

光质和光强对红树莓组培苗 叶绿素荧光参数的影响

郭芳^{1,2}, 王超³, 刘海鹏^{1,2}, 李保国^{1,2}, 张雪梅^{1,2}, 齐国辉^{1,2}

(1. 河北农业大学 林学院, 河北 保定 071000; 2. 河北省林木种质资源与森林保护重点实验室, 河北 保定 071000;
3. 北京双超大农业科技发展有限公司, 北京 100091)

摘要:为了确立红树莓组培苗生长的适宜光质和光强,以红树莓“海尔特兹”组培苗为试材,研究了不同光质和光强处理下红树莓生根组培苗的叶绿素含量及叶绿素荧光参数。结果表明:光质处理中,除 R/B(红光:蓝光=1:1)处理外,Chl a(叶绿素 a)、Chl b(叶绿素 b)和 Ct(叶绿素总含量)均随着 R/B 比率的增加呈现先增加后减小的趋势,Chl a 和 Ct 均在 2R/B(红光:蓝光=2:1)处理下呈现最大值,分别为 1.344、1.716 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$,Chl b 则在 R/2B(红光:蓝光=1:2)处理最高,为 0.423 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$,Chl a、Chl b 和 Ct 均以 10R/B(红光:蓝光=10:1)处理最低,分别为 0.130、0.033、0.163 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$,均显著低于其它光质;Chl a/b(叶绿素 a/b)在 10R/B、2R/B 和 R/B 处理下较高,分别为 3.942、3.709、3.653,呈现阳生植物的特性,而在 6R/B(红光:蓝光=6:1)、W(白光)、4R/B(红光:蓝光=4:1)等处理下较低,分别为 2.729、2.730、2.747,呈现阴生植物的特性;在 R/2B 处理下,红树莓组培苗叶片的叶绿素荧光参数值表现极优,Fv/Fm(PSII最大光化学效率)值达到 0.881,而 10R/B 处理下,Fv/Fm 值降低到 0.355,且显著低于其它光质处理;光强处理中,随着光强的增加,Chl a、Chl b 和 Ct 呈现递减的趋势,最大值由 1.218、0.503、1.720 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 分别降低到 0.907、0.302、1.209 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$,均形成显著差异,Chl a/b 则表现为随着光强的增加而增加,在 2 000 lx 处理达到最大值,为 3.042,且 3 种光强处理差异显著;叶片的 Fo(初始荧光)随着光强的增加而增加,在 2 000 lx 处理下达到最大值,为 180.000,Fm(最大荧光值)则在 1 500 lx 处理下达到最大值,为 907.000,而叶片的 Fv/Fm、Fv/Fo(PSII的潜在活性)、ΦPSII(PSII实际光化学效率)、Rfd(可变荧光下降比值)则均随着光强的增加呈现递减的趋势,均在 1 000 lx 处理下呈现最大值,分别为 0.847、5.573、0.815、4.200。

关键词:光质;光强;红树莓;叶绿素荧光

中图分类号:S 663.203.6 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)11-0019-05

红树莓(*Rubus idaeus* L.)属蔷薇科(Rosaceae)悬钩子属(*Rubus* spp.)多年生落叶灌木,别名木莓、覆盆子、托盘、红马林等,果实为圆球形浆果,深红色,具有独特香味。营养价值和保健价值极高,其抗衰老物质超氧化

物歧化酶和抗癌物质鞣花酸含量高于现有的任何栽培及野生水果,且根、茎、叶也都具有很高的药用价值,被称为“生命之果”^[1]。红树莓不仅可以鲜食,还被开发运用于医药、化妆、保健、染料等多种领域,现已成为享誉国际的第三代新兴保健水果,开发前景十分广阔^[2]。

目前,全国各地掀起一股树莓种植热潮,但在良种苗木供应上出现了很多问题,比如繁殖手段落后、缺乏生产技术规程等,严重影响了良种苗木的大量推广。树莓在我国常规的繁殖方法是根蘖法,缺点一是繁殖系数低,苗木质量不一;二是易产生带菌苗木,严重的会造成大面积病毒危害^[3]。随着植物组织培养技术的日趋成

第一作者简介:郭芳(1990-),女,河北卢龙人,硕士研究生,研究方向为经济林栽培生理。E-mail:guofang901003@163.com.

