

# 发光二极管(LED)红蓝光照对不同水稻品种秧苗素质的影响

王国莉, 宋冠华, 黄素杏, 朱晓霞

(惠州学院 生命科学系, 广东 惠州 516007)

**摘要:** 为探讨水稻育秧的光需求规律, 促进水稻工厂化育秧的开展, 以合丰和黄秀 2 个水稻品种为材料, 研究了发光二极管(LED)红蓝单色光照对水稻秧苗素质的影响。结果表明, LED 红蓝单色光长时间照射水稻秧苗, 会影响秧苗的正常生长, 导致秧苗素质较对照(普通荧光灯)下降。与红光处理相比, 蓝光处理的水稻秧苗的光合色素含量下降较快, 但使体内叶绿素 a 和类胡萝卜素含量维持在较高水平。蓝光处理抑制水稻秧苗的伸长生长, 根长、株高都低于红光处理, 却可以增加秧苗根数、茎粗, 增加干物质积累, 使壮苗指数等秧苗素质指标优于红光处理。这说明红蓝单色 LED 光源不能作为独立光源用于水稻工厂化育秧。

**关键词:** 发光二极管(LED); 红蓝光; 水稻; 秧苗素质

**中图分类号:** S511      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1004-3268(2014)10-0006-05

## Effects of Red and Blue Illumination from Light-emitting Diode(LED) on Seedling Quality of Different Rice Cultivars

WANG Guo-li, SONG Guan-hua, HUANG Su-xing, ZHU Xiao-xia

(Department of Life Science, Huizhou University, Huizhou 516007, China)

**Abstract:** In order to probe the illumination-requirement law of raising rice seedlings and promote the factory production of raising rice seedlings, two rice cultivars (Hefeng and Huangxiu) were used to study the effect of red and blue illumination from light emitting diode(LED) on the quality of seedlings. The results showed that seedlings growth was affected by LED red or blue illumination treatment, leading to the decreased quality of seedlings compared with CK (conventional fluorescent light). Total content of photosynthetic pigments decreased more under long-time LED blue illumination than under LED red illumination, while the contents of chlorophyll a and carotenoid maintained a higher level in treatment of LED red illumination. Further study showed that blue illumination treatment inhibited the root elongation, root length and plant height of rice seedlings, but increased the root number, stem thickness and dry matter accumulation, so the sound seedling index was superior to that of red illumination treatment. It implied that LED monochrome blue or red illumination would not meet the illumination requirement in factory production of raising rice seedlings.

**Key words:** light emitting diode(LED); red and blue illumination; rice; seedling quality

水稻是世界三大农作物之一, 世界上近一半人口都以大米为主食。“秧好一半粮”<sup>[1]</sup>, 培育出

适龄多蘖壮秧是水稻高产栽培的重要环节和基础。随着农业现代化进程不断加快, 具有省田、

收稿日期: 2014-03-09

基金项目: 广东省重大科技专项(2011A080801020); 惠州市科技计划项目(2011C020005002); 惠州学院校级重点科研项目(C211.0406)

作者简介: 王国莉(1974-), 女, 山西万荣人, 副教授, 博士, 主要从事植物生理及分子生物学方面的研究。

E-mail: lily308@hzu.edu.cn

省水、省工、省肥、省种和增产效果的工厂化育秧逐渐成为育秧新趋势。传统的植物工厂补充光源存在能耗大、散热多、不环保等缺陷。发光二极管(LED)作为第 4 代新型照明光源,具有光质纯、光效高、与植物光合作用和光形态建成的光谱范围吻合以及节能环保等优势,可实现高效能、低热负荷和紧凑空间的集约化植物生产<sup>[2-3]</sup>,被认为是 21 世纪农业与生物领域最有前途的人工光源<sup>[4]</sup>。已有研究表明,LED 对植物生长发育和形态建成具有显著影响<sup>[5-6]</sup>。Hausler 等<sup>[7]</sup>研究发现,蓝光可能通过影响叶绿体发育及光合作用来调控水稻幼苗的形态建成。郭银生等<sup>[8]</sup>研究认为,红蓝组合光有利于培育水稻壮苗。红光能提高水稻过氧化氢酶和过氧化物酶活性,远红光则会逆转这种效应<sup>[9]</sup>。付传明等<sup>[10]</sup>研究发现,采用 LED 补光对水稻幼苗生长有促进作用,单波蓝光对水稻幼苗的生长最好。目前国内在工厂化育苗领域,LED 光质补光的应用基础研究较为薄弱,适合水稻工厂化育秧的 LED 光源的开发和研究并不深入,限制了这项技术在生产上的广泛应用。因此,研究了 LED 红蓝单色光照对水稻秧苗素质的影响,旨在探明水稻不同品种实现工厂化育秧的光需求规律,从而提高水稻育秧效率,推动水稻增产。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料及处理

