

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.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.17.021

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

王加真^{1,2}, 刘义富^{1,2}, 肖尧¹, 何佳¹, 曾一霞¹, 周玲艳¹, 赵斌¹

(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:以茶树品种福鼎大白茶为试材,采用 LED 精准可调人工气候箱设置红光(R)、蓝光(B)和红蓝组合光 1.4 : 1(RB)3 个处理,以白光(W)为对照,研究红蓝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。结果表明,与对照相比,红光降低了实际光量子产量[$Y(II)$],蓝光升高了光能的利用效率(α)和潜在最大相对电子传递效率($rETR_{max}$),红蓝混合光降低了 $Y(II)$;从处理时间比较,随着处理时间的增加, α 、 $rETR_{max}$ 和强光耐受能力(I_k)在各种光照射下均表现先下降后升高最后下降的趋势;对氨基酸含量影响表现为红光增加苦味氨基酸含量,降低甜爽氨基酸和总游离氨基酸含量,蓝光和红蓝混合光增加甜爽氨基酸和总游离氨基酸含量。因此,蓝光和红蓝混合光处理有利于提高茶叶的品质。

关键词:福鼎大白茶;红蓝光;叶绿素荧光参数;呈味氨基酸;游离氨基酸;光质

中图分类号:S571.101 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2022)17-0132-06

茶叶中游离氨基酸种类和含量的高低不仅影响茶汤的口感和风味,使茶汤具有一定的香气和甜爽味,而且是茶保健功能的重要因子。范培珍等研究发现,谷氨酸(Glu)、甘氨酸(Gly)、丙氨酸(Ala)、脯氨酸(Pro)、茶氨酸(The)是茶叶中的鲜爽因子,丝氨酸(Ser)、Gly、Ala、Pro 是甜味类,组氨酸(His)、精氨酸(Arg)、缬氨酸(Val)、蛋氨酸(Met)、异亮氨酸(Iso)、亮氨酸(Leu)、苯丙氨酸(Phe)是苦味类因子,天冬氨酸(Asp)和 Glu 是鲜味决定因子^[1]。张丹丹等通过对白茶的研究认为,不同白茶品种中鲜味氨基酸种类存在差异,在其研究中发现 Pro、Gly、Asp 和苏氨酸(Thr)对白毫银针贡献甜味,而苦味则受 Leu、His 和 Met 影响;在贡眉中贡献甜味的则是 Val 和 Ala 代替了 Gly 和 Thr,影响苦味的只有 Leu

相同,其余的则是 Phe、Iso 和 Val^[2]。大量研究一致认为,The 占茶叶游离氨基酸含量的 50% 以上方可调节人体的免疫功能,且对心血管疾病、神经性疾病具有一定的疗效,是茶叶保健功能的重要因子^[2-6]。因此,高氨基酸含量是提高茶叶品质的重要课题之一。方开星等研究 218 份茶树资源的氨基酸发现,存在高氨基酸(总量 $\geq 5.00\%$)的茶树资源,可选育出高氨基酸含量的茶树品种^[7]。通过 70% 遮阳处理、春夏季施以一定量尿素、梨茶间植以及冬深耕 + 重施氮肥 + 遮阳 + 喷灌等方法,均能显著提高茶叶氨基酸含量^[8]。在茶青加工过程中,采用摊凉萎凋 2 ~ 3 h、90 ~ 100 °C 烘焙、80 ~ 90 °C 提香 30 min 的工艺可使茶叶中氨基酸含量提高^[8]。

育种和栽培措施从材料的层面解决了氨基酸含量的高低,但育种方法需要相应的种质资源、较长的时间和较大的投入,短期难见成效。近年来通过控制光照调节植物生长和生理成为了研究热点。茶树光处理试验显示遮阴可增加氨基酸含量^[9],不同光质照射处理的茶树茶鲜叶中氨基酸含量也不同,红光处理会降低氨基酸含量,蓝光和红蓝光处理使氨基酸含量升高^[10]。光质主要是通过影响光合效率而影响氨基酸含量,光合效率可用叶绿素荧光参数来表示。叶绿素荧光参数主要有实际光量子产量[$Y(II)$]、潜在最大相对电子传递效率

收稿日期:2021-08-19

基金项目:贵州省科技支撑计划(编号:黔科合 2020-1Y071);贵州省教育厅科研项目(编号:黔教合 KY 字 2017-023);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项目(编号:遵师 138[2019]22 号)。

作者简介:王加真(1977—),男,甘肃景泰人,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。

通信作者:刘义富,博士,副教授,研究方向为茶园生态、茶叶品质及功能产品开发。E-mail:1822144405@qq.com。

($rETR_{max}$)、光能的利用效率(α)和强光耐受能力(I_k)等,它们可用来表述植物对光能的利用及耐受效率和能力^[11],并以此来判断植物的抗性、生长和生理状况^[12]。叶绿素荧光参数可利用便携式分析仪原位测定,具有快速、无损伤的特点,能够真实反映植物的光合能力,从而能较准确地分析生长环境对植物的影响^[13-14]。本研究以福鼎大白茶一年生幼苗为材料,利用叶绿素荧光测定技术分析其叶片在不同光质下叶绿素荧光参数及叶片呈味氨基酸含量差异,探讨福鼎大白茶叶片对不同光质的利用及其能量分配,以及光质对茶树叶片呈味氨基酸含量的影响,以期对光质调控茶叶功能成分的生产应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

