

文章编号:1001-7380(2020)04-0013-04

## 不同间种模式对白茶春梢叶色 参数与色素含量的影响

吕运舟<sup>1</sup>,施士争<sup>1</sup>,吴 静<sup>2\*</sup>

(1. 江苏省林业科学研究院,江苏 南京 211153;2. 南京牛首山林场实业有限公司,江苏 南京 211153)

**摘要:**为研究不同间种模式对白茶色度品质的影响,以4种间种模式(郁闭度分别为40%—50%和50%—70%的薄壳山核桃间种模式、郁闭度分别为60%—80%和80%—100%大叶榉树间种模式)为研究对象,以纯茶园为对照,观测分析采茶期白茶新梢叶片叶色参数,叶绿素、类胡萝卜素和叶黄素含量变化规律及其相关性。结果表明,随着树冠郁闭度的升高,叶色参数 $L^*$ 值呈先降低再升高趋势,而 $a^*$ 和 $b^*$ 值的变化趋势相反,其中郁闭度为50%—70%的薄壳山核桃间作模式下叶片 $L^*$ 值最小, $a^*$ 和 $b^*$ 值最高,表明该模式下叶片返白度最高。相关性分析表明,白茶叶片各色素含量与叶色参数的相关性显著,各模式下类胡萝卜素和叶黄素含量差异显著,而叶绿素总量变化差异不显著。各色素含量的百分比不同,是引起叶片呈色变化的根本原因;相较于其他模式,郁闭度为50%—70%的薄壳山核桃间种模式可以提高采茶期白茶春梢的白度品质,为林茶复合经营提供新的树种间种模式选择。

**关键词:**叶色参数;色素含量;白茶;薄壳山核桃;复合经营

中图分类号:Q945.11;S344.2;S571.1

文献标志码:A doi:10.3969/j.issn.1001-7380.2020.04.003

## Effects of different agroforestry system on leaf color parameters and pigment content of spring tip of White tea

Lyu Yunzhou<sup>1</sup>, Shi Shizheng<sup>1</sup>, Wu Jing<sup>2\*</sup>

(1. Jiangsu Academy of Forestry, Nanjing 211153, China; 2. Niushoushan Forest Farm, Nanjing, Nanjing 211153, China)

**Abstract:**In order to study the change of the chromaticity of white tea in different agroforestry systems, the leaf color parameters and chlorophyll content, carotenoid content and lutein content in the leaves of spring shoots were observed and analyzed. With the increase of canopy density,  $L^*$  value of leaf color parameter changed from high to low, but  $a^*$  and  $b^*$  values were opposite. The leaves of white tea with highest whiteness from the pattern of inter-cropping pecan (canopy density between 50% and 70%) had the lowest  $L^*$  value, highest  $a^*$  and  $b^*$  value. Correlation analysis showed that white tea leaves was significantly associated with the pigment content and leaf color parameters. The contents of carotenoid and lutein were significantly different between different patterns while the total chlorophyll content was not significantly different. Therefore, the inter-cropping pattern between pecan and white tea, with canopy density between 50% and 70% could improve the whiteness quality of spring shoot of white tea, compared with other patterns. This study could provide a new tree species selection for the development of tea plantation diversity.

**Key words:**Leaf color parameters;Pigment content;White tea;Pecan;Agroforestry system

白茶是叶色白化变异类的茶树(*Camellia sinensis*)资源,在我国已有千年种植历史<sup>[1]</sup>。随着安

吉白茶等特异品种在现代茶叶产业中的成功发展,白茶越来越受到人们重视。天目湖白茶1号是一种低

收稿日期:2020-05-03;修回日期:2020-05-30

基金项目:江苏省农业自主创新资金项目“丘陵岗地经济林果生态高效栽培技术创新与集成应用”[CX(17)2026];江苏省创新能力建设科技设施类——省公益类科研院所自主和研发经费“江苏省林业科学研究院自主科研项目”(BM2018022)

作者简介:吕运舟(1983-),男,安徽六安人,副研究员,博士。主要从事林木遗传育种与良种推广工作。

\*通信作者:吴 静(1968-),女,江苏江宁人,高级工程师,大学本科毕业。主要从事林业与茶叶生产管理和科技推广工作。E-mail:820602506@qq.com。

