

光质对萝卜芽苗菜生长及营养品质的影响

崔瑾, 鲁燕舞, 张晓燕

南京农业大学生命科学学院, 南京 210095

摘要 采用发光二极管(LED)精确调制光质和光量,以黑暗为对照,研究光质对杨花萝卜和青头萝卜芽苗菜生长和营养品质的影响。结果表明,与黑暗相比,各光质处理显著抑制了萝卜芽苗菜下胚轴的伸长,其中UV-B抑制效果最明显;UV-B处理也显著降低了萝卜芽苗菜的地上部鲜质量。白光处理显著提高了杨花萝卜芽苗菜可溶性糖的含量,而黄光处理显著降低了可溶性糖的含量。青头萝卜芽苗菜可溶性糖的含量在黄光、蓝光和UV-B处理下有显著降低。杨花萝卜芽苗菜可溶性蛋白、游离氨基酸和维生素C含量在UV-B处理下有显著提高。蓝光处理也显著提高了杨花萝卜芽苗菜游离氨基酸的含量,但显著降低了青头萝卜芽苗菜游离氨基酸的含量。青头萝卜芽苗菜维生素C含量在UV-B处理下有显著提高,但在黄光下有显著降低。研究表明,光质处理萝卜芽苗菜,尤其是UV-B处理,能提高芽苗菜的营养品质。

关键词 光质处理;萝卜;芽苗菜;营养品质

中图分类号 S631.1

文献标志码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2014.10.007

Effects of Light Quality on the Growth and Nutrition Quality of Radish Sprouts

CUI Jin, LU Yanwu, ZHANG Xiaoyan

College of Life Sciences, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China

Abstract The effects of light spectral energy distribution of light emitting diode (LED) on growth and nutrition quality of radish sprouts have been investigated, with the dark treatment used as control. The results showed that light treatment dramatically inhibited hypocotyl elongation of radish sprouts, especially UV-B, as compared with dark treatment. Also, UV-B treatment significantly decreased the fresh shoot weight of radish sprouts. The soluble sugar content of 'Yanghua' radish sprouts was significantly increased under white light treatment, and significantly decreased under yellow light treatment. Whereas the soluble sugar content of 'Qingtou' radish sprouts was significantly decreased under yellow, blue and UV-B light treatments. The contents of soluble protein, free amino acid and vitamin C in 'Yanghua' radish sprouts were obviously increased under UV-B treatment. In addition, the blue light treatment dramatically increased the free amino acid content in 'Yanghua' radish sprouts, but not in 'Qingtou' radish sprouts. The vitamin C content of 'Qingtou' radish sprouts was obviously increased under UV-B treatment, but dramatically decreased under yellow light treatment. These results suggest that light treatments, especially UV-B, are effective in promoting nutritional quality of radish sprouts.

Keywords light quality treatment; radish; sprout; nutrition quality

光质对植物幼苗的生长发育有重要影响。芽苗菜作为一种绿色无污染、营养丰富的蔬菜,光质对其生长及品质有很大影响,这为利用光质调节芽苗菜的生长及其品质提供了可能性。发光二极管(light emitting diode, LED)作为第四代

新型照明光源,具有光电转化效率高、节能、体积小、寿命长、光谱能量调制便捷及低发热量等优点,能大大提高空间利用效率,被认为是21世纪最有前途的人工光源^[1,2]。目前已有研究应用LED进行光质调控,探讨其对萝卜^[3]、豌豆^[4,5]、万寿菊和

收稿日期:2014-01-09;修回日期:2014-02-15

基金项目:国家自然科学基金项目(31171998)

作者简介:崔瑾,教授,研究方向为设施栽培光调控机理,电子信箱:cuijin@njau.edu.cn;鲁燕舞(共同第一作者),硕士研究生,研究方向为植物光生物学,电子信箱:2011116008@njau.edu.cn

引用格式:崔瑾,鲁燕舞,张晓燕.光质对萝卜芽苗菜生长及营养品质的影响[J].科技导报,2014,32(10):41-46.

