

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

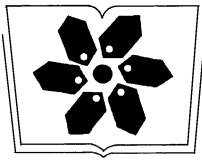
Acta Ecologica Sinica



第 31 卷 第 22 期 Vol.31 No.22 **2011**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 31 卷 第 22 期

2011 年 11 月 (半月刊)

目 次

叶冠尺度野鸭湖湿地植物群落含水量的高光谱估算模型	林 川, 宫兆宁, 赵文吉 (6645)
中国水稻潜在分布及其气候特征	段居琦, 周广胜 (6659)
大豆异黄酮浸种对盐胁迫大豆幼苗的生理效应	武玉妹, 周 强, 於丙军 (6669)
黑河中游荒漠绿洲过渡带多枝桠柳对地下水位变化的生理生态响应与适应	张 佩, 袁国富, 庄 伟, 等 (6677)
高寒退化草地甘肃臭草种群分布格局及其对土壤水分的响应	赵成章, 高福元, 石福习, 等 (6688)
基于生态足迹思想的皂市水利枢纽工程生态补偿标准研究	肖建红, 陈绍金, 于庆东, 等 (6696)
基于 MODIS 黄河三角洲湿地 NPP 与 NDVI 相关性的时空变化特征	蒋蕊竹, 李秀启, 朱永安, 等 (6708)
高分辨率影像支持的群落尺度沼泽湿地分类制图	李 娜, 周德民, 赵魁义 (6717)
土壤食细菌线虫对拟南芥根系生长的影响及机理	成艳红, 陈小云, 刘满强, 等 (6727)
基于网络 K 函数的西双版纳人工林空间格局及动态	杨珏婕, 刘世梁, 赵清贺, 等 (6734)
树轮灰度与树轮密度的对比分析及其对气候要素的响应	张同文, 袁玉江, 喻树龙, 等 (6743)
冀北山地阴坡优势树种的树体分维结构	田 超, 刘 阳, 杨新兵, 等 (6753)
帽峰山常绿阔叶林辐射通量特征	陈 进, 陈步峰, 潘勇军, 等 (6766)
不同类型拌种剂对花生及其根际微生物的影响	刘登望, 周 山, 刘升锐, 等 (6777)
一种自优化 RBF 神经网络的叶绿素 a 浓度时序预测模型	仝玉华, 周洪亮, 黄浙丰, 等 (6788)
不同种源麻栎种子和苗木性状地理变异趋势面分析	刘志龙, 虞木奎, 马 跃, 等 (6796)
黄土丘陵区植物叶片与细根功能性状关系及其变化	施 宇, 温仲明, 龚时慧 (6805)
干旱区五种木本植物枝叶水分状况与其抗旱性能	谭永芹, 柏新富, 朱建军, 等 (6815)
火灾对马尾松林地土壤特性的影响	薛 立, 陈红跃, 杨振意, 等 (6824)
江苏省太湖流域产业结构的水环境污染效应	王 磊, 张 磊, 段学军, 等 (6832)
高温对两种卡帕藻的酶活性、色素含量与叶绿素荧光的影响	赵素芬, 何培民 (6845)
江苏省典型干旱过程特征	包云轩, 孟翠丽, 申双和, 等 (6853)
黄土高原半干旱草地地表能量通量及闭合率	岳 平, 张 强, 杨金虎, 等 (6866)
光质对烟叶光合特性、类胡萝卜素和表面提取物含量的影响	陈 伟, 蒋 卫, 邱雪柏, 等 (6877)
铜陵铜尾矿废弃地生物土壤结皮中的蓝藻多样性	刘 梅, 赵秀侠, 詹 婧, 等 (6886)
圈养马麝刻板行为表达频次及影响因素	孟秀祥, 贡保草, 薛达元, 等 (6896)
田湾核电站海域浮游动物生态特征	吴建新, 阎斌伦, 冯志华, 等 (6902)
马鞍列岛多种生境中鱼类群聚的昼夜变化	汪振华, 王 凯, 章守宇 (6912)
基于认知水平的非使用价值支付动机研究	钟满秀, 许丽忠, 杨 净 (6926)
综述	
植物盐胁迫应答蛋白质组学分析	张 恒, 郑宝江, 宋保华, 等 (6936)
沉积物氮形态与测定方法研究进展	刘 波, 周 锋, 王国祥, 等 (6947)
野生鸟类传染性疾病预防研究进展	刘冬平, 肖文发, 陆 军, 等 (6959)
鱼类通过鱼道内水流速度障碍能力的评估方法	石小涛, 陈求稳, 黄应平, 等 (6967)
专论	
IPBES 的建立、前景及应对策略	吴 军, 徐海根, 丁 晖 (6973)
研究简报	
柠条人工林幼林与成林细根动态比较研究	陈建文, 王孟本, 史建伟 (6978)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 344 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 35 * 2011-11



封面图说: 滩涂芦苇及野鸭群——中国的海岸湿地, 尤其是长江入海口以北的海岸线, 多为泥质性海滩, 地势宽阔低洼, 动植物资源丰富, 生态类型独特, 为迁徙的鸟提供了丰富的食物和休息、庇护的良好环境, 成为东北亚内陆和环西太平洋鸟类迁徙的重要中转站和越冬、繁殖地。一到迁徙季节, 成千上万的各种鸟类飞临这里, 尤其是雁鸭类数量庞大, 十分壮观。

彩图提供: 陈建伟教授 国家林业局 E-mail: cites.chenjw@163.com

陈伟, 蒋卫, 邱雪柏, 蒋光华, 潘文杰. 光质对烟叶光合特性、类胡萝卜素和表面提取物含量的影响. 生态学报, 2011, 31 (22) : 6877-6885.

Chen W, Jiang W, Qiu X B, Jiang G H, Pan W J. Effects of light quality on photosynthetic characteristics and on the carotenoid and cuticular extract content in tobacco leaves. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31 (22) : 6877-6885.

光质对烟叶光合特性、类胡萝卜素和 表面提取物含量的影响

陈 伟¹, 蒋 卫², 邱雪柏¹, 蒋光华³, 潘文杰^{1,*}

(1. 贵州省烟草科学研究所, 贵阳 550003; 2. 遵义市烟草公司, 遵义 563100;

3. 贵州省烟草公司, 贵阳 550000)

摘要:以烤烟云烟 87 为材料, 在烟株团棵期和打顶期用透光率相近的有色薄膜分别对其进行遮光处理直到采收结束, 研究光质对烟叶光合特性、类胡萝卜素和表面提取物含量的影响。结果表明: 烟叶生育前期各光质的整体光合性能依次为红光>自然光>白光>蓝光>黄光, 后期蓝光的作用逐渐凸显。烤后烟叶 β -胡萝卜素和叶黄素含量之间呈极显著正相关, 且 β -胡萝卜素含量明显高于叶黄素含量。团棵期增加红光, 打顶期补充蓝光, 有利于提高烤后烟叶 β -胡萝卜素和叶黄素含量。光质对腺毛分泌物中的 β -西柏三烯二醇影响最大, 对降茄二酮影响最小。烷烃类蜡质成分中的三十一烷、三十三烷和异三十三烷含量受光质影响较大, 异三十二烷和二十九烷含量受光质影响较小。相对于腺毛分泌物和烷烃类蜡质而言, 光质对新植二烯影响较小。黄膜处理烤后烟叶的腺毛分泌物及其降解产物总量最高, 光质对新植二烯和烷烃类蜡质含量的影响存在多种变化。红光和蓝光对烟叶表面提取物的影响效应主要表现在烟株生长前期, 黄光和白光的影响效应主要体现在烟株生长后期。烟株生长前期增加红光比例, 有利于增加烤后烟叶新植二烯和烷烃类蜡质成分积累; 烟株生长后期补充黄光光质有助于提高烤后烟叶腺毛分泌物含量和表面提取物总量。