温敏感型白化品种<sup>[2]</sup>,春季新芽绿色,展叶进入采茶期逐渐转白,随后恢复成绿色,因其白化期叶片氨基酸含量高、茶多酚含量低等特点<sup>[2-3]</sup>,深受市场青睐。

林茶复合经营是一种构建多物种、多层次茶园生态系统的重要方法<sup>[4]</sup>。通过间作经济树种,增加茶园生物多样性,为茶树遮荫提高茶叶品质,同时可收获林副产品,提高茶园综合效益<sup>[5]</sup>。目前复合经营模式下白茶品质变化研究多侧重于生理生化方面<sup>[6-8]</sup>,鲜见对茶叶颜色变化规律研究报道。已有研究结果表明,植物叶片叶色参数与叶片色素成分及含量具有显著的相关性<sup>[9-11]</sup>,为研究活体条件下色素含量动态变化提供新方法,但在白茶研究中未见报道。

色素含量是色度品质的物质基础,叶色参数是色度品质的量化。本文中研究了薄壳山核桃、大叶榉树的不同间种模式下白茶春季采茶期嫩梢叶片色素含量与叶色参数的变化特征,旨在指导选择较优的间作模式,同时探讨 2 者的相关性,为后续研究用叶色参数仪快速评判白茶品质及间接估测色素含量提供思路。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于江苏省溧阳市天目湖镇,属北亚热带季风气候、苏南宜溧丘陵地形,地理位置为 E119. 42. 14, N31. 22. 20, 年平均气温 15. 5 ℃, 年降水量 1 149. 7 mm, 土壤为黄棕壤、微酸性。

1.2 供试材料

供试白茶为 2010 年种植天目湖白茶 1 号无性系 1 年生扦插苗, 2013 年采用 3 年生薄壳山核桃良种苗和大叶榉实生苗间种, 设置 4 种间种模式, 具体情况见表 1 所示。于 2019 年 4 月 9 日采集新鲜嫩芽第 2 叶片, 于每个间作模式行间选取 3 个点, 每个点随机选取 3 片叶, 采集时间为 9:00—10:00。

表 1 不同间种模式茶园基本情况

模式	间作树种	株行距/m×m	冠幅/m	郁闭度/%
R <sub>1</sub>	薄壳山核桃	6×8	4—5	40—50
R <sub>2</sub>	薄壳山核桃	4×6	4—5	50—70
R <sub>3</sub>	大叶榉	6×8	5—6	60—80
R <sub>4</sub>	大叶榉	4×6	5—6	80—100
CK	-	-	-	-

1.3 叶色参数的测定

采用日本柯尼卡美能达 CM-700d/600 型分光测色仪测定叶片颜色。测定部位均为叶片中部, 避

开叶脉处, 记录  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  值。其中, 明度参数  $L^*$  表示光泽明亮度; 色相参数  $a^*$  值表示红/绿,  $a^*$  值越大, 红色越深,  $a^*$  值越小, 绿色越深; 色相参数  $b^*$  值表示黄/蓝,  $b^*$  的正值越大, 表示黄色越深, 负值越小, 表示蓝色越深。

1.4 质体色素的提取与测定

叶绿素、类胡萝卜素及叶黄素含量采用乙醇-丙酮(1:1)萃取比色法测定: 将新鲜叶片用液氮研磨至粉末状, 称取 0. 2 g 于 25 mL 容量瓶中, 加入 20 mL 提取剂(乙醇-丙酮混合液), 避光浸泡 24 h, 直至叶片变成白色, 期间颠倒混合数次, 定容至刻度, 上清即为样品提取液; 用分光光度计于 474, 470, 485, 665, 642 nm 下测定吸光值。

提取液叶绿素 a (mg/L) =  $9. 99 A_{665} - 0. 087 2 A_{642}$ ; 提取液叶绿素 b (mg/L) =  $17. 7 A_{642} - 3. 04 A_{665}$ ; 提取液类胡萝卜素 (mg/mL) =  $4. 92 A_{474} - 0. 025 5 [a] - 0. 225 [b]$ ; 提取液叶黄素 (mg/L) =  $10. 2 A_{470} - 11. 5 A_{485} - 0. 003 6 [a] - 0. 652 [b]$ 。