丹参^[6]等幼苗生长发育的影响,证实光质对植物生长发育和形态建成具有显著影响。

萝卜芽苗菜是一种新型绿色苗菜,含有大量对人体健康有益的物质。本实验分析LED光质调控措施对萝卜芽苗菜生长和营养品质的影响,以期找到能提高萝卜芽苗菜品质的适合光谱。

1 材料与方 法

1.1 实验材料

供试萝卜品种为杨花萝卜、青头萝卜。

1.2 实验方法

1.2.1 培养条件

剔除萝卜种子中虫蛀、残破、畸形、霉变的种子及杂质,

用水浸泡 12 h 后,去除漂浮的种子 and 种皮上的黏液,沥去多余水分。然后将种子均匀洒在底部铺有 2 cm 厚蛭石的育苗盘中,黑暗催芽 2 d 后置于不同波长光照下培养。光照 7 d 后,随机取样进行相关指标的测定。培养箱内相对湿度为 80% 左右,温度为 $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$,每天光照 12 h。

1.2.2 光质处理

光质处理组在冷光源培养箱(宁波海曙赛福试验仪器厂)内培养,箱内顶置 LED 光源,可发出白光(W)、红光(R)、蓝光(B)及黄光(Y);另外使用紫外窄谱灯管作 UV-B 光源(图 1),以黑暗培养(D)作为对照。调节电流以及光源与植株的距离,使用光量子计(GLZ-A,浙江托普仪器有限公司)测量光量,使光量均在 $30 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 左右。

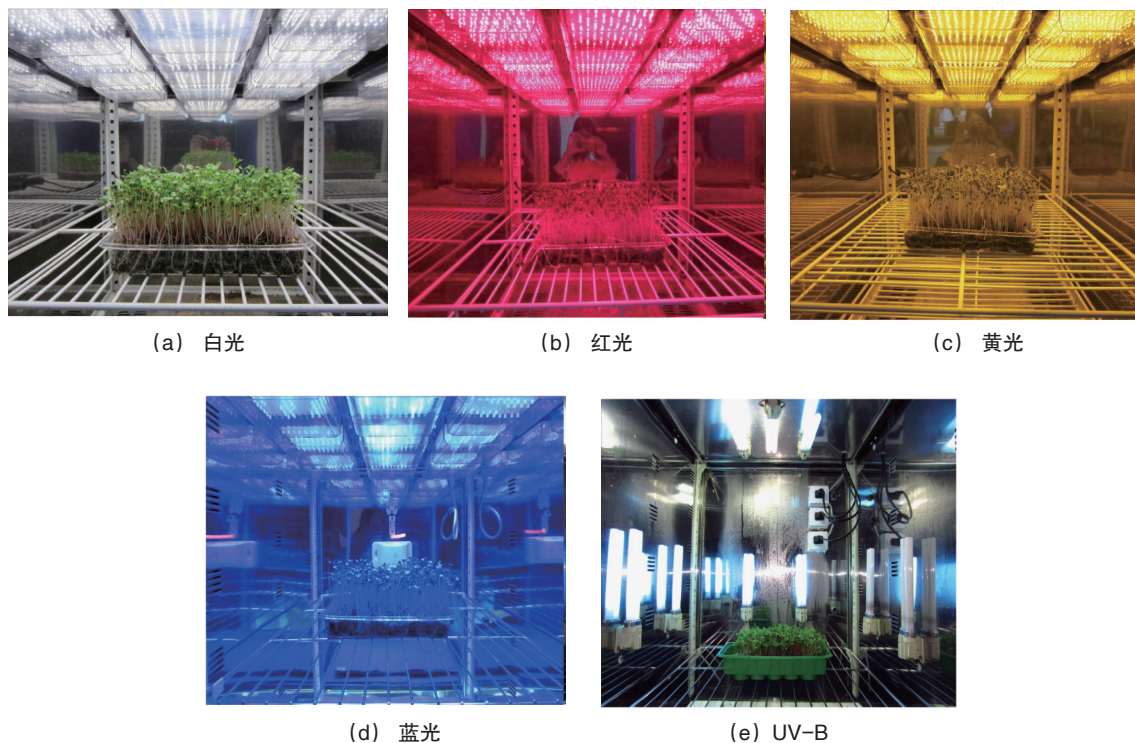


图 1 不同光谱能量分布的实验小区示意

Fig. 1 General view of plot with different spectral energy distribution

1.3 测定项目与方法

1.3.1 形态生长指标的测定

用直尺测定生长 7 d 的芽苗菜下胚轴长。休眠种子、吸胀种子和生长 7 d 的芽苗菜地上部鲜质量用分析天平测定后,放于烘箱内, 85°C 下烘至恒重后测定干质量,并计算含水率。