关键词: 烟叶; 光质; 光合特性; 类胡萝卜素; 表面提取物

Effects of light quality on photosynthetic characteristics and on the carotenoid and cuticular extract content in tobacco leaves

CHEN Wei¹, JIANG Wei², QIU Xuebai¹, JIANG Guanghua³, PAN Wenjie^{1,*}

1 Guizhou Tobacco Institution, Guiyang 550003, China

2 Zun Yi Tobacco Company, Zun Yi 563100, China

3 Guizhou Tobacco Company, Guiyang 550000, China

Abstract: China is a broad expansive country with a wide variety of ecological conditions. The quality and characteristics of tobacco leaves vary remarkably under different ecological conditions, which may be correlated to differing light quality. We studied the effects of light quality on photosynthetic characteristics and on the carotenoid and cuticular extract content in tobacco leaves by using flue-cured Yunyan 87 tobacco as the test material. We used colored films of similar transmittance with the tobacco plants to conduct shadings treatment on the bird-nest stage and at the topping period until the end of growth. It is important to understand the mechanisms affecting different quality characteristics of flue-cured tobacco in different tobacco-growing areas. Results showed the order of the overall photosynthetic performance under different wavelengths of light was red > natural > white > blue > yellow during the earlier stage of tobacco growth. The effects of blue light became more obviously important during the latter stage of growth. The β -carotene and lutein content of cured tobacco

基金项目: 中国烟草总公司科技重点项目 (110200902064); 贵州省科学技术厅重点项目 (黔科合 NY 字 [2007] 3031); 贵州省烟草专卖局科技重大专项 (2007-04)

收稿日期: 2010-12-31; **修订日期:** 2011-09-14

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: wenjiepan@163.com

leaves was highly positively correlated, though β -carotene content was significantly higher than lutein. An increase in red light during the bird-nest stage and supplemental blue light during the topping period improved the β -carotene and lutein content of cured tobacco leaves. Light quality has the strongest significant effect on β -cembraatriene-diol content, and minimal impact on the norsolanadione content. During the bird-nest stage, the effect of light quality modified by colored film on β -cembraatriene-diol content was three times higher than the effect of light quality on norsolanadione content. Light quality had notable effects on hentriacontane, tritriacontane and isopropyl tritriacontane content, while isopropyl dotriacontane and nonacosane content were less affected by light quality. Compared with trichome secretions and alkane waxiness content, the light quality had a smaller effect on neophytadiene. During the bird-nest stage, shading with a red or blue film had the highest impact on the total amount of cuticular extractions produced on the surface of tobacco leaves; yellow film produced a lower impact, and white film had the least impact. During the topping period, shading with yellow film resulted in the highest production in total cuticular extractions produced on tobacco leaf surfaces; white film resulted in lower production and red film resulted in minimal production. The effect of light quality modified by shading during the topping period on the total amount of cuticular extractions produced from tobacco leaf surfaces was about three times stronger than the effect of shading during the bird-nest stage. But the changes in the various tobacco leaf cuticular extractions produced from plants grown under different light qualities were not fully in line with this trend. The total amount of trichome secretions and its degraded substances in cured tobacco leaves was the highest in plants grown under yellow film, but there were many variations for the influence of light quality on neophytadiene content and on alkane waxiness content. The effect of the shading time of red and blue film on the tobacco leaf cuticular extractions was significant, while the shading time of yellow and white film had little effect. The influence of red and blue light on the tobacco leaf cuticular extractions was stronger during the earlier stages of growth, while the influence of yellow and white light was stronger at later growing periods. Increasing the proportion of red light on the tobacco during the earlier growing stage enhanced the accumulation of neophytadiene and alkane waxiness in cured tobacco leaves, while supplementing yellow light during later growing periods improved the content of trichome secretions and the total amount of cuticular extractions in cured tobacco leaves.

Key Words: tobacco leaf; light quality; photosynthetic characteristic; carotenoids; cuticular extractions

光质是植物生长发育重要的环境因子,许多研究表明光质对植物生长发育、光合作用、物质代谢及基因表达均有调控作用^[1-3],但是大多数光质的研究多集中在蓝光和红光上^[4-5],对其它光质的研究甚少。近年来,科技工作者就光质对植物光合作用的影响开展了多方面的研究,取得了大量的试验成果^[6-8]。类胡萝卜素是烟叶中的重要致香前体物,不同烤烟产区烤烟独特香气风格的形成与其烟叶中类胡萝卜素含量有关。不同光质对叶片中类胡萝卜素含量的影响存在差异,徐凯等^[9]认为,低的红光/远红光的比值有利于草莓叶片类胡萝卜素含量的增加。许莉等^[10]研究表明,与白光相比,黄光、红光、蓝光都降低了叶用莴苣类胡萝卜素的含量。Anna B 等^[11]也发现,红光能降低风信子愈伤组织类胡萝卜素的含量。然而国内外对光质的研究基本上都局限在农作物和花卉组织培养上,光质对烤烟光合特性和类胡萝卜素含量的影响研究甚少,有关光质对烟叶表面提取物的影响未见报道。光作为生态条件中的重要因素在很大程度上决定或影响着烟叶品质和香气风格^[12]。我国地域广阔,生态环境差别很大,不同生态条件下生长的烟叶质量和风格特色有显著的差异,这与光质比例的不同有一定的关系。本研究在烤烟生产大田通过采用有色滤光膜改变照射光的光谱,探讨不同光质对烟叶光合特性、类胡萝卜素和表面提取物含量的影响,对了解我国不同烟区烤烟品质特色差异机理有着重要意义,为生产上通过栽培和生态措施改变光质比例,调节碳氮代谢,改善烟叶品质,突显风格特色提供新的方法和思路。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于2010年在遵义县三岔科技园进行,试地位于北纬27°32'19.6",东经106°55'44.4",海拔893 m,黄

色水稻土,肥力中等,前作水稻,供试品种为云烟 87,土壤基本肥力特性见表 1。有色薄膜购自玉溪市旭日塑料有限责任公司,红膜(R)、蓝膜(B)、黄膜(Y)、和白膜(W)的透光率分别为 83.1%、86.8%、85.3% 和 88.1%。

表 1 试验点土壤主要养分含量

Table 1 Mainly nutrient content in the soil at test site

有机质 OM /%	全 N Total N /%	全 P Total P /%	全 K Total K /%	硝态氮 Nitrate. N /(mg/kg)	氨态氮 Ammonia. N /(mg/kg)	速效 P Avail. P /(mg/kg)	速效 K Avail. K /(mg/kg)	缓效 K Slow effective K /(mg/kg)	pH
23.30	1.83	0.58	7.86	19.42	6.85	15.73	64.79	90.98	5.59

