

刘义富,王加真,周玲艳. 荧光灯、LED 灯对福鼎大白茶树叶片光合生理及茶叶品质的影响[J]. 江苏农业科学,2023,51(21):133-139.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.21.021

# 荧光灯、LED 灯对福鼎大白茶树叶片光合生理及茶叶品质的影响

刘义富<sup>1,2</sup>, 王加真<sup>1,2</sup>, 周玲艳<sup>1</sup>

(1. 遵义师范学院生物与农业科技学院, 贵州遵义 563000; 2. 遵义师范学院茶叶研究所, 贵州遵义 563000)

**摘要:**为研究荧光灯、LED 灯对福鼎大白茶树叶片光合生理及茶叶品质的影响,对茶园设施栽培中选择理想光源提供理论依据及科学指导。以福鼎大白茶幼苗作为供试材料,在荧光灯(Y)、LED-W(蓝光占比 4.1%、红光占比 12.9%、绿光占比 83.0%)、LED-B(蓝光占比 6.0%、绿光占比 63.4%、红光占比 30.6%)3 种不同光源照射下,采用氮平衡指数仪测量光照处理 0、7、14、21 d 后茶树叶生长指数花青素指数(Anth)、类黄酮指数(FLAV)、叶绿素指数(Chl)、氮平衡指数(NBI);用氨基酸分析仪测定 18 种氨基酸含量;对叶片生物化学成分含水量及花黄素、茶多酚、游离氨基酸含量进行测定。在 Y、LED-W 和 LED-B 处理 21 d 后,茶树叶片叶绿素指数、氮平衡指数、类黄酮指数均升高,花青素指数均出现显著下降;含水量、花黄素含量无明显变化;与 LED-B 处理相比,Y 与 LED-W 处理后游离氨基酸含量显著增加,酚氨比含量显著下降;测量的 18 种氨基酸含量表现为 LED-W 处理 > Y 处理 > LED-B 处理,LED-W 处理能促进 18 种氨基酸的积累。综上,LED-W 处理的茶树对光能的利用及茶叶品质均优于其余 2 种光源;LED-W 能够提高茶叶中鲜爽味氨基酸含量、改善茶叶品质、促进茶产业发展,可作为茶苗设施栽培的理想光源。

**关键词:**福鼎大白茶;光源;氮平衡指数;生化成分;氨基酸含量

**中图分类号:**S571.104 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2023)21-0133-07

茶树是山茶科山茶属的灌木或小乔木<sup>[1]</sup>,是世界三大饮料作物之一,茶叶制作的茶饮品有利于人体健康,流行程度仅次于水<sup>[2]</sup>。我国是茶树起源地之一,茶树种植和茶叶饮用有悠久的历史,野生资源丰富,并培育出众多的栽培种,其中福鼎大白茶为国家级良种,在茶树种植省份均有种植。贵州省作为全国茶树种植面积最大的省份,福鼎大白茶是其主要种植的茶树品种之一<sup>[3-4]</sup>。在贵州多云雾,

寡日照的特殊环境下,福鼎大白茶制作的茶叶具有较高的品质。茶树生长的环境因子中,光是影响植物光合生理的重要因子<sup>[5]</sup>,可调节茶树内挥发性小分子化合物及其他活性化学成分的含量高低,对茶叶的香味和品质形成至关重要<sup>[6-7]</sup>。利用科学的光照方式使叶片生理发生改变,进而提高产品的品质,对茶产业发展有重要意义<sup>[8]</sup>。目前补光光源包括白炽灯、荧光灯、卤素灯、LED 灯等<sup>[9-10]</sup>。张谨薇等在培育朝天椒的过程中采用光质不同的 2 种 LED 灯,发现光照度为  $100 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ,光质红光:蓝光 = 5 : 1 的 LED 灯组合最适合辣椒生长<sup>[11]</sup>。钱舒婷等在草莓设施栽培中把高压钠灯、荧光灯和 LED 灯作为补光设备,结果显示高压钠灯处理有利于草莓果实可溶性固形物和可溶性糖的积累,促进果实成熟<sup>[12]</sup>。红蓝光配比为 4.9 : 1.0 的 LED 灯和红光荧光灯处理下光合参数最优。张亚芬等认为,LED 灯和荧光灯补光处理中适当增加部分绿光及远红光,降低红光与远红光比值,可促进栀子叶中类黄酮、多酚、游离氨基酸等活性成分的积累<sup>[13]</sup>。茶叶中类黄酮、多酚、游离氨基酸等物质含量的高低,直接影响茶叶的品质,合理使用不同的光源调节茶叶中活性物质含量的高低,有利于提

收稿日期:2023-02-06

基金项目:贵州省科技支撑计划项目(编号:[黔科合(2020)1Y071]);贵州省科技基础研究计划项目(编号:[黔科合基础-ZK(2023)]);遵义市科技局项目(编号:[遵市科人才(2020)2]、[遵市科合 HZ 字(2020)15]);遵义师范学院博士基金(编号:[遵师 BS(2019)22]);遵义师范学院“2021 年乡村振兴专项”(编号:[黔教合 KY 字[2012]017-X 号]);遵义师范学院服务地方产业革命项目(编号:遵师 CXY[2022]04 号);贵州省高等学校黔北现代山地高校农业科技成果转化服务乡村振兴示范基地项目(编号:黔教技[2022]067 号)。