1.3.2 营养品质指标的测定

营养品质指标主要测定可溶性糖、可溶性蛋白、游离氨基酸、维生素 C 和纤维素的含量。

可溶性糖含量的测定^[7]:取一定鲜样放入加有适量蒸馏

水的试管中,沸水提取 30 min。提取液与蒽酮乙酸乙酯和浓硫酸反应后,于 630 nm 波长下测定吸光值。

可溶性蛋白含量的测定^[7]:取一定鲜样放入研钵中加蒸馏水研磨成匀浆,经洗涤后收集至离心管中,在 4000 r/min 下离心 20 min;然后取适量上清与考马斯亮蓝 G-250 蛋白试剂反应后,于 595 nm 下测定吸光值。

游离氨基酸含量的测定^[7]:将适量研磨至粉末的干样加水于 85°C 保温 30 min,然后在 4000 r/min 下离心 20 min;取适量上清与茚三酮酒精溶液沸水浴 10 min 后加 95% 乙醇,于 570 nm 测定吸光值。

维生素C含量的测定^[7]:取适量样品于研钵中,加2%草酸研磨至匀浆,洗涤并倒入25 mL容量瓶中;然后加入30%硫酸锌和15%亚铁氰化钾,混匀并用草酸定容至刻度后过滤;滤液与二氯酚靛酚染料反应后,用二甲苯萃取,在500 nm下测定上层二甲苯萃取液的吸光值。

纤维素含量的测定^[7]:取适量干样放入加有60%硫酸的试管中消化30 min;将消化后的溶液稀释并过滤,取滤液与蒽酮试剂和浓硫酸反应后于620 nm下测定吸光值。

测量形态指标和生理生化指标时均随机取样,形态指标测定设6次重复,生理生化实验重复3次。

1.4 数据处理

利用Excel 2003对数据进行整理,SPSS 17.0进行方差分析,采用Duncan进行多重比较, $P < 0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 光质对芽苗菜生长的影响

由表1、图2可知,青头萝卜芽苗菜的下胚轴长度和芽苗菜地上部鲜质量在所有处理下均高于杨花萝卜在相应处理下的下胚轴长和芽苗菜地上部鲜质量。光质处理对2个萝卜品种芽苗菜下胚轴长影响一致。与黑暗处理相比,UV-B对下胚轴伸长的抑制效果最明显,其次是白光和蓝光,再次是黄光和红光。两个萝卜品种的芽苗菜在不同处理下地上部鲜质量和含水率有所不同,杨花萝卜芽苗菜含水率在各处理间无明显差异,而青头萝卜在UV-B处理下含水率明显降低;2个萝卜品种芽苗菜都是在黑暗下的地上部鲜质量最高,UV-B下的最低。

表1 萌发期间萝卜芽苗菜质量、含水量和下胚轴长度的变化

Table 1 Changes in weight, moisture and hypocotyls length throughout germination of radish sprouts