1.2 试验设置

试验设置透光率相近的不同有色薄膜覆盖和遮光时间 2 个因子,有色薄膜设红(R)、蓝(B)、黄(Y)、白(W)和不覆盖(CK) 5 个水平,遮光时间设团棵期(T)至采收结束和打顶期(D)至采收结束 2 个水平,共 9 个处理,分别为团棵期遮红膜(R-T)、蓝膜(B-T)、黄膜(Y-T)、白膜(W-T)、打顶期遮红膜(R-D)、蓝膜(B-D)、黄膜(Y-D)、白膜(W-D),不覆盖(CK)。各处理 3 次重复,随机区组排列。每小区植烟 6 行,两侧一行为保护行,每行植烟 29 株,两端 2 株为保护株,行距 1 m,株距 0.6 m。试验利用塑料大棚覆盖,要求将上部全部遮光,东西两侧面 1/2 遮光,棚高 1.7 m。试验处理除覆盖薄膜颜色不同外,各小区所有栽培调制措施与环境调控措施,要求严格保持一致。自然光处理选用无色透明纱网覆盖,利用不同目数调节透光率,使小区棚内光强与其它处理一致。为保证不同颜色滤光膜覆盖条件下光强、光质的稳定性,30 d 左右更换 1 次新膜。对以上未提及的烤烟生产措施则按当地优质烟栽培技术进行操作。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 光合特性测定

各小区选取 5 株生长一致的烟株,分别于团棵期遮光后 10、25、50 d,各处理选取 5 株长势一致的烟株,利用 Li-6400 便携式光合测定系统,在 9:00—11:00 测定功能盛期叶(倒数第 6 位叶)的净光合速率(P_n)、气孔导度(G_s)、胞间 CO_2 浓度(C_i)和蒸腾速率(Tr)。每张叶片测定 3 次取其平均值。Li-6400 仪器使用开放式气路,内置光源,光强为 $1500 \mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ 。

1.3.2 类胡萝卜素含量测定

称取约 0.5 g 烟叶样品,加入 90% 丙酮-水溶液 30 mL,超声萃取 30 min,过滤,烟叶固体用萃取液洗涤 3 次,定容至 50 mL 容量瓶中,摇匀,静置后过 0.45 μm 滤膜转移到色谱瓶中进行液相色谱测定。

Agilent1100 色谱仪配备二极管阵列检测器;色谱柱 Zorbax SB-C18 (150 mm $\times$ 4.6 mm, 5.0 μm , Agilent 公司),柱温为 25 $^{\circ}C$;流动相 A 为乙腈:二氯甲烷=4:1(体积分数);流动相 B 为水。梯度洗脱条件为 0min 0% B; 5min 5% B; 10min 0% B。流速为 1.0 mL/min,进样量为 20.0 μL ;检测波长 450 nm。 β -胡萝卜素、叶黄素(Fluka 公司,Switzerland,纯度大于 97%);HPLC 级的二氯甲烷、乙腈(TEDIA, USA);丙酮为分析纯;水为二次亚沸石英蒸馏水。

1.3.3 烟叶表面提取物含量测定

称取烟叶样品 10 g,先后在装有 200 mL 二氯甲烷的 3 个烧杯中浸洗。在第 1 只烧杯中浸洗 4 次,每浸一次在溶剂中停留,待二氯甲烷稍挥发,再在第 2、3 只烧杯中重复浸洗,每次浸洗时叶片倒顺序提取(即上次最后提取的叶片首先被浸洗)。3 次提取完成后,将含有叶面提取物的溶剂过滤到平底烧瓶内(滤纸内放无水硫酸钠 50 g),过滤漏斗、烧杯和滤纸均用二氯甲烷冲 3 次以上。然后将浸提液转移至旋转蒸发仪中,在 40 $^{\circ}C$ 下浓缩,最后移入琥珀色瓶中,定容至 10 mL,置于 0 $^{\circ}C$ 左右暗处备测。

称取 0.336 g 芳樟醇于 500 mL 容量瓶中用异丙醇定容,转移到试剂瓶中,贴上标签,作为内标。移取烟叶腺毛分泌物提取浓缩物 2 mL,加入 1 mL 内标,再浓缩至 1 mL,进行 GC 或 GC/MS 分析。气相色谱条件:

TRACE GC 气相色谱仪 (Finnigan 公司); 色谱柱为 DB-5 30 m $\times$ 0.25 mmid $\times$ 0.25 μ mdf.; 初温 100 $^{\circ}$ C, 恒温 2 min 后以 4 $^{\circ}$ C/min 升至 180 $^{\circ}$ C, 保持 30 min 以 8 $^{\circ}$ C/min 升至 280 $^{\circ}$ C, 保持 25 min; 进样口 250 $^{\circ}$ C, FID 280 $^{\circ}$ C; He₂ 为载气, 流速为 1.5 mL/min; 分流流量 60 mL/min; 进样量 2.0 μ L。质谱条件: TurboMass 色质联用仪 (PE 公司); 色谱柱 DB-5 30 m $\times$ 0.25 mmid $\times$ 0.25 μ mdf.; 载气 He; 流速为 1.5 mL/min; 传输线温度 250 $^{\circ}$ C, 离子源温度 170 $^{\circ}$ C; EI 能量 70 eV, 扫描范围 35—450 uam, 其余色谱条件同 GC。

1.4 数据处理

采用 Microsoft Excel 软件和 DPS 数据处理系统进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同光质对烟叶光合特性的影响

从不同光质下烟叶的光合指标测定结果可以看出 (图 1), 光质处理后 10 d, 红膜、蓝膜下烟叶的净光合速率较高, 分别为 20.52 和 20.1 μ mol $\cdot$ m⁻² $\cdot$ s⁻¹; 黄膜处理烟叶的净光合速率最低, 为 18.28 μ mol $\cdot$ m⁻² $\cdot$ s⁻¹, 白膜与自然光烟叶的净光合速率居中。光质处理后 25 d, 白膜与自然光烟叶的净光合速率相当, 为 19.56—20.39 μ mol $\cdot$ m⁻² $\cdot$ s⁻¹, 明显高于其它滤光膜, 黄膜下烟叶的净光合速率仍为最低, 为 17.08 μ mol $\cdot$ m⁻² $\cdot$ s⁻¹, 红膜与蓝膜处理烟叶的净光合速率相近。光质处理后 50 d, 由于自然光烟株提早进入成熟期, 净光合速率大幅下降, 仅 7.50 μ mol $\cdot$ m⁻² $\cdot$ s⁻¹; 蓝光有延迟烟叶成熟的作用, 光合代谢相对强烈, 净光合速率最高, 是自然光烟叶的 2.4 倍; 红光促进烟叶成熟, 红膜下烟叶的净光合速率也明显降低, 为 12.42 μ mol $\cdot$ m⁻² $\cdot$ s⁻¹; 白膜和黄膜处理烟叶的净光合速率明显低于蓝膜。胞间 CO₂ 浓度、蒸腾速率和气孔导度的变化规律与净光合速率相似。从光质处理后 10 d 和 25 d 的光合指标测定平均值来看, 净光合速率依次为自然光 > 白膜 > 红膜 > 蓝膜 > 黄膜, 自然光与黄膜相差 2.11 μ mol $\cdot$ m⁻² $\cdot$ s⁻¹; 红膜下烟叶的气孔导度最大, 为 0.8 mol $\cdot$ m⁻² $\cdot$ s⁻¹, 白膜其次, 自然光、蓝膜和黄膜相当; 红膜处理烟叶的胞间 CO₂ 浓度最高, 为 290.2 μ mol/mol, 其余光质处理间基本一致, 在 281.22—286.34

