

文章编号:1001-7380(2020)03-0022-04

不同 LED 光质对构树组织培养苗 生物量和营养物质含量的影响

黄 婧,周 鹏,隋德宗,张 敏*

(江苏省林业科学研究院,江苏 南京 211153)

摘要:采用6种LED光源进行培养,以荧光灯为对照,研究不同光质对构树组织培养苗鲜质量、干质量和蛋白质、全磷、全钾含量的影响。探究不同LED光质对构树组织培养苗生长量和营养物质含量的影响,为构树组织培养光环境的改善提供理论依据。结果表明:与荧光灯相比,LED光质处理能显著提高幼苗的干物率($P<0.05$),蓝光和绿光处理下幼苗干物率最高,荧光灯、紫光、红光处理下幼苗干物率较低,含水量较高;LED光质培养下幼苗的蛋白质、全磷和全钾的含量均显著高于荧光灯($P<0.05$),通过模糊隶属函数法分析,紫光和绿光处理下幼苗营养物质含量综合排名最高。

关键词:构树;LED;光质;生物量;蛋白质

中图分类号:Q945.43;Q946.1;S792.189

文献标志码:A

doi:10.3969/j.issn.1001-7380.2020.03.005

Effect of different LED lights on the biomass accumulation and nutriment content of *Broussonetia papyrifera* tissue culture

Huang Jing, Zhou Peng, Sui Dezong, Zhang Min*

(Jiangsu Academy of Forestry, Nanjing 211153, China)

Abstract: To explore the effect of LED light on the growth of *Broussonetia papyrifera* tissue culture, compared with fluorescent lamps, the fresh weight, dry weight and proteins, total phosphorus and total potassium content of tissue cultured plantlets were studied under different LED lights. The results showed that the appropriate LED light was better than fluorescent lamps in the dry matter rate of tissue cultured plantlets, that was, blue light and green light were the best, but the dry matter accumulation of plants was lower and water content was higher under fluorescent lamps, purple light and red light. The content of proteins, total phosphorus and total potassium of plants under all LED lights were significantly higher than that under fluorescent light ($P<0.05$). Through the analysis of fuzzy subordinate function value, the nutrient content of plants under purple light and green light were the highest.

Key words: *Broussonetia papyrifera*; LED; Light quality; Biomass; Protein

木本饲料在饲用植物资源中占有十分重要的地位,是解决我国饲料短缺问题的重要途径^[1]。构树 [*Broussonetia papyrifera* (L.) vent] 为桑科 (Moraceae) 构树属落叶乔木,构树作为新型的饲料植物,其蛋白质含量高,钙、钾、铁等元素含量丰富,在木本饲料产业开发中占有重要的一席之地^[2]。

在农村有用构树叶喂猪的习惯,研究表明构树叶应用在鹿、牛、羊等反刍动物的饲料中有非常良好的饲养效果^[3]。随着市场对构树需求量的增加,组织培养已成为快速获取构树优质种苗的主要途径。目前,构树组织培养快速繁殖技术研究多集中于外植体选择、基本培养基选择、植物生

收稿日期:2020-04-03;修回日期:2020-04-25

基金项目:江苏省林业科技创新与推广项目“耐盐饲用构树规模化繁育及高效栽培技术集成示范”(LYKJ[2018]04)

作者简介:黄 婧(1987-),女,江苏镇江人,助理研究员,博士。主要从事林木遗传技术研究。

* 通信作者:张 敏(1980-),女,内蒙古乌海人,研究员,博士。主要从事生物技术与林木花卉良种繁育工作。

长调节剂使用等方面^[4-6],通常以白色荧光灯作为培养光源。

光质是植物组织培养中光环境的重要因子,能够显著影响植物的组织生长和生理生化特性^[7]。新型光源发光二极管(Light-emitting diodes,LED)波谱宽度较窄,能够获取较纯正的单色光,能够满足不同植物生长所需的光谱^[8]。研究显示适宜的LED光质对植物的生长发育、形态建成和光合色素合成具有良好的促进作用^[9],LED可以作为光源应用于植物组织培养。目前LED已成功应用于多种木本植物组织培养系统,如蓝莓(*Vaccinium corymbosum*)^[10]、冬青(*Ilex chinensis* Sims)^[11]和乌饭树(*Vaccinium bracteatum* Thunb.)^[9]等。因此,积极研究适合的LED光源用于构树组织培养生产,具有重要的现实意义。

本研究采用6种LED光质作为光源,探讨不同光质对构树组织培养苗生长量和营养物质积累的影响,旨在了解构树组织生长、蛋白质、全磷、全钾物质积累对光质的需求,为通过光环境调控提高构树组织培养产量和营养品质提供依据。