	青头萝卜			杨花萝卜		
	地上部鲜质量/mg	含水率/%	下胚轴长/cm	地上部鲜质量/mg	含水率/%	下胚轴长/cm
休眠种子	8.85±0.43	6.02±0.05	—	4.96±0.34	5.41±0.37	—
吸胀种子	15.92±0.78	48.33±1.10	—	8.52±0.61	44.90±0.46	—
D	171.58±8.05 ^a	95.54±0.13 ^a	12.88±0.30 ^a	80.59±1.66 ^a	94.68±0.10 ^a	11.20±0.20 ^a
7 d W	167.60±0.58 ^a	95.62±0.08 ^a	9.75±0.19 ^c	75.43±2.51 ^{ab}	94.51±0.27 ^a	6.41±0.10 ^d
芽 R	163.13±6.20 ^{ab}	95.38±0.04 ^a	11.22±0.46 ^b	64.30±2.45 ^{bc}	94.88±0.30 ^a	8.15±0.22 ^b
苗 Y	172.40±11.49 ^a	95.67±0.23 ^a	11.39±0.27 ^b	72.14±2.04 ^{ab}	94.93±0.08 ^a	7.59±0.19 ^c
菜 B	145.53±0.68 ^b	95.65±0.06 ^a	9.46±0.32 ^c	71.50±3.69 ^{ab}	94.84±0.10 ^a	6.50±0.15 ^d
UV-B	145.46±4.00 ^b	94.69±0.06 ^b	5.08±0.19 ^d	54.86±7.01 ^c	94.65±0.22 ^a	3.94±0.12 ^c

注:表中数据为平均数±标准差;小写字母表示在 $P < 0.05$ 水平差异显著。



(a) 杨花萝卜

(b) 青头萝卜

图2 光质处理对萝卜芽苗菜生长的影响

Fig. 2 Effects of light quality on growth of radish sprouts

2.2 光质对芽苗菜可溶性蛋白、可溶性糖和游离氨基酸含量的影响

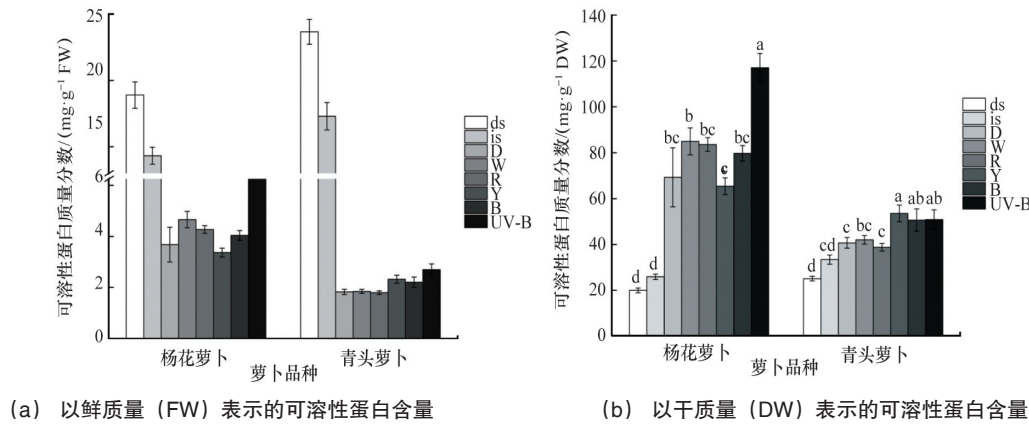
由表1可知,萝卜种子在萌发的不同阶段其含水量明显不同,2个萝卜品种从休眠种子到生长7 d的芽苗菜,其含水量分别从5.41%、6.02%增至94%、95%左右。因而,当物质的质量分数用鲜质量(FW)计算时,水分的存在对物质的质量分数必然有稀释作用,而用于干质量(DW)计算物质的质量分

数则可以消除水分的影响,从图3、图4可以明显看出这种影响。

由图3(b)、图4(b)、图5可知,光质处理对2个萝卜品种芽苗菜可溶性蛋白、可溶性糖和游离氨基酸含量影响不同。种子在萌发过程中其可溶性蛋白含量和游离氨基酸含量显著增加,但种子萌发后可溶性糖含量有所下降。与黑暗对照相比,各光质处理对杨花萝卜中可溶性蛋白无明显影响,UV-

B处理除外。而在青头萝卜中,与黑暗对照相比,可溶性蛋白在黄光、蓝光和UV-B处理下有显著提高。与种子中可溶性糖含量相比,生长7 d的芽苗菜中可溶性糖含量有所下降,但白光和UV-B处理缓解了杨花萝卜中可溶性糖的下降。而在青头萝卜中黄光、蓝光和UV-B处理反而加快了可溶性糖含量