育秧土壤采自惠州学院校园旁的菜地,经立式高压灭菌锅消毒晒干备用。

供试合丰、黄秀两品种籼稻种子由惠州市农业科学研究所提供。人工清洗剔除虫蛀、残破、畸形、霉变的种子及杂质,常温浸种 24 h 后,30 ℃催芽 48 h,秧盘播种,每孔 1 粒。

采用改造后的 LED 人工气候箱(宁波莱福科技有限公司)进行光照处理。在人工气候箱内两侧各

置 LED 红光(记作 R)630 nm 和蓝光(记作 B)470 nm 光源,光照强度 60  $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$  (3 000 lx),对照(CK)置普通气候箱内培养,光源为普通荧光灯。光暗周期为 12 h 光/12 h 暗,白天温度为 30 ℃,湿度为 70%,夜晚温度为 15 ℃,湿度为 70%。测定 10 日龄和 20 日龄水稻秧苗的秧苗素质。

### 1.2 测定项目及方法

1.2.1 生理指标 参照邹琦<sup>[11]</sup>的方法测定水稻秧苗的叶绿素含量,并按 Arnon<sup>[12]</sup>的方法计算各种叶绿素及类胡萝卜素的含量。叶片可溶性蛋白含量的测定采用考马斯亮蓝法<sup>[13]</sup>。采用蒽酮比色法<sup>[14]</sup>测定水稻秧苗叶片内可溶性总糖的含量。采用氯化三苯基四氮唑法(TTC 法)测定水稻秧苗的根系活力<sup>[13]</sup>。

1.2.2 形态指标 随机选取 20 株水稻秧苗,蒸馏水洗净备用。用直尺分别测定株高和根长,游标卡尺测定茎宽,并记录叶片数和根数,测量 20 株秧苗的鲜质量和干质量,采用公式“壮苗指数=茎粗/株高 $\times$ 干质量”计算壮苗指数。重复测定取平均值。

## 2 结果与分析

### 2.1 LED 红蓝光照对水稻秧苗光合色素含量的影响

由表 1 可看出,LED 红蓝单色光处理 2 个水稻品种秧苗 10 d,秧苗体内各种色素的含量均低于对照,红光处理的秧苗体内叶绿素 b 和 a+b 的含量显著高于蓝光处理,而蓝光处理却可以使体内叶绿素 a 和类胡萝卜素含量维持在较高水平,显著高于红光处理。

处理 20 d 时,2 个品种体内各种色素(合丰的叶绿素 b 除外)的含量均表现为对照>红光处理>蓝光处理。与对照比较,单色光处理的两品种体内各种色素含量总体上均显著下降,说明长时间单色光照会引起光合色素的降解,其中蓝光处理下各种色素的含量下降更快。这说明红蓝单色光照射并不利于秧苗光合色素的合成和积累。