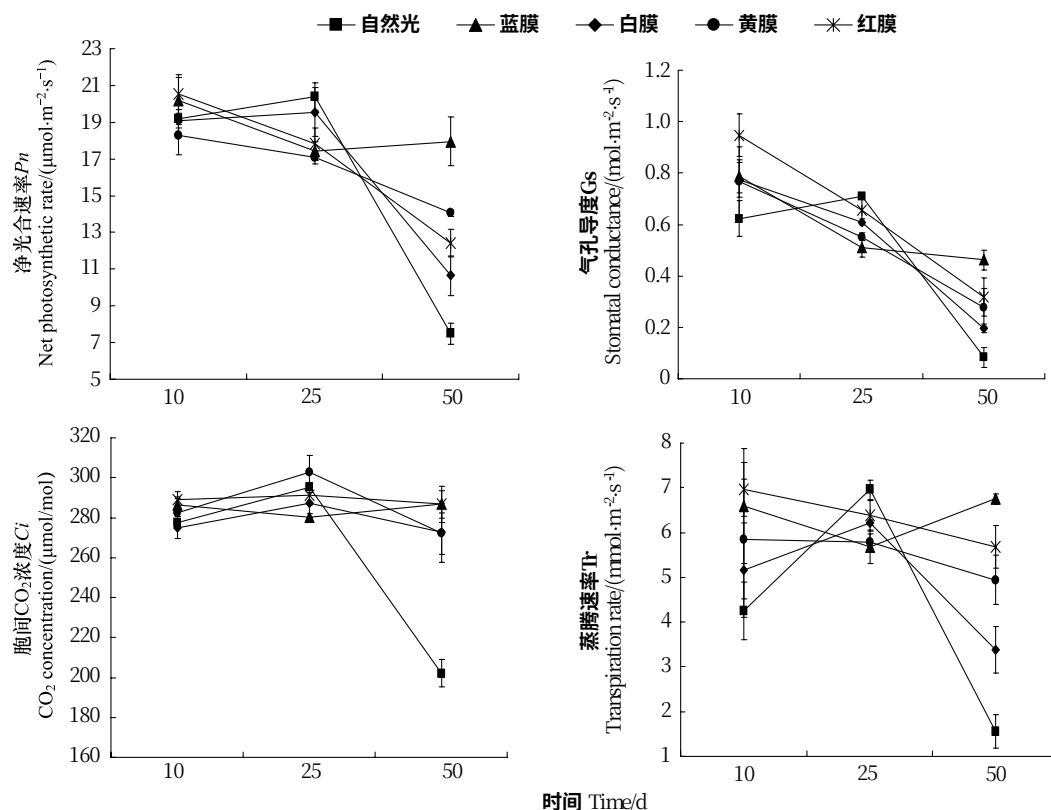


图 1 不同光质对烟叶 P_n 、 G_s 、 C_i 和 Tr 的影响

Fig. 1 Effects of light quality on P_n , G_s , C_i and Tr of tobacco leaves

$\mu\text{mol}/\text{mol}$ 之间;红膜烟叶的蒸腾速率最大,为 $6.68 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,自然光其次,蓝膜、白膜和黄膜相当,在 $5.69\text{—}6.07 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 之间。综上表明,烟叶生育前期各光质的整体光合性能依次为红光>自然光>白光>蓝光>黄光,后期蓝光的作用逐渐凸显。

2.2 不同光质对中部初烤烟叶 β -胡萝卜素和叶黄素含量的影响

类胡萝卜素是烟叶中的关键致香前体物,烤烟中类胡萝卜素是由 68% 的 β -胡萝卜素和 32% 的新 β -胡萝卜素组成;叶黄素是由 60% 叶黄素、22% 新黄素和 18% 紫黄质组成^[13]。由图 2 可以看出,不同光质下初烤烟叶 β -胡萝卜素含量差异较大。团棵期遮光,红膜下烟叶 β -胡萝卜素含量最高,为 $112.6 \mu\text{g}/\text{g}$;自然光烟叶次之,白膜烟叶最低,红膜烟叶是白膜烟叶的 1.35 倍,黄膜处理烟叶的 β -胡萝卜素含量也较低。打顶期遮光,各滤光膜处理烟叶 β -胡萝卜素含量都低于自然光,红膜烟叶次高,黄膜最低,自然光和红膜烟叶分别是黄膜烟叶的 1.31 和 1.28 倍,白膜烟叶的 β -胡萝卜素含量也较低。白膜的遮光时间对烟叶 β -胡萝卜素含量影响不大,红膜和黄膜团棵期遮光烟叶的叶黄素含量均高于打顶期遮光,蓝膜相反,打顶期遮光烟叶 β -胡萝卜素含量高于团棵期遮光 $12.1 \mu\text{g}/\text{g}$ 。

不同光质对初烤烟叶叶黄素含量影响明显(图 2)。团棵期遮光,红膜烟叶叶黄素含量最高,蓝膜烟叶最低,红膜烟叶是蓝膜烟叶的 1.36 倍,黄膜烟叶的叶黄素含量也较低,为 $103.8 \mu\text{g}/\text{g}$;白膜和自然光烟叶的叶黄素含量无明显差别。打顶期遮光,蓝膜和红膜烟叶的叶黄素含量较高,但都不如自然光,黄膜烟叶最低,蓝膜和红膜烟叶分别是黄膜烟叶的 1.30 和 1.26 倍。红膜、黄膜和白膜团棵期遮光的烟叶叶黄素含量均高于打顶期遮光,蓝膜相反,打顶期遮光烟叶叶黄素含量高于团棵期遮光 $11.1 \mu\text{g}/\text{g}$ 。