的下降。另外,与黑暗处理相比,白光处理显著提高了2个萝卜品种芽苗菜中游离氨基酸的含量,蓝光和UV-B处理显著提高了杨花萝卜中游离氨基酸的含量,但蓝光处理显著降低了青头萝卜中游离氨基酸的含量。



ds—休眠种子;is—吸胀种子;D—黑暗;W—白光;R—红光;Y—黄光;B—蓝光;UV-B—紫外光B波段

图3 不同萌发阶段萝卜芽苗菜可溶性蛋白含量的变化

Fig. 3 Changes in soluble protein throughout germination of radish sprouts

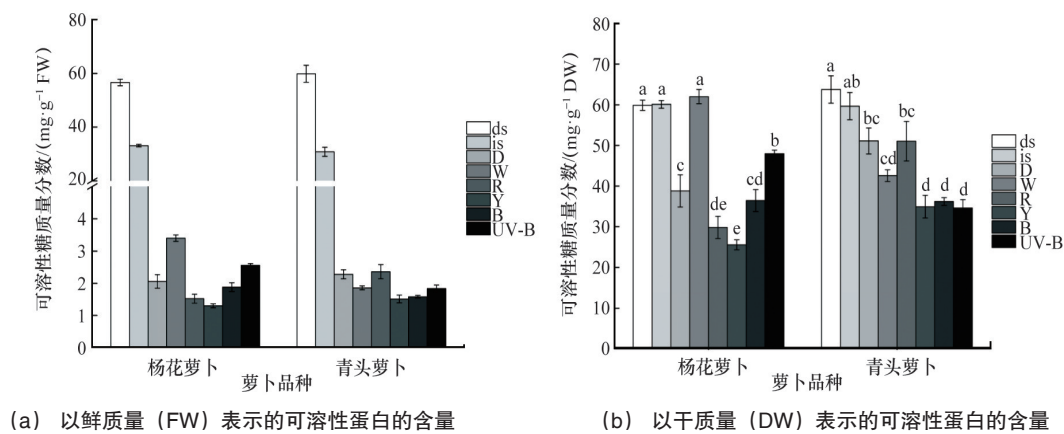


图4 不同萌发阶段萝卜芽苗菜可溶性糖含量的变化

Fig. 4 Changes in soluble sugar throughout germination of radish sprouts

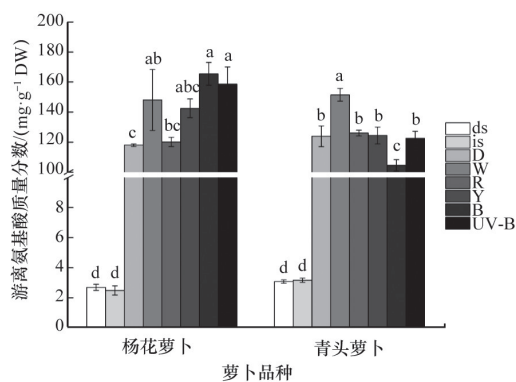


图5 不同萌发阶段萝卜芽苗菜游离氨基酸含量的变化

Fig. 5 Changes in free amino acid throughout germination of radish sprouts

2.3 光质对芽苗菜纤维素和维生素C含量的影响

由图6可知,杨花萝卜中的纤维素含量总体高于青头萝卜。光质对青头萝卜纤维素含量影响较大,与黑暗对照相比,光质处理后青头萝卜中纤维素含量显著下降(UV-B处理除外),其中黄光和蓝光处理下纤维素含量最低。而在杨花萝卜中,光质处理与黑暗对照相比纤维素含量无显著差异(白光除外)。

从图7可知,与黑暗对照相比,青头萝卜中白光、蓝光和UV-B显著提高了维生素C含量,其中UV-B处理维生素含量最高,而黄光显著降低了维生素C的含量。杨花萝卜除UV-B处理显著提高了维生素C含量外,其他处理下的维生素C含量与黑暗对照处理无显著差异。