责任作者:李保国(1958-),男,河北武邑人,博士,教授,博士生导师,现主要从事经济林栽培生理和山区开发技术研究及经济林栽培教学等工作。E-mail:lbq888@163.com.

基金项目:河北省“十二五”科技支撑资助项目(16226806D);国家现代农业科技成果惠民科技示范工程资助项目(Z141100002314009)。

收稿日期:2016-01-29

熟,现已成为苗木繁育的主要手段,近年来许多专家学者对红树莓组培快繁技术进行了研究,但大多数均集中于最佳培养基的筛选,对于组培微环境的研究相当欠缺。光作为最重要的环境因子之一,影响植物生长发育的全部过程,为了筛选以及高效利用有效光源,该试验以红树莓“海尔特兹”继代组培苗为试材,对不同光质LEDs光源以及不同光强下组培苗的叶绿素含量及叶绿素荧光参数进行了研究,以探讨红树莓组培苗对光质和光强的生理响应,为开拓多样化红树莓组培人工光源提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为红树莓“海尔特兹”继代组培苗。

1.2 试验方法

1.2.1 红树莓组培苗的处理 试验于2015年10—12月在河北省南和县河北至高点农业科技有限公司组培中心进行。选择生长状况一致的“海尔特兹”继代组培苗,将其剪成高度为1 cm左右的茎段,接种在MS生根培养基 $1/2MS+6-BA\ 1.2\ mg\cdot L^{-1}+IBA\ 0.5\ mg\cdot L^{-1}+琼脂\ 5\ g\cdot L^{-1}+蔗糖\ 20\ g\cdot L^{-1}$ 中,高压灭菌前pH 5.8,培养瓶容积为240 mL,每瓶7株,均匀分布。培养室条件:培养温度 $(25\pm 2)^{\circ}C$,湿度 $(50\pm 5)\%$,光周期 $16\ h\cdot d^{-1}$ 。在此基础上配合下述处理。

1.2.2 光质对红树莓组培苗叶绿素含量及叶绿素荧光参数的影响 试验共设置9组LEDs光质处理,分别为白光、红:蓝=1:1、红:蓝=1:2、红:蓝=1:4、红:蓝=2:1、红:蓝=4:1、红:蓝=6:1、红:蓝=8:1、红:蓝=10:1,以白光为对照,以下分别用W、R/B、R/2B、R/4B、2R/B、4R/B、6R/B、8R/B、10R/B表示。所有材料接种后均在普通白色荧光灯下预光照培养7 d后再转入装有以上9种LEDs光源的培养室中,且每种光质之间用黑色塑料袋隔开。调节电流以及光源

与植株的距离,使光强保持一致($1\ 500\ lx$)。每处理3次重复。50 d后测定叶绿素含量及叶绿素荧光参数。

1.2.3 光强对红树莓组培苗叶绿素含量及叶绿素荧光参数的影响 试验共设置3种光强处理,分别为1 000、1 500、2 000 lx。所有材料接种后均在普通白色荧光灯下预光照培养7 d后,再分别置于3种不同光强的白色LED下。每处理3次重复。50 d后测定叶绿素含量及叶绿素荧光参数。

1.3 项目测定

叶绿素含量测定采用丙酮和乙醇混合提取法^[4]。叶绿素荧光参数测定采用英国Hansatech公司生产的FMS-2脉冲调制式荧光系统测定,包括初始荧光(F_0)、最大荧光(F_m)、PSII最大光化学效率(F_v/F_m)、稳定荧光(F_s)、PSII实际光化学效率($\Phi PSII$),通过测定指标计算PSII的潜在活性(F_v/F_0)、可变荧光下降比值(Rfd)。

1.4 数据分析

试验数据采用DPS软件、LSR法进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 光质对红树莓组培苗的影响

