

弱光胁迫对丝瓜幼苗生长及生理生化特性的影响

蒋晓婷, 林碧英, 林义章

(福建农林大学 园艺学院, 福建 福州 350002)

摘 要:以丝瓜品种“农福丝瓜 601”为试材,将其幼苗分别置于光照百分率为 100%(对照)、70%、50%和 30%的人工控制光环境下处理,研究弱光胁迫对丝瓜生长和生理生化特性的影响。结果表明:光照强度对丝瓜的生长和生理生化特性有着显著的影响,随着弱光胁迫强度的增加和胁迫时间的延长,丝瓜幼苗的株高、茎粗、株重、叶面积、根冠比都有不同程度的降低,且与对照相比,差异较显著;在弱光环境中,丝瓜叶片的叶绿素 a、叶绿素 b、总叶绿素、类胡萝卜素和可溶性糖含量都呈下降的趋势;与对照相比,弱光胁迫显著提高了丝瓜叶片的可溶性蛋白质、脯氨酸含量,且提高了丝瓜叶片的细胞膜透性。

关键词:弱光胁迫;丝瓜幼苗;生长;生理生化特性

中图分类号:S 642.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)09-0014-05

太阳辐射是植物生长发育的主要来源,而且光合速率和净光合累计值是植物器官分化、建造、产量形成与品质优劣的基础^[1]。与露地的正常栽培条件相比,冬春季节设施蔬菜育苗及栽培时光照强度和光照时间明显不足,尤其是阴雨雪天气,一些保温措施更是降低了光照强度,使之低于光补偿点,严重影响了园艺作物的生长发育,导致产量和品质下降^[2]。丝瓜是喜光蔬菜,其生长发育和光照强度有密切的关系,所以在南方冬春季节设施栽培时由于光照不足,经常发生弱光胁迫伤害,严重影响了丝瓜的产量和品质^[3]。

解决弱光限制的有效措施就是培育耐弱光品种,而培育耐弱光品种的前提就是要深入了解蔬菜在弱光下的生长发育和生理生化特性的变化。近年来,已有不少学者研究了弱光胁迫处理对植物形态和生理特性的变化^[4-6],但弱光胁迫对丝瓜生长及生理生化特性的影响的研究尚鲜见报道。该试验通过测定不同弱光胁迫处理下丝瓜株重、茎粗、叶面积等形态指标和可溶性糖、可溶性蛋白质、丙二醛、脯氨酸含量和细胞膜透性等生理生化指标,研究弱光胁迫对丝瓜生长及生理生化特性的影响,揭示丝瓜对光照强度的生理响应机制,为其在光照不足地方栽培和培育耐弱光品种提供参考依据。

第一作者简介:蒋晓婷(1990-),女,青海人,硕士研究生,研究方向为蔬菜生理生化。E-mail:1057173437@qq.com.

责任作者:林碧英(1963-),女,福建人,教授,研究方向为蔬菜学与设施园艺。E-mail:lby3675878@163.com.

基金项目:福建省重大专项资助项目(2014NZ0002-2)。

收稿日期:2015-01-19

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试丝瓜品种为“农福丝瓜 601”,由福建省福州市蔬菜科学研究所提供。

1.2 试验方法

试验以自然光为对照,设 3 种处理,分别为:遮光率 30%(1 层白色遮阳网)、50%(1 层白色遮阳网和 1 层塑料薄膜)、70%(1 层黑色遮阳网)。

试验于 2014 年 1—3 月在福建农林大学园艺学院设施专业现代温室和蔬菜生理生化实验室进行。种子催芽后直播于 5×12 的穴盘中,基质为河砂,选取长势一致的幼苗分别进行处理,每处理设 3 个小区,3 次重复。弱光处理 0、7、14、21 d 后,分别随机取样进行生长指标和生理生化指标的测定。