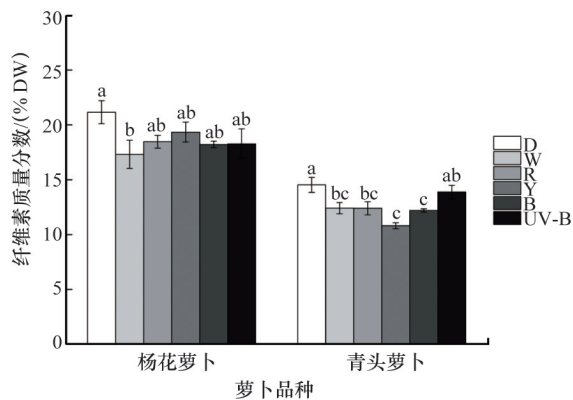


图6 光质处理对萝卜芽苗菜纤维素含量的影响
Fig. 6 Effects of light quality on fibre content of radish sprouts

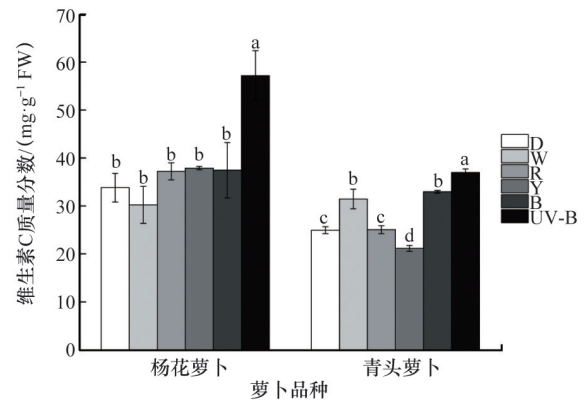


图7 光质处理对萝卜芽苗菜维生素C含量的影响
Fig. 7 Effects of light quality on Vc content of radish sprouts

3 讨论

光是影响植物生长发育的重要环境因子,植物能通过体内多种多样的光受体感应不同波长范围的光,从而调节植物的生长发育与物质代谢。本研究发现UV-B不仅抑制了下胚轴的伸长还显著减少了萝卜芽苗菜上部的鲜质量,这与前人的研究结果一致^[8]。而上述变化可能与体内激素水平的变化有关。Liu等^[9]研究UV-B处理对栝楼幼苗体内激素水平的影响发现,增加UV-B辐射可明显减少栝楼苗中生长素(IAA)和赤霉素($GA_{1/3}$)的含量,但增加了脱落酸(ABA)和玉米素核苷(ZR)的含量。

萝卜芽苗菜是一种营养丰富、风味独特、品质柔嫩的新型绿色芽苗蔬菜。本研究发现在萝卜种子萌发后给予一定的光照可改善萝卜芽苗菜的营养品质。UV-B处理下,2个萝卜品种芽苗菜中可溶性蛋白的含量都有显著增加,这可能与弱UV-B辐射诱导一些与抗性相关的基因表达从而合成更多的蛋白质有关^[10]。

氨基酸是组成蛋白质的基本单位,游离氨基酸含量与食品加工和风味密切相关^[11],因此可将游离氨基酸作为萝卜芽苗菜重要的营养品质指标之一。种子萌发时体内贮藏的蛋白质可被蛋白酶作用水解为游离氨基酸,产生的游离氨基酸进入根芽中重新合成新的蛋白质和其他物质^[12]。本研究发现,种子萌发后游离氨基酸含量迅速增加;培养至7 d时,与黑暗对照处理相比,白光处理显著增加了2个萝卜品种芽苗菜中游离氨基酸的含量,另外蓝光和UV-B处理也显著增加了杨花萝卜芽苗菜中游离氨基酸的含量。

维生素C是一种重要的维生素,如果缺乏维生素C将导致多种疾病的发生,因此维生素C含量也是萝卜芽苗菜重要的营养品质指标之一。UV-B处理显著提高了2个萝卜品种芽苗菜维生素C含量,说明适当的UV-B照射可提高萝卜芽苗菜中维生素C的含量,这与前人的报道一致^[13-15]。此外,白光和蓝光处理也显著提高了青头萝卜芽苗菜中维生素C的含量。半乳糖酸内酯脱氢酶(GLDH)是植物体内维生素C(抗坏