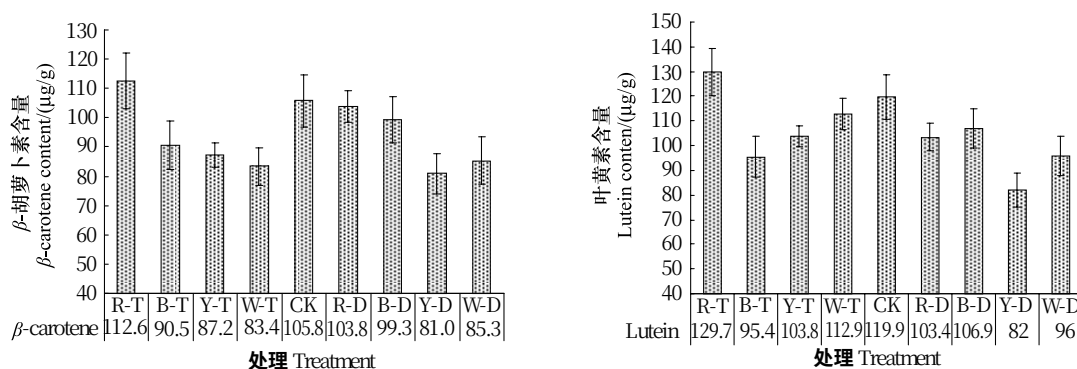


图 2 不同光质对中部初烤烟叶 β -胡萝卜素和叶黄素含量的影响

Fig. 2 Effects of light quality on the β -carotene and lutein content of middle cured tobacco leaves

2.3 不同光质对中部初烤烟叶表面提取物的影响

烟草表面分泌物物质包括 3 大类:腺毛分泌物、二萜、糖酯和表面蜡,这些物质与烟叶香气物质产生密切相关^[14]。叶面分泌物组分的数量和种类受遗传因素、植物发育阶段、环境和栽培条件的影响^[15]。研究不同光质对烤烟叶面分泌物的影响,对了解我国不同烟区烤烟香型差异有重要的现实意义。

2.3.1 不同光质对中部初烤烟叶表面提取物总量的影响

中部初烤烟叶表面提取物总量不同光质间差异较大(表 2)。团棵期遮光,各滤光膜处理的初烤烟叶表面提取物总量均极显著高于对照 $343.32\text{—}504.93 \mu\text{g}/\text{g}$;由于对照烟株未进行盖膜处理,受降雨影响,造成烟叶表面分泌物大量淋失,显著降低了烟叶表面化合物,不参与后面的光质间差异分析。红膜烟叶与蓝膜烟叶的叶面提取物总量相当,蓝膜烟叶最高,白膜烟叶最低,二者相差 $175.13 \mu\text{g}/\text{g}$ 。打顶期遮光,黄膜烟叶最高,白膜烟叶次之,红膜烟叶最低,黄膜和白膜烟叶表面提取物总量是红膜烟叶的 2.7 倍以上,蓝膜烟叶表面提取物总量也较低。红膜和蓝膜团棵期遮光烟叶的表面提取物总量极显著高于打顶期遮光,团棵期遮光分别是打顶期遮光烟叶的 3.4 倍和 2.1 倍,黄膜和白膜团棵期遮光烟叶的表面提取物总量略低于打顶期遮光。打顶期遮光,烟叶表面提取物总量不同滤光膜处理间的变异程度较大, CV (%) 达 46.50%;团棵期遮光,不同不同滤光

膜间的的变异程度较小, CV(%) 仅 12.39%, 表明打顶期遮光不同光质对中部初烤烟叶表面提取物总量的影响效果是团棵期遮光的近 4 倍。就光质对中部初烤烟叶不同种类表面提取物总量影响程度而言, 光质对烷烃类蜡质成分影响最大, 对新植二烯影响相对较小。

表 2 不同光质下中部初烤烟叶表面提取物总量

Table 2 The total amount of cuticular extractions in middle cured tobacco leaves under different light qualities											
成分 Component	R-T	B-T	Y-T	W-T	CV/%	CK	R-D	B-D	Y-D	W-D	CV(%)
新植二烯 Neophytadiene	23.76	22.50	16.64	24.45	16.30	5.73	5.82	6.77	14.17	14.04	44.34
腺毛分泌物 Trichome secretions	318.45	381.35	404.22	254.70	19.80	109.53	109.60	226.77	390.57	331.83	46.70
烷烃类蜡质 Alkane waxiness	376.02	326.65	232.31	278.16	20.42	56.47	54.95	71.51	192.09	135.35	55.38
总量 Total content	694.47	707.99	636.53	532.86	12.39	189.54	203.21	342.84	657.08	548.27	46.50

3.1.2 不同光质对中部初烤烟叶新植二烯含量的影响

新植二烯是叶绿素的降解产物, 新植二烯是烟草挥发性香气中含量最高的成分(占 75%—87%)。进一步分解转化形成低分子香味成分, 其降解物能增加烤烟香气, 具有强烈的清香气^[16]。不同光质下中部初烤烟叶新植二烯含量差异明显(图 3), 团棵期遮光, 红膜、蓝膜与白膜处理烟叶新植二烯含量无显著差别, 在 22.50—24.45 μg/g 之间, 白膜烟叶最高, 黄膜烟叶最低。打顶期遮光, 各光质的初烤烟叶新植二烯含量均低于团棵期给光, 黄膜和白膜烟叶最高, 红膜烟叶最低, 蓝膜烟叶次低, 黄膜和白膜烟叶新植二烯含量是红膜烟叶的 2.4 倍以上。红膜和蓝膜团棵期遮光烟叶的新植二烯含量极显著高于打顶期遮光, 分别是打顶期遮光烟叶的 4.1 倍和 3.3 倍; 黄膜和白膜团棵期遮光烟叶的新植二烯含量分别是打顶期遮光烟叶的 1.2 倍和 1.7 倍。

2.3.3 不同光质对中部初烤烟叶腺毛分泌物及其降解产物含量的影响

腺毛分泌物及其降解产物是烟叶表面提取物中的最主要成分, 是烤烟重要致香物质。由表 3 可以看出,

表 3 不同光质下中部初烤烟叶腺毛分泌物及其降解产物含量

Table 3 The content of trichome secretions and its degraded substances in middle cured tobacco leaves under different light qualities											
成分 Component	R-T	B-T	Y-T	W-T	CV/%	CK	R-D	B-D	Y-D	W-D	CV/%
茄酮 Solanone	19.64	16.93	13.26	14.57	17.43	4.17	10.49	8.65	16.95	16.33	31.73
降茄二酮 Norsolanadione	12.26	10.35	10.05	11.24	9.08	2.99	6.22	5.38	7.97	11.58	35.30
西柏烷 Cembrenoids	92.73	105.69	88.80	53.41	26.26	27.98	24.68	42.52	90.67	60.38	51.57
松香油 Retinol	79.57	126.24	161.95	97.01	31.04	39.71	41.34	94.01	154.58	134.51	47.11
西柏三烯一醇 Cembratriene-ol	4.16	3.09	4.92	2.88	25.37	2.77	1.16	3.13	4.58	3.78	46.19
α-西柏三烯二醇 α-cembratriene-diol	95.11	97.00	113.79	66.51	21.07	26.95	28.82	65.77	103.01	98.72	46.51
β-西柏三烯二醇 β-cembratriene-diol	14.97	22.06	11.46	9.09	39.27	4.97	4.57	4.62	12.81	6.53	54.59
腺毛分泌物 Trichome secretions	318.45	381.35	404.22	254.70	19.80	109.54	117.28	224.08	390.57	331.83	45.40

