

# 不同光质对豌豆苗品质的动态影响

张立伟, 刘世琦, 张自坤, 杨茹, 杨晓建

(山东农业大学 园艺科学与工程学院, 作物生物学国家重点实验室, 农业部园艺作物生物学重点开放实验室, 山东 泰安 271018)

**摘要:** 采用新型半导体光源发光二极管(LED)精量调制光质(红光、蓝光和红蓝混合光), 以普通日光灯(白光)为对照, 研究不同光质对豌豆苗品质的影响。结果表明: 蓝光处理下豌豆苗的VC、可溶性蛋白含量最高, 且粗纤维含量最低; 红光处理下豌豆苗的可溶性糖含量显著高于对照和其它处理, 但是红光显著抑制了VC、可溶性蛋白的合成, 并且红光显著提高了粗纤维含量, 可见蓝光处理下豌豆苗的品质最好, 红光处理下最差。

**关键词:** 光质; 发光二极管; 豌豆苗; 品质

**中图分类号:** S 643.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2010)08-0004-04

光质即不同波长的光谱, 它主要是由最大辐射能量的波长和光辐射的波长范围决定的<sup>[1]</sup>。光质作为一个重要的环境因子, 对植物生长发育有广泛的调节作用<sup>[2]</sup>。以往人工得到的光质一般除一种颜色为主的光线外, 往往还掺杂有少量波长相差甚远的不同色光<sup>[1]</sup>。

而半导体光源LED, 可以直接把电转化为光, 能得到较纯的光质, 为研究光质对植物的影响增加了试验结果的可靠性。豌豆苗是利用种子贮存的营养在光照条件下不用施肥、施药而生产出的绿体苗菜<sup>[3]</sup>, 是无毒、无害的绿色蔬菜<sup>[4]</sup>。传统的豌豆苗培养中常常忽视光照因子的影响, 光照不足使豌豆苗生长畸形, 品质下降。目前国内外对光质的研究基本上多局限在农作物、花卉和组织培养上, 光质对蔬菜品质影响的研究较少。该试验在外层覆盖黑色遮光材料的培养架进行不同光质对豌豆苗光照培养, 旨在探明不同光质对豌豆苗粗纤维、VC、可溶性蛋白、可溶性糖等品质指标的影响, 以期找到能提高豌豆苗品质的最佳光谱范围, 为生产提供理论依据。

**第一作者简介:** 张立伟(1983), 男, 山东泰安人, 硕士, 现从事光环境调控研究工作。

**通讯作者:** 刘世琦(1959), 男, 山东临沂人, 博士, 教授, 博士生导师, 现从事蔬菜栽培生理研究工作。

**基金项目:** 山东农业大学博士基金资助项目(20050569)。

**收稿日期:** 2010-01-08

[3] 刘玉梅. 不同施氮水平对嫁接黄瓜不同部位硝酸盐含量的影响[J]. 西北农业学报, 2008, 17(2): 225-228.

[4] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.

[5] 全国土壤普查办公室. 中国土壤[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998.

[6] 沈明珠, 翟宝杰, 东惠茹. 蔬菜硝酸盐累积的研究[J]. 园艺学报, 1982(4): 41-48.

[7] 谭金芳. 作物施肥原理与技术[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2003.

## Effect of N Fertilizer on Growth and Yield of Cucumber and Optimum Application Rate of N in Greenhouse

CAO Qing-jie, SUN Quan, LI Jian-sha, GUO Xin-nian, CHEN Ru  
(Agricultural College of Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021)

**Abstract:** A field experiment was conducted to study the effect of different N fertilizer application rate on cucumber growth, yield and economic benefit in second generation greenhouse of Ningxia. The results showed that the soil had less available phosphorus and nitrogen. Therefore, height, chlorophyll content, stem diameter and yield of cucumber were significantly affected by N application rate. 81% of cucumber yield was relied on N fertilizer application rate. The reasonable application rate of N for maximum and economical yield production of cucumber was 720 kg/hm<sup>2</sup> and 695 kg/hm<sup>2</sup> respectively.