2.1.1 光质对红树莓组培苗叶绿素含量的影响 由表1可知,不同光质处理后,红树莓组培苗叶片的叶绿素含量有明显的变化。除R/B处理外,Chl a、Chl b和Ct均随着R/B比率的增加呈先增加后减小的趋势,Chl a和Ct在2R/B处理下达到最大值,分别为 1.344 、 $1.716\ mg\cdot g^{-1}$,Chl b则在R/2B处理最高,为 $0.423\ mg\cdot g^{-1}$ 。Chl a、Chl b和Ct均以10R/B处理最低,分别为 0.130 、 0.033 、 $0.163\ mg\cdot g^{-1}$,均显著低于其它光质。Chl a/b在10R/B、2R/B、R/B处理下较高,分别为 3.942 、 3.709 、 3.653 ,呈现阳生植物的特性,而在6R/B、W、4R/B等处理下较低,分别为 2.729 、 2.730 、 2.747 ,呈现阴生植物的特性。

表1 不同光质红树莓组培苗的叶绿素含量

Table 1 The chlorophyll content of red raspberry tissue culture plantlets under different light quality

光质	叶绿素 a	叶绿素 b	叶绿素总量	叶绿素 a/b
Light quality	Chl a/($mg\cdot g^{-1}$)	Chl b/($mg\cdot g^{-1}$)	Ct/($mg\cdot g^{-1}$)	Chl a/b
W	$1.105\pm 0.027b$	$0.410\pm 0.057a$	$1.515\pm 0.083a$	$2.730\pm 0.335c$
R/4B	$1.205\pm 0.266ab$	$0.366\pm 0.106abc$	$1.570\pm 0.370a$	$3.335\pm 0.245abc$
R/2B	$1.283\pm 0.057ab$	$0.423\pm 0.020a$	$1.705\pm 0.077a$	$3.030\pm 0.044bc$
R/B	$0.572\pm 0.081c$	$0.158\pm 0.034e$	$0.730\pm 0.114c$	$3.653\pm 0.253ab$
2R/B	$1.344\pm 0.036a$	$0.372\pm 0.067ab$	$1.716\pm 0.049a$	$3.709\pm 0.821ab$
4R/B	$0.756\pm 0.017c$	$0.287\pm 0.074bcd$	$1.043\pm 0.073b$	$2.747\pm 0.632c$
6R/B	$0.729\pm 0.175c$	$0.268\pm 0.035cd$	$0.997\pm 0.191bc$	$2.729\pm 0.582c$
8R/B	$0.656\pm 0.135c$	$0.225\pm 0.039de$	$0.881\pm 0.154bc$	$2.945\pm 0.570bc$
10R/B	$0.130\pm 0.016d$	$0.033\pm 0.005f$	$0.163\pm 0.020d$	$3.942\pm 0.095a$

2.1.2 光质对红树莓组培苗叶绿素荧光参数的影响

由表 2 可知,10R/B 处理 F_o 值最大,为 367.000,显著大于其它处理,R/2B 处理的 F_o 值最小,为 106.667,显著小于其它处理。初始荧光 F_o 值的大小顺序为 10R/B>8R/B>6R/B>4R/B>R/B>2R/B>R/4B>W>R/2B, F_o 值与 PSII 反应中心活性有关, F_o 值的增加可能是由于植物叶片 PSII 反应中心出现不可逆破坏或可逆失活造成,10R/B 处理可能是由于红光含量太大使得红树莓组培苗叶片的 PSII 反应中心受到破坏或发生可逆失活,造成 F_o 值极大,而 R/2B 处理则提高了 PSII 反应中心的活性,降低了红树莓组培苗的初始荧光。最大荧光 F_m 的大小顺序为 W>R/2B>R/4B>2R/B>R/B>4R/B>6R/B>8R/B>10R/B, W 处理 F_m 最大,为 907.000,10R/B 处理 F_m 最小,为 571.000, F_m 值表示 PSII 反应中心完全关闭时的荧光产量,反映了通过 PSII 的电子传递情况, F_m 值越大表明植物叶片的活性越强或受胁迫较轻,10R/B 处理中可能是由于红光含量太大,从而降低了红树莓组培苗叶片的活性或破坏了它的 PSII 反应中心,使得 F_m 值大大降低,而 W、R/2B、R/4B、2R/B 处理则可以提高红树莓组培苗的叶片活性,只是提高的程度不同而已。PSII 最大光化学效率 F_v/F_m 、PSII 的潜在活性 F_v/F_o 的大小顺序均为 R/2B>W>R/4B>2R/B>R/B>4R/B>6R/B>8R/B>10R/B, F_v/F_m 、 F_v/F_o 均以 R/2B 处理最大,分别为 0.881、7.455,10R/B 处理最