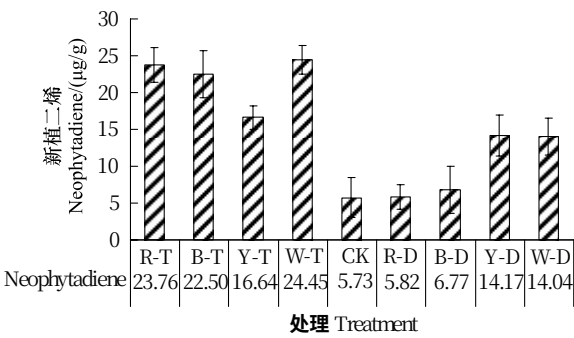


图 3 不同光质对中部初烤烟叶新植二烯含量的影响
Fig. 3 Effects of light quality on the neophytadiene content of middle cured tobacco leaves

团棵期遮光,黄膜处理烟叶腺毛分泌物及其降解产物总量最高,白膜烟叶最低,二者相差 149.52 $\mu\text{g/g}$;蓝膜烟叶次高,红膜烟叶次低。打顶期遮光,黄膜烟叶仍为最高,白膜烟叶次之,红膜烟叶最低,蓝膜烟叶也较低,黄膜烟叶是红膜和蓝膜烟叶的 3.6 倍和 1.7 倍。红膜和蓝膜团棵期遮光烟叶的腺毛分泌物及其降解产物总量极显著高于打顶期遮光,红膜和蓝膜团棵期遮光烟叶分别是打顶期遮光烟叶的 2.9 倍和 1.7 倍。黄膜团棵期遮光略高于打顶期遮光,仅相差 13.65 $\mu\text{g/g}$,白膜团棵期遮光却低于打顶期遮光。打顶期遮光, β -西柏三烯二醇不同滤光膜间的变异程度最大,CV(%) 达 54.60%;降茄二酮的变异程度最小,CV(%) 为 40.65%。团棵期遮光,光质对 β -西柏三烯二醇含量影响程度是降茄二酮的 4 倍以上, β -西柏三烯二醇不同滤光膜间的变异程度仍最大,CV(%) 达 39.27%;降茄二酮的变异程度仍最小,CV(%) 仅 9.08%。说明光质对 β -西柏三烯二醇含量影响最大,对降茄二酮影响最小,光质对松香油的影响程度也较大。

2.3.4 不同光质对中部初烤烟叶叶表面烷烃类蜡质成分含量的影响

烷烃类是烤烟蜡质的主要成分,其大多数为 C29—C33 的高级烷烃组成,对烤烟的香吃味有重要影响。如表 4 所示,团棵期遮光,红膜处理烟叶烷烃类蜡质成分总量最高,黄膜烟叶最低,二者相差 143.71 $\mu\text{g/g}$;蓝膜烟叶次高,白膜烟叶次低。打顶期遮光,黄膜处理烟叶最高,白膜烟叶次之,红膜烟叶最低,蓝膜烟叶也较低,黄膜烟叶分别是红膜和蓝膜烟叶的 3.5 倍和 2.7 倍。各滤光膜团棵期遮光烟叶的烷烃类蜡质成分总量均显著高于打顶期遮光,红膜、蓝膜、黄膜和白膜团棵期遮光烟叶分别是打顶期遮光的 6.8 倍、4.6 倍、1.2 倍和 2.1 倍。团棵期遮光,三十一烷、三十二烷、三十三烷和异三十三烷不同光质间变异程度较大,三十三烷最大 CV(%) 达 43.37%;二十九烷、异三十一烷和异三十二烷的变异程度较小,CV(%) 在 20% 以下。打顶期遮光,三十一烷、异三十一烷、三十三烷和异三十三烷不同光质间变异程度较大,异三十三烷最大 CV(%) 达 74.65%;异三十二烷和二十九烷的变异程度较小,二十九烷最小 CV(%) 为 35.75%。表明光质对三十一烷、三十三烷和异三十三烷含量影响最大,对异三十二烷和二十九烷影响较小。

表 4 不同光质下中部初烤烟叶表面烷烃类蜡质成分含量

Table 4 The content of alkane waxiness produced on the surface of middle cured tobacco leaves under different light qualities											
成分 Component	R-T	B-T	Y-T	W-T	CV/%	CK	R-D	B-D	Y-D	W-D	CV/%
二十九烷 Nonacosane	72.18	80.30	51.83	72.45	17.59	16.12	29.71	34.62	50.30	65.11	35.75
异三十烷 Squalane	37.30	33.18	20.87	25.67	25.21	7.42	8.96	9.95	24.13	15.98	47.28
三十烷 Triacontane	25.00	25.14	15.64	18.07	23.12	2.07	5.95	6.96	14.50	13.15	42.51
异三十一烷 Isohentriacontane	39.91	36.10	36.15	28.42	13.72	12.61	9.42	12.66	40.39	30.92	63.35
三十一烷 Hentriacontane	64.91	45.28	32.08	42.71	29.61	12.61	14.00	16.72	46.85	29.05	56.17
异三十二烷 Isopropyl dotriacontane	50.22	54.54	35.36	42.06	18.74	12.24	13.68	15.54	36.29	26.94	45.70
三十二烷 Dotriacontane	20.18	11.90	9.07	12.20	35.79	3.58	4.04	5.02	12.99	7.93	53.62
异三十三烷 Isopropyl tritriacontane	25.35	19.48	14.19	15.59	26.78	6.69	1.27	6.46	17.27	12.19	74.65
三十三烷 Tritriacontane	40.97	20.73	17.13	20.98	43.37	6.69	6.60	8.16	23.80	15.16	58.48
烷烃类蜡质 Alkane waxiness	376.02	326.65	232.31	278.16	20.42	56.47	54.95	71.51	192.09	135.35	55.38

3 讨论

较高的光合性能是叶片营养生长旺盛的重要原因之一,有利于光合产物的形成和同化物的积累。本研究表明,烟叶生育前期各光质的整体光合性能依次为红光>自然光>白光>蓝光>黄光,可能是因为红光能量较高

且对气孔开放的促进作用比其它光质强造成的。后期蓝光的促进作用逐渐凸显,由于蓝光有延迟烟叶成熟的作用,后期光合代谢相对强烈。不同光质下烟叶的 P_n 依次为自然光>白膜>红膜>蓝膜>黄膜,可能与光质影响了叶片叶绿体的超微结构有关^[17],气孔导度、胞间 CO_2 浓度和蒸腾速率均以红膜最高,黄膜较低。上述结果与前人在番茄、草莓和水稻上的研究结果不一^[18-20]。这说明了植株对光质响应的复杂性,它可能与不同的作物种类、不同生态环境、不同发育年龄与生长状态有关,值得进一步试验分析。