**Key words:** greenhouse; N application rate; cucumber

1 材料与方法

1.1 试验材料

选用麻豌豆作为试验材料。

1.2 试验设计

1.2.1 光质选择 人造光源为红(590~670 nm; 吸收峰为 640 nm)、蓝(420~510 nm; 吸收峰为 460 nm)、红蓝混合(红光 : 蓝光= 3 : 1, 灯的数量比)色的发光二极管(LED)灯制成的宽 50 cm、长 130 cm 分布均匀的平面光源和发白光的普通日光灯光源, 均由淄博曙光科技有限公司提供, 其中发白光的普通日光灯光源为对照光源。距离光 50 cm 处的光强为  $100 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。光照培养架为钢架结构, 光源置于顶部, 高度可调, 培养架内层用镀铝反光膜, 外层为黑色遮光材料。每个光质均设 3 个重复, 各光质随机排列。

1.2.2 培养条件 试验于 2009 年 3~7 月在山东农业大学园艺学院光质培养室进行。选用发芽率 95% 以上的新鲜种子, 先用清水洗净后, 浸泡在 0.1% 的高锰酸钾溶液中 1 min, 洗净后倒入清水中浸泡 24 h。取出种子沥干水分, 均匀洒在长 60 cm、宽 22 cm、底部铺 1.5 cm 厚湿珍珠岩的育苗盘中, 撒盘催芽 2 d 后置于不同波长光照下培养, 培养架外层为黑色遮光材料。每个重复 3 盘, 每个处理 9 盘。控制白天温度 20~25℃, 夜间 12~15℃, 光照 13 h/d。每天喷水 4 次, 生长过程精细管理。照光 4 d 后开始随机取样进行相关指标的测定。

1.3 指标测定

可食部分(除去根部的茎和叶)分别于照光 4、6、8、10、12、14 d 后测定品质指标, 每次测量设 3 次重复。每个处理随机取样, 剪碎混匀为试验样品。粗纤维采用酸碱洗涤法测定<sup>[7]</sup>, VC 采用 2,6-二氯酚靛酚滴定法测定<sup>[8]</sup>, 可溶性蛋白采用考马斯亮蓝法测定<sup>[9]</sup>, 可溶性糖采用蒽酮法测定<sup>[9]</sup>。应用 SPSS 软件进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 不同光质下豌豆苗粗纤维含量的变化

粗纤维有助于消化, 促进肠胃蠕动, 粗纤维经分解后可以转化为其它营养物质<sup>[7]</sup>, 但是如果豌豆苗中粗纤维含量过高, 口感就会变差。图 1 表明, 豌豆苗各处理间粗纤维含量均呈现升高的趋势, 这主要是因为豌豆苗不断成熟衰老的结果。红光处理粗纤维含量除培养 4、6 d 外, 其它时间段都显著高于其它处理。蓝光处理粗纤维含量除培养 4 d 外, 都显著低于其它处理。培养 4 d 红蓝混合光处理粗纤维含量与对照相差不多, 红光与蓝光相差不多。培养 6 d 红光处理粗纤维含量开始迅速升高, 此时与红蓝混合光处理相差不多, 而蓝光处理显著低于其它处理。培养 8、10、12、14 d 豌豆苗粗纤维含量

固定为红光> 红蓝混合光> 对照> 蓝光。该研究结果表明红光处理可提高豌豆苗粗纤维含量, 蓝光处理可降低豌豆苗粗纤维含量。

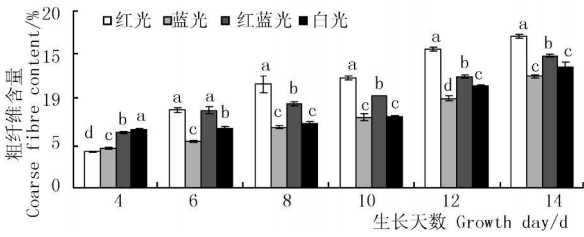


图 1 不同光质下豌豆苗粗纤维含量的变化

Fig. 1 Changes of crude fibre content in pea sprouts under different light qualities

注: 每列中含不同字母表示差异达 5% 显著差异水平, 下同。

Note: Different letters in each column means significant at 5% level, the same as in the figure below.

2.2 不同光质下豌豆苗 VC 含量的变化

图 2 表明, 豌豆苗各处理间 VC 含量均呈现先升高后降低的趋势。豌豆苗 VC 含量在培养 10 d 达到最大值, 然后开始迅速下降, 并且培养 10 d VC 含量与培养 8 d 相差不多。豌豆苗在整个生长过程中, 蓝光处理 VC 含量始终大于其它处理, 而红光处理 VC 含量始终小于其它处理。红蓝混合光处理 VC 含量与对照相差不多, 偶有交叉。这表明, 红光处理可抑制豌豆苗 VC 合成, 而蓝光处理可促进豌豆苗 VC 合成。

