Y stands for natural, red, white, blue and yellow plastic film, respectively(The same as below); Values on the same row followed by a different letters are significantly different at 0.05 probability level in the same typical weather.

或白膜次之,红膜最小;最大叶叶面积以红膜处理较大,白膜其次,黄膜处理小。不难看出,遮膜处理对烟叶发育的影响最大,对烟株茎围的影响最小。红膜处理最大叶长宽比最小,叶面积最大,表现为叶片圆大;黄膜处理最大叶长宽比最大,叶面积最小,表现为叶片细长;蓝、白膜处理最大叶长宽比及叶面积皆处于红膜和黄膜处理之间。

2.3 有色膜遮光对烤烟叶片光合性能参数和SPAD 值的影响

2.3.1 光合性能参数 各处理烤烟叶片(倒 5 叶)净光合速率(P_n)、气孔导度(G_s)、胞间 CO_2 浓度(C_i)和蒸腾速率(T_r)随遮膜处理时间的增加呈下降趋势,且不同遮膜处理间差异较大(图 1)。其中,烤烟叶片 P_n 在遮膜处理 30 d 时以红膜处理最大,黄膜处理较小;在遮膜处理 55 d(2010)或 60 d(2011)时, P_n 皆表现为蓝膜和红膜处理最大,黄膜或白膜处理次之,CK 最小。处理叶片 G_s 在 2010 和 2011

年均以红膜和蓝膜处理较高,其他 3 个遮膜处理表现较低。叶片 C_i 值在遮膜处理 30 d 时以红膜、黄膜处理较高,蓝膜、白膜次处理较低;在遮膜 55 d(2010)或 60 d(2011)时,各处理 C_i 表现为 CK>黄膜>红膜>白膜>蓝膜处理,两年结果完全一致。叶片 T_r 值在 2010 年遮膜 30 d 时各处理间差异较小;在 2011 年遮膜 30 d 时表现为红膜>白膜>蓝膜>CK>黄膜,至 55 d(2010)或 60 d(2011)时以蓝膜处理最高,红膜处理次之,白膜处理(2010)或黄膜处理(2011)再次,CK 最低。

上述分析表明,红、蓝膜遮光处理烟叶的 P_n 、 G_s 、 T_r 皆明显高于 CK,而白、黄膜处理的 P_n 、 G_s 、 T_r 略高于或与 CK 持平;遮膜处理初期,红、黄膜处理的 C_i 高于 CK,而随着遮膜处理时间的增加,4 种有色薄膜遮光处理的 C_i 皆低于 CK,且表现为蓝膜<白膜<黄膜<红膜。这与红、蓝膜处理烟叶晚熟及白、黄膜处理烟叶早熟表象完全一致。

表 2 有色膜遮光对烤烟主要农艺性状的影响

Table 2 Effects of shading with different color films on key agronomic characters of flue-cured tobacco

年份 Year	遮膜天数 Days of covering film/d	处理 Treatment	株高 Plant height /cm	茎围 Stem girth /cm	最大叶 Maximum leaf	
					长/宽 Length/width	叶面积 Leaf area/cm ²
2010	20	CK	122.3 a	8.8 a	2.8 c	1 245.9 ab
		R	122.9 a	8.9 a	2.7 c	1 284.3 a
		W	117.7 b	9.0 a	3.1 b	1 226.9 ab
		B	118.2 b	8.8 a	3.2 a	1 215.4 b
		Y	117.9 b	8.8 a	3.3 a	1 190.6 c
	35	CK	126.6 a	9.6 a	2.8 c	1 156.9 b
		R	125.8 a	9.2 a	2.8 c	1 219.5 a
		W	115.8 c	9.7 a	3.0 ab	1 016.8 c
		B	114.4 c	8.8 a	2.9 b	1 156.9 b
		Y	118.8 b	9.5 a	3.1 a	1 013.1 c
2011	15	CK	93.9 b	8.0 a	2.2 c	1 407.5 a
		R	98.0 a	7.8 a	2.1 c	1 431.4 a
		W	95.5 ab	7.8 a	2.1 c	1 424.1 a
		B	89.0 c	7.6 a	2.3 b	1 300.3 b
		Y	96.0 a	7.7 a	2.4 a	1 315.2 b
	30	CK	103.1 a	8.6 b	2.3 b	1 318.0 ab
		R	99.0 b	8.3 b	2.1 c	1 394.5 a
		W	97.1 c	9.2 a	2.3 b	1 364.2 ab
		B	96.6 c	8.5 b	2.4 ab	1 302.4 b
		Y	98.7 b	8.1 b	2.5 a	1 197.1 c

注:同一遮膜时间下比较,同一列不同字母表示在 0.05 水平上差异显著。
Note: Values on the same column followed by different letters are significantly different at 0.05 probability level within the same days of covering film.