血酸)代谢途径的关键酶^[16]。徐茂军等^[14]研究发现,与黑暗处理相比,白光、蓝光和紫外光处理在提高发芽大豆维生素C含量的同时,GLDH活性也增加了。

4 结论

萝卜芽苗菜的营养物质含量因光质处理和萝卜品种不同而异。与黑暗对照相比,杨花萝卜芽苗菜可溶性蛋白、游离氨基酸和维生素C含量在UV-B处理下有显著提高,而可溶性糖含量在白光下有显著提高;另外,蓝光也可显著提高杨花萝卜芽苗菜游离氨基酸的含量,但显著降低了青头萝卜芽苗菜游离氨基酸的含量;青头萝卜芽苗菜维生素C含量在UV-B处理下有显著提高,但在黄光下有显著降低。说明适当的光处理可增加萝卜芽苗菜的营养价值,应用节能环保、安全高效的新型LED光调控技术培育萝卜芽苗菜,提高芽苗菜的营养品质是切实可行的。

参考文献(References)

- [1] 马超,张欢,郭银生,等. LED在芽苗菜生产中的应用及前景[J]. 中国蔬菜, 2010, 20: 9-13.
Ma Chao, Zhang Huan, Guo Yinsheng, et al. Application and prospects of LED in sprout seedling vegetable cultivation[J]. China Vegetables, 2010, 20: 9-13.
- [2] Morrow R C. LED Lighting in Horticulture[J]. Hortscience, 2008, 43(7): 1947-1950.
- [3] 张欢,徐志刚,崔瑾,等. 不同光质对萝卜芽苗菜生长和营养品质的影响[J]. 中国蔬菜, 2009, 10: 28-32.
Zhang Huan, Xu Zhigang, Cui Jin, et al. Effects of different spectra on growth and nutritious quality of radish sprouting seedling[J]. China Vegetables, 2009, 10: 28-32.
- [4] Wu M, Hou C, Jiang C, et al. A novel approach of LED light radiation improves the antioxidant activity of pea seedlings[J]. Food Chemistry, 2007, 101: 1753-1758.
- [5] 张立伟,刘世琦,张自坤,等. 不同光质对豌豆苗品质的动态影响[J]. 北方园艺, 2010, 8: 4-7.
Zhang Liwei, Liu Shiqi, Zhang Zikun, et al. Dynamic effects of different