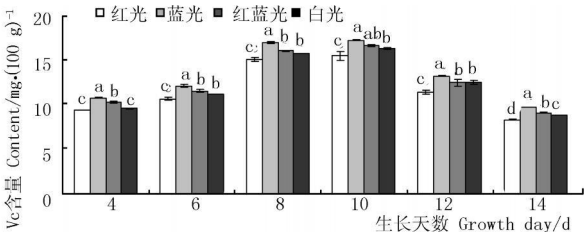


图 2 不同光质下豌豆苗 VC 含量的变化

Fig. 2 Changes of vitamin C content in pea sprouts under different light qualities

2.3 不同光质下豌豆苗可溶性蛋白含量的变化

图 3 表明, 豌豆苗各处理间可溶性蛋白含量均呈现先迅速降低然后开始升高的趋势, 这说明在豌豆苗生长初期, 分生组织活动强烈, 消耗大量蛋白质来合成组织器官, 因此生长初期可溶性蛋白含量较低。蓝光处理豌豆苗可溶性蛋白含量除培养 6、12 d 均大于其它处理, 而红光处理可溶性蛋白含量在豌豆苗整个生长期均小于其它处理。培养 4 d 豌豆苗可溶性蛋白含量为蓝光> 对照> 红蓝混合光> 红光, 且差异显著。培养 6 d 对照豌豆

豆苗可溶性蛋白含量又超过蓝光处理含量。培养 8、10 d 豌豆苗可溶性蛋白含量为蓝光>红蓝混合光>对照>红光。培养 12 d 各处理豌豆苗可溶性蛋白含量均达最小值。培养 14 d 蓝光处理豌豆苗可溶性蛋白含量与对照相差不大,而红光处理与红蓝混合光处理相差不大。该研究结果表明蓝光处理提高了豌豆苗可溶性蛋白含量,而红光处理降低了豌豆苗可溶性蛋白含量。

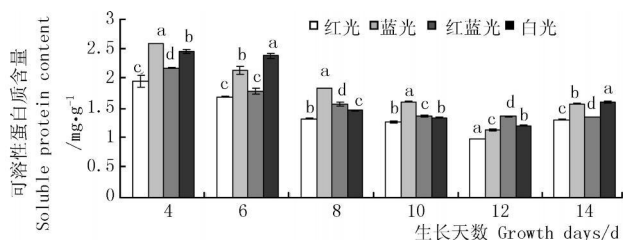


图3 不同光质下豌豆苗可溶性蛋白含量的变化

Fig. 3 Changes of soluble protein content in pea sprouts under different light qualities

## 2.4 不同光质下豌豆苗可溶性糖含量的变化

图4表明,豌豆苗各处理间可溶性糖含量均呈现降低的趋势,这说明在豌豆苗生长初期,呼吸作用强,消耗糖分较多,加上叶片分化尚不完善,叶绿素含量低,光合能力有限,同化产物形成少,因此可溶性糖含量较低。红光处理豌豆苗可溶性糖含量除培养 10 d 均大于其它处理,而蓝光处理可溶性糖含量除培养 12 d 均小于其它处理。培养 4、6、8、10、14 d 豌豆苗可溶性糖含量均为红光>对照>红蓝混合光>蓝光。培养 12 d 豌豆苗可溶性糖含量为红光>红蓝混合光>蓝光>对照。这说明红光处理有利于豌豆苗可溶性糖形成,而蓝光处理不利于豌豆苗可溶性糖形成。

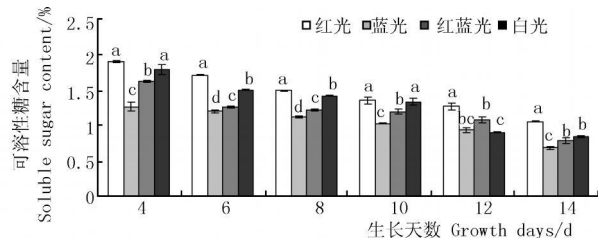


图4 不同光质下豌豆苗可溶性糖含量的变化

Fig. 4 Changes of soluble sugar content in pea sprouts under different light qualities

## 3 结论与讨论

粗纤维主要成分为纤维素、残存少量的半纤维素和木质素,是结构性碳水化合物。该试验结果表明,红光处理可提高豌豆苗粗纤维含量,蓝光处理可降低豌豆苗

粗纤维含量,与李韶山<sup>[8]</sup>、张瑞华<sup>[9]</sup>研究结果一致。蒲高斌<sup>[10]</sup>、齐连东<sup>[11]</sup>研究表明红光有利于碳水化合物的形成与积累,蓝光恰好相反。而纤维素是由碳水化合物衍生的,所以红光也有利于纤维素的形成,蓝光恰好相反。纤维素酶是降解纤维素生成葡萄糖的一组酶的总称。唐仕荣<sup>[12]</sup>、吴慎<sup>[13]</sup>研究发现蓝光提高纤维素酶的活性,红光降低纤维素酶的活性。这说明光质可以通过调节纤维素酶的活性来改变纤维素含量。黄辰<sup>[14]</sup>研究发现在红光、远红光作用下  $\text{Ca}^{2+}$  调节纤维素酶活性,可能  $\text{Ca}^{2+}$  起到第二信使的作用,这说明光敏素可能是调节纤维素酶活性的光受体。