式中,  $[a]$ 、 $[b]$  分别表示叶绿素 a 和叶绿素 b 的浓度。

样品叶黄素含量 (mg/100g) = 叶黄素 (mg/L) × 提取体积 (L) / 样品质量 (g) × 100; 样品类胡萝卜素含量 (mg/100g) = 类胡萝卜素 (mg/L) × 提取体积 (L) / 样品质量 (g) × 100; 样品叶绿素总量 (mg/100g) = (叶绿素 a + 叶绿素 b) (mg/L) × 提取体积 (L) / 样品质量 (g) × 100。

1.5 数据统计分析

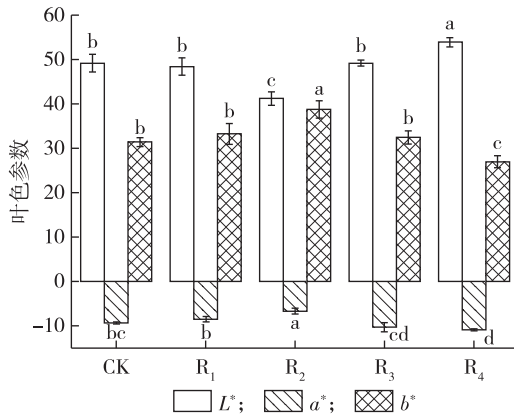
试验数据采用软件 Excel 进行数据处理; SPSS 13. 0 进行统计分析, 显著性检验采用 LSD 法; origin16. 0 进行图表处理。

2 结果与分析

2.1 不同间种模式下白茶叶色表型特征

叶色参数是一种色泽定量表征的方法, 不同间种模式下采茶期白茶 1 号嫩芽叶色参数  $L^*$ ,  $b^*$  和  $a^*$  在各组别中的差异如图 1 所示。R<sub>2</sub> 模式下叶片的  $L^*$  值最小, 叶片色泽最亮; R<sub>4</sub> 模式下最大, 叶片色泽最暗, 且与其他组差异显著 ( $P < 0. 05$ ); 而 R<sub>1</sub>, R<sub>3</sub> 与 CK 之间差异不显著。 $a^*$  值是反映绿色的重要参数, 随着不同栽植模式下郁闭度的增加, 叶片  $a^*$  值呈现先升高再下降的趋势。R<sub>2</sub> 模式下叶片  $a^*$  值最高, 比 CK 升高了 28. 7%, 表明在 R<sub>2</sub> 模式下叶片白度最高;  $b^*$  值升高表明叶片黄色越深,  $b^*$  值变

化趋势与  $L^*$  值和  $a^*$  值相反,  $R_2$  模式下最高。

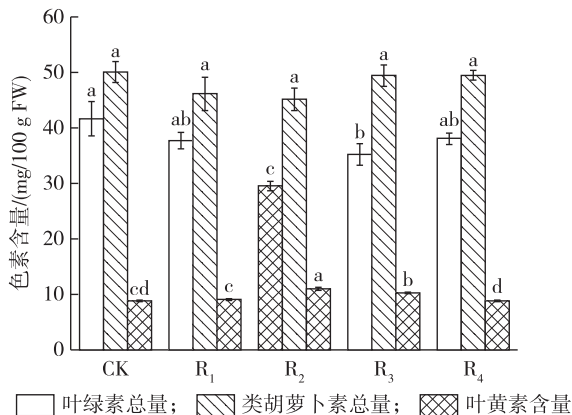


注:图中数据均为均值±标准误,不同字母表示多重比较差异显著( $P < 0.05$ )。

图1 不同间种模式下白茶叶色表型特征

## 2.2 间作模式对叶片各色素含量的影响

由图2可见,春茶采摘期,不同间种模式下白茶1号的叶片中各色素含量差异变化不同,其中叶绿素含量变化差异不显著,类胡萝卜素总量和叶黄素含量差异显著( $P < 0.05$ )。与CK相比,间作模式会导致叶绿素和类胡萝卜素总量下降,  $R_2$  模式下最低,分别是CK的70.9%和90.1%。此后,随着郁闭度的增加又开始升高,但各模式下叶绿素总量的变化不显著。叶黄素含量的变化趋势与2者相反,CK最低为8.8 mg/(100 mg 鲜质量),随着郁闭度升高,呈现先升高再下降趋势,在  $R_2$  模式下达到最高值为11.0 mg/(100 mg 鲜质量),且各处理间差异显著。