1 材料与方法

1.1 植物材料与培养

以培养30 d的构树无菌苗为试验材料,材料均由江苏省林业科学研究院提供。

1.2 不同色光光源参数与处理方法

将无菌苗切割成单芽茎段长约2 cm,接种到新的培养基,置于不同光源区培养。设置6种色光光源区和1个荧光灯对照区(见表1),控制光量40 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,光照时间12 h/d,温度 $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$,每个处理接种10瓶,每瓶接种苗5株,设置3次生物学重复。

表1 LED光质的主要技术参数

处理	光质	峰值波长/ nm	波长半宽/ nm	光量 [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]
R	红	660	20	40
Y	黄	590	20	40
G	绿	525	20	40
B	蓝	470	20	40
W	白	460	—	40
P	紫	390	20	40
FL	荧光灯对照	300—700	—	—

1.3 指标测定与数据处理

1.3.1 生长量测定 组织培养30 d后,每个处理随机选取长势一致幼苗10株,冲洗干净并擦干后,分别称其鲜质量,于105 $^\circ\text{C}$ 烘箱中杀毒15 min后,75 $^\circ\text{C}$ 烘干至恒重,取出称其干质量。每个处理重复3次,求平均值。

1.3.2 营养物质含量测定 蛋白质含量的测定采用凯氏定氮法,全磷的测定采用钒钼黄吸光光度法,全钾的测定采用火焰原子吸收分光光度法,具体操作步骤参照中华人民共和国农业行业标准NY/TT 2017-2011植物中氮、磷、钾的测定^[12]。

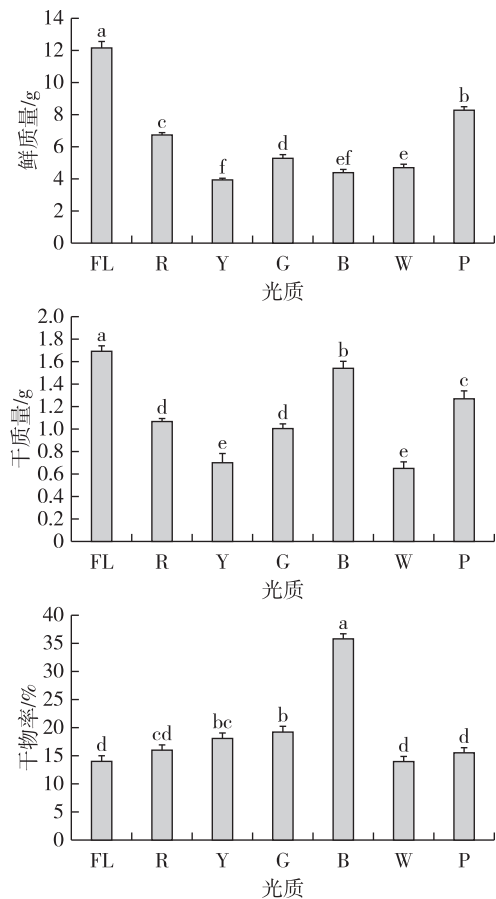
1.3.3 数据统计与分析 所得数据采用Excel进行统计处理和作图,SPSS 16.0进行差异显著性检验($P < 0.05$)。以蛋白质、全磷、全钾含量为指标,采用模糊数学隶属函数法^[13]对不同光质培养的构树叶片的营养品质进行综合比较,各光质处理下的每个营养指标的隶属函数值按公式 $Z_{ij} = (X_{ij} - X_{i\min}) / (X_{i\max} - X_{i\min})$ 计算,并由此得出平均隶属函数值。其中, Z_{ij} 代表*i*光质处理下的*j*指标的隶属函数值; X_{ij} 代表*i*光质*j*指标的测定值; $X_{i\min}$ 和 $X_{i\max}$ 分别代表各光质下营养物质指标值的最大值和最小值。

2 结果与分析

2.1 光质对构树组织培养苗生长量的影响

培养30 d后,7种光照处理下构树组织培养苗的生物量情况见图1,不同光质处理对幼苗鲜质量、干质量和干物率均有显著影响($P < 0.05$)。鲜质量大小顺序是FL>P>R>G>W>B>Y,干质量大小顺序是FL>B>P>R>G>Y>W,干物率大小顺序是B>G>Y>R>P>W>FL。