福鼎大白茶由贵州湄潭国家农业科技园区茶树良种繁育中心提供,选取生物量一致的盆栽福鼎大白茶一年生幼苗[株高(20 ± 0.5) cm]进行试验。

光质精准可调人工气候箱(安徽昂科丰光电科技公司);高精度快速光谱辐射计(HAAS-200,杭州远方光电信息股份有限公司);LI-250A 光度计(LI-COR,美国);MINI-PAM-II 脉冲调制式叶绿素荧光仪(德国 WALZ 公司);200 目钢丝网筛;L-3000 型全自动氨基酸分析仪(苏州华美辰仪器设备有限公司)。

荧光灯 T8 L36W/865 O-D 6500K 白光;LED 红灯;LED 蓝光灯;LED 红蓝混合灯。

1.2 试验设计与方法

1.2.1 光源设置 以荧光灯和 LED 灯为光源,利用高精度快速光谱辐射计测量光源光谱参数。分别置于白光(荧光灯,对照,W)和红光(645 nm,R)、蓝光(440 nm,B)、红蓝组合光(RB,光质比 1.4:1)下,用 LI-250A 光度计(LI-COR,美国)采用 9 点法测定茶苗顶部受光面平均光量子密度,调整茶苗放置高度,将 4 种光源光照度统一调整为(85 ± 2) $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。

1.2.2 茶苗栽培设置 试验于 2019 年 12 月在贵州省遵义市遵义师范学院茶树光生物学实验中心进行,光周期 12 h,温度恒定在(25 ± 1) $^{\circ}\text{C}$,相对湿度为(85 ± 3)%。每种光照下设置 10 盆栽培盆,每盆栽植 4 株茶苗,每隔 3 d 浇 1 次 20 mL 去离子水。

1.2.3 叶绿素荧光仪测定 每株选择 3 个萌发芽

长出的第 1 张叶。分别在光照 0、1、2、3 周对第 1 张叶暗适应 12 h 后用 MINI-PAM-II 脉冲调制式叶绿素荧光仪测定光系统 II 快速光曲线,对光曲线进行非线性曲线拟合后,曲线初始斜率为光能利用效率(α),曲线的最大值为潜在最大相对电子传递效率($rETR_{max}$),表示方法如图 1 所示^[15]。同时测定第 1 张叶在光适应下的实际光化学效率(Y_{II})和耐受强光的能力(I_k)。每株 3 张叶的平均值作为该株的参数。

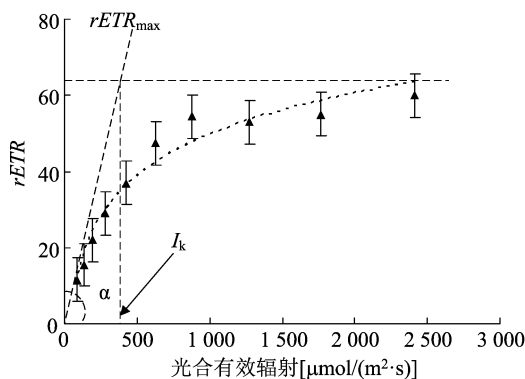


图1 快速光曲线非线性拟合

1.2.4 叶片氨基酸含量测定 于光照处理 3 周后,每处理摘取测叶绿素荧光参数的对应第 1 张片,用 100 $^{\circ}\text{C}$ 水蒸汽杀青 3 min,80 $^{\circ}\text{C}$ 下烘干至恒质量,粉碎过 200 目筛后测氨基酸含量。18 种氨基酸组分含量的测定采用氨基酸分析仪。

1.3 数据统计分析

测定数据利用 Excel 2013 进行平均值、标准差等的分析及排列,然后利用 SPSS 18.0 软件进行单因素方差分析。

2 结果与分析

2.1 光源光谱特征分析

试验用光源经 HAAS-200 测量分析获得如表 1 所示的光谱参数。

4 种光源 W、RB、R、B 的主波长分别为 545、449、660、440 nm,它们的红蓝光质比分别为 0.8、1.4、4.4 和 0.1。W 光源与 RB 光源相比较,有较高的绿光比例(41%),峰值波长位于黄绿光区域。根据前人研究,红光(610~720 nm)和蓝光(400~520 nm)是植物敏感光源,与光合作用效率相关性最显著,红光下植物生长旺盛,蓝光次之^[16]。茶树为喜阴植物,本试验用 R、B、RB 和 W 分别为 600~700、400~500、500~600 nm,处于合理的区间内,可满足茶树对不同光质反应研究的需要。