小,分别为 0.355、0.560,均显著小于其它处理; F_v/F_m 是 PSII 最大光能转换效率,反映 PSII 反应中心利用所捕获激发能的情况,是衡量光抑制程度的重要指标,若 F_v/F_m 值大幅降低,则表明植物受到光抑制,PSII 反应中心受到了不可逆破坏或可逆失活,10R/B、8R/B、6R/B、4R/B 处理红树莓组培苗叶片的 F_v/F_m 均不同程度的大幅降低,表明在此光质下红树莓组培苗受到了光抑制,从而大幅降低了叶片活性中心的活性,使得 F_v/F_m 值大幅降低; F_v/F_o 反映 PSII 潜在活性,10R/B、8R/B、6R/B、4R/B 处理显著降低了 PSII 潜在活性。由表 2 还可知,PSII 实际光化学效率 $\Phi PSII$ 由大到小依次为 R/2B、W、2R/B、R/4B、R/B、6R/B、8R/B、4R/B、10R/B,在 R/2B 处理呈现最大值,为 0.783,10R/B 处理最小,为 0.582,显著低于其它处理。 $\Phi PSII$ 是在光照条件下 PSII 反应中心部分关闭时的实际光化学效率,反映了叶片用于光合传递的能量占所吸收的光能比例,其值大小可反映 PSII 反应中心的开放程度,10R/B 处理 $\Phi PSII$ 显著降低,表明红光含量太大,对红树莓组培苗叶片的实际光化学效率有明显的抑制作用。可变荧光下降比值 Rfd 与 $\Phi PSII$ 呈现相似的变化趋势,在 R/2B 处理呈现最大值,为 4.645,10R/B 处理 Rfd 最小,为 0.498,显著低于其它处理。 Rfd 反映植物叶片的光合作用潜力,10R/B 处理 Rfd 值大幅下降,表明其叶片光合器官受到严重损害,从而大大降低了其光合作用能力。

表 2 不同光质对红树莓组培苗叶绿素荧光参数的影响

光质	初始荧光	最大荧光	PSII 最大光化学效率	PSII 的潜在活性	PSII 实际光化学效率	可变荧光下降比值
Light quality	F_o	F_m	F_v/F_m	F_v/F_o	$\Phi PSII$	Rfd
W	148.667±14.503e	907.000±50.030a	0.836±0.022ab	5.153±0.869b	0.768±0.005ab	3.957±0.353a
R/4B	166.333±7.371e	797.667±28.024ab	0.792±0.004bc	3.797±0.070c	0.735±0.012cd	2.768±0.248b
R/2B	106.667±12.662f	903.667±145.960a	0.881±0.008a	7.455±0.585a	0.783±0.011a	4.645±0.710a
R/B	182.333±11.590de	728.333±88.636bc	0.747±0.038cd	3.009±0.596cd	0.718±0.006de	2.345±0.605bc
2R/B	175.667±46.716e	741.000±55.000bc	0.764±0.048c	3.364±0.872c	0.754±0.008bc	2.658±0.799b
4R/B	218.333±20.526cd	686.000±38.974bcd	0.682±0.026de	2.155±0.267de	0.679±0.021f	1.319±0.132d
6R/B	240.667±18.583bc	647.000±38.936cd	0.626±0.048ef	1.705±0.339e	0.711±0.005e	1.753±0.215cd
8R/B	267.333±16.803b	636.333±19.732cd	0.579±0.039f	1.390±0.229e	0.688±0.013f	1.488±0.195d
10R/B	367.000±14.107a	571.000±34.220d	0.355±0.063g	0.560±0.145f	0.582±0.013g	0.498±0.121e