作者简介:刘义富(1969—),男,安徽安庆人,博士,副教授,从事茶园生态、茶叶品质及功能产品开发研究。E-mail:1822144405@qq.com。

通信作者:王加真,博士,教授,研究方向为茶园生态、茶叶品质及功能产品开发。E-mail:247054993@qq.com。

高茶叶的品质。荧光灯对茶树栽培的影响相关报道较少,在植物生长进行照明的过程中,除采用了具有特定光谱能量分配的植物专用荧光灯之外,近年来新兴出现的 LED 灯具备节电特性、光谱的可调性、体积小重量轻、优异的点光源性能、冷光特性和优异的耐湿性能等多种优势,使之在植物生长照明的应用上被广泛应用<sup>[14-16]</sup>。

本试验以一年生的福鼎大白茶树为材料,采用荧光灯为对照、利用 LED-W 和 LED-B 2 种 LED 光源处理,利用 Dualex4 氮平衡指数测量仪测量不同光源照射下花青素指数(Anth)、类黄酮指数(FLAV)、叶绿素指数(Chl)、氮平衡指数(NBI)的变化,测量对应茶树叶片的含水量,利用紫外分光光度计测定花黄素、茶多酚和总游离氨基酸含量,并利用氨基酸自动分析仪测定 18 种氨基酸含量,以探究光源对茶叶中鲜爽味的氨基酸含量、茶叶品质的影响,以期茶园设施栽培中茶苗的光照环境调控提供参考,促进茶产业发展。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料与仪器

试验在遵义师范学院茶叶研究所开展,以贵州省内主要的茶叶栽培树种福鼎大白茶为供试材料,由中国贵州省遵义市湄潭县国家农业科技园区茶树良种繁殖中心提供。实验仪器有 S433D 氨基酸自动分析仪(德国 Sykam 公司)、CX-881-2 精密烘箱(吴江欧博电热设备有限公司)、Dualex4 氮平衡指数测量仪(法国 FORCE-A 公司)等。

### 1.2 试验试剂

主要试剂有 1% 三氯化铝溶液、酒石酸铁溶液、pH 值为 7.5 的索伦逊缓冲液[量取 A 液(1/15 mol/L 的  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  溶液) 85 mL 和 B 液(1/15 mol/L 的  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  溶液) 15 mL 混匀]、2% 茚三酮溶液、pH 值为 8 的索伦逊缓冲液[取 A 液 95 mL 和 B 液 5 mL 混匀]、蒸馏水。

### 1.3 试验指标测定及方法

1.3.1 光谱参数测定 利用高精度快速光谱辐射计测定光谱参数,将面板光纤的接口处插入光纤出光口,将转钮拧紧后,将测光积分球和圆形的光纤出光口相连,然后依次将 3 个测试光源都投入到测光积分球中,通过自动积分对数据进行计算,再通过 SPIC-00V1.00315 软件进行计算光谱数据,从而获取光源的峰值波长以及蓝光、绿色、红光三者

中所占比例的数值。

1.3.2 生长指数测定 试验茶苗于 2021 年 3 月 15 日从贵州省遵义市湄潭县国家农业科技园区茶树良种繁殖中心苗圃带土取回后盆栽(口径为 20 cm,深为 20 cm,每盆 1 株)。首先在室外培养 15 d(每 3 d 浇 1 次水),选取生长一致的茶苗移至茶苗培育室中,将茶苗分别培育在荧光灯(Y)、LED-W、LED-B 等 3 种光源下,重复 2 次,每个处理 10 株。设置光照处理时间为 12 h,黑暗处理时间为 12 h;白天温度( $25 \pm 1$ ) $^{\circ}\text{C}$ ,夜晚温度( $18 \pm 1$ ) $^{\circ}\text{C}$ ;空气湿度( $80 \pm 5$ )%。采用氮平衡指数测量仪测量光照处理后 0、7、14、21 d 茶苗叶片的生长指数(Anth、FLAV、Chl、NBI),每株植株在处理 7、14、21 d 时测量生长指数的叶片与 0 d 时测量的叶片相对应;每种光处理下选取每株植株从上往下第 1 张叶片和第 2 张叶片 2 张叶片,每张茶树叶片选取 10 个分布均匀的点进行测试<sup>[17-18]</sup>。

1.3.3 提取样液 将茶样叶片用万分之一的天平称其鲜质量后进行 3 min 蒸煮,蒸煮过后置于烘箱中  $80^{\circ}\text{C}$  烘 2 h。烘干后继续使用万分之一天平称其上述对应叶片的干质量,之后对叶片进行磨碎。1 支试管放入 1 张磨碎的叶片,每支试管加入蒸馏水 10 mL,密封扎孔后,立即置于沸水浴中煮沸 45 min(在这期间隔 10 min 摇动 1 次)。煮沸 45 min 之后将试管小心取出,放置于试管架上静置 24 h,然后吸取上清液放入离心管,在高速离心机中离心后上清液为待测样液。