表 1 试验用不同光质的光谱特性

光处理	峰值波长 (nm)	蓝光 B 400 ~ 500 nm(%)	绿光 G 500 ~ 600 nm(%)	红光 R 600 ~ 700 nm(%)	远红外光 Fr 700 ~ 750 nm(%)	红光/蓝光 R/B	红光/远红外光 R/Fr
W(荧光灯)	545	32	41	25	2	0.8	11.4
RB	449	30	27	42	2	1.4	26.5
R	660	12	36	50	2	4.4	22.1
B	440	61	33	4	2	0.1	2.0

2.2 光质对茶树叶片叶绿素荧光参数的影响

如图 2 所示,与处理前相比,Y(Ⅱ)在处理 1 周后,出现下降趋势,但差异不显著;处理 2 周后,白光和红蓝光处理下与处理前相比 Y(Ⅱ)下降显著,蓝光处理与 1 周后相比显著升高,红光处理下不变;处理 3 周后除红蓝光外其他光照下均恢复到处理前水平。光质之间比较,处理 1 周后,红光处理显著低于白光,与其他 2 种光之间无显著差异。处理 2 周后,蓝光处理 Y(Ⅱ)显著高于红光和红蓝光处理。处理 3 周后,红蓝光处理明显低于其他光处理。PSⅡ反应中心部分关闭时,捕光色素分子实际原初光能捕获效率即为 Y(Ⅱ)[Y(Ⅱ)=(F_m - F_s)/F_m],可快速地确定某种环境条件下 PSⅡ反应中心的作用效率^[17]。所以,红光具有提高 PSⅡ反应中心作用效率的作用,增强捕光色素分子的光能利用率。

α 在处理 1 周后,均表现下降的趋势,但只有在白光处理下与处理前存在显著差异,且蓝光处理下显著高于白光和红蓝光处理(P<0.05)。处理 2 周后,α 值均开始回升,但仍然只有白光处理下 α 值与处理 1 周结果存在显著差异;蓝光处理显著高于白光与红光处理。处理 3 周后,白光和红蓝光处理下 α 值又出现下降,显著低于处理 2 周后的结果;不同光照之间表现为蓝光处理下显著高于其他光照处理。这说明红光和蓝光照射下,α 较稳定,且蓝光处理效果较红光好。曲线初始斜率反映光化学反应的启动速率,是反映光合器官对光能利用效率的参数。红光和蓝光处理有稳定茶树光化学反应启动速率的作用。

rETR_{max}反映叶片光合作用的潜力。在不同光照处理 1 周后,白光和红光处理下显著下降,且红光处理下降幅度最大,显著低于其他光照处理。处理 2 周后,均有上升趋势,但只有红光处理下显著高于处理 1 周的结果,且红光、蓝光、红蓝光处理下明显高于白光处理。处理 3 周后,均有下降趋势,但仍然只有红光处理显著低于处理 2 周的结果;不同光质间比较表现为蓝光处理显著高于白光和红光处理。

以上结果表明,红光会降低茶树叶的光合潜力,而 B 对叶片光合潜力没有影响。

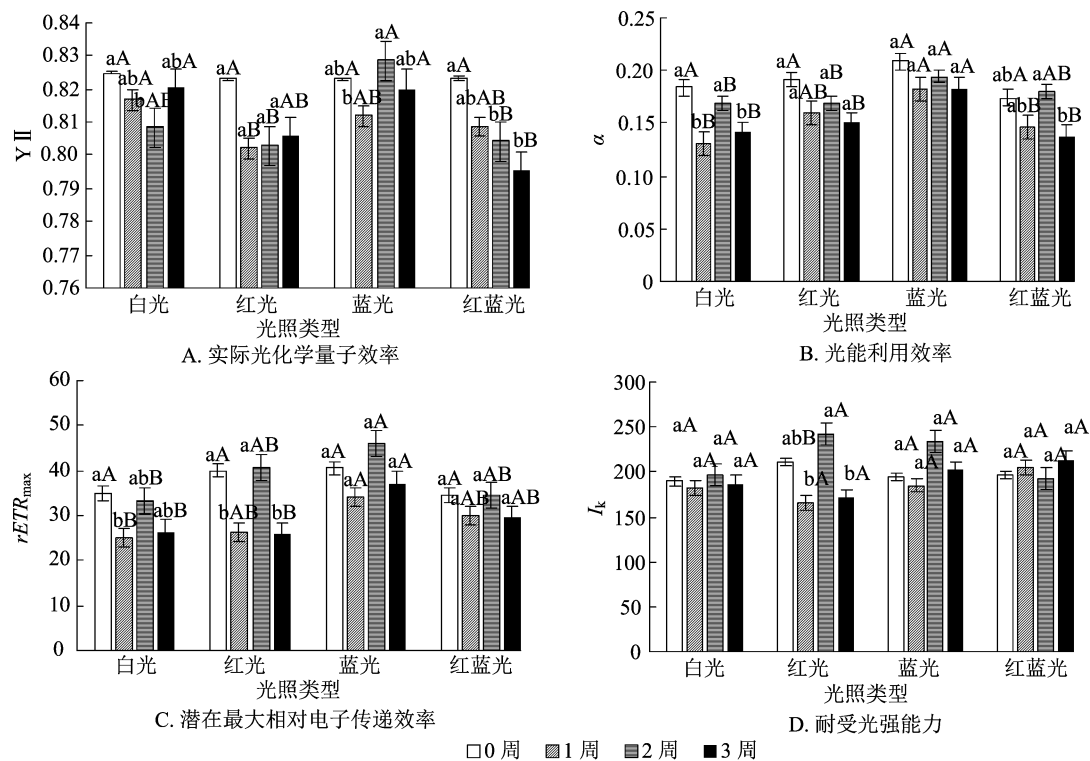
I_k 是初始斜率线和 rETR_{max} 水平线的交点的横坐标值,反映样品对强光的耐受能力^[18]。I_k 相对稳定,只有红光处理 2 周后比处理 1 周显著升高,然后到 3 周又显著降低,说明光质对 I_k 的影响不大。