从图1可以看出,荧光灯处理时鲜质量和干质量均显著大于6种LED光质处理($P < 0.05$),干物率却显著低于LED光质处理($P < 0.05$),仅为13.88%。LED光源处理下,蓝光下幼苗鲜质量较小,干物率最高($P < 0.05$),为35.67%,是荧光灯处理的2.57倍;紫光处理时幼苗鲜质量最大($P < 0.05$),为8.24 g,干物率较低为15.39%;红光处理时鲜质量较大为6.69 g,干物率较低为15.87%;绿光处理下鲜质量和干物率居中等水平;白光处理下鲜质量较小,干质量最小,干物率最低($P < 0.05$),为13.96%;黄光处理鲜质量、干质量都接近最小值,干物率中等为18.02%。由此可见,荧光灯、紫光、红光



注:不同小写字母分别代表 5% ($P<0.05$) 水平差异显著。
图 1 不同光质对构树生长量的影响

表 2 不同光质对构树组培苗营养物质含量的影响

处理	蛋白质 (mg/g DW)	全磷 (g/kg DW)	全钾 (g/kg DW)	隶属函数平均值	排名
FL	157.63±3.45 f	1.52±0.08 f	52.62±0.94 f	0	7
R	183.54±1.49 e	2.08±0.05 e	58.22±1.56 e	0.17	6
Y	304.85±0.615 a	3.80±0.10 a	84.69±2.51 c	0.81	3
B	235.56±4.67 c	2.34±0.04 d	64.28±3.70 d	0.35	4
G	260.07±4.45 b	3.32±0.06 c	127.82±2.38 a	0.83	2
W	209.61±1.16 d	2.07±0.05 e	59.85±1.72 de	0.23	5
P	301.90±0.87 a	3.50±0.06 bc	120.27±2.17 b	0.915995	1

注:同列数指后不同小写字母代表 $P<0.05$ 水平上存在显著性差异。

3 结论与讨论

光对植物生长与形态建成通过光合作用与光周期(包括不同光质)产生影响^[14],而本文研究的是光质对构树组织培养苗诸多指标的影响。构树作为木本饲料,一般是通过收割其嫩枝及树叶后通过发酵制成青贮饲料,因此构树的生长速度和营养成分对其生产应用具有重要意义。光质是调控组织培养植物生长发育的重要环境因子,对植物的生

处理下,幼苗含水量较高;蓝光、绿光处理时,幼苗含水量较低。
2.2 光质对构树组织培养苗主要营养物质含量的影响
不同单色光处理下,构树组织培养苗叶片中营养成分含量情况见表 2。6 种 LED 光质培养下幼苗的蛋白质、全磷和全钾的含量均显著高于荧光灯 ($P<0.05$)。蛋白质含量的顺序为 $Y>P>G>B>W>R>FL$,全磷和全钾的含量从多到少顺序分别为 $Y>P>G>B>R>W>FL$ 和 $G>P>Y>B>W>R>FL$ 。黄光、紫光 and 绿光处理下,蛋白质含量最高 ($P<0.05$),蛋白质含量大于 260 mg/g DW,磷和钾的含量也最多 ($P<0.05$);蓝光处理下幼苗蛋白质、磷和钾含量中等;荧光灯、红光和白光处理下蛋白质、磷和钾的含量最低 ($P<0.05$)。
将构树幼苗营养物质含量的隶属函数值进行计算并取平均值,均值越高代表幼苗综合营养含量越高,并对不同光质处理的隶属函数值进行排序,结果显示:各种光质处理下幼苗营养物质含量的排序为 $P>G>Y>B>W>R>FL$,蓝光和绿光处理时,幼苗营养物质含量最多,黄光和蓝光次之,白光、红光和荧光灯处理时,营养物质含量最少。

物量和营养物质积累有显著影响^[15],目前对光质影响构树生长的研究较缺乏。本研究显示,相比于传统荧光灯源培养,LED 光源培养显著增加了构树组织培养苗的干物率 ($P<0.05$),同时,显著增加了幼苗蛋白质、全磷、全钾的含量积累 ($P<0.05$)。说明荧光灯处理下幼苗鲜嫩,含水量较多,合成的有机物质少;而 LED 光质处理下,幼苗的营养物质吸收、合成、运输的效率显著高于荧光灯处理,此结果与前人在豌豆芽苗菜^[16]、生菜^[17]植物中的研究结果

类似。

前人的研究结果显示,不同光质处理对植物产量和品质有不同的效果。红光处理下番茄和生菜的产量显著提高^[18-19],蓝光处理下黄瓜和莴苣的产量显著提高^[20-21];蓝光处理可提高樱桃番茄和苜蓿芽苗菜的营养品质^[22-23]。本研究中蓝光和绿光显著增加了构树组织培养苗干物质的积累($P<0.05$);通过隶属函数法进行分析得到,紫光和绿光处理下构树幼苗的蛋白质、全磷、全钾营养物质综合排序最前。因此,在今后的构树组织培养光环境改善中,可以考虑绿光、蓝光和紫光的应用。