1.3 项目测定

生长指标的测定:株高用刻度尺测量;茎粗用游标卡尺测量;株重用感量为 0.01 g 的电子天平。

生理生化指标的测定:叶绿素用 80%丙酮提取测定;可溶性糖含量用蒽酮-硫酸法^[7]测定;可溶性蛋白质含量采用考马斯亮蓝 G-250 法^[8]测定。脯氨酸含量采用王学奎等^[8]的方法测定;细胞膜透性采用史树德等^[9]的方法测定;MDA 含量参照陈建勋等^[10]的方法测定。

1.4 数据分析

试验数据均为 3 次重复的平均值,采用 Excel、DPS 软件进行数据统计和分析。

2 结果与分析

2.1 弱光胁迫对丝瓜幼苗生长的影响

从表1可以看出,弱光胁迫对丝瓜生长有很大的影响,7 d时,各处理之间在株高上差异不显著;茎粗上CK显著高于其它处理;株重上表现为CK>30%>50%>

表1 弱光胁迫对丝瓜生长的影响

Table 1 Effect of weak light stress on loofah growth

处理天数 Treatment days/d	遮光率 Shading rate/%	株高 Plant height /cm	茎粗 Stem diameter /cm	株重 Strains heavy /g	叶面积 Leaf area/cm ²	根冠比 Root shoot ratio
7	100(CK)	29.20aA	2.09aA	7.15aA	56.96aA	0.31aA
	30	24.76abA	1.77bA	5.68bB	48.86bB	0.27bB
	50	23.68abA	1.74bA	4.04cC	47.83bBC	0.14cC
	70	21.58aAB	1.71bA	2.79dD	40.34cC	0.06dD
14	100(CK)	51.23aA	3.29aA	8.55aA	120.46aA	0.33aA
	30	40.76bB	1.96bB	6.51bB	64.15bB	0.22bB
	50	33.01cC	1.94bB	5.54cC	56.54cC	0.19cBC
	70	27.29dc	1.90bB	4.09dD	48.17dC	0.17cC
21	100(CK)	80.14aA	4.18aA	13.12aA	160.67aA	0.35aA
	30	57.34bB	2.05bB	8.99bB	87.08bB	0.23bB
	50	52.23bB	2.04bB	8.16cB	62.33cC	0.24bB
	70	37.73cC	2.01bB	4.59dC	56.84dC	0.21bB

注:表中不同大小写字母分别表示不同处理下丝瓜在0.01和0.05水平上的差异显著性,下同。

Note: Different capital and lowercase letters show significant difference at 0.01 and 0.05 level under different treatments, the same below.

表2

弱光胁迫对丝瓜光合色素含量的影响

Table 2

Effect of weak light stress on photosynthetic pigment content

处理天数 Treatment days/d	遮光率 Shading rate/%	叶绿素a含量 Chl a content/(mg·g ⁻¹ FW)	叶绿素b含量 Chl b content/(mg·g ⁻¹ FW)	总叶绿素含量 Total Chl content/(mg·g ⁻¹ FW)	类胡萝卜素含量 Car content/(mg·g ⁻¹ FW)
7	100(CK)	2.002aA	0.791aA	2.892aA	0.423aA
	30	1.902aA	0.729aAB	2.705abA	0.404aAB
	50	1.916aA	0.666abAB	2.582bAB	0.359abAB
	70	1.399bB	0.616bB	1.934cB	0.271bB
14	100(CK)	1.581abA	0.652aA	2.351aA	0.312aA
	30	1.595abA	0.637abAB	2.11aA	0.262bAB
	50	1.624aA	0.612abAB	2.236aA	0.282bAB
	70	1.231bA	0.611abB	1.842aA	0.214cB
21	100(CK)	1.619aA	0.684bAB	2.331aA	0.287abA
	30	1.895aA	0.749abA	2.639aA	0.311aA
	50	1.742aA	0.818aA	2.702aA	0.319aA
	70	1.439bB	0.792cB	2.231bB	0.248bA