2.3 光质对茶树叶片呈味氨基酸含量的影响

18 种氨基酸含量在光照处理 21 d 后进行测定,结果如表 2 所示。18 种氨基酸中只有 Pro 含量不受光质的影响,酪氨酸(Tyr)、氨基丁酸(α-Butyr)、Gly、Phe、Arg 在红光处理下含量最高。白光处理下 α-Butyr、Asp、Ser、Ala、Met、Phe、Arg、His 含量均最低,表明红光、蓝光、红蓝混合光处理对大多数氨基酸都有较大的影响,有提高的功效。与白光相比,红光可显著提高 α-Butyr、Ala、Met、Ser、Phe、Tyr、Lys 和 Arg 的含量,降低 Asp、The、Glu 和 Leu 的含量。蓝光可提高 α-Butyr、Asp、The、Glu、Phe 含量,降低 Gly、Val 含量;红蓝混合光可显著提高 Asp、The、Glu、Ala、Met、Thr、Iso、Val、Leu、Lys、Arg 和 His 含量。

不同颜色光照处理下茶叶氨基酸含量之间相比较,红光处理下 α-Butyr、Gly、Phe、Tyr 和 Arg 含量比蓝光和红蓝混合光处理高,Lys 和 Ala 含量比蓝光高而比红蓝混合光处理低。蓝光处理下 Asp、Glu 和 The 含量比红光处理高,Asp、The、Ala、Met、Ser、Thr、Iso、Val、Leu、Lys、Arg 和 His 含量比红蓝混合光处理低。红蓝混合光处理下,Asp、Glu、The、Ala、Met、Ser、Thr、Iso、Val、Leu、Lys 和 His 含量均是最高。

以上结果表明,增加蓝光比例,有助于主要氨基酸(图 3,Asp、Glu、The 占游离氨基酸比例高于 70%,因此定义这 3 种氨基酸为主要氨基酸)的积累,而红光则主要有助于带苦味的氨基酸的积累。所以,可通过增加蓝光的比例,提高茶树甜爽氨基酸含量,从而提高茶叶的鲜爽滋味。蓝光和红蓝混合光处理下氨基酸总量的提高主要是通过提高天门



图中柱上不同小写字母表示相同光照处理不同时间在 0.05 水平上各荧光参数差异显著；柱上不同大写字母表示不同光照处理相同时间下各荧光参数在 0.05 水平上差异显著

图2 不同光照处理下茶树叶片叶绿素荧光参数

表 2 不同光质处理 21 d 后对福鼎大白茶叶片 18 种游离氨基酸组分含量的影响

%

光质	鲜爽氨基酸含量				
	氨基丁酸	天门冬氨酸	谷氨酸	甘氨酸	茶氨酸
白光	0.002 0 ± 0.000 4c	0.173 0 ± 0.021 4c	0.318 5 ± 0.040 6b	0.006 9 ± 0.001 5ab	0.425 6 ± 0.017 6c
红光	0.004 5 ± 0.000 5a	0.128 7 ± 0.023 6d	0.247 0 ± 0.033 1c	0.008 1 ± 0.001 4a	0.291 2 ± 0.021 8d
蓝光	0.003 0 ± 0.000 8b	0.222 6 ± 0.031 8b	0.404 4 ± 0.045 9a	0.003 9 ± 0.001 1c	0.579 2 ± 0.044 1b
红蓝光	0.002 5 ± 0.000 5bc	0.335 4 ± 0.030 9a	0.418 6 ± 0.033 4a	0.005 4 ± 0.001 4bc	0.637 9 ± 0.024 9a

光质	甜鲜氨基酸含量			
	丙氨酸	蛋氨酸	丝氨酸	苏氨酸
白光	0.006 9 ± 0.001 0c	0.000 7 ± 0.000 1c	0.021 1 ± 0.002 4c	0.013 7 ± 0.004 6ab
红光	0.017 9 ± 0.004 3b	0.001 1 ± 0.000 3ab	0.037 7 ± 0.007 6b	0.019 9 ± 0.007 1ab
蓝光	0.009 5 ± 0.001 6c	0.001 1 ± 0.000 3bc	0.029 1 ± 0.010 8bc	0.012 0 ± 0.003 6b
红蓝光	0.023 5 ± 0.003 2a	0.001 5 ± 0.000 3a	0.075 2 ± 0.006 1a	0.021 2 ± 0.007 1a