2.2 光强对红树莓组培苗的影响

2.2.1 光强对红树莓组培苗叶绿素含量的影响 由表 3 可知,Chl a、Chl b 和 Ct 均随着光强的增加逐渐减小,在 1 000 lx 处理呈现最大值,分别为 1.218、0.503、1.720 $mg \cdot g^{-1}$,Chl a 和 Ct 在 1 000、1 500、2 000 lx 3 种处理下均有显著差异,而 Chl b 在 1 000 lx 和 2 000 lx

2 种处理下有显著差异。Chl a/b 随光强的增加呈递增的趋势,在 2 000 lx 处理达到最大值,为 3.042,但 3 种处理差异不显著。低光强下叶绿素的含量较高,尤其是 Chl b 含量较高,为适应弱光提高自身的光合作用,而在高光强下叶绿素加速分解,含量降低,说明光强影响红树莓组培苗的叶绿素合成。

表 3 不同光强下红树莓组培苗的叶绿素含量

Table 3 The chlorophyll content of red raspberry seedlings under different light intensity

光强	叶绿素 a	叶绿素 b	叶绿素总量	叶绿素 a/b
Light intensity/lx	Chl a/(mg·g ⁻¹)	Chl b/(mg·g ⁻¹)	Ct/(mg·g ⁻¹)	Chl a/b
1 000	1.218±0.015a	0.503±0.043 84a	1.720±0.058a	2.433±0.183a
1 500	1.105±0.027b	0.410±0.057ab	1.515±0.083b	2.730±0.335a
2 000	0.907±0.023c	0.302±0.040b	1.209±0.051c	3.042±0.429a

2.2.2 不同光强对红树莓组培苗荧光参数的影响 由表 4 可知,随着光强的增加,初始荧光 Fo 呈现递增的趋势,在 2 000 lx 处理达到最大值,为 180.000,1 000 lx 处理和 2 000 lx 处理之间差异显著。最大荧光 Fm 随着光强的增加先增加后减小,在 1 500 lx 光强处理下达到最大值,但 3 种光强处理下差异不显著。PSII 最大光化学效率 Fv/Fm、PSII 的潜在活性 Fv/Fo 则随着光强的增加呈现递减的趋势,均在 1 000 lx 处理达到最大值,分别为 0.847、5.573。1 000、1 500 lx 处理均与 2 000 lx 处理有

显著差异。由此可知,高光强下植物受到光抑制,红树莓组培苗叶片的 PSII 反应中心受到破坏或发生可逆失活,造成 Fo 值极大,Fm 值降低,Fv/Fo、Fm/Fo 显著降低。由表 4 还可知,红树莓组培苗的叶片 ΦPSII、Rfd 值呈现相同的变化趋势,均随着光强的增加而递减,在 1 000 lx 达到最大值,分别为 0.815、4.200,3 种光强处理间均有显著差异。这表明光强的增加对红树莓组培苗叶片的实际光化学效率有明显的抑制作用,从而大大降低了它的光合作用能力。

表 4 不同光强对红树莓组培苗荧光参数的影响

Table 4 Effect of different intensity quality on chlorophyll fluorescence characteristics of red raspberry tissue culture plantlets

光强	初始荧光	最大荧光	PSII 最大光化学效率	PSII 的潜在活性	PSII 实际光化学效率	可变荧光下降比值
Light intensity/lx	Fo	Fm	Fv/Fm	Fv/Fo	ΦPSII	Rfd
1 000	122.667±12.097b	806.333±117.959a	0.847±0.016a	5.573±0.696a	0.815±0.025a	4.200±0.282a
1 500	148.667±14.503ab	907.000±50.030a	0.835±0.022a	5.153±0.869a	0.768±0.005b	3.957±0.353b
2 000	180.000±17.521a	752.333±53.351a	0.761±0.012b	3.189±0.213b	0.701±0.028c	3.641±0.345c