植物性食物是人体所需 VC 主要来源。该研究结果表明蓝光能促进豌豆苗 VC 含量的增加,红光可降低豌豆苗 VC 含量,与徐凯<sup>[15]</sup>、陈强<sup>[16]</sup>研究结果一致。有研究发现半乳糖酸内酯脱氢酶(GLDH)是 VC 合成途径的关键酶<sup>[7]</sup>。徐茂军<sup>[18]</sup>研究表明红光降低发芽大豆的 GLDH 活性,蓝光可以提高 GLDH 活性。Tullio<sup>[19]</sup>报道,光照射使抗坏血酸氧化酶(AAO)活性提高,黑暗下迅速被逆转。可见光质对 VC 的影响与其合成分解酶活性有关。

蛋白质分子体积较大并具有能产生多种反应的复杂结构,在生物物质中占有特殊的地位。该研究结果为红光处理能降低豌豆苗蛋白质含量,而蓝光处理提高了豌豆苗蛋白质含量。蓝光可明显促进氮代谢,提高蛋白质含量,这与邓江明<sup>[20]</sup>、Kowalik W<sup>[21]</sup>、Lam H M<sup>[22]</sup>等研究结果一致。李韶山<sup>[12]</sup>、Kowalik W<sup>[21]</sup>研究表明,蓝光可显著促进线粒体的暗呼吸,呼吸过程为氨基酸的合成提供了碳架。蓝光对 NR 有激活作用<sup>[23,24]</sup>,从而为蛋白质的合成提供了较多的可同化态的氮源。另外蛋白质是大分子物质,较其它光合产物的合成需要更多能量,而蓝光区光子能量较高,因此蓝光促进蛋白的合成也可能与光质能量有关<sup>[25]</sup>。

可溶性糖主要为葡萄糖、果糖和蔗糖,易于人体吸收。该研究结果表明,红光处理能提高豌豆苗可溶性糖含量,而蓝光处理降低了可溶性糖含量。这与蒲高斌<sup>[10]</sup>、陈强<sup>[16]</sup>等研究结果一致。红光显著促进可溶性糖积累,这可能与红光下生长的植物光合速率较高有关<sup>[26]</sup>。蓝光处理降低了可溶性糖含量,可能是由于蓝光对植物叶绿体光合片层结构破坏使光合效率明显降低,影响了植物的碳同化作用,从而导致可溶性糖下降<sup>[27]</sup>,也可能是蓝光处理下植株的呼吸速率较高使光合产物消耗多的缘故<sup>[28]</sup>,另外由于光质的改变诱导了光敏色素对蔗糖代谢酶的调控,影响蔗糖代谢相关酶活性,从而影响可溶性糖含量<sup>[29]</sup>。

随着生活水平的提高,人们对蔬菜品质的要求越来越高,用光质调控提高豌豆苗品质的生产技术,具有经济、环保等优点,若能成功用于生产,必将带来可观的经济和社会效益。

参考文献

[1] 童哲.光质纯度对幼苗光形态建成的影响[J].植物生理学通讯,1989(2):28-31.

[2] 李韶山,潘瑞炽.植物的蓝光效应[J].植物生理学通讯,1993 29(4):248-252.

[3] 刘世琦.蔬菜栽培学简明教程[M].北京:化学工业出版社,2007.

[4] 王德敏,张德纯.芽苗菜及栽培技术[M].北京:中国农业大学出版社,1998.

[5] 曹建康,姜微波,赵玉梅.果蔬采后生理生化实验指导[M].北京:中国轻工业出版社,2007.

[6] 赵世杰,史国安,董新纯.植物生理学实验指导[M].北京:中国农业科学技术出版社,2002.

[7] 许慕农,陈香玲.优良品种香椿芽苗营养成分的研究[J].山东农业大学学报(自然科学版),1995,4(2):140.

[8] 李韶山,潘瑞炽.蓝光对水稻幼苗碳水化合物和蛋白质代谢的调节[J].植物生理学报,1995,21(1):22-28.