表 1 LED 红蓝光照处理下水稻秧苗光合色素(鲜质量)含量的变化

mg/g

秧龄/d	品种	处理	叶绿素 a	叶绿素 b	叶绿素 a+b	类胡萝卜素
10	合丰	CK	8.13 $\pm$ 0.75a	7.01 $\pm$ 1.01a	14.14 $\pm$ 1.70a	16.50 $\pm$ 0.28a
		R	5.15 $\pm$ 0.51b	6.92 $\pm$ 0.27a	12.07 $\pm$ 0.77a	11.60 $\pm$ 0.49b
		B	8.03 $\pm$ 0.80a	2.33 $\pm$ 0.21b	10.36 $\pm$ 0.61b	15.79 $\pm$ 0.95a
	黄秀	CK	9.49 $\pm$ 1.21a	7.70 $\pm$ 1.33a	17.19 $\pm$ 4.57a	20.76 $\pm$ 0.10a
		R	4.49 $\pm$ 0.34c	5.41 $\pm$ 0.52b	9.90 $\pm$ 0.86b	10.35 $\pm$ 1.09c
		B	6.39 $\pm$ 0.51b	1.85 $\pm$ 0.30c	8.24 $\pm$ 0.81c	12.77 $\pm$ 1.18b
20	合丰	CK	11.44 $\pm$ 1.73a	3.08 $\pm$ 0.56a	14.52 $\pm$ 2.27a	23.37 $\pm$ 2.13a

续表 1 LED 红蓝光照处理下水稻秧苗光合色素(鲜质量)含量的变化

mg/g

秧龄/d	品种	处理	叶绿素 a	叶绿素 b	叶绿素 a+b	类胡萝卜素
	黄秀	R	3.25±0.41b	4.13±0.44b	7.38±1.66b	7.52±1.06b
		B	2.94±0.73b	1.64±0.08c	4.58±0.73b	6.26±1.41b
		CK	7.47±1.29a	5.03±0.27a	9.50±3.09a	14.13±1.26a
		R	4.16±1.05b	3.61±0.35b	7.77±1.39ab	10.06±1.27b
		B	3.81±0.75b	1.49±0.25c	5.30±0.93b	8.97±0.80c

注:同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著( $P<0.05$ ),下同。

## 2.2 LED 红蓝光照对水稻秧苗可溶性蛋白含量的影响

从表 2 看出,秧龄 10 d 时,红蓝 2 种单色光处理可以显著增加合丰秧苗体内可溶性蛋白的含量,蓝光照射效果最好;黄秀秧苗体内可溶性蛋白含量则显著下降,以蓝光处理的秧苗中可溶性蛋

白含量较高。秧龄 20 d 时,所有秧苗体内的可溶性蛋白含量均较秧龄 10 d 时下降,LED 红蓝单色光处理的秧苗体内可溶性蛋白含量均显著低于对照,且以红光处理的秧苗可溶性蛋白含量下降较快。这说明与红光相比,蓝光利于维持水稻秧苗体内较高的可溶性蛋白含量。

表 2 LED 红蓝光处理下水稻秧苗可溶性蛋白(鲜质量)含量的变化

秧龄/d	品种	处理	可溶性蛋白含量/(mg/g)	秧龄/d	品种	处理	可溶性蛋白含量/(mg/g)
10	合丰	CK	72.41±4.20c	20	合丰	CK	61.02±1.63a
		R	96.82±2.65b			R	40.64±0.99c
		B	102.35±1.62a			B	47.17±0.99b
	黄秀	CK	99.09±6.37a		黄秀	CK	70.11±3.67a
		R	72.49±2.87c			R	20.08±2.53c
		B	88.11±4.72b			B	34.71±0.52b

## 2.3 LED 红蓝光照对水稻秧苗可溶性总糖含量的影响

从表 3 可以看出,秧龄 10 d 时,红蓝单色光处理的两品种秧苗的可溶性总糖含量显著低于对照,但红光处理的秧苗可溶性总糖含量显著高于蓝光处理。秧龄 20 d 时,所有秧苗的可溶性总糖含量增加,2 种处理的 2 个品种秧苗的可溶性总糖含量依然显著低于对照,但蓝光处理的秧苗可溶性总糖含量显著高于红光处理。这一结果说明,LED 红蓝单色光长期照射水稻秧苗,使得秧苗体内碳水化合物积累少,不能有效满足水稻秧苗的生长需求。