光质	苦氨基酸含量				
	苯丙氨酸	异亮氨酸	缬氨酸	亮氨酸	酪氨酸
白光	0.002 0 ± 0.000 6c	0.002 7 ± 0.000 6b	0.002 8 ± 0.000 7b	0.003 8 ± 0.000 8b	0.001 8 ± 0.000 5b
红光	0.004 5 ± 0.000 4a	0.002 3 ± 0.000 6b	0.002 7 ± 0.000 6bc	0.002 2 ± 0.000 3c	0.003 1 ± 0.000 6a
蓝光	0.003 0 ± 0.000 7b	0.002 1 ± 0.000 5b	0.001 8 ± 0.000 6c	0.002 9 ± 0.000 7bc	0.001 8 ± 0.000 5b
红蓝光	0.002 5 ± 0.000 5bc	0.012 5 ± 0.002 5a	0.005 5 ± 0.000 7a	0.009 7 ± 0.001 5a	0.002 1 ± 0.000 6b

光质	甜略苦氨基酸含量				
	脯氨酸	赖氨酸	精氨酸	组氨酸	游离氨基酸总量
白光	0.001 4 ± 0.000 4a	0.003 0 ± 0.000 8c	0.016 0 ± 0.004 9c	0.003 1 ± 0.000 4b	1.357 5 ± 0.212 9b
红光	0.001 4 ± 0.000 5a	0.004 3 ± 0.000 6b	0.041 5 ± 0.003 6a	0.003 6 ± 0.000 5b	1.405 0 ± 0.060 2b
蓝光	0.001 3 ± 0.000 2a	0.002 2 ± 0.000 6c	0.021 1 ± 0.004 6c	0.003 9 ± 0.000 7b	1.702 5 ± 0.058 0a
红蓝光	0.001 3 ± 0.000 4a	0.008 9 ± 0.000 7a	0.029 3 ± 0.005 4b	0.013 4 ± 0.001 2a	1.770 0 ± 0.104 2a