注:图中数据均为均值±标准误,不同字母表示多重比较差异显著( $P < 0.05$ )。

图2 不同间作模式下白茶1号采茶期春梢叶片色素含量比较

茶树叶片呈色变化与各色素相对含量的变化紧密相关,不同间作模式下白茶1号叶片各色素含量百分比变化特征如图3所示。采茶期不同间作模式下茶树新梢叶片的叶绿素总量、类胡萝卜素总量与叶黄素含量百分比差异最大的是  $R_2$  模式,分别约为34.5%,52.7%,12.8%。叶绿素总量占叶片色素总量百分率可以直观反映叶片的绿色。本研究各间种模式下,茶树叶片叶绿素总量占叶片色素总量百分率从大到小的排列顺序为  $R_2$  (34.5%)、 $R_3$  (37.1%)、 $R_1$  (37.7%)、 $R_4$  (39.5%) 和 CK (41.4%)。

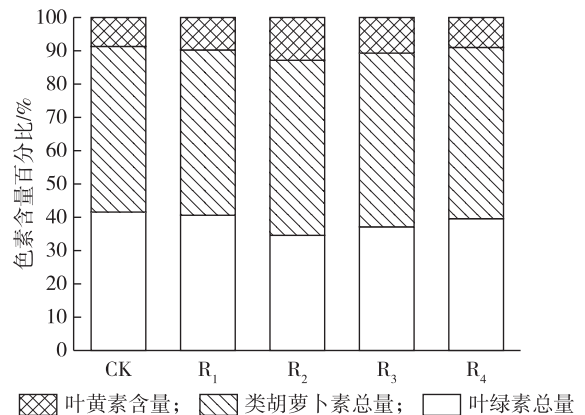


图3 不同间作模式下白茶1号采茶期春梢叶片各色素含量百分比

## 2.3 色素含量与叶色参数的相关性

相关性分析结果(见表2)表明,叶色参数  $L^*$ ,  $a^*$  和  $b^*$  与叶绿素含量、类胡萝卜素含量和叶黄素含量之间相关性达到显著水平,其中叶黄素含量与  $L^*$  值显著( $P < 0.01$ )负相关,与  $a^*$  值( $P < 0.05$ )和  $b^*$  值( $P < 0.01$ )显著正相关。叶绿素含量及类胡萝卜素含量与  $L^*$  值显著( $P < 0.05$ )正相关,与  $a^*$  值和  $b^*$  值呈负相关关系,但类胡萝卜素含量与  $b^*$  值相关性不显著。

表2 色素含量与叶色参数间的相关系数

叶色参数	叶绿素含量	类胡萝卜素含量	叶黄素含量
$L^*$	0.630 *	0.517 *	-0.765 **
$a^*$	-0.537 *	-0.571 *	0.556 *
$b^*$	-0.628 *	-0.447	0.796 **

注: \* 和 \*\* 分别表示相关系数达到 0.05 和 0.01 的显著水平。

## 3 结论与讨论

白茶叶片色泽是其品质高低的重要指标之

—<sup>[3]</sup>。叶绿素、类胡萝卜素及叶黄素是植物叶片的主要色素,它们的综合作用影响了植物叶片的色泽<sup>[12]</sup>。茶树白色系突变属于温度敏感性突变体,春季叶色白化是由于低温引起叶绿素含量下降形成<sup>[1-2]</sup>。进一步研究发现,几乎所有白化茶树品种的叶片在返白阶段均发生叶绿体结构解体、内部空泡化现象,导致类囊体发育不完全、叶绿素流失<sup>[13]</sup>。而合理构建复合经营茶园,可以改善茶园小气候,提高茶叶品质<sup>[6]</sup>,但是间种树种选择失当或密度过大,会影响茶树生长<sup>[4]</sup>。已有研究表明,早春采茶期的间种茶园与纯茶园温度差异不显著<sup>[6,8]</sup>,低温诱导白茶新梢返白<sup>[1]</sup>。本研究中,采茶期各间种模式下白茶新梢叶片均出现了返白现象,其中白茶间种薄壳山核桃、郁闭度为 50%—70%的模式下,叶片白度最高,其叶绿素含量最低,且占 3 种色素总量的百分比只有 34.5%。由于采样时各模式点温度差异不大,叶片中叶绿素总量变化差异不显著,但类胡萝卜素、叶黄素等色素变化显著,各色素含量百分比的改变可能是引起叶片呈色差异的主要原因。因此,本研究结果可为白茶复合经营提供参考,然而不同模式下色素含量改变的机理,需要进一步研究。