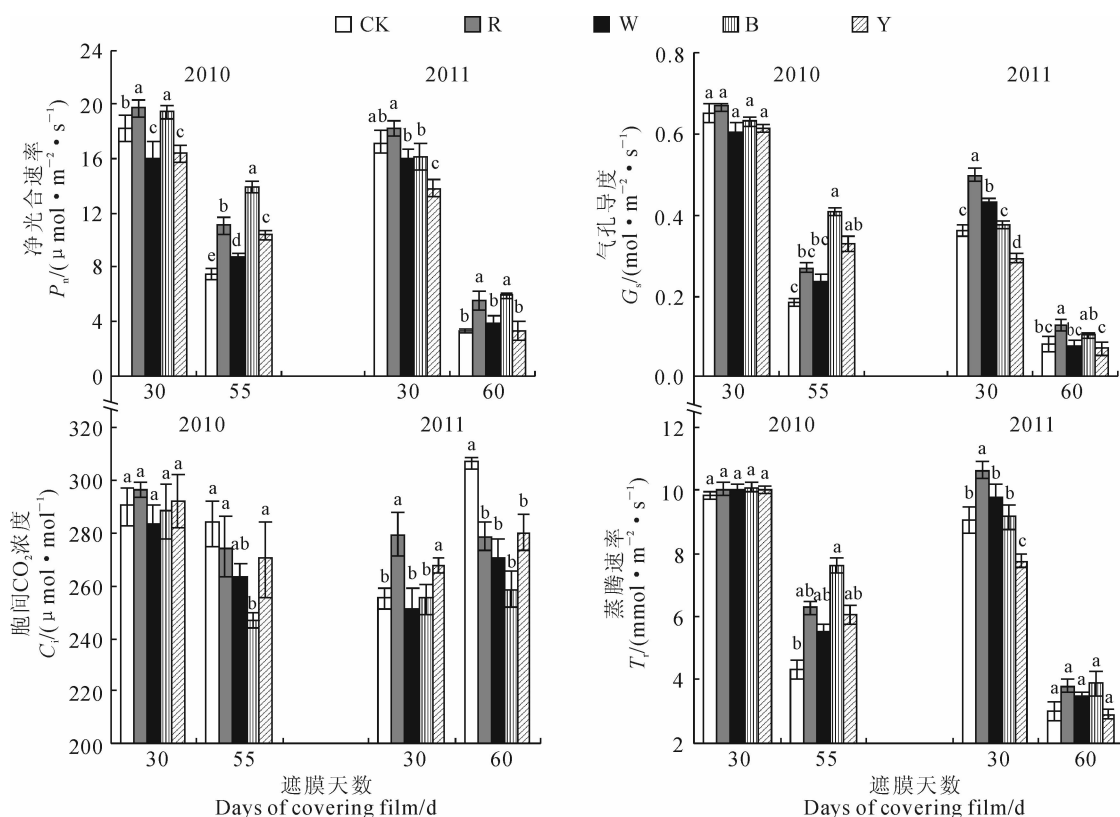


图1 有色膜遮光对烤烟叶片(倒5叶)光合性能参数的影响

Fig. 1 Effects of shading with different color films on photosynthesis characters of the fifth youngest expanded flue-cured leaf

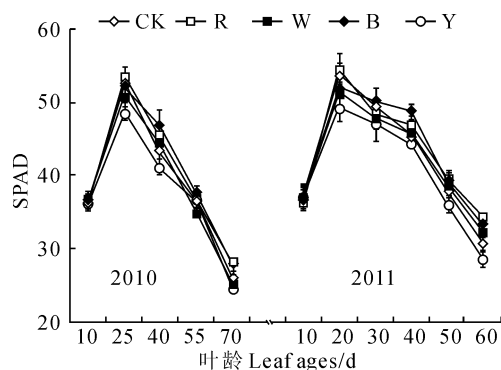


图2 有色膜遮光对烤烟叶片(倒5叶)SPAD值的影响

Fig. 2 Effects of shading with different color films on SPAD in the fifth youngest expanded flue-cured leaf