注:同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。

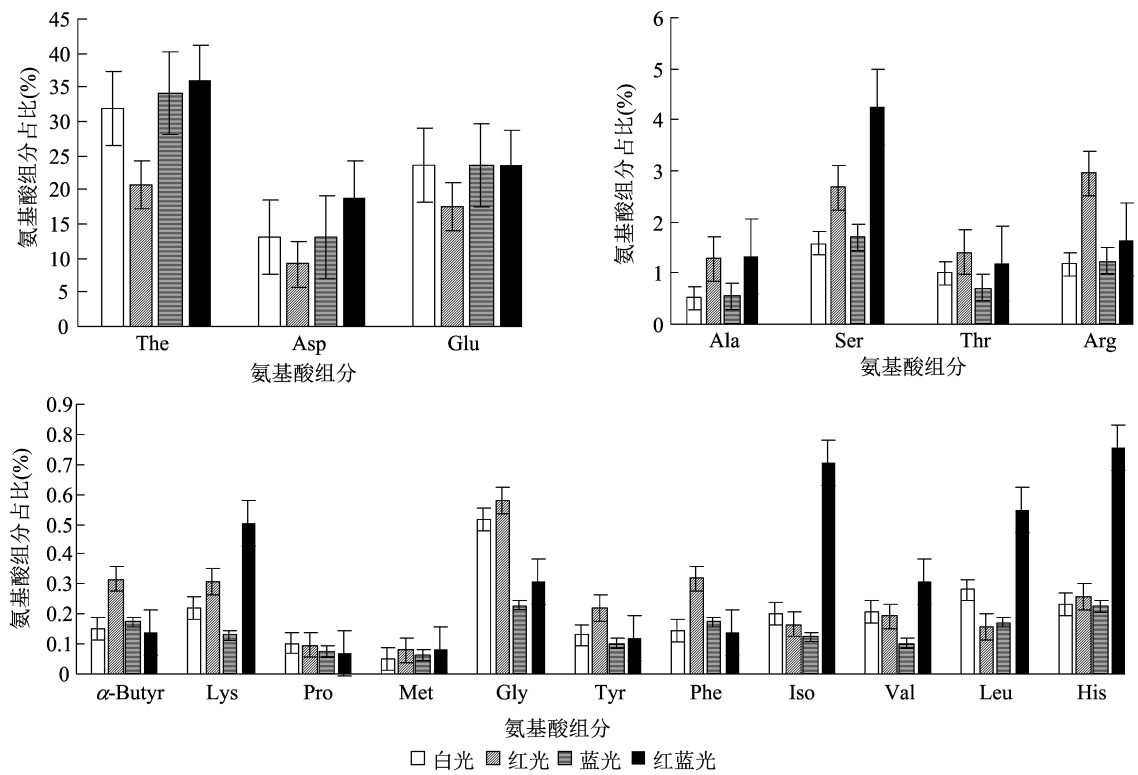


图3 各氨基酸占游离氨基酸总量百分比

冬氨基酸、Glu 和 The 这 3 种主要氨基酸的含量。

2.4 茶树氨基酸含量与叶绿素荧光参数的相关性分析

表 3 表明, Ala、Lys、Ser、His 含量与 Y(II) 呈显

表 3 氨基酸含量与叶绿素荧光参数的相关性

氨基酸含量	Y II	α	$rETR_{max}$	I_k
天冬氨酸	-0.307	-0.108	0.307	0.524 *
谷氨酸	0.094	0.204	0.547 *	0.596 *
氨基丁酸	0.084	0.056	0.183	0.144
丙氨酸	-0.770 **	-0.236	-0.123	0.095
茶氨酸	-0.140	0.165	0.390	0.380
赖氨酸	-0.576 *	-0.465	-0.048	0.387
脯氨酸	0.496	-0.285	0.424	0.687 **
蛋氨酸	-0.189	-0.189	0.488	0.700 **
丝氨酸	-0.509 *	-0.333	0.131	0.484
苏氨酸	0.016	-0.401	0.141	0.570 *
甘氨酸	-0.237	-0.268	-0.486	-0.333
酪氨酸	0.051	-0.274	0.125	0.314
苯丙氨酸	0.034	0.048	0.188	0.131
异亮氨酸	-0.481	-0.365	0.078	0.460
缬氨酸	-0.422	-0.545 *	0.021	0.509 *
亮氨酸	-0.409	-0.371	0.138	0.519 *
精氨酸	-0.276	-0.178	-0.010	0.130
组氨酸	-0.549 *	-0.33	0.110	0.445

注: *、** 分别表示在 0.05、0.01 水平上显著相关。

著或极显著负相关, Val 含量与 α 呈显著负相关, Glu 与 $rETR_{max}$ 呈显著正相关, Asp、Glu、Pro、Met、Thr、Val、Leu 含量与 I_k 呈显著或极显著正相关。叶绿素荧光参数可利用便携式仪器原位、快速测定, 根据氨基酸含量与叶绿素荧光参数的相关性可间接判断氨基酸含量的高低, 对茶树高氨基酸育种具有重要的参考价值。

3 讨论与结论

绿色植物含多种光受体, 如光敏色素、隐花色素、向光素等^[19-20]。不同的光受体对不同色光的敏感不同, 如光敏色素对红光敏感, 隐花色素对蓝光敏感^[21]。因此不同色光对植物生长发育的影响不同。蓝光对脱黄化、开花、昼夜节律、基因表达、向光性、叶绿体运动和气孔运动等都有一定的调节作用^[22-24], 并且, 蓝光能增加茶树氨基酸总量^[25]。本研究中, 蓝光和红蓝混合光处理均增加了氨基酸总量, 且红蓝混合光效果更好。并且, 蓝光和红蓝混合光主要是通过增加天冬氨酸、谷氨酸和茶氨酸等主要氨基酸的含量而增加氨基酸总量, 而对部分苦味氨基酸含量无影响或有降低的作用。所以在茶树栽培过程中, 适当增加蓝光的比例, 有助于提高茶叶的品质。

红光通过抑制植物节间伸长而抑制植物茎的生长^[26],因此,红光处理有利于控制茶树的株高。红光处理对植物内含物也有较大影响,处理叶片的混合光中升高红光的比例可降低叶片总氮含量,包括叶绿素和蛋白质含量,增加包括还原性糖含量的总碳含量^[27]。因此,提高红光的比例,可改善茶叶的茶汤口感,且在施氮水平较高的条件下,还可调节碳氮代谢平衡^[28]。水稻试验表明,红光处理 5 d 的幼苗各种氨基酸含量都远远低于蓝光和白光处理的幼苗^[29]。在本研究中,红光处理下,氨基酸总量比蓝光和红蓝光混合光处理的低,与其他植物的研究结果较一致,而本研究中氨基酸总量降低的原因主要是天冬氨酸、谷氨酸和茶氨酸的含量显著降低造成的。

光质对茶树生理的影响主要通过调控光合作用来实现,叶绿素荧光参数则是茶树光合作用过程变化的反映^[30]。叶绿素荧光参数中 $Y(II)$ 反映叶片吸收的光能中用于光合电子传递的能量占比高低,高 $Y(II)$ 往往代表着高光合效率,包括高效的光子吸收和电子传递^[31],用于暗反应中碳同化的能量,PS II 功能降低, $Y(II)$ 也随之下降。 Ala 、 Lys 、 Ser 和 His 与 $Y(II)$ 呈显著或极显著负相关。试验中蓝光照射 2 周后 $Y(II)$ 有上升的趋势,红光照射使 $Y(II)$ 下降,所以红光处理 Ala 和 Lys 含量升高和蓝光处理这 2 种氨基酸含量降低的原因可能是外源光质影响 $Y(II)$ 的结果。