2.2.2 弱光胁迫对丝瓜幼苗可溶性蛋白质含量的影响

由图1可知,丝瓜幼苗叶片的可溶性蛋白质含量随弱

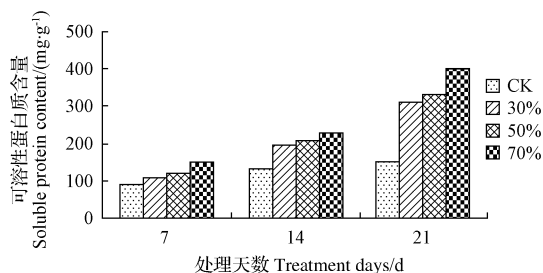


图1 弱光胁迫对可溶性蛋白质含量的影响

Fig.1 Effect of weak light stress on soluble protein content

70%;叶面积上CK显著高于30%、50%、70%弱光胁迫处理,以70%处理最低;根冠比以CK最高,且与其它处理差异显著。14 d时,各处理间株高差异显著,以CK最高,达51.23 cm;CK茎粗显著高于其它处理,为3.29 cm;株重上表现为CK>30%>50%>70%,且差异显著;叶面积以CK最高,达120.46 cm²;CK根冠比显著高于其它处理。21 d时,各处理间的株重、叶面积差异显著,株高、茎粗、根冠比在30%处理和50%处理之间差异不显著。

2.2 弱光胁迫对丝瓜幼苗生理生化特性的影响

2.2.1 弱光胁迫对丝瓜幼苗光合色素含量的影响 从表2可以看出,弱光胁迫对丝瓜光合色素含量的影响较大,7 d时,70%弱光胁迫处理叶绿素a含量显著低于其它处理,为1.399 mg/g FW;叶绿素b含量以CK最高,为0.791 mg/g FW;总叶绿素含量以70%处理最低,为1.934 mg/g FW;类胡萝卜素含量以CK最高,达0.423 mg/g FW。14 d时,以70%处理叶绿素a含量最低,为1.231 mg/g FW;各处理间叶绿素b含量差异不显著;总叶绿素含量差异不显著;类胡萝卜素含量以CK最高,为0.312 mg/g FW,且与其它处理差异显著。21 d时,70%处理与其它处理之间差异显著,总叶绿素含量和类胡萝卜素含量最低。

光胁迫的加剧呈上升趋势,自然光强下最低,70%遮光处理胁迫下最高。在处理7~14 d时,丝瓜叶片中可溶性蛋白质逐渐增加,但处理间无显著差异,在处理21 d时,70%处理的可溶性蛋白质含量显著高于CK、30%、50%处理,而30%与50%处理间无显著差异。随着处理时间的变化,各处理间的可溶性蛋白质含量存在明显差异。

2.2.3 弱光胁迫对丝瓜幼苗可溶性糖含量的影响 由图2可知,随着弱光胁迫的加剧,丝瓜叶片的可溶性糖含量呈下降趋势。在处理7 d时,随着弱光胁迫的加强,丝瓜叶片中可溶性糖含量减少,CK处理的可溶性糖含量为70%处理的1.7倍,而30%处理与50%处理间差异

不显著。在处理 14~21 d 时,各处理间差异显著。随着处理时间的变化,可溶性糖含量也呈减少的变化趋势,各处理间可溶性糖含量存在显著差异。

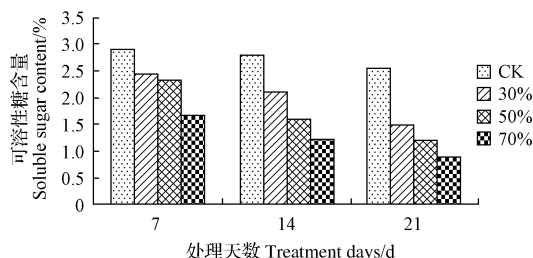


图 2 弱光胁迫对可溶性糖含量的影响

Fig. 2 Effect of weak light stress on soluble sugar content

2.2.4 弱光胁迫对丝瓜幼苗脯氨酸含量的影响 由图 3 可知,弱光处理导致丝瓜叶片中脯氨酸含量升高,在处理 7 d 时,随着弱光胁迫的加强,丝瓜叶片中脯氨酸含量升高,但各处理之间差异不显著;在处理 14~21 d 时,CK 与各处理之间差异极显著,尤其是在 21 d 时,70%弱光胁迫处理的脯氨酸含量达到最大值 $0.012 \mu\text{g/g}$,为 CK 处理的 6 倍;随着处理时间的延长,脯氨酸含量呈上升的趋势,且各处理间存在差异。