烤后烟叶中含量较多且对烤烟香气品质影响最大的是 β -胡萝卜素和叶黄素两种^[21]。本研究表明烤后烟叶 β -胡萝卜素和叶黄素含量之间呈极显著正相关($R=0.75^{**}$),且 β -胡萝卜素含量明显高于叶黄素含量。团棵期增加红光有利于提高烟叶中的 β -胡萝卜素和叶黄素含量,红光的促进作用可能是光敏色素增加的结果。类胡萝卜素是光合作用中光传导途径和光反应中心的重要结构成分,担当叶绿体光合天线的辅助色素,帮助叶绿体吸收光能,提高光合效率^[22],能很好地说明红光有利于提高烟叶的光合性能。黄光则是不利因素,与 Lopez M 等^[23]在辣椒上的研究结果相似。打顶期补充蓝光,一定程度上有助于增加烟叶中的 β -胡萝卜素和叶黄素的积累,蓝光的促进作用可能与隐花色素有关,暗示着蓝光缓解烟株生长后期高光强所引起的氧化胁迫的能力较强,烟株生长后期高光强时适当增加蓝光比例,可减轻高光强对植株的伤害。崔振伟、刘卫群等^[24]通过盆栽试验认为,与红光相比,蓝光处理可提高烤烟叶片的类胡萝卜素含量,与本研究结果不完全一致,可能与生长环境、光质处理时间、栽培措施和调制技术不同有很大关系,尚需进一步研究。

烟草叶面分泌物约占鲜叶重的 0.5%—10%,是烟草香味和香气组分的重要前体物^[24]。自然光下初烤烟叶表面提取物总量极显著低于各光质处理,是由于自然光烟株未进行盖膜处理,受降雨影响,造成烟叶表面分泌物大量淋失,显著降低了烟叶表面成分含量。团棵期遮光,烟叶表面提取物总量红膜与蓝膜烟叶最高,白膜最低;打顶期遮光,烟叶表面提取物总量黄膜处理烟叶最高,白膜次之,红膜最低;打顶期遮光不同光质对烟叶表面提取物总量的影响效果是团棵期遮光的近 4 倍。黄膜处理烟叶的腺毛分泌物及其降解产物总量最高,光质对烟叶新植二烯和烷烃类蜡质含量的影响则存在多种变化。李章海等^[25]研究认为,浓香型烟叶茄酮和降茄二酮含量高,清香型烟叶低。与蓝光相比,增加红光处理可明显提高烟叶的茄酮和降茄二酮含量。由于蓝光相对于红光的波长短,我国南部的光质中短波的光含量多,北方长波的光含量多,这可能也是造成南北烟区烟叶质量风格特征,特别是香型差异的主要因素。

红膜和蓝膜的遮光时间对烟叶表面提取物含量影响极显著,团棵期遮光明显高于打顶期遮光;黄膜和白膜烟叶的表面提取物受遮光时间影响不大,团棵期遮光与打顶期遮光无明显差异。说明红光和蓝光的影响效应主要表现在烟株生长前期,黄光和白光的影响效应主要体现在烟株生长后期。本研究表明,烟株生长前期增加红光比例,有利于增加烤后烟叶新植二烯和烷烃类蜡质成分积累;烟株生长后期补充黄光有助于提高烤后烟叶腺毛分泌物含量和表面提取物总量。红黄组合表现了其在提高烟叶表面提取物中的优越性,因此,烟株不同生长期红光和黄光的适当组合将在改善烟叶香气质量中起到重要的作用。光质对腺毛分泌物中的 β -西柏三烯二醇含量影响最大,对降茄二酮影响最小,对松香油含量的影响程度也较大,团棵期遮光,不同光质对 β -西柏三烯二醇含量影响程度是降茄二酮的 4 倍以上。烷烃类蜡质成分中的三十一烷、三十三烷和异三十三烷含量受光质影响较大,异三十二烷和二十九烷含量受光质影响较小。相对于腺毛分泌物和烷烃类蜡质而言,光质对新植二烯影响程度较小。光质与主要影响物质的关联度、光质对香气品质的贡献率尚待系统研究。

References:

- [1] Neff M M, Fankhauser C, Chory J. Light: an indicator of time and place. *Genes and Development*, 2000, 14(3): 257-271.
- [2] Ma L G, Li J M, Qu L J, Hager J, Chen Z L, Zhao H Y, Deng X W. Light control of Arabidopsis development entails coordinated regulation of genome expression and cellular pathways. *Plant Cell*, 2001, 13(12): 2589-2607.
- [3] Yu H, Ong B L. Effect of radiation quality on growth and photosynthesis of *Acacia mangium* seedlings. *Photosynthetica*, 2003, 41(3): 349-355.
- [4] Goins G D, Yorio N C, Sanwo M M, Brown C S. Photomorphogenesis, photosynthesis, and seed yield of wheat plants grown under red light-emitting diodes (LEDs) with and without supplemental blue lighting. *Journal of Experimental Botany*, 1997, 48(312): 1407-1413.

- [5] Hogewoning S W, Maljaars H, Harbinson J. The acclimation of photosynthesis in cucumber leaves to different ratios of red and blue light. *Photosynthesis Research*, 2007, 91(2/3): 287-288.
- [6] Jiang M Y, Pan Y Z. Effects of light quality on the photosynthetic characteristics and growth of poinsettia. *Acta Horticulturae Sinica*, 2006, 33(2): 338-343.
- [7] Zheng J, Hu M J, Guo Y P. Regulation of photosynthesis by light quality and its mechanism in plants. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2008, 19(7): 1619-1624.
- [8] Liu S D, Yang Z Q, Su T X, Fei Y J, Huang C R, Huang H J. Effect of light quality on the photosynthetic characteristics of greenhouse sweet pepper. *Journal of Nanjing Institute of Meteorology*, 2010, 33(5): 600-605.
- [9] Xu K, Guo Y P, Zhang S L. Effect of light quality on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in strawberry leaves. *Scientia Agricultura Sinica*, 2005, 38(2): 369-375.
- [10] Xu L, Liu S Q, Qi L D, Liang Q L, Yu W Y. Effect of light quality on leaf lettuce photosynthesis and chlorophyll fluorescence. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2007, 23(1): 96-100.
- [11] Anna B, Alicja K. Effect of light quality on somatic embryogenesis in *Hyacinthus orientalis* L. Delfts blue. *Biological Bulletin of Poznan*, 2001, 38(1): 103-107.
- [12] Long H Y, Liu J L, Xu A G, Li Z H, Zhang W L, Zhang Y G. A comparison on climate conditions between China's tobacco planting regions and overseas high quality tobacco planting regions. *Acta Tabacaria Sinica*, 2003(S1): 27-34.
- [13] Wang R X. *Tobacco Chemistry*. Beijing: Chinese Agricultural Press, 2003.
- [14] Davis D L, Nielsen M T. *Tobacco Production, Chemistry and Technology*. Beijing: Chemical Industry Press, 2003: 253-266.
- [15] Han J F, Wang G S, Yuan T, Liu W Q, Wang Y T, Zhang X Y. Preliminary study on trichome exudates of leaf surface of flue-cured tobacco. *Chinese Tobacco Science*, 1995, (2): 10-13.
- [16] Zhou J H, Zhu X P, Wang Y T. *Physiology and Biochemistry of Tobacco*. Hefei: University of Science and Technology of China Press, 1996: 470-478.
- [17] Leong T Y, Goodchild D J, Anderson J M. Effect of light quality on the composition, function, and structure of photosynthetic thylakoid membranes of *Asplenium australasicum* (Sm.) Hook. *Plant Physiology*, 1985, 78(3): 561-567.
- [18] Pu G B, Liu S Q, Liu L, Ren L H. Effects of different light qualities on growth and physiological characteristics of Tomato seedlings. *Acta Horticulturae Sinica*, 2005, 32(3): 420-425.
- [19] Wang L J. *Effect of Light Qualities on the Photosynthetic Characteristics and Qualities of Strawberry [D]*. Baoding: Agricultural University of Hebei, 2008.
- [20] Mouget J L, Rosa P, Tremblin G. Acclimation of *Haslea ostrearia* to light of different spectral qualities-confirmation of 'chromatic adaptation' in diatoms. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 2004, 75(1/2): 1-11.
- [21] Week W W. Chemistry of tobacco constituents influencing flavor and aroma. *Recent Advances in Tobacco Science*, 1985, (11): 175-200.
- [22] Goodwin T W, Britton G. *Distribution and Analysis of Carotenoids*. London: Academic Press, 1988, 24: 305-314.
- [23] Lopez M, Candela M E, Sabater F. Carotenoids from *Capsicum annuum* fruits; influence of spectral quality of radiation. *Biologia Plantarum*, 1986, 28(2): 100-104.
- [24] Cui Z W. *Effects of Different Nitrogen Forms and Different Light Qualities on Enzymes Involved in Nitrogen Assimilation of Flue-Cured Tobacco [D]*. Zhengzhou: Henan Agricultural University, 2007.
- [25] Li Z H, Wang N R, Wang D S, Zhu X L, Xu Z H. Preliminary study on important factors on aroma type of Flue-cured Tobacco and construction of aromas index model. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2009, 37(5): 2055-2057.