1.3.4 生化成分测定 采用黄酮类化合物分析-三氯化铝比色法测定福鼎大白茶树叶片花黄素含量;采用酒石酸铁比色法(参照 GB/T 8313—2008)测定福鼎大白茶树叶片茶多酚含量;采用茚三酮显色法(参照 GB/T 8314—2002)测定茶树叶片游离氨基酸含量;将样品测定液以及混合氨基酸标准溶液分别注入氨基酸自动分析仪,测定出样品测定液中 18 种氨基酸组分含量。

### 1.4 数据统计与分析

本试验中方差显著性分析采用 SPSS 21.0 软件,图表制作采用 Excel 2010 软件。

## 2 结果与分析

### 2.1 3 种光源光谱特征的分析

试验中 3 种灯光的光质组成如表 1 和图 1 所示,荧光灯(Y)的峰值波长为 545 nm,在此光源中

绿光、蓝光、红光所占比例依次为 76.5%、6.3%、17.1%；LED-W 的峰值波长为 445 nm，此光源中绿光、蓝光、红光所占比例依次为 83.0%、4.1%、12.9%；LED-B 的峰值波长为 449 nm，此光源中绿光、蓝光、红光所占比例依次为 63.4%、6.0%、30.6%。可以看出 3 种光源的光谱蓝光占比差异不大，占比最高的为荧光灯（6.3%），占比最低的为 LED-W（4.1%）；红光占比各不相同，LED-W 为 12.9%、荧光灯为 17.1%、LED-B 为 30.6%；绿色光占的比例都在 60% 以上，并且 3 种光源中都是绿

色光占比最高；由于 LED-W 光源中绿色光占有的比例高，红色光占有的比例低，所以峰值波长与 LED-B 的峰值波长相近；荧光灯与 LED 灯的峰值波长相差较大，试验中满足 3 种光源有差异的要求。

表 1 3 种试验光源的光谱参数

光源	峰值波长 (nm)	占比(%)		
		蓝光	绿光	红光
Y	545	6.3	76.5	17.1
LED-W	445	4.1	83.0	12.9
LED-B	449	6.0	63.4	30.6