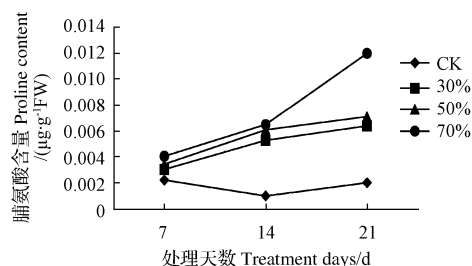


图 3 弱光胁迫对脯氨酸含量的影响

Fig. 3 Effect of weak light stress on proline content

2.2.5 弱光胁迫对丝瓜幼苗细胞膜透性的影响 由图 4 可知,弱光胁迫导致了细胞膜透性的增加,在处理 7~14 d 时,随着弱光胁迫的加强,丝瓜叶片的细胞膜透性逐渐升高,但 CK 与各处理之间差异不显著;在处理 21 d

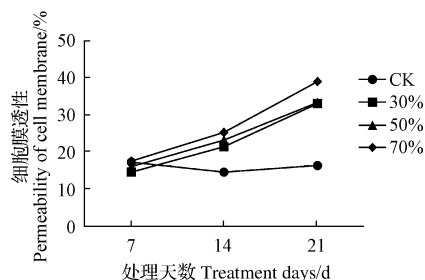


图 4 弱光胁迫对细胞膜透性的影响

Fig. 4 Effect of weak light stress on permeability of cell membrane

时,细胞膜透性增加的幅度较大,70%处理的细胞膜透性显著高于 CK 处理;随着处理时间的延长,各处理中的细胞膜透性存在显著差异。

2.2.6 弱光胁迫对丝瓜幼苗丙二醛(MDA)含量的影响

由图 5 可知,随着弱光胁迫的加剧,各处理 MDA 含量均有不同程度的增加,各处理间的变化趋势存在一定差异;其中 30%处理呈缓慢上升趋势,而 50%和 70%呈急剧上升趋势;在处理 7 d 时,MDA 含量增幅较小,而在处理 14~21 d 时,增幅较大,且各处理间存在差异;从总体趋势上看,各处理随时间的延长 MDA 含量均出现上升趋势,上升趋势因各处理不同而有所差异。

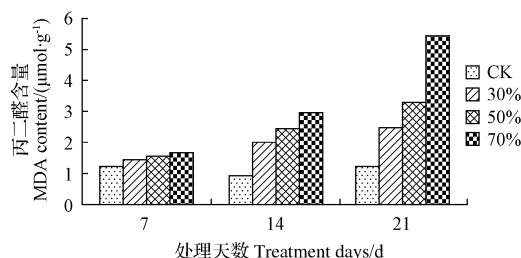


图 5 弱光胁迫对 MDA 含量的影响

Fig. 5 Effect of different light qualities on MDA content

3 讨论与结论

3.1 弱光胁迫对丝瓜幼苗生长的影响

植物的个体变化和形态上的重新建造均与光照强度有着密切的关系。有学者对苹果、桃、黄瓜等的研究均发现,弱光处理使植株的叶片变大变薄、叶色变淡^[11];也有对葡萄^[12]、苦瓜^[13]、绞股蓝^[14]等的研究发现,弱光处理使植株比叶面积、比茎长和比叶柄长增大。该试验结果表明,不同程度的弱光处理对丝瓜幼苗的生长均有影响,遮光率为 30%的弱光环境中,丝瓜生长虽然受到影响,但影响程度不是很高,而在 50%和 70%的弱光条件下,丝瓜生长受到抑制;在该试验中,弱光处理下丝瓜的根冠比显著下降,这说明弱光胁迫后干物质向根的分配比例减少,而向茎叶的分配比例增加;而且弱光胁迫处理后丝瓜植株同化产物的合成与积累减少,全株干样质量下降,对生长发育造成影响,这与前人研究结果一致^[15]。