2.3.2 SPAD 值 随叶龄增加,烤烟叶片(倒5叶)的 SPAD 值呈先急剧上升后迅速下降的趋势,不同遮膜处理间存在差异(图 2)。其中,叶龄 20~25 d 时,各遮膜处理叶片 SPAD 值达最大值且有明显差异,由高到低依次为红膜、CK、蓝膜、白膜、黄膜;至叶龄 70 d(或 60 d)(即采收前)时,各遮膜处理 SPAD 值降至最低,由高到低依次为红膜、蓝膜、白膜、CK、黄膜。可见,红、蓝膜有利于提高倒 5 叶的

SPAD 值,黄膜明显降低了烤烟倒 5 叶的 SPAD 值,这与各遮膜处理烟叶表观成熟度基本一致。

2.4 有色膜遮光对初烤烟叶部分品质指标的影响

蛋白质、可溶性糖、烟碱、多酚等是初烤烟叶品质的重要指标,只有这些指标整体上协调优化,才能促进烟叶品质的提升。遮膜处理对初烤烟叶品质指标的影响比较大,且中部叶和上部叶存在较大差异(表 3)。

2.4.1 总氮及蛋白质 各遮膜处理中部叶总氮含量皆显著低于 CK,其由高到低依次为蓝膜、白膜、黄膜和红膜处理;各遮膜处理上部叶总氮含量由高到低依次为蓝膜、白膜、CK、红膜(2010)、黄膜,且多存在显著差异。可见,蓝膜处理较其他遮膜处理更有利于提高烤烟中上部叶总氮含量,红膜和黄膜处理不利于中上部叶总氮含量的提高。各遮膜处理烤烟叶片蛋白质含量变化趋势与总氮含量基本一致。

2.4.2 可溶性糖 烤烟中部叶可溶性糖含量在遮膜处理后均不同程度降低,可溶性糖含量由高到低依次为红膜、白膜、黄膜和蓝膜,且两年试验结果完全一致;上部叶可溶性糖含量在红膜处理中明显高于 CK,除 2011 年黄膜略高外,白膜、蓝膜和红膜处

表 3 有色膜遮光对初烤烟叶相关品质指标的影响

Table 3 Effects of shading with different color films on quality index of flue-cured tobacco leaves

年份 Year	烟叶 Tobacco leaf	处理 Treatment	总氮 Total nitrogen/%	蛋白质 Protein /%	可溶性糖 Soluble sugar/%	烟碱 Nicotine /%	总酚量 Total phenolic/%	施木克值 Shmuck value	氮碱比 Nitrogen/ nicotine
2010	中部叶 Middle leaves	CK	2.26 a	10.37 a	16.32 a	3.49 c	1.83 b	1.58 cd	0.65 a
		R	1.59 d	5.76 d	15.99 ab	3.89 b	1.73 c	2.78 a	0.41 c
		W	1.85 c	7.62 bc	13.87 b	3.67 bc	1.84 b	1.83 c	0.51 b
		B	2.03 b	7.97 b	11.68 c	4.36 a	1.94 a	1.46 d	0.47 bc
		Y	1.65 d	6.72 c	13.62 b	3.30 c	1.66 c	2.03 b	0.50 b
	上部叶 Upper leaves	CK	2.45 c	10.07 b	12.28 b	4.83 b	1.76 ab	1.40 a	0.51 bc
		R	2.27 d	9.60 b	14.12 a	4.23 c	1.43 c	1.28 b	0.53 b
		W	2.64 b	11.86 a	11.85 c	4.29 c	1.57b	1.00 c	0.62 a
		B	2.82 a	11.90 a	11.78 c	5.31 a	1.85 a	0.99 c	0.53 b
		Y	2.01 e	7.99 c	11.30 c	4.23 c	1.09 d	1.42 a	0.48 c
2011	中部叶 Middle leaves	CK	2.07 a	10.09 a	16.07 a	2.63 c	1.76 d	1.60 c	0.79 a
		R	1.67 c	6.92 c	15.69 ab	3.23 b	1.96 b	2.27 a	0.52 c
		W	1.76 c	7.90 b	15.04 b	2.86 c	1.98 b	1.90 b	0.62 b
		B	1.80 b	7.39bc	13.66 c	3.54 a	2.27 a	1.85 b	0.51 c
		Y	1.73 c	7.89 b	14.83 b	2.68 c	1.81 c	1.88 b	0.64 b
	上部叶 Upper leaves	CK	2.01 b	7.34 c	13.42 ab	4.83 b	2.28 a	1.93 a	0.42 c
		R	2.09 ab	8.39 b	14.19 a	4.29 d	1.76 c	1.60 c	0.49 a
		W	2.02 b	7.80 c	10.65 c	4.46 c	1.72 c	1.37 d	0.46 b
		B	2.37 a	9.18 a	10.76 c	5.21 a	2.08 b	1.71 b	0.46 b
		Y	1.73 c	6.23 c	12.50 b	4.27 d	1.45 d	2.01 a	0.41 c