- light qualities on pea sprout quality[J]. Northern Horticulture, 2010, 8: 4-7.
- [6] Heo J, Lee C, Chakrabarty D, et al. Growth responses of marigold and salvia bedding plants as affected by monochromic or mixture radiation provided by a light-emitting diode (LED)[J]. Plant Growth Regul, 2002, 38: 225-230.
- [7] 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.
Wang Xuekui. Experiment theory and technology on plant physiology and biochemistry[M]. Beijing: Higher Education Press, 2006.
- [8] Zuk-Golaszewska K, Upadhyaya M K, Golaszewski J. The effect of UV-B radiation on plant growth and development[J]. Plant Soil Environ, 2003, 49(3): 135-140.
- [9] Liu Y, Zhong Z. Interactive effects of α -NAA and UV-B radiation on the endogenous hormone contents and growth of *Trichosanthes kirilowii* Maxim seedlings[J]. Acta Ecologica Sinica, 2009, 29: 244-248.
- [10] 罗丽琼, 陈宗瑜, 古今, 等. 紫外线-B辐射对植物DNA及蛋白质的影响[J]. 生态学杂志, 2006, 25(5): 572-576.
Luo Liqiong, Chen Zongyu, Gu Jin, et al. Effects of enhanced UV-B radiation on protein synthesis and DNA damage in plants[J]. Chinese Journal of Ecology, 2006, 25(5): 572-576.
- [11] 刘贤娟. 萝卜营养及风味物质积累规律研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2009.
Liu Xianxian. The study on the accumulation of the nutrition and flavor components during the development of Chinese radish[D]. Taian: Shandong Agricultural University, 2009.
- [12] 白永富, 卢秀萍. 烟草种子萌发期间可溶性蛋白质含量与游离氨基酸含量的相关性研究[J]. 中国农学通报, 2006, 22(8): 286-288.
Bai Yongfu, Lu Xiuping. The correlation between the soluble protein content and the free amino acids during germination of tobacco seeds [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2006, 22(8): 286-288.
- [13] 王英利, 王勋陵, 岳明. UV-B及红光对大棚番茄品质的影响[J]. 西北植物学报, 2000, 20(4): 590-595.
Wang Yingli, Wang Xunling, Yue Ming. Effects of supplementary radiation of UV-B and red light on fruit quality of tomato in winter plastic greenhouse[J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia, 2000, 20(4): 590-595.
- [14] 徐茂军, 朱睦元, 顾青. 光诱导对发芽大豆中半乳糖胺内酯脱氢酶活性和维生素C合成的影响[J]. 营养学报, 2002, 24(2): 212-214.
Xu Maojun, Zhu Muyuan, Gu Qing. Study on the GLDH activity and synthesis of ascorbic acid in soybean sprouts induced by light[J]. Acta Nutrimenta Sinica, 2002, 24(2): 212-214.
- [15] 赵节昌, 李笑梅. 外源因素对萌发大豆中VC含量的影响[J]. 食品科学, 2011, 32(19): 42-45.
Zhao Jiechang, Li Xiaomei. Effects of exogenous factors on the content of vitamin C in germinated soybean[J]. Food Science, 2011, 32(19): 42-45.
- [16] Wheeler G L, Jones M A, Smirnoff N. The biosynthetic pathway of vitamin C in higher plants[J]. Nature, 1998, 393: 365-369.

(责任编辑 王媛媛)

·学术动态·



中国科协主题科普活动蓬勃开展

2013年,中国科协按照高层次、重实效、广覆盖的要求,认真组织举办百场院士专家科普报告黔贵行、第十五届中国科协年会暨贵州省科技活动周主场科普宣传活动、贵州省科普大联动等3大系列、1200项、受益群众72万余人的第十五届中国科协年会科普活动,百余个国家学会、地方科协、高校、科研院所和企业等单位,动员科技人员1.18万人。特别是,参加年会的院士专家有52人为贵州的中小學生、企业职工、社区居民等作了高层次科普报告。

与科学技术部、中共中央宣传部共同主办2013年全国科技活动周,发动全国学会和地方科协以“科技创新·美好生活”为主题,积极开展各具特色的科普活动,重点组织和支持50余个全国学会开展科普活动,积极推介优秀科普产品。

参与主办“科技列车湘西行”活动,组织科技、卫生等专家开展科普服务,并按照中央领导同志参观科技周大型科普展览时的重要指示,2013年9月在中国科技馆举办“日月经天,江河行地——国家重大科技成果掠影”展览,向公众展示国家高新技术成就,让公众感受科技创新、学习科技知识。

积极履行国家减灾委员会成员单位职责,发动相关全国学会和地方科协参加国家防灾减灾日和国际减灾日宣传,以“识别灾害风险,掌握减灾技能”为主题,组织“体验式、参与式”防灾减灾活动,向社会公众尤其是中小學生、农民工、工矿企业职工等普及逃生避险基本技能,认真转发《救灾快报》,提升紧急情况下自救互救能力。

与吴阶平医学基金会、人民网、健康报等联合主办“健康中国——肝病巡讲活动”,在全国选拔培训200名肝病科普咨询专家,为广大患者提供肝病的科普宣教和诊疗咨询服务等工作。

与中国卫星导航年会组委会共同举办“第四届中国卫星导航学术年会科普活动”,面向公众特别是青少年举办丰富多彩的北斗主题科普宣传活动,促进公众对卫星导航科学的了解和认知。

与国务院机关事务管理局联合,在2013年6月的公共机构节能宣传周期间,开展网上“节能低碳”科普宣传工作。

详见中国科协网<http://www.cast.org.cn/n35081/n35533/n38605/15353848.html>。