3.2 弱光胁迫对丝瓜幼苗生理生化特性的影响

叶绿体是植物进行光合作用的主要光合机构,而在植物叶绿体中,光合作用与叶绿素 a、叶绿素 b 含量以及色素蛋白复合体数量的多少、活性大小有着密切的关系,叶绿素起着吸收光能的作用,其含量高低直接影响光合作用的强弱。有研究表明,随着温度和光照的不同,黄瓜叶片中的叶绿素含量也不同。该试验研究也表明,与 CK 相比,其余弱光处理的丝瓜叶片的总叶绿素和类胡萝卜素含量都有不同程度的降低,说明弱光造成丝

瓜叶片叶绿体数量减少,叶绿素的分解加剧,因而叶片捕捉和利用光的能力下降,叶片光合能力也下降。

碳水化合物是光合作用的主要产物,它主要包括单糖、双糖和多糖。光照越强,光合速率越高,越有利于碳水化合物的合成和转化。植物的抗逆性及植物生长发育的过程都与可溶性糖含量有密切关系,它在一定程度上反映了植物的营养状况,并可从侧面反映植物的生存环境^[16]。弱光下甜瓜的光合速率降低,显著影响碳水化合物的合成和转化,所以可溶性糖含量相应地减少。可溶性蛋白质是主要的渗透调节物质之一,植物通过增加可溶性蛋白质含量来降低植物体内的渗透势,提高植物的抗逆性^[17]。弱光胁迫下可溶性蛋白质含量增加,可能是因为弱光条件下的湿度较大,叶片吸水较多,进而使叶片中可溶性蛋白质含量增加^[18]。该试验结果也表明,光照强度对丝瓜叶片可溶性蛋白质含量和可溶性糖含量有着显著影响。

植物叶片膜脂过氧化程度的高低可以用丙二醛(MDA)含量的高低来反映,而膜脂过氧化作用又可以用它的产生和积累来加剧^[19]。植物在逆境条件下会发生膜脂过氧化作用,丙二醛是其产物之一,通常利用它作为脂质过氧化指标,表示细胞膜脂过氧化程度和植物对逆境条件反应的强弱,而MDA积累则会进一步对细胞造成伤害^[20]。该试验研究表明,随着弱光程度的加剧,MDA的含量也显著升高,这与杨万邦等^[21]在西瓜上的研究一致。

植物体的抗逆性是用植物体内的脯氨酸含量来反映,抗逆性强的品种往往会积累较多的脯氨酸。因为脯氨酸的亲水性极强,能稳定原生质胶体及组织内的代谢过程,因而能降低凝固点,有防止细胞脱水的作用,它能作为防脱水剂保护处于逆境的植物,使植物具有一定的抗性^[22]。在该试验中,与对照CK相比,3种弱光处理都使丝瓜叶片的脯氨酸有不同程度的升高,说明植株在弱光胁迫条件下脯氨酸含量上升,调节了细胞内的水势,同时清除了活性氧。

植物组织处于逆境时,首先受到伤害的就是细胞膜的结构和功能,而对维持植物细胞微环境和正常代谢起着重要作用的是细胞膜。如果将受伤的组织侵入无离子水中,与正常组织外渗液相比,受伤组织外渗液中电解质的含量会增加。植物组织受伤越严重,电解质增加越多。膜透性增大的程度与逆境胁迫强度有关,也与植物抗逆性的强弱有关。该试验中,随着弱光胁迫的加