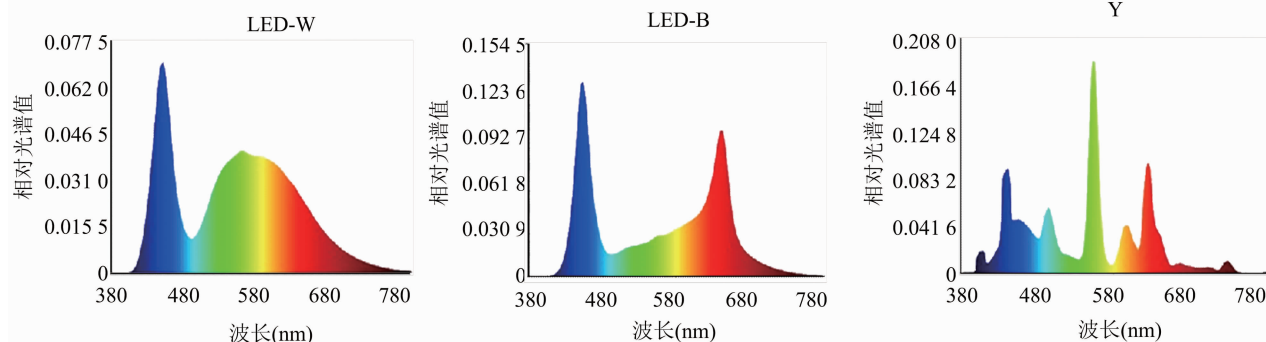


图 1 3 种不同光源光谱

## 2.2 3 种光源对茶树叶片生长指数的影响

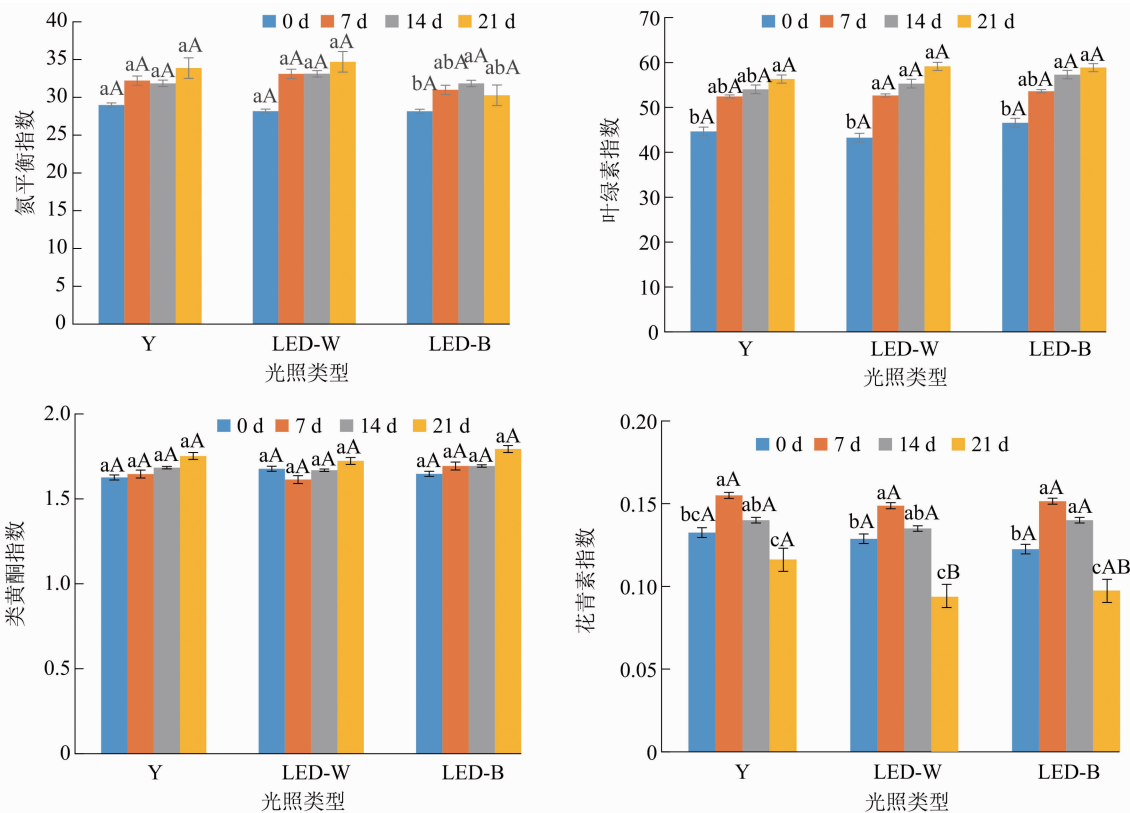
氮平衡指数测量仪能够在茶苗植株上，同时测定茶树的 4 种主要生长发育指标(NBI、Anth、CHI 和 FLAV)，主要优点有测量迅速、多指标测量和非破坏性。NBI 是 CHI 和 FLAV 的比值。利用 NBI 可以了解作物长势情况及叶片的氮素营养状况。NBI 低说明叶片缺氮，而 NBI 过高说明氮素过多<sup>[19]</sup>。

由图 2 可知，与 0 d 相比，无论在何种光源的处理下茶树叶片中 NBI 都增加，但在福鼎大白茶幼苗处理天数相同而所用光源不同时，氮平衡指数变化都无显著性差异，并且在 Y 与 LED-W 处理下不同时间所测量的氮平衡指数的变化也无显著性差异。在 LED-B 处理中与 0 d 相比，14 d 时的氮平衡指数产生显著差异，说明在 3 种光源中，LED-B 能够增加福鼎大白茶幼苗对氮素的利用率。

由图 2 中叶绿素指数可知，所有光源处理下茶苗叶片中叶绿素指数随着光照处理时间的延长都呈增长趋势，但在福鼎大白茶幼苗处理天数相同而所用光源不同时叶绿素指数变化都无显著性差异。与 0 d 相比，在 Y 处理 21 d 时 CHI 出现显著增加，并且在 LED-W 和 LED-B 处理下 14、21 d 时均出现了显著增加，除此之外在 3 种不同光源处理下其他不同天数处理之间均无显著性差异。

由图 2 中类黄酮指数可知，在福鼎大白茶幼苗处理天数相同而所用光源不同时，茶树叶片中类黄酮指数变化无显著差异，并且在荧光灯与 LED-W 处理下，不同时间所测量的 FLAV 也无显著性差异。在 LED-B 的处理下，与 0、7 d 相比，14、21 d 时的 FLAV 无显著差异，若与 14 d 相比 0、7、21 d 时的类黄酮指数均无显著差异。

福鼎大白茶幼苗在生长过程中叶的生长、花的发育和果实的颜色会受 Anth 的影响，茶苗的逆境生理也与 Anth 有关<sup>[20-21]</sup>，不同光源对 Anth 高低的影响也不同。由图 2 中 Anth 可知，在 0、7、14 d 时，3 种不同光源下茶苗叶片的花青素指数均不存在显著差异，但是在 21 d 时，采用 LED-W 处理对于 Y 处理而言花青素指数显著降低。与 0 d 相比，3 种光源处理 7 d 时的茶苗叶片花青素指数均显著增加，LED-B 处理 14 d 时的花青素指数也显著增加，LED-W 与 Y 处理 14 d 时 Anth 无显著差异，LED-W 和 LED-B 处理 21 d 时的茶苗叶片花青素指数均显著下降。在 LED-W 的处理下，与 0、7、14 d 相比，21 d 时的花青素指数显著降低。在 LED-B 的处理下，与 7 d 相比，14 d 时的花青素指数无显著差异；与 21 d 相比，0、7、14 d 时的 Anth 显著升高。



不同的小写字母表示同一光源处理下不同时间在 0.05 水平上有显著差异；不同的大写字母表示在相同时间处理条件下不同光源处理在 0.05 水平有显著差异

图2 3 种不同光源处理下福鼎大白茶树叶片生长指数的变化

2.3 3 种光源对茶树含水量的影响

由表 2 可知,在荧光灯、LED - W 和 LED - B 处理 21 d 后,LED - W 处理下的茶树叶片含水量比 Y 和 LED - B 处理下的茶苗含水量多出 0.01 百分点。茶苗叶片的含水量在 3 种光源处理下无显著性差异。