表 3 LED 红蓝光处理下水稻秧苗可溶性糖(鲜质量)含量的变化

秧龄/d	品种	处理	可溶性总糖含量/(mg/g)
10	合丰	CK	38.22±0.98a
		R	17.99±0.44b
		B	12.29±1.05c
	黄秀	CK	34.03±0.49a
		R	18.10±0.50b
		B	13.80±1.21c
20	合丰	CK	57.06±1.26a
		R	18.69±1.51c
		B	20.43±0.29b
	黄秀	CK	49.38±0.95a
		R	23.22±1.51c
		B	28.22±2.26b

## 2.4 LED 红蓝光照对水稻秧苗根系活力的影响

从表 4 可以看出,秧龄 10 d 时,LED 红蓝单色光处理的黄秀、合丰 2 个品种秧苗的根系活力均低于对照,合丰中红蓝单色光处理与对照间的差异显著,黄秀中只有蓝光处理的秧苗根系活力显著低于对照;两品种中红光处理的秧苗根系活力显著高于蓝光处理的秧苗,合丰、黄秀中红光处理的秧苗根系活力分别比蓝光处理的高 18.6%、38.0%。

表 4 LED 红蓝光处理下水稻秧苗根系活力的变化

秧龄/d	品种	处理	根系活力/ [μg/(g·h)]
10	合丰	CK	34.41±0.88a
		R	24.52±0.94b
		B	20.67±1.55c
	黄秀	CK	28.91±1.16a
		R	28.56±0.14a
		B	20.69±2.21b
20	合丰	CK	24.08±0.55a
		R	6.47±2.29b
		B	3.01±3.68c
	黄秀	CK	33.89±1.53a
		R	6.56±2.29b
		B	2.28±2.02c

秧龄 20 d 时,LED 红蓝单色光处理下两品种秧苗的根系活力下降加快,均显著低于对照,合丰中

红、蓝光处理秧苗根系活力分别下降为对照的 26.9%和 12.5%;黄秀中红、蓝单色光处理的秧苗根系活力分别为对照的 19.4%和 6.7%;两品种中蓝光处理秧苗的根系活力均显著低于红光处理,其中合丰低 53.5%,黄秀低 65.2%。以上结果说明,LED 单色光照会降低水稻秧苗的根系活力,长时间处理时根系活力显著下降,而红光处理下秧苗的根系活力下降速率低于蓝光处理,说明蓝光处理更不利于秧苗根系的发育。

## 2.5 LED 红蓝光照对水稻秧苗形态学指标的影响

从表 5 可以看出,秧龄 10 d 时,红光照的合丰秧苗的根长显著高于对照和蓝光处理,20 d 时低于对照,而整个处理周期中蓝光照的秧苗根长全部显著低于对照,这说明单色红光在育秧前期会促进秧苗根的伸长生长。2 种单色光照射的秧苗根数

都显著低于对照,但蓝光处理的秧苗根数显著高于红光处理,说明蓝光较红光有利于秧苗根数的增加。2 种光照下秧苗叶数均显著低于对照。

虽然红蓝单色光照下的秧苗茎粗都显著低于对照,但蓝光照较红光照明显有助于茎的横向生长。与对照比较,红光有利于茎的伸长生长,合丰 10 d 秧苗和黄秀 20 d 秧苗的株高显著高于对照,而蓝光处理的秧苗株高则显著低于红光处理和对照,说明 LED 红光会促进秧苗的株高增长。

秧苗鲜质量和干质量的变化表明,与红光相比,蓝光有利于秧苗有机物质(干物质)的积累。10 d 秧龄时,蓝光处理秧苗的壮苗指数显著高于对照和红光处理,20 d 秧龄时,虽然蓝光处理秧苗的壮苗指数相比对照显著下降,但依然显著高于红光处理的秧苗。