I_k 是反映植物对光强度耐受程度的参数,本试验中红光处理降低了茶树对强光耐受的能力。相关分析显示,天冬氨酸、谷氨酸含量与 I_k 呈显著正相关。研究表明,红光可能通过降低 I_k 而影响了天冬氨酸和谷氨酸的积累,蓝光和红蓝混合光则相反。 $rETR_{max}$ 反映植物捕光能力,是叶片光合作用最大能力的表现^[32]。在红光处理下 $rETR_{max}$ 明显降低,与氨基酸含量的相关性研究显示, $rETR_{max}$ 与 Glu 含量呈显著正相关,可推测,红光通过降低 $rETR_{max}$ 而降低 Glu 的含量。 α 反映光能利用效率,蓝光处理下 α 值明显高于其他光照处理,而 Val 含量与 α 呈显著负相关,可见,蓝光可能通过使 α 升高而降低 Val 含量。

参考文献:

- [1] 范培珍,薄晓培,王梦馨,等. 4 个等级内山六安瓜片茶叶氨基酸的组成及差异[J]. 安徽农业大学学报,2017,44(1):14-21.
- [2] 张丹丹,叶小辉,赵峰,等. 基于游离氨基酸组分的白茶滋味品质研究[J]. 福建农业学报,2016,31(5):515-520.
- [3] 李成舰,罗乐,黄春花. L -茶氨酸的神经保护作用研究进展[J]. 湖南中医杂志,2019,35(12):147-151.
- [4] 张成,耿照玉,赵晓惠. L -茶氨酸的生物学功能及其在畜禽生产中的应用[J]. 南京农业大学学报,2019,42(4):605-611.
- [5] 范喜瑞. L -茶氨酸通过下调 MMP9 和 Snail 抑制前列腺癌转移[D]. 南京:南京师范大学,2020.
- [6] 李玉锋,袁源,张庆,等. 茶氨酸对酒精诱导人肝 HL7702 细胞损伤的保护作用及机理[J]. 西华大学学报(自然科学版),2020,39(6):87-93.
- [7] 方开星,姜晓辉,秦丹丹,等. 高氨基酸和高茶氨酸茶树资源筛选[J]. 核农学报,2019,33(9):1724-1733.
- [8] 许启德,彭树德,唐曙. 提高茶叶氨基酸含量栽培措施初探[J]. 南方农业,2017,11(23):13-14.
- [9] 刘青如. 遮阴与施肥对夏秋绿茶品质的影响研究[D]. 长沙:湖南农业大学,2011.
- [10] 王加真,张昕昱,金星,等. 红蓝光源茶园夜间补光对春茶产量、品质的影响[J]. 福建农业学报,2019,34(1):46-52.
- [11] 李焰焰,聂传朋,杨春苗,等. 4 种藤本植物的叶结构及叶绿素荧光特征比较[J]. 分子植物育种,2022,20(10):3414-3420.
- [12] 仲磊,张焕朝,范俊俊,等. 夏季淹水胁迫对北美枫香苗木叶色及光合荧光特性的影响[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2021,45(2):69-76.
- [13] 岑海燕,姚洁妮,翁海勇,等. 叶绿素荧光技术在植物表型分析的研究进展[J]. 光谱学与光谱分析,2018,38(12):3773-3779.
- [14] 张强,杨平,张边江. 叶绿素荧光技术在彩叶植物引种评价中的应用[J]. 分子植物育种,2017,15(3):1114-1120.
- [15] 梁英,孙明辉,田传远,等. 氮磷源对筒柱藻叶绿素荧光特性和生长的影响[J]. 水产科学,2014,33(5):269-276.
- [16] 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.
- [17] Baker N R. Chlorophyll fluorescence: a probe of photosynthesis *in vivo*[J]. Annual Review of Plant Biology,2008,59(1):89-113.
- [18] Ralph P J, Gademann R. Rapid light curves: a powerful tool to assess photosynthetic activity[J]. Aquatic Botany,2005,82(3):222-237.
- [19] 杨忠武,刘翼,金卓君,等. 光质对番茄营养与风味品质的影响[J]. 中国农学通报,2020,36(34):134-141.
- [20] 陈思彤. 红蓝光对茶树生长及其代谢产物的影响[D]. 福州:福建农林大学,2020.
- [21] 孙小玲,许岳飞,马鲁沂,等. 植株叶片的光合色素构成对遮阴的响应[J]. 植物生态学报,2010,34(8):989-999.
- [22] 王君. 红蓝光下不同光强和光质对比对生菜光合能力影响机理[D]. 北京:中国农业科学院,2016.
- [23] 曹凯. 红光与远红光对番茄生长发育的影响及开花相关基因功能研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2016.
- [24] 景艺峰,赵淑靓,刘青青,等. 蓝光受体 ZTLs 家族调控植物光周期途径研究进展[J]. 核农学报,2018,32(7):1349-1357.