3 结论与讨论

光质被认为是影响植物形态建成的重要因子,植物光合作用主要吸收红蓝光^[5]。该试验表明,不同配比的红蓝组合光对红树莓组培苗叶片叶绿素的合成以及荧光动力学参数产生了显著影响。除 R/B 处理外,Chl a、Chl b 和 Ct 均随着 R/B 比率的增加呈现先增加后减小的趋势,其中 Chl a 和 Ct 均在 2R/B 处理下达到最大值,分别为 1.344、1.716 mg·g⁻¹,而 Chl b 则在 R/2B 处理最高,为 0.423 mg·g⁻¹,也就是说随着红光含量的增大,叶绿素的合成能力先升高后降低,同样,叶绿素含量随着蓝光含量的增加也呈现先增加后减小的趋势。而 ANNA 等^[6]研究表明,红光降低风信子愈伤组织的叶绿素含量,蓝光促进叶绿素的合成,TANAKA 等^[7]研究也表明,红光降低兰花叶片的叶绿素含量,蓝光促进其叶绿素的合成,这可能是不同植物对光质的响应不同所致,并且复合光的作用效应并不是单色光作用简单累加,而是一个复杂的响应过程,这也许是光谱与植物光谱色素系统相互作用的结果^[8],还需要进一步试验证明。叶绿素荧光分析技术作为光合生理状况监测的一项新技术^[9],从内部揭示了红树莓组培苗对光质的响应。该研究中不同光质处理对 Fo、Fm、Fv/Fm、Fv/Fo 以及 ΦPSII 具有显著影响,这与陈祥伟等^[10]研究结果一

致。试验表明红树莓组培苗的 Fv/Fm、ΦPSII 值在 R/2B 处理下呈现最大值,其次为白光(W)处理,说明在此光质下,红树莓组培苗叶片 PSII 反应中心的开放程度较大,且 PSII 吸收运用于光合作用的光能较多,叶片的 PSII 功能良好。

光强直接影响植物的生长发育和结构特征。弱光下,叶片光合色素含量尤其 Chl b 含量大幅度增加^[11-12],该研究中得到了相同的结论,1 000 lx 处理下,Chl b 大幅度增加,有效的吸收弱光,增强了叶片捕获光的能力,而当植物处于强光环境时,过剩的光能可引发氧化胁迫,从而出现光抑制现象,一般来说,Fv/Fm 下降是植物叶片发生光抑制的重要特征^[13],1 000 lx 和 1 500 lx 处理下,Fv/Fm 值变化较小,而当光强增加到 2 000 lx 时,Fv/Fm 值显著下降,说明高光强对红树莓组培苗产生了光抑制效应,相反,1 000 lx 处理下,虽然 Fm 值下降,但 Fv/Fm、Fv/Fo、ΦPSII 以及 Rfd 值相对 1 500 lx 处理较高,由此可知,弱光并没有损害 PSII 反应中心,反而使得 PSII 反应中心更大程度的开放,增加了 PSII 反应中心的原初光能转换效率,从而大大增加了红树莓组培苗的光合作用潜力。

参考文献

[1] 尹相博,于咏梅,于立芝.红树莓组织培养研究进展[J].黑龙江农业

科学,2013(2):140-143.

[2] 刘卉,杨国伟,兰蓉,等. 树莓叶中鞣花酸提取工艺的研究[J]. 食品研究与开发,2015,36(18):55-58.

[3] 潘菊,杨双. 双季树莓的组织培养及快速繁殖[J]. 北方园艺,2012(21):105-106.

[4] 陈福明,陈顺伟. 混合液法测定叶绿素含量的研究[J]. 林业科技通讯,1984(2):4-8.

[5] 刘振威,贾文庆,刘会超,等. 不同 LED 光源对银条组培苗不定芽生长的影响[J]. 北方园艺,2012(12):152-154.

[6] ANNA B, ALICJA K. Effect of light quality on somatic embryogenesis in *Hyacinthus orientalis* L. 'Delft's blue'[J]. Biological Bulletin of Poznan, 2001,38(1):103-107.

[7] TANAKA M, TAKAMURA T, WATANABE H. *In vitro* growth of Cymbidium plantlets cultured under superbright red and blue light-emitting

diodes(LEDs)[J]. Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 1998, 73(1):39-44.