注:同一年份内比较,同一部位同一列不同字母表示在 0.05 水平上差异显著。

Note:In the same year,values within a column followed by a different letters are significantly different at 0.05 probability level within the same parts.

理间总体差异较小。可见,红膜处理比其他遮膜处理有利于提高烤烟中上部叶尤其是上部叶的可溶性糖含量。

2.4.3 烟碱及总酚 中部叶烟碱含量以蓝膜处理最大,红膜处理次之,其他遮膜处理间差异较小,各遮膜处理烟碱含量表现为蓝膜>红膜>白膜>黄膜>CK;两年试验各处理上部叶烟碱含量均表现为蓝膜>CK>白膜>红膜>黄膜。可见,蓝膜处理有利于提高烤烟中上部叶尤其是中部叶的烟碱含量,并明显高于CK,红膜处理提高了中部叶却降低了上部叶烟碱含量。

蓝膜处理叶片总酚含量除 2011 年上部叶低于 CK 外,两年试验其余结果均高于 CK;其他遮膜处理总酚含量均低于 CK,红、白膜处理间差异较小,以黄膜处理总酚含量最低。可见,蓝膜处理有利于提高中上部叶总酚含量,并明显高于 CK,黄膜处理则明显降低了中上部叶总酚含量。

2.4.4 施木克值和氮碱比 施木克值为可溶性糖/

蛋白质含量,是反映烟叶碳氮代谢的综合性指标。中部烟叶施木克值除 2010 年蓝膜处理稍低于 CK ($P>0.05$)外,两年其余遮膜处理均高于 CK,并以红膜处理最高。上部叶施木克值除黄光处理稍高于 CK($P>0.05$)外,其他遮膜处理皆低于 CK,且红膜、蓝膜处理高于白膜处理。可见,红膜比其他遮膜处理更有利于提高中部叶的施木克值,明显高于 CK,黄膜处理也有利于提高中上部叶的施木克值,蓝膜处理则明显不利于中上部叶施木克值的提高。

氮碱比(总氮/烟碱)是反映烟叶感官品质的重要指标。各遮膜处理中部叶氮碱比显著低于 CK,且以红、蓝膜处理间以及白、黄膜处理间差异相对较小,但红、蓝膜处理烟叶中的氮碱比较白、黄膜处理显著降低。上部叶氮碱比除黄膜处理稍低于 CK($P>0.05$)外,其他遮膜处理间氮碱比差异较大且明显高于 CK。可见,红、蓝膜更有利于降低烤烟中部叶氮碱比,上部叶则以黄膜处理下降最明显。

3 讨 论

有色膜遮光处理显著影响了烤烟农艺性状,红膜促进了烟叶最大叶面积的增大,蓝膜抑制了烟草主茎的伸长,这与 Cosgrove^[21]、史宏志等^[4]、蒲高斌等^[10]的研究结果基本一致。本研究发现,蓝膜还抑制了烟草茎围的增加,黄膜较其他处理更易提高烟叶长宽比、抑制最大叶面积的增大。

有色膜遮光处理也影响了烟叶光合性能参数及 SPAD 值。遮膜初期,烟叶处于快速发育阶段,红膜处理烤烟叶片(倒 5 叶) P_n 略高于蓝膜处理;遮膜后期,蓝膜处理高于红膜处理。在倒 5 叶发育过程中,红、蓝膜处理的 P_n 、 G_s 、 T_r 显著高于白、黄膜处理,且皆高于对照或与对照持平。遮膜初期,红、黄膜处理的 C_i 皆高于对照及白、蓝膜处理;遮膜后期,各遮膜处理皆低于对照。光合色素是光合作用的基础^[22],叶绿素含量与烟叶 SPAD 值呈正相关^[23-24],SPAD 值间接反映了烟叶叶绿素含量及光合能力,红、蓝膜处理后期较其他处理更有利于提高 SPAD 值,这可能是红、蓝膜处理后期 P_n 明显高于其他处理的主要原因。