参考文献:

- [6] 江明艳, 潘远智. 不同光质对盆栽一品红光合特性及生长的影响. *园艺学报*, 2006, 33(2): 338-343.
- [7] 郑洁, 胡美君, 郭延平. 光质对植物光合作用的调控及其机理. *应用生态学报*, 2008, 19(7): 1619-1624.
- [8] 刘寿东, 杨再强, 苏天星, 费玉娟, 黄川容, 黄海静. 不同光质对温室甜椒光合特性的影响. *大气科学学报*, 2010, 33(5): 600-605.
- [9] 徐凯, 郭延平, 张上隆. 不同光质对草莓叶片光合作用和叶绿素荧光的影响. *中国农业科学*, 2005, 38(2): 369-375.
- [10] 许莉, 刘世琦, 齐连东, 梁庆玲, 于文艳. 不同光质对叶用莴苣光合作用及叶绿素荧光的影响. *中国农学通报*, 2007, 23(1): 96-100.
- [13] 王瑞新. *烟草化学*. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [14] Davis D L, Nielsen M T. *烟草-生产, 化学和技术*. 北京: 化学工业出版社, 2003: 253-266.
- [15] 韩锦峰, 王广山, 远彤, 刘卫群, 王彦亭, 张秀英. 烤烟叶面分泌物的初步研究. *中国烟草科学*, 1995, (2): 10-13.
- [16] 周冀衡, 朱小平, 王彦亭. *烟草生理与生物化学*. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 1996: 470-478.
- [18] 蒲高斌, 刘世琦, 刘磊, 任丽华. 不同光质对番茄幼苗生长和生理特性的影响. *园艺学报*, 2005, 32(3): 420-425.
- [19] 王丽娟. *光质对草莓光合特性及果实品质的影响 [D]*. 保定: 河北农业大学, 2008.
- [24] 崔振伟. *不同氮源和光质对烤烟氮代谢相关酶活性的影响 [D]*. 郑州: 河南农业大学, 2007.
- [25] 李章海, 王能如, 王东胜, 朱显灵, 徐增汉. 烤烟香型的重要影响因子及香型指数模型的构建初探. *安徽农业科学*, 2009, 37(5): 2055-2057.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 22 November, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Hyperspectral estimation models for plant community water content at both leaf and canopy levels in Wild Duck Lake wetland	6645
Potential distribution of rice in china and its climate characteristics	6659
Effects of seed soaking with soybean isoflavones on soybean seedlings under salt stress	6669
Ecophysiological responses and adaptation of <i>Tamarix ramosissima</i> to changes in groundwater depth in the Heihe river basin	6677
<i>Melica przewalskyi</i> population spatial pattern and response to soil moisture in degraded alpine grassland	6688
A study on ecological compensation standard for Zaoshi Water Conservancy Project based on the idea of ecological footprint	6696
Spatial-temporal variation of NPP and NDVI correlation in wetland of Yellow River Delta based on MODIS data	6708
Marshclassification mapping at a community scale using high-resolution imagery	6717
The impact of bacterial-feeding nematodes on root growth of <i>Arabidopsis thaliana</i> L. and the possible mechanisms	6727
Spatial and dynamic analysis of plantations in Xishuangbanna using network <i>K</i> -function	6734
Contrastive analysis and climatic response of tree-ring gray values and tree-ring densities	6743
Fractal structure of dominant tree species in north-facing slope of mountain of northern Hebei	6753
Characteristics of radiation fluxes of an evergreen broad-leaved forest in Maofeng Mountain, Guangzhou, China	6766
Effects of seed-dressing agents on groundnut and rhizosphere microbes	6777
Time series prediction of the concentration of chlorophyll-a based on RBF neural network with parameters self-optimizing	6788
A trend surface analysis of geographic variation in the traits of seeds and seedlings from different <i>Quercus acutissima</i> provenances	6796
Comparisons of relationships between leaf and fine root traits in hilly area of the Loess Plateau, Yanhe River basin, Shaanxi Province, China	6805
An analysis on the water status in twigs and its relations to the drought resistance in Five woody plants living in arid zone	6815
The effect of fire on soil properties in a <i>Pinus massoniana</i> stand	6824
Water-environment effects of industry structure in Taihu Lake Basin in Jiangsu Province	6832
Effect of high temperature on enzymic activity, pigment content and chlorophyll fluorescence of two <i>Kappaphycus</i> species	6845
Analysis on characteristics of a typical drought event in Jiangsu Province	6853
Surface heat flux and energy budget for semi-arid grassland on the Loess Plateau	6866
Effects of light quality on photosynthetic characteristics and on the carotenoid and cuticular extract content in tobacco leaves	6877
Cyanobacterial diversity in biological soil crusts on wastelands of copper mine tailings	6886
Stereotypic behavior frequency and the influencing factors in captive Alpine musk deer (<i>Moschus sifanicus</i>)	6896
Zooplankton ecology near the Tianwan Nuclear Power Station	6902
Diel variations of fish assemblages in multiple habitats of Ma'an archipelago, Shengsi, China	6912
A novel cognitive-based approach to motivation for non-use value	6926
Review	
Salt-responsive proteomics in plants	6936
Research progress on forms of nitrogen and determination in the sediments	6947
Review of research progress of infectious diseases in wild birds	6959
Review on the methods to quantify fish's ability to cross velocity barriers in fish passage	6967
Monograph	
Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services: foundation, prospect and response strategy	6973
Scientific Note	
A comparative study of the spatial-temporal patterns of fine roots between young and mature <i>Caragana korshinskii</i> plantations	6978

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊★

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 31 卷 第 22 期 (2011 年 11 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 22 2011

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@csppg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@csppg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元