2.4 3 种光源对茶树叶片生物化学成分的影响

衡量茶叶品质的重要指标包括酚氨比、氨基酸含量、茶多酚含量等<sup>[22]</sup>。茶多酚含量影响茶叶的苦味和涩味,氨基酸含量影响茶汤的鲜美和清爽<sup>[23]</sup>。茶多酚与氨基酸的比值称为酚氨比,根据酚氨比可

以判别出茶鲜叶品质。福鼎大白茶苗经过 3 种不同光源处理 21 d 后,花黄素的含量无显著差异。与 Y、LED - W 处理相比,LED - B 处理后游离氨基酸的含量呈现显著降低。与 Y 处理相比,LED - B 处理下的茶树叶片茶多酚含量显著增加,而 LED - W 处理下叶片的茶多酚含量无显著差异。在 3 种不同光源照射下,荧光灯和 LED - W 处理下福鼎大白茶树叶片中的酚氨比无显著差异;与 Y 和 LED - W 处理相比,LED - B 处理下的酚氨比显著增加(表 2)。LED - B 处理有利于提高福鼎大白茶树叶片中茶多酚含量。

表 2 3 种光源处理 21 d 对福鼎大白茶叶片生物化学成分的影响

光源	含水量 (%)	游离氨基酸含量 (%)	茶多酚含量 (%)	酚氨比	花黄素含量 (%)
Y	62 ± 0.6a	0.95 ± 0.03a	16.39 ± 1.27b	20.32 ± 2.01b	5.07 ± 0.14a
LED - W	63 ± 0.5a	0.96 ± 0.05a	19.09 ± 0.66ab	19.70 ± 1.57b	4.76 ± 0.62a
LED - B	62 ± 0.7a	0.76 ± 0.03b	19.69 ± 0.78a	27.19 ± 0.90a	5.60 ± 0.44a

注:不同小写字母表示不同光源处理间在 0.05 水平有显著差异。

2.5 3 种光源对茶树叶片氨基酸组分的影响

茶树叶中含有 20 种蛋白质氨基酸和 6 种非蛋白质氨基酸。试验中使用氨基酸自动分析仪检测 3

种非蛋白质氨基酸(丙氨酸、γ - 氨基丁酸、茶氨酸)和 15 种蛋白质氨基酸。不同光源处理的福鼎大白茶树叶的 18 种氨基酸含量见表 3。在 3 种光源处

理下叶中的天门冬氨酸、茶氨酸、谷氨酸三者的总含量( Y;32. 74% + 35. 17% + 15. 71% = 83. 62% ; LED - W;33. 06% + 36. 35% + 18. 49% = 87. 90% ; LED - B;11. 64% + 46. 31% + 23. 36% = 81. 31% ) 均占 18 种氨基酸总量的 80% 以上;3 种非蛋白质氨基酸( 丙氨酸、 $\gamma$  - 氨基丁酸、茶氨酸) 总量占 18 种氨基酸总量比例表现为 Y ( 32. 74% + 1. 63% + 0. 65% = 35. 01% ) > LED - W ( 33. 06% + 1. 40% + 0. 37% = 34. 83% ) > LED - B ( 11. 64% + 1. 50% + 0. 84% = 13. 99% ) , 与 LED - B 处理相比, 荧光灯和 LED - W 处理能够促进 3 种非蛋白质氨基酸( 茶氨酸、丙氨酸、 $\gamma$  - 氨基丁酸) 总量的积累, 对照 Y 光源的处理效果优于其他 2 种光源。茶氨酸是茶树叶片中特有的游离氨基酸<sup>[24]</sup>, 其含量在 LED - W 处理( 0. 257 0) 下与对照 Y 处理无显著差异, 但 LED - B 处理的含量显著降低; LED - B 处理下丙氨酸含量( 0. 008 4) 显著低于 LED - W 处理( 0. 010 9) ; LED - W 处理下  $\gamma$  - 氨基丁酸含量( 0. 002 9) 显著低于 LED - B 处理( 0. 004 7) 和对照 Y 处理( 0. 004 1) 。