有色膜对烟叶着生部位的化学成分影响较大。与对照相比,蓝膜处理提高了中上部叶总氮及蛋白质含量,而红膜处理相对含量较低,这与前人研究结果基本一致^[25-27],本研究发现,黄膜处理也不利于上部叶总氮及蛋白质含量的提高。红膜比其他处理更有利于提高中上部叶尤其是上部叶的可溶性糖含量,其他遮膜处理中以蓝膜更不利于可溶性糖含量的提高。红膜处理提高了中部叶却降低了上部叶烟

碱含量,蓝膜处理提高了中上部叶烟碱和总酚含量,黄膜处理明显降低了中上部叶中的总酚含量。施木克值和氮碱比是综合反映烟叶化学品质的两个重要指标,红膜处理明显提高了中部叶的施木克值、降低了中部叶的氮碱比,蓝膜处理明显降低了烤烟中上部叶的施木克值及中部叶的氮碱比,黄膜处理提高了中上部叶的施木克值及降低了上部叶的氮碱比。可见,红膜处理利于烟叶中可溶性糖和蛋白质的优化分配及烟叶的适时成熟,蓝膜处理利于烟叶中含氮物质的增加。

综上所述,在 4 种有色膜遮光处理中,以红、蓝膜处理对烟叶发育、光合特性及烟叶品质影响最大。红膜处理最大叶长宽比最小、叶面积最大。红、蓝膜处理 P_n 、 G_s 、 T_r 明显高于对照,红膜处理的 C_i 遮膜处理初期高于对照,而在遮膜处理后期低于对照,红、蓝膜均有利于提高烤烟倒 5 叶 SPAD 值。红膜处理显著降低了中部叶蛋白质和总氮含量且处理降低幅度最大,显著提高了上部叶可溶性糖含量;蓝膜处理显著提高了上部叶蛋白质、总氮含量以及中上部叶烟碱和多酚含量,而显著降低了中部叶可溶性糖含量。红膜处理显著提高了中部叶施木克值、降低了氮碱比,而降低了上部叶施木克值、提高了氮碱比;蓝膜处理降低了中部叶施木克值及氮碱比,降低了上部叶施木克值、提高了氮碱比。可见,红蓝膜遮光处理可能通过增加烟叶面积,提高光合效率和 SPAD 值,协调施木克值和氮碱比,改善了初烤烟叶品质。本试验单色光影响烟叶品质的生理机制将为下一步开展复合光对烟叶品质的影响研究提供了有力的理论依据。

参考文献:

- [1] FRANKLIN K A. Light and temperature signal crosstalk in plant development[J]. *Curr. Opin. Plant Biol.*, 2009, 12: 63—68.
- [2] DISSANAYAKE P, GEORGE D L, GUPTA M L. Effect of light, gibberellic acid and abscisic acid on germination of guayule (*Parthenium argentatum* Gray) seed[J]. *Ind. Crop Prod.*, 2010, 32: 111—117.
- [3] MACEDO A F, LEAL-COSTA M V, TAVARES E S, *et al.* The effect of light quality on leaf production and development of *in vitro*-cultured plants of *Alternanthera brasiliana* Kuntze[J]. *Environ Exp. Bot.*, 2011, 70: 43—50.
- [4] SHI H ZH(史宏志), HAN J F(韩锦峰), GUAN CH Y(官春云), *et al.* Effects of red and blue light proportion on leaf growth, carbon-nitrogen metabolism and quality in tobacco[J]. *Acta Agronomica Sinica* (作物学报), 1999, 25(2), 215—220(in Chinese).
- [5] LI SH SH(李韶山), PAN R CH(潘瑞炽). Effects of blue light on the growth of rice seedlings[J]. *Chinese J. Rice Sci.* (中国水稻科学), 1994, 8(2): 115—118(in Chinese).
- [6] KE X(柯 学), LI J Y(李军营), LI X Y(李向阳), *et al.* Effects of different light quality on growth and photosynthesis of tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) leaves[J]. *Plant Physiology Journal* (植物生理学报), 2011, 47(5): 512—520(in Chinese).