综上,本研究采用 LED 光源研究不同光质对构树组织培养苗生物量和营养物质含量积累的影响,结果显示,相比传统荧光灯光源,LED 光质可以显著提高构树幼苗干物质的积累和氮、磷、钾营养成分的含量,有效提升了构树组织培养苗的营养品质,为今后合理应用光质提高饲用型构树幼苗品质提供一定的参考依据。

参考文献:

- [1] 苏立城,周 玮,陈晓阳,等.木本饲料资源开发利用的现状与展望[J].饲料研究,2020,43(4):107-110.
- [2] 黄咏明,田 瑞,卢素芳,等.构树化学成分及饲用价值研究进展[J].湖北林业科技,2019,48(2):36-40.
- [3] 王 丽.构树的饲用价值及在反刍动物上的应用研究进展[J].中国奶牛,2019(12):25-28.
- [4] 魏会琴,刘忠华,马 岚,等.杂交构树叶片愈伤诱导及植株再生[J].北京林业大学学报,2010,32(5):116-120.
- [5] 刘 芸,郭龙妹,任森辉,等.杂交构树组培快繁体系的建立[J].山西农业科学,2016,44(8):1073-1076.
- [6] 周 鹏,吴晓清,黄 婧,等.构树胚性愈伤组织及体胚诱导研究[J].江苏林业科技,2019,46(6):27-30.
- [7] VIEIRA L D N, DE FREITAS F H P, DOS ANJOS K G, et al. Light-emitting diodes (LED) increase the stomata formation and chlorophyll content in *Musa acuminata* (AAA) 'Nanicao Corupa' in vitro plantlets[J]. Theoretical and Experimental Plant Physiology, 2015,27(2):91-98.
- [8] WANG J, LU W, TONG Y, et al. Leaf morphology, photosynthetic performance, chlorophyll fluorescence, stomatal development of lettuce (*Lactuca sativa* L.) exposed to different ratios of red light to blue light[J]. Frontiers in Plant Science, 2016,7(250):250.
- [9] 周 鹏,张 敏,吴双竹,等.LED 光质对乌饭树组培苗茎段增殖和生根的影响[J].植物研究,2018,38(5):697-703.
- [10] CAO D H, HONG C H, KIM S K, et al. LED light for in vitro and ex vitro efficient growth of economically important highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) [J]. Acta Physiologiae Plantarum, 2016, 38(6):1-9.
- [11] 刘文芳.光环境调控对冬青组织培养的影响[D].南京:南京农业大学,2012.
- [12] NY/TT 2017-2011.植物中氮、磷、钾的测定[S].北京:中华人民共和国农业部,2011.
- [13] 李继淑,杨 瑞,睦晓蕾,等.不同基因型萝卜品质指标的评价分析[J].华北农学报,2008,23(S1):77-80.
- [14] 胡晓龙,田绍泽,胡惠蓉,“晨光”大花金鸡菊芽分化及光周期特性研究[J].南京林业大学学报(自然科学版),2019,43(4):43-47.
- [15] 谷艾素,张 欢,崔 瑾.光调控在植物组织培养中的应用研究进展[J].西北植物学报,2011(11):201-206.
- [16] 耿灵灵,陈华涛,李群三,等.LED 红蓝复合光对豌豆芽苗菜产量和营养品质的影响[J].福建农业学报,2017,32(10):1091-1095.
- [17] 樊小雪,宋 波,徐 海,等.不同 LED 光源对生菜生长和品质的影响[J].湖北民族学院学报(自然科学版),2015,33(3):330-333.
- [18] 孙 娜,魏 珉.光质对番茄幼苗碳氮代谢及相关酶活性的影响[J].园艺学报,2016,43(1):80-88.
- [19] 张珂嘉,邹志荣,杨俊伟,等.不同比例红蓝光对奶油生菜生长、光合特性及品质的影响[J].蔬菜,2018(2):7-12.
- [20] 倪纪恒,陈学好,陈春宏,等.补充不同光质对温室黄瓜生长发育、光合和前期产量的影响[J].中国农业科学,2009,42(7):2615-2623.
- [21] 石圆圆.不同 LED 光质对莴苣生理性状及营养品质的影响[D].郑州:河南农业大学,2018.
- [22] 郑冬梅,林志斌,陈艺群,等.不同光质对樱桃番茄产量及品质的影响[J].山西农业大学学报(自然科学版),2016,36(8):567-571.
- [23] 唐 丽,鲁燕舞,崔 瑾.光质对苜蓿芽苗菜营养品质和抗氧化特性的影响[J].食品科学,2014,35(13):32-36.