表 3 3 种光源处理 21 d 后对茶树叶片氨基酸组分的影响

氨基酸 种类	荧光灯( Y)		LED - W		LED - B	
	含量( mg/g)	占比( % )	含量( mg/g)	占比( % )	含量( mg/g)	占比( % )
茶氨酸	0. 207 4 ± 0. 071 0a	32. 74	0. 257 0 ± 0. 074 7a	33. 06	0. 065 1 ± 0. 013 1b	11. 64
丙氨酸	0. 010 3 ± 0. 001 1ab	1. 63	0. 010 9 ± 0. 001 4a	1. 40	0. 008 4 ± 0. 001 3b	1. 50
$\gamma$ - 氨基丁酸	0. 004 1 ± 0. 000 8a	0. 65	0. 002 9 ± 0. 000 8b	0. 37	0. 004 7 ± 0. 000 3a	0. 84
谷氨酸	0. 222 8 ± 0. 084 2a	35. 17	0. 282 6 ± 0. 063 3a	36. 35	0. 258 9 ± 0. 073 9a	46. 31
天门冬氨酸	0. 099 5 ± 0. 016 0a	15. 71	0. 143 7 ± 0. 037 6a	18. 49	0. 130 6 ± 0. 031 1a	23. 36
甘氨酸	0. 002 2 ± 0. 000 7a	0. 35	0. 001 4 ± 0. 000 6ab	0. 18	0. 001 1 ± 0. 000 3b	0. 20
苏氨酸	0. 004 3 ± 0. 000 5c	0. 68	0. 008 2 ± 0. 001 7b	1. 06	0. 011 5 ± 0. 002 4a	2. 06
丝氨酸	0. 016 8 ± 0. 002 4a	2. 65	0. 018 0 ± 0. 003 8a	2. 32	0. 011 5 ± 0. 003 3b	2. 06
蛋氨酸	0. 001 0 ± 0. 000 3a	0. 16	0. 001 2 ± 0. 000 4a	0. 15	0. 001 1 ± 0. 000 4a	0. 20
脯氨酸	0. 002 4 ± 0. 000 7a	0. 38	0. 002 3 ± 0. 000 5a	0. 30	0. 003 3 ± 0. 000 7a	0. 59
赖氨酸	0. 047 1 ± 0. 007 2a	7. 44	0. 034 3 ± 0. 006 5b	4. 41	0. 041 9 ± 0. 003 7ab	7. 49
组氨酸	0. 002 3 ± 0. 000 9b	0. 36	0. 002 8 ± 0. 000 3b	0. 36	0. 003 8 ± 0. 000 4a	0. 68
精氨酸	0. 004 8 ± 0. 000 8a	0. 76	0. 004 5 ± 0. 000 4a	0. 58	0. 003 2 ± 0. 000 8b	0. 57
亮氨酸	0. 001 1 ± 0. 000 3b	0. 17	0. 001 5 ± 0. 000 2ab	0. 19	0. 001 9 ± 0. 000 4a	0. 34
缬氨酸	0. 003 0 ± 0. 000 8b	0. 47	0. 003 0 ± 0. 000 7b	0. 39	0. 005 9 ± 0. 000 5a	1. 06
异亮氨酸	0. 001 6 ± 0. 000 9b	0. 25	0. 001 3 ± 0. 000 5b	0. 17	0. 003 9 ± 0. 001 0a	0. 70
酪氨酸	0. 002 3 ± 0. 000 7a	0. 36	0. 001 3 ± 0. 000 6b	0. 17	0. 001 7 ± 0. 000 5ab	0. 30
苯丙氨酸	0. 000 5 ± 0. 000 2a	0. 08	0. 000 5 ± 0. 000 1a	0. 06	0. 000 6 ± 0. 000 3a	0. 11

注: 占比为各氨基酸占 18 种氨基酸总量的比例。

3 讨论

光能够强烈影响茶树的形态结构, 故而光容易

对绿茶而言, 氨基酸含量会影响茶叶的滋味, 苯丙氨酸、亮氨酸、酪氨酸、缬氨酸、组氨酸、异亮氨酸、精氨酸、脯氨酸、赖氨酸等 9 种氨基酸使茶呈苦味, 其中苯丙氨酸、脯氨酸不受光质的影响, 缬氨酸、组氨酸、异亮氨酸含量在 LED - B 处理下显著高于 LED - W 处理和对照 Y 处理, 精氨酸则在 LED - B 处理下显著低于 LED - W 处理和对照 Y 处理。表明 LED - B 处理能提升茶叶苦味。蛋氨酸、丝氨酸、天门冬氨酸、丙氨酸、苏氨酸、茶氨酸、甘氨酸、 $\gamma$  - 氨基丁酸、谷氨酸等 9 种氨基酸使茶呈现鲜爽、鲜甜的滋味, 在 3 种光源的处理下谷氨酸、天门冬氨酸和蛋氨酸无显著差异, 茶氨酸和丝氨酸在 LED - B 处理下显著低于 LED - W 处理和对照, 苏氨酸在 LED - B 处理下显著升高。结合表 1 中的光谱数据看, 红光占比高, 有利于苦味氨基酸的积累, 而绿光占比高, 有利于鲜爽味氨基酸的积累。从含量高低看, 9 种鲜爽味氨基酸的占比达 88% 以上, 而 9 种苦味氨基酸占比低于 12% 。可推测, 茶叶中氨基酸主要贡献茶汤的鲜爽味。

使茶树的内部结构和外部形态受到影响而发生改变<sup>[25-26]</sup>。光源对光合作用中光合碳的代谢、光合速率、叶绿素的含量都具有一定的调控作用, 很多关

于光源对茶树生理和品质影响、研究的目的方法、所使用的光源、茶苗植株种类等都多种多样<sup>[27]</sup>。在 Wang 等的报道中光照能够调控茶叶香气相关酶基因的表达,提高香气成分,促进茶叶品质提升<sup>[28]</sup>。