剧,丝瓜叶片的细胞膜透性增大,说明弱光对细胞膜造成了伤害,这与杨万邦等^[21]在西瓜上的研究相似。

参考文献

- [1] 何小燕,马锦林,张日清,等.弱光胁迫对植物生长影响的研究进展[J].经济林研究,2011(4):131-136.
- [2] 王明,蒋卫杰,余宏军.弱光逆境对植株生理特性的影响及其调控措施[J].内蒙古农业大学学报(自然科学版),2007(3):198-203.
- [3] 朱延姝,冯辉,高绍森.弱光胁迫对番茄产量和不同生育期生理特性的影响[J].吉林农业大学学报,2005(6):634-638.
- [4] Burger D W, Svihar P, Harris R. Treashelter use in producing container-grown trees[J]. Hort Sci, 1992, 27(1): 30-32.
- [5] Perea J, Kliever W M. Effect shading on bud necrosis and bud fruitfulness of Thompson seedless grapevines[J]. Amer J End Vitic, 1990, 41(2): 168-175.
- [6] 吴能表,谈锋,肖文娟.光强因子对少花桂幼苗形态和生理指标及精油含量的影响[J].生态学报,2005,25(5):1059-1064.
- [7] 李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2000:195-196.
- [8] 王学奎.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2006:278-279.
- [9] 史树德,孙亚卿.植物生理学实验指导[M].北京:中国林业出版社,2011:98-100.
- [10] 陈建勋,王晓峰.植物生理学实验指导[M].广州:华南理工大学出版社,2002:124-125.
- [11] 别之龙,刘佩英,万兆良,等.弱光对辣椒落花落和光合作用的影响[J].核农学报,1998,12(5):314-316.
- [12] 战吉成,黄卫东,王志龙,等.葡萄幼苗对弱光环境的形态和生长反应[J].中国农学通报,2002,18(2):1-2,17.
- [13] 陶建平,钟章成.光照对苦瓜形态可塑性及生物量配置的影响[J].应用生态学报,2003,14(3):336-340.
- [14] 何维明,钟章成.攀缘植物绞股蓝幼苗对光照强度的形态和生长反应[J].植物生态学报,2000,24(3):375-378.
- [15] 王学文,王玉珏,付秋实,等.弱光逆境对番茄幼苗形态、生理特征及叶片超微结构的影响[J].华北农学报,2009(5):144-149.
- [16] 童方平,方伟,马履一,等.湿地松优良半同胞家系蛋白质及糖类对水分胁迫的生理响应[J].中国农学通报,2006,22(12):459-464.
- [17] 唐艳,马书尚,武春林.1-MCP对嘎拉苹果呼吸、乙烯产生及贮藏品质的影响[J].果树学报,2004,21(1):42-45.
- [18] 种培芳.弱光胁迫对甜瓜(*Cucumis melo* L.)光合特性及生长发育的影响[D].兰州:甘肃农业大学,2003.
- [19] 韩丽平.弱光处理对黄瓜生长发育的影响研究[D].重庆:西南大学,2006.
- [20] 李静.低温弱光胁迫对甜瓜幼苗生长及生理指标的影响[J].河南农业科学,2012(5):106-109.
- [21] 杨万邦,刘东顺,赵晓琴,等.不同西瓜品种耐低温弱光性综合评价[J].北方园艺,2008(4):10-13.
- [22] 周峰.甜瓜耐低温、耐弱光鉴定方法和鉴定指标研究[D].扬州:扬州大学,2012.