叶色参数可以数字化描述并定量表征植物叶片色泽,在多种观叶植物叶色变化研究过程中得到应用<sup>[11-15]</sup>。宋绪忠等<sup>[16]</sup>研究发现 8 个茶树无性系的叶色值 (SPADR) 大小和叶绿素含量相关。金琦芳等<sup>[17]</sup>通过对茶树‘武夷奇种 C18’进行遮荫试验,发现光照可以增加叶片花青素含量、降低叶绿素含量,使得叶色参数  $a^*$  值升高和  $b^*$  值降低,叶片由紫红色转变为绿色。本研究材料白茶 1 号为茶树白色系突变体,采茶期叶片叶色参数差异显著,且与叶绿素、类胡萝卜素、叶黄素含量相关性显著。结果表明叶绿素含量和类胡萝卜素含量与  $L^*$  值显著正相关,与  $a^*$  值和  $b^*$  值呈负相关,而叶黄素含量与  $L^*$  值显著负相关,与  $a^*$  值和  $b^*$  值显著正相关。因此,本研究结果为利用测色仪快速检测白茶叶片失绿程度及叶片内色素含量变化提供了科学依据。

#### 参考文献:

- [1] 刘丁丁,梅菊芬,王君雅,等.茶树白化突变研究进展[J].中国茶叶, 2020, 42(4):24-35.
- [2] 成 浩,李素芳,陈 明,等.安吉白茶特异性状的生理生化本质[J].茶叶科学,1999(2):3-5.
- [3] 刘东娜,罗 凡,李春华,等.白茶品质化学研究进展[J].中国农业科技导报, 2018, 20(4):79-91.
- [4] 薛建辉,唐荣南.林茶复合经营研究与应用[J].世界林业研究, 1996(6):46-51.
- [5] 徐小牛,李宏开.间作茶园中茶树生态生理特性的研究[J].林业科学, 1991(6):658-664.
- [6] 曹潘荣,刘鲜明,高 谍,等.微域环境对单枞茶新梢生长与品质的影响[J].华南农业大学学报, 2002, 23(4):5-7.
- [7] 王加真,黄家春,王 舒,等.光温因子对湄潭翠芽春茶品质的影响[J].贵州农业科学, 2019, 47(3):108-112.
- [8] 史锋厚,蒋学莉,郁世军,等.林茶复合经营对茶叶品质的影响[J].江苏农业科学, 2018, 46(13):117-119,124.
- [9] 潘丽芹,李纪元,韦海忠,等.红叶山茶 (*Camellia japonica*) 叶片色素含量与叶色参数的相关性分析[J].分子植物育种, 2020, 18(2):579-585.
- [10] CHEN Q C, SHI J, MU B, et al. Metabolomics combined with proteomics provides a novel interpretation of the changes in nonvolatile compounds during white tea processing [J]. Food Chemistry, 2020, 332: 127412.
- [11] 郭欢欢,刘 勇,姚 飞,等.不同种源黄连木秋季色素含量与叶色参数的关系 [J]. 西北植物学报, 2017, 37 ( 10 ): 2003-2009.
- [12] 杨淑红,朱延林,马永涛,等.生长季全红杨叶色与色素组成的相关性[J].东北林业大学学报, 2013, 41(7):63-68.
- [13] SARKER U, OBA S. Augmentation of leaf color parameters, pigments, vitamins, phenolic acids, flavonoids and antioxidant activity in selected *Amaranthus tricolor* under salinity stress [J]. Scientific Reports, 2018, 8 ( 1 ):12349.
- [14] 李素芳.安吉白茶返白机理的研究[J].中国计量学院学报, 2002(3):51-54.
- [15] 张 晶,浦 静,赵 聪,等.3 个观赏海棠半同胞家系子代叶色动态分析与初选[J].南京林业大学学报(自然科学版), 2018, 42(3):37-44.
- [16] 宋绪忠,赵永军,张金凤,等.茶树叶片叶绿素含量与叶色值相关性研究[J].山东林业科技, 2002(6):10-12.
- [17] 金琦芳,孙威江,王 仲.遮阴处理对茶树叶色表型及生化成分的影响[J].食品工业科技, 2018, 39(23):1-6.