本试验通过对福鼎大白茶树在 3 种光源下的生长指数 (Anth、FLAV、Chl、NBI)、含水量以及花黄素、茶多酚、游离氨基酸、3 种非蛋白质氨基酸和其他 15 种蛋白质氨基酸含量进行对比分析,发现 3 种光源对福鼎大白茶树光合生理及茶叶品质的影响存在差异。在 3 种光源光质的组成中,蓝光占比最高的为荧光处理 (6.3%),LED-B 与 LED-W 处理中蓝光占比分别与之相差 0.3%、2.2%;绿光占比最高的为 LED-W 处理 (83.0%),Y、LED-B 处理中绿光占比分别与之相差 6.5%、19.6%;红光占比最高的为 LED-B 处理 (30.6%),Y、LED-W 处理中红光占比分别与之相差 13.5%、17.7%。

依据上述试验结果分析,福鼎大白茶树叶片的生理生化以及茶叶品质与光源有着密切的关系,通过 Y、LED-W 和 LED-B 处理后茶树叶片生长指数发生变化,经过 21 d 的光处理茶树叶片 FLAV、Chl、NBI 均有所升高,但对于氮平衡指数和类黄酮指数而言 LED-B 处理的效果更为显著。3 种光处理 21 d 后茶树叶片花青素指数全都出现显著性下降,使其下降效果更有效的为 LED-W 和 LED-B 处理,并且以 7 d 为临界点均出现 0~7 d 花青素指数含量逐渐升高,7~21 d 花青素指数含量逐渐降低的变化规律。通过 Y、LED-W、LED-B 处理 21 d 后,3 种光处理对茶树叶片的含水量、花黄素含量的影响差异性不大,而与 Y 处理相比,LED-B 处理能够使茶多酚含量显著性增加;Y 处理、LED-W 处理茶树叶片游离氨基酸含量高于 LED-B 处理;3 种光源中 LED-B 处理能够使茶树叶片中的酚氨比显著增加。酚氨比的比值高会使茶树叶片浸泡出的茶汤滋味变淡,反之会使茶汤味道鲜爽<sup>[29]</sup>。

茶叶品质会受到叶片中氨基酸的影响,它决定了茶叶中鲜甜香气的主要滋味,并且氨基酸组成的差异导致了茶的风味不同,而它们对茶品质的影响程度也有所不同<sup>[30-31]</sup>。3 种光源处理下,9 种使茶呈现鲜爽、鲜甜滋味的氨基酸在总游离氨基酸中的占比以及所测量的 18 种氨基酸中的占比都达 88% 以上,其中 LED-W 处理的效果最佳;9 种使茶呈苦味的氨基酸在所测量的 18 种氨基酸中的占比较少,其中占比最高是在 LED-B 处理下占 11.84%。由

表 3 可知,LED-W 处理能够提高茶鲜爽、鲜甜的滋味,并且 9 种使茶呈苦味的氨基酸含量最低,能够有效提高茶叶品质。

王加真等的研究表明,绿光有潜力作为茶树光环境优化的光因子之一,说明绿光对茶树生长有一定影响,试验中 LED-W 光源光质的组成中蓝光、红光、绿光占比依次为 4.1%、12.9%、83.0%,此光源的绿光占比在 3 种光源光质组成中最高,在 LED-W 处理下叶片光合速率增加、游离氨基酸与茶多酚含量增加、酚氨比降低、茶叶口感浓而鲜爽,即表明绿光在一定程度上影响着福鼎大白茶树叶片氨基酸含量以及茶多酚含量,光源光质的组成中增加绿光占比可有效提高茶叶品质<sup>[4]</sup>。

## 4 结论

同种植物对不同光源反映出的表现不同,LED-W 处理能够提高茶树叶片氮平衡指数含量和叶绿素指数含量,从而提升叶片光合速率;Y 和 LED-W 处理使茶树叶片的酚氨比显著降低,并且两者处理下的酚氨比无显著差异,仅相差 0.62;LED-W 对于提高所测氨基酸组分中 3 种非蛋白质氨基酸的含量、提高 9 种使茶呈鲜甜滋味氨基酸的含量以及降低 9 种使茶呈苦味的氨基酸的含量均有明显优势。3 种光源对福鼎大白茶树叶片的生长指数和生理指标造成了一定影响,其中 LED-W 处理下福鼎大白茶树对光能的利用及茶叶品质都优于其他 2 种光源,LED-W 能够提高茶叶中鲜爽味氨基酸含量、改善茶叶品质、促进茶产业发展,可作为茶园设施栽培中理想光源的选择。

## 参考文献:

- [1] 王小萍,张 厅,熊元元,等. 四川省茶树及其他饮用茶种质资源的调查与分析[J]. 江苏农业科学,2022,50(3):130-136.
- [2] 安红卫,宋勤飞,牛素贞. 贵州茶树种质资源遗传多样性、群体结构和遗传分化研究[J]. 浙江农业学报,2021,33(7):1234-1243.
- [3] 王加真,刘义富,肖 尧,等. 不同光配比对福鼎大白茶叶片生理和主要氨基酸积累的影响[J]. 食品工业科技,2021,42(19):29-35.
- [4] 侯双双,古书鸿,谷晓平,等. 贵州茶树主栽品种福鼎大白茶冷害指标研究[J]. 福建农业学报,2019,34(12):1397-1403.
- [5] Xia W, Li C L, Nie J, et al. Stable isotope and photosynthetic response of tea grown under different temperature and light conditions [J]. Food Chemistry,2022,368:130771.
- [6] 陈寿松,金心怡,游芳宁,等. 多次间歇 LED 光照射对铁观音风