[9] 张瑞华.光质与生姜生长发育及光能利用特性的关系[D].泰安:山东农业大学,2008.

[10] 蒲高斌,刘世琦,刘磊等.不同光质对番茄幼苗生长和生理特性的影响[J].园艺学报,2005,32(3):420-425.

[11] 齐连东,刘世琦,许莉等.光质对菠菜草酸、单宁及硝酸盐积累效应的影响[J].农业工程学报,2007 23(4):201-205.

[12] 唐仕荣,高兆建,尤伟等.LED对纤维素酶产生菌生长的影响[J].徐州工程学院学报,2005,20(5):22-24.

[13] 吴惧,徐锦堂.光质对灵芝纤维素酶多酚氧化酶及其灵芝产量的影响[J].中草药,1990 21(4):28-30.

[14] 黄辰,桂美祥,谷胜意.光、Ca<sup>2+</sup>和CaM对菜豆叶枕外植体脱落的影响[J].植物生理学通讯,1991,27(5):347-350.

[15] 徐凯,郭延平,张上隆等.不同光质膜对草莓果实品质的影响[J].

园艺学报,2007 34(3):585-590.

[16] 陈强,刘世琦,张自坤,等.不同LED光源对番茄果实转色期品质的影响[J].农业工程学报,2009 25(5):156-161.

[17] Oba K, Ishikawa S, Nishikawa M, et al. Purification and properties of L-galactono-1,4-lactone dehydrogenase, a key enzyme for ascorbic acid biosynthesis, from sweet potato [J]. JBiochem. 1995 117:120-124.

[18] 徐茂军,朱睦元,顾青.光诱导对发芽大豆中半乳糖酸内酯脱氢酶活性和VC合成的影响[J].营养学报,2002 24(2):212-214.

[19] Tullio MCD, Ciraci S, Liso R, et al. Asorbic acid oxidase is dynamically regulated by light and oxygen. A tool for oxygen management in plant [J]. Plant Physiology, In press. corrected proof Available online 15 December 2005;42-54.

[20] 邓江明,宾金华,潘瑞炽.光质对水稻幼苗初级氮同化的影响[J].植物学报,2000,42(3):234-238.

[21] Kowallik W. Blue light effects on respiration [J]. Annu Rev Plant Physiol, 1982 33:51-72.

[22] Lam H M, Coschigano K T, Oliveira I C, et al. The molecular genetics of nitrogen assimilation into amino acids in higher plants [J]. Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol 1996 47: 569-593.

[23] Campbell W H. Nitrate reductase biochemistry comes of age [J]. Plant Physiol, 1996 111: 355-361.

[24] Ninnemann H. Some aspects of blue light research during last decade [J]. Photochem Photobiol, 1995, 61: 22-31.

[25] 吴毅明,徐师华.温室塑料棚环境管理[M].北京:北京农业出版社,1990;4-6,20-23.

[26] 储钟稀,童哲,冯丽洁等.不同光质对黄瓜叶片光合特性的影响.植物学报,1999,41(8):867-870.

[27] 戴绍军,王洋,阎秀峰,等.滤光膜对喜树幼苗叶片生长和喜树碱含量的影响[J].生态学报,2004 24(5):869-875.

[28] 史宏志,韩锦峰,张国显,等.单色蓝光和红光对烟苗叶片生长和碳氮代谢的影响[J].河南农业大学学报,1998(3):258-262.

[29] Kasperbauer J. Strawberry yield over red versus black plastic mulch [J]. Crop Sci 2000, 40: 171-174.

Dynamic Effects of Different Light Qualities on Pea Sprouts Quality

ZHANG Li-wei, LIU Shi-q, ZHANG Zi-kun, YANG Ru, YANG Xiao-jian

(College of Horticulture Science and Engineering, Shandong Agricultural University, State Key Laboratory of Crop Biology, Agriculture Ministry Key laboratory of Horticultural Crop Biology, Tai'an, Shandong 271018)

**Abstract:** Red light, blue light, red+blue (R+B) light generated by light-emitting diode were applied, and white light generated by fluorescent lamps was used as control. The effects of different light qualities on quality of pea sprouts were studied. The results showed that the contents of vitamin C and soluble protein were the highest and the crude fibre content was the lowest under the blue light among the treatments. The soluble sugar content was the highest, but the vitamin C and soluble protein biosynthesis were significantly inhibited, and the crude fibre content was significantly increased under the red light. So the quality of pea sprouts was best grown under the blue light, and was worst under the red light.

**Key words:** light quality; light emitting diodes(LED); pea sprouts; quality