- [7] GUO W M(过伟民),ZHANG Y L(张艳玲),CAI X J(蔡宪杰),*et al.* Influence of light's nature on quality of and photosynthetic pigment contents in flue-cured tobacco[J]. *Tobacco Science & Technology*(烟草科技),2011,9:65—70(in Chinese).
- [8] YU R C(余让才),PAN R CH(潘瑞炽). Effects of blue light on photosynthesis of rice seedlings[J]. *J. South China Agr. Univ.* (华南农业大学学报),1996,17(2):88—92(in Chinese).
- [9] LIU SH D(刘寿东),YANG Z Q(杨再强),SU T X(苏天星),*et al.* Effect of light quality on the photosynthetic characteristics of greenhouse sweet pepper[J]. *Transactions of Atmospheric Sciences*(大气科学学报),2010,33(5):600—605(in Chinese).
- [10] PU G B(蒲高斌),LIU SH Q(刘世琦),ZHANG ZH(张 珍). Effect of light quality on the growth and antioxidant enzyme activities of tomato seedlings[J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*(安徽农业科学),2004,32(5):971—972,975(in Chinese).
- [11] XU K(徐 凯),GUO Y P(郭延平),ZHANG SH L(张上隆). Effect of light quality on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in strawberry leaves[J]. *Scientia Agricultura Sinica*(中国农业科学),2005,38(2):369—375(in Chinese).
- [12] XU L(徐 莉),WEI H(尉 辉),QI L D(齐连东),*et al.* Effect of light quality on physiological characteristics and quality of leaf lettuce[J]. *China Fruit & Vegetable*(中国果菜),2010,4(4):19—22(in Chinese).
- [13] SHI H ZH(史宏志),LI ZH(李 志),LIU G SH(刘国顺),*et al.* Dynamic changes of carbon-nitrogen metabolism and sugar accumulation in South Anhui flue-cured tobacco with sweet aroma [J]. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*(华北农学报),2009,24(3):144—149.
- [14] 王瑞新. 烟草化学[M]. 北京:中国农业出版社,2003:258—260.
- [15] SHAO J P(邵建平),XU J(徐 洁),ZUAN SH F(纂世飞),*et al.* Effects of enhanced ultraviolet-B on soluble sugar, protein contents and shikimic acid value of flue-cured tobacco[J]. *Journal of Yunnan Agricultural University*(云南农业大学学报),2011,26(1):64—69(in Chinese).
- [16] 王学奎. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2000:202—204.
- [17] 王晶英. 植物生理生化实验技术与原理[M]. 哈尔滨:东北林业大学出版社,2003:18—20.
- [18] YC/T160-2002 烟草及烟草制品总植物碱的测定 连续流动法[S]. 北京:中国标准出版社,2002.
- [19] YC/T173-2003 烟草及烟草制品钾的测定 火焰光度法[S]. 北京:中国标准出版社,2003.
- [20] YC/T202-2006 烟草及烟草制品多酚类化合物-绿原酸、儿茶素和芸香苷的测定[S]. 北京:中国标准出版社,2006.
- [21] COSGROVE D J. Rapid inhibition of hypocotyl growth by blue light in *Sinapis alba* L. [J]. *Plant Science*,1982,25:305—309.
- [22] CAUSIN H F,JAUREGUI R N,BARNEIX A J. The effect of light spectral quality on leaf senescence and oxidative stress in wheat[J]. *Plant Sci.*,2006,171:24—33.
- [23] ZENG J M(曾建敏),YAO H(姚 恒),LI T F(李天福),*et al.* Chlorophyll content determination and its relationship with SPAD readings in flue-cured tobacco[J]. *Molecular Plant Breeding*(分子植物育种),2009,7(1):56—62(in Chinese).
- [24] UDDLING J,GELANG A J,PIHKI K. Evaluating the relationship between leaf chlorophyll concentration and SPAD chlorophyll meter readings[J]. *Photosynth. Res.*,2007,91:37—46.
- [25] NATALIA P V,INNA S D,KRENDELEVA T E. Effect of light quality on the organization of photosynthetic electron transport chain of pea seedlings[J]. *Plant Physiology*,1977,59:151—154.
- [26] LI SH SH(李韶山),PAN R CH(潘瑞炽). Blue light effects in plants[J]. *Plant Physiology Communications*(植物生理学通讯),1993,29(4):248—252.
- [27] KOWALLIK W. Blue light effects on respiration[J]. *Annual Review of Plant Physiology*,1982,33:51—72.