[8] 刘晓英,徐志刚,常涛涛,等. 不同光质 LED 弱光对樱桃番茄植株形态和光合性能的影响[J]. 西北植物学报,2010,30(4):645-651.

[9] 吴甘霖,段仁燕,王志高,等. 干旱和复水对草莓叶片叶绿素荧光特性的影响[J]. 生态学报,2010,30(14):3941-3946.

[10] 陈祥伟,刘世琦,王越,等. 不同 LED 光源对乌塌菜生长、光合特性及营养品质的影响[J]. 应用生态学报,2014,25(7):1955-1962.

[11] 黄俊,郭世荣,吴震,等. 弱光对不结球白菜光合特性与叶绿体超微结构的影响[J]. 应用生态学报,2007(2):352-358.

[12] 刘文海,高东升,束怀瑞. 不同光强处理对设施桃树光合及荧光特性的影响[J]. 中国农业科学,2006(10):2069-2075.

[13] 赵会杰,邹琦,于振文. 叶绿素荧光分析技术及其在植物光合机理研究中的应用[J]. 河南农业大学学报,2000,34(3):248-251.

Effect of Light Quality and Light Intensity on the Chlorophyll Fluorescence Parameters of Red Raspberry Tissue Culture Plantlets

GUO Fang^{1,2}, WANG Chao³, LIU Haipeng^{1,2}, LI Baoguo^{1,2}, ZHANG Xuemei^{1,2}, QI Guohui^{1,2}

(1. College of Forestry, Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071000; 2. Key Laboratory of Forest Resources and Forest Conservation in Hebei Province, Baoding, Hebei 071000; 3. Beijing Double Large Agricultural Science and Technology Development Limited Company, Beijing 100091)

Abstract: In order to establish suitable light quality and light intensity for the growth of red raspberry tissue culture plantlets, using red raspberry 'Heritage' tissue culture plantlets as experimental material, red raspberry root chlorophyll content and chlorophyll fluorescence parameters of tissue culture plantlets of different light quality and light intensity were studied. The results showed that, chlorophyll a, chlorophyll b and the total chlorophyll content increased first and then decreased with increasing of R/B ratio except R/B treatment, chlorophyll a and the total chlorophyll content showed a maximum value in the treatment of 2R/B, respectively $1.344 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$, $1.716 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$, chlorophyll b was the highest in R/2B, was $0.423 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$, chlorophyll a, chlorophyll b and the total chlorophyll content (Ct) were the lowest in 10R/B, respectively $0.130 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$, $0.033 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$, $0.163 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$, were significantly lower than other light; chlorophyll a/b were higher in 10R/B, 2R/B and R/B, were 3.942, 3.709, 3.653, showing the characteristics of sun plants, and in 6R/B, W and 4R/B were lower, were 2.729, 2.730, 2.747, and showing the characteristics of shade plants; under R/2B, the chlorophyll fluorescence parameters of raspberry plantlets leaves showed the excellent value, the Fv/Fm value reached 0.881, however 10R/B, Fv/Fm decreased to 0.355, and significantly lower than the other light treatment. In light intensity treatment, chlorophyll a, chlorophyll b and the total chlorophyll content showed a decreasing trend with the increase of light intensity, respectively dropped to $0.907 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$, $0.302 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$, $1.209 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ from the maximum value of $1.218 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$, $0.503 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$, $1.720 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$, the formation of significant differences, chlorophyll a/b was increased with the increase of light intensity, in the 2 000 lx reached the maximum value, was 3.042, and three kinds of light intensity were significantly different; the initial fluorescence Fo of leaves increased with the increase of light intensity, in the light intensity of 2 000 lx to a maximum value, was 180.000, maximum fluorescence values appeared in 1 500 lx, was 907.000, however, PSII of maximal chemical efficiency Fv/Fm, PSII potential activity of Fv/Fo, PSII actual photochemical efficiency of PSII, variable fluorescence decreased ratio Rfd were with the light intensity increasing, which presented a decreasing trend, in 1 000 lx were presented maximum, were 0.847, 5.573, 0.815, 4.200, respectively.

Keywords: light quality; light intensity; red raspberry; chlorophyll fluorescence