张爱慧,崔群香,杨梦娴,等. 聚乙二醇-6000 胁迫对茄子幼苗生长及酶活性的影响[J]. 江苏农业科学,2022,50(17):138-142.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.17.022

聚乙二醇-6000 胁迫对茄子幼苗生长及酶活性的影响

张爱慧,崔群香,杨梦娴,朱士农

(金陵科技学院园艺园林学院,江苏南京 210038)

摘要:为研究不同浓度聚乙二醇-6000 胁迫对茄子幼苗生长及保护酶活性的影响,以苏崎 1 号茄子为材料,分别用 5%、10%、15% 聚乙二醇-6000 对茄子幼苗进行处理,测定茄子幼苗干质量、鲜质量、叶绿素含量、净光合速率及酶活性等的变化。结果表明,聚乙二醇-6000 胁迫对茄子幼苗生长有一定的影响。随着干旱胁迫处理浓度的升高,茄子幼苗的干质量、鲜质量变化明显,叶绿素含量逐渐降低,而净光合速率呈现先升高后降低的趋势,在 5% 聚乙二醇-6000 处理下达到最大值,15% 聚乙二醇-6000 处理下净光合速率显著降低;而随着胁迫时间的延长和聚乙二醇-6000 处理浓度的升高,过氧化氢酶(CAT)、超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)活性呈现逐渐升高的趋势,处理 3 d 时抗坏血酸过氧化物酶(APX)活性随聚乙二醇-6000 浓度升高而升高,说明干旱胁迫提高了茄子幼苗的保护酶活性,缓解了干旱胁迫对幼苗的伤害。

关键词:茄子;干旱胁迫;聚乙二醇-6000(PEG-6000);超氧化物歧化酶(SOD);过氧化物酶(POD)

中图分类号:S641.101 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2022)17-0138-05

随着全球气候的变化,局部干旱已经成为影响农业生产的最大威胁之一。我国约有 50% 的耕地处于干旱或半干旱地区,干旱胁迫不仅影响植物的生长发育,而且对作物产量和品质都构成了严重威胁^[1]。蔬菜作物是喜水肥的经济作物,提高蔬菜作物的耐旱性或降低其对干旱胁迫的敏感性是增加蔬菜作物产量的有效途径。已有研究发现,一定时间或强度的干旱胁迫能够严重抑制植物地上部及根系的正常生长,影响植物的光合作用,使植物叶片萎蔫、黄化甚至导致植物叶片中的叶绿素发生降解,光合能力迅速减弱,进而造成植物的干物质积

累量下降^[2]。干旱胁迫还导致植物细胞内活性氧积累,加剧细胞的膜脂过氧化程度,导致植物的抗旱能力减弱^[3]。

为了更好地研究干旱对作物的影响,研究者常以聚乙二醇-6000(PEG-6000)作为模拟干旱的理想水势调节剂来研究植物的抗旱性能和机制^[2-4]。近年来,研究者采用 PEG-6000 模拟干旱胁迫,对不同作物的耐旱性能进行了大量研究,其中尤以幼苗期的抗旱性研究较多^[1-5],但 PEG-6000 对植物生长发育的影响是一个复杂的问题,需要进一步研究干旱胁迫模式下植物的耐旱反应及其生理机制。

茄子(*Solanum melongena* L.)属于茄科茄属植物,是我国南北方栽培面积较大的蔬菜之一。茄子生长旺盛、叶面积较大,在茄子生长期需水量较多,一般认为土壤田间持水量达 80% 比较适宜其生长^[6],茄子生长期间的耐旱力弱,在干旱条件下植

收稿日期:2021-09-05

基金项目:江苏省农业科技自主创新资金[编号:CX(21)3028];江苏省大学生创新创业训练计划(编号:202013573059Y)。

作者简介:张爱慧(1970—),女,山东巨野人,硕士,副教授,主要从事设施蔬菜栽培和生理研究。E-mail:zah@jit.edu.cn。

[25] 郝亚利. 基于代谢谱分析的不同光质处理对茶鲜叶品质形成的影响研究[D]. 合肥:安徽农业大学,2010.

[26] Possart A, Fleck C, Hiltbrunner A. Shedding (far-red) light on phytochrome mechanisms and responses in land plants[J]. Plant Science, 2014, 217/218: 36-46.

[27] 张欢. 光环境调控对植物生长发育的影响[D]. 南京:南京农业大学,2010.

[28] 史宏志,韩锦峰,远彤,等. 红光和蓝光对烟叶生长、碳氮代谢和品质的影响[J]. 作物学报,1999,25(2):215-220.

[29] 邓江明,蔡群英,潘瑞灿. 光质对水稻幼苗蛋白质、氨基酸含量的影响[J]. 植物学通报,2000,35(5):419-423.

[30] 唐敏,翟秀明,李解,等. 不同物候期茶树品种(系)叶绿素荧光特性研究[J]. 南方农业,2020,14(28):9-12.

[31] 蔡倩,白一光. 果粮间作对仁用杏生长及叶绿素荧光参数的影响[J]. 农业科技与装备,2020(6):1-4.

[32] 徐金涛,庞敏,马新,等. CO₂ 加富对塔玛亚历山大藻叶绿素荧光参数及产毒的影响[J]. 海洋与湖沼,2016,47(3):557-563.