- 味组分的影响[J]. 农业工程学报,2018,34(2):308–314.
- [7]林家正,涂政,陈琳,等. 红光萎凋对茶叶挥发性成分及其成品红茶品质的影响[J]. 茶叶科学,2021,41(3):393–405.
- [8]王建平,王纪章,周静,等. 光照对农林植物生长影响及人工补光技术研究进展[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2020,44(1):215–222.
- [9]王晨静,赵武武,陆国权. 家庭园艺中植物补光光源类型及应用形式[J]. 北方园艺,2013(23):102–105.
- [10]鞠红艳,李季,孙艺哲,等. 微型植物工厂 LED 多光谱补光系统的设计与应用[J]. 吉林农业大学学报,2020,42(1):113–118.
- [11]张谨薇,孟清波,马万成,等. LED 光源对辣椒幼苗生长和光合特性的影响[J]. 中国瓜菜,2021,34(6):60–63,67.
- [12]钱舒婷,李建明. 补光灯类型对设施草莓光合特性与产量的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2019,47(4):41–48.
- [13]张亚芬,杨晖. 不同光源处理对梔子叶片叶绿素荧光参数和生化成分的影响[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版),2020,46(4):441–448.
- [14]丁梦寒,郑腾. 温室大棚 LED 智能调光的补光装置设计[J]. 江苏农业科学,2021,49(23):201–206.
- [15]杨娟,袁林颖,邬秀宏. LED 光质对植物组培苗生长特性影响及在茶树组培上的应用展望[J]. 南方农业,2017,11(22):29–32.
- [16]Singh D,Basu C,Meinhardt–Wollweber M,et al. LEDs for energy efficient greenhouse lighting[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews,2015,49:139–147.
- [17]Cerovic Z G,Masdoumier G,Ben Ghazlen N,et al. A new optical leaf–clip meter for simultaneous non–destructive assessment of leaf chlorophyll and epidermal flavonoids[J]. Physiologia Plantarum,2012,146(3):251–260.
- [18]Liu Y F,Wang J Z,Xiao Y,et al. Diversity analysis of chlorophyll, flavonoid,anthocyanin,and nitrogen balance index of tea based on duallex[J]. Phyton,2021,90(5):1549–1558.
- [19]Fan K,Li F L,Chen X K,et al. Nitrogen balance index prediction of winter wheat by canopy hyperspectral transformation and machine learning[J]. Remote Sensing,2022,14(14):3504.
- [20]Chen X J,Wang P J,Gu M Y,et al. Identification of PAL genes related to anthocyanin synthesis in tea plants and its correlation with anthocyanin content[J]. Horticultural Plant Journal,2022,8(3):381–394.
- [21]Robin J,Ajay R,Vinay K,et al. Anthocyanins enriched purple tea exhibits antioxidant, immunostimulatory and anticancer activities[J]. J Food Sci Technol,2017,54(7):1953–1963.
- [22]Liang Y R,Lu J L,Zhang L Y,et al. Estimation of black tea quality by analysis of chemical composition and colour difference of tea infusions[J]. Food Chemistry,2003,80(2):283–290.
- [23]王加真,金星,冯梅,等. 不同红蓝光配比对茶树生长及生物化学成分的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(10):159–161,172.
- [24]Türközü D,Şanlıer N. L–theanine,unique amino acid of tea,and its metabolism,health effects,and safety[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition,2017,57(8):1681–1687.
- [25]刘庆,连海峰,刘世琦,等. 不同光质 LED 光源对草莓光合特性、产量及品质的影响[J]. 应用生态报,2015,26(6):1743–1750.
- [26]王加真,刘义富,肖尧,等. 不同光质对福鼎大白茶叶片叶绿素荧光参数和呈味氨基酸积累的影响[J]. 江苏农业科学,2022,50(17):132–138.
- [27]Yue C N,Wang Z H,Yang P X. Review:the effect of light on the key pigment compounds of photosensitive etiolated tea plant[J]. Botanical Studies,2021,62(1):21.
- [28]Wang M,Yang J,Li J L,et al. Effects of temperature and light on quality–related metabolites in tea[*Camellia sinensis* (L.) Kuntze] leaves[J]. Food Research International,2022,161:111882.
- [29]王加真,刘义富,肖尧,等. 室温条件下储藏年限对湄潭翠芽品质及三维荧光指纹图谱的影响[J]. 遵义师范学院学报,2021,23(3):94–97,101.
- [30]涂淑萍,黄航,杜曲,等. 不同品种茶树叶片光合特性与叶绿素荧光参数的比较[J]. 江西农业大学学报,2021,43(5):1098–1106.
- [31]Salman S,Yılmaz C,Gökmen V,et al. Effects of fermentation time and shooting period on amino acid derivatives and free amino acid profiles of tea[J]. LWT,2021,137:110481.