Effect of Weak Light Stress on Growth and Physiological and Biochemistry Characteristics of Loofah Seedlings

JIANG Xiao-ting, LIN Bi-ying, LIN Yi-zhang

(College of Horticulture, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian 350002)

DOI:10.11937/bfyy.201509005

疏粒处理对“赤霞珠”葡萄果实含糖量及相关代谢酶活性的影响

孙庆扬¹, 韩 宁¹, 孙玉霞², 赵 悦¹, 韩爱芹¹, 赵新节¹

(1. 齐鲁工业大学 山东省微生物工程重点实验室, 山东 济南 250353; 2. 山东省农业科学院 农产品研究所, 山东 济南 250100)

摘 要:以酿酒葡萄品种“赤霞珠”为试材,分析了不同疏粒量处理对始熟期后葡萄叶片内容物、果实大小、果实糖酸含量及果实酸性转化酶活性的影响。结果表明:从始熟期开始随着果实成熟,对照和处理的果实纵径及糖含量均逐渐增加,而果实酸含量及叶片中可溶性糖含量均逐渐降低;与此同时,可溶性酸性转化酶活性都呈先降低后升高趋势而细胞壁酸性转化酶活性却持续升高。另一方面,在相同果实成熟期随疏粒量的增加,果实糖含量明显上升,酸含量明显下降,而可溶性酸性转化酶及细胞壁酸性转化酶的活性均升高。另外,疏粒处理对各时期果实纵径、叶片叶绿素影响不大,但随疏粒量的增加,各时期叶片可溶性糖含量却逐渐降低。对果实酸性转化酶活性、叶片可溶性糖及果实含糖量进行相关性分析发现,细胞壁酸性转化酶活性与叶片可溶性糖含量呈显著负相关而与果实含糖量呈显著正相关,而且随着果实疏粒量的增加,相关性有升高趋势。总之,葡萄果实成熟期疏粒处理对葡萄果实中的酸性转化酶产生一定影响,尤其是细胞壁酸性转化酶,最终可能改变了葡萄树体的库源关系,增加了果实库强,使更多的碳水化合物分配到果实中。

关键词:“赤霞珠”葡萄;疏粒;酸性转化酶;叶片可溶性糖;果实含糖量

中图分类号:S 663.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)09-0018-05

糖是果实品质重要的指示因子。葡萄叶片光合作用合成的碳水化合物以蔗糖的形式经过韧皮部运输到

果实,并在果实中水解成六碳糖或衍生物参与各种代谢和生物合成。其中酸性转化酶活性与果实含糖量密切相关,可以通过调控蔗糖在果实韧皮部卸载来影响果实含糖量。Devainh 等^[1]研究发现,提高酸性转化酶的活性是提高麝香葡萄含糖量的一种方式。根据可溶性和细胞分布,酸性转化酶可分为胞质可溶性酸性转化酶及细胞壁不溶性酸性转化酶。而且张晓燕^[2]研究发现,葡萄果实可溶性酸性转化酶在糖韧皮部共质体卸载中起主要作用,而细胞壁不溶性酸性转化酶在质外体卸载中起主要作用。葡萄始熟期则是韧皮部卸载路径从共质

第一作者简介:孙庆扬(1988-),女,硕士研究生,研究方向为葡萄与葡萄酒。E-mail:1009058695@qq.com.

责任作者:赵新节(1962-),男,博士,教授,硕士生导师,研究方向为葡萄与葡萄酒。E-mail:zhaoxinjie1177@163.com.

基金项目:山东省科技发展计划资助项目(2012GGB01059);山东省自然科学基金资助项目(ZR2013CQ022);山东省现代农业产业技术体系专项基金资助项目。

收稿日期:2015-01-16

Abstract: Taking loofah variety ‘Nongfu loofah 601’ as materials, the seedlings of which were put under controlled lighting environments, with the full lighting percentage of 100%, 70%, 50%, 30%, respectively. The results showed that illumination intensity obviously impacted the growth of seedlings. With the enhancement of weak light stress and the extension of time, plant height, stem diameter, plant weight, leaf area, root shoot ratio were decreased in different degree, and compared with the control group, the difference was significant; in the weak light environment, loofah of chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll, carotenoid and soluble sugar content showed a downward trend; compared with the control, the weak light stress significantly increased soluble protein content, proline content, and increased the permeability of cell membrane.

Keywords: weak light stress; loofah seedling; growth; physiological and biochemistry characteristics