表 5 LED 红蓝光处理下水稻秧苗形态学指标的变化

秧龄/ d	品种	处理	根长/ cm	根数/ 条	叶色	叶数/ 片	茎粗/ cm	株高/ cm	鲜质量/ g	干质量/ g	壮苗指数
10	合丰	CK	5.8±0.3b	6.0±0.3a	绿	3.0±0.2a	0.154±0.010a	12.4±0.9b	1.018±0.007a	0.184±0.012b	0.002 29±0.000 18b
		R	7.0±0.5a	4.0±0.2c	浅绿	2.0±0.3b	0.140±0.012c	13.9±1.1a	0.801±0.005b	0.165±0.010c	0.001 76±0.000 10c
		B	5.1±0.4c	5.2±0.2b	绿	2.0±0.2b	0.145±0.011b	9.5±1.3c	1.045±0.009a	0.190±0.011a	0.002 42±0.000 18a
	黄秀	CK	6.9±0.8a	6.0±0.2a	绿	3.0±0.5a	0.162±0.012a	15.9±1.2a	1.135±0.010a	0.206±0.013a	0.002 10±0.000 19b
		R	6.6±0.5a	4.0±0.3c	浅绿	2.0±0.1b	0.148±0.013b	14.8±2.6a	0.829±0.006c	0.159±0.008c	0.001 59±0.000 14c
		B	6.2±0.1b	5.0±0.4b	绿	2.0±0.3b	0.150±0.008b	11.4±1.1b	0.933±0.008b	0.170±0.002b	0.002 31±0.000 21a
20	合丰	CK	8.0±1.4a	7.0±0.6a	深绿	4.0±0.5a	0.192±0.012a	14.8±1.5a	1.454±0.063a	0.246±0.015a	0.003 19±0.000 25a
		R	7.6±0.3b	4.0±0.1b	黄绿	3.0±0.2b	0.150±0.014b	14.6±1.3a	0.843±0.009c	0.171±0.009c	0.001 66±0.000 12c
		B	7.5±0.3b	4.3±0.2b	浅绿	3.0±0.2b	0.153±0.011b	10.6±1.1b	1.014±0.058b	0.182±0.011b	0.002 78±0.000 26b
	黄秀	CK	7.1±0.3a	8.0±0.5a	深绿	4.0±0.3a	0.196±0.013a	17.1±2.3b	1.699±0.089a	0.296±0.012a	0.003 39±0.000 29a
		R	6.9±0.1a	4.0±0.3c	黄绿	3.0±0.3b	0.145±0.009b	21.3±2.5a	0.725±0.123c	0.188±0.010c	0.001 28±0.000 13c
		B	6.6±0.2b	5.0±0.4b	绿	3.0±0.1b	0.150±0.010b	13.2±1.1c	1.331±0.082b	0.207±0.013b	0.002 35±0.000 24b

## 3 结论与讨论

本研究采用单色红蓝光照水稻秧苗,秧苗生长情况欠佳,可能因为水稻生长需要较高的光照强度,研究中选用的 LED 红蓝单色光的光照强度太小,无法满足水稻的正常生长需要,红蓝单色光处理的秧苗素质低于对照,也可能是改装后的 LED 光照箱的光照强度低于对照的光照强度。因此,选择室内育秧,光强是必须考虑的因素之一。但如果工厂化育秧中 LED 只是作为补充光照,则是下一步研究的重点。

研究中发现,蓝光长时间处理时水稻秧苗的光合色素含量下降较快,但蓝光处理却可以使体内叶绿素 a 和类胡萝卜素含量维持在较高水平。蓝光可

以抑制水稻秧苗的伸长生长,根长、株高都低于红光处理,这与 Moe 等<sup>[15]</sup>、蒲高斌等<sup>[16]</sup>、邓江明等<sup>[17]</sup>在其他作物上的研究结论相符,原因可能是蓝光能提高吲哚乙酸氧化酶的活性,降低生长素的水平,进而抑制植物的伸长生长<sup>[18]</sup>。另外,Rey 等<sup>[19]</sup>的研究也认为红光可有效促进根形态建成,有利于根的发育。

此外,蓝光处理却可以增加秧苗根数、促进茎的增粗,使干质量和壮苗指数都优于红光处理。这与付传明等<sup>[10]</sup>研究认为单色蓝光对水稻幼苗的生长最好相一致。有可能是因为蓝光处理有利于秧苗体内保持较高的可溶性蛋白含量。有报道认为,蓝光可显著促进植物线粒体的暗呼吸,呼吸过程中产生的有机酸为氨基酸的合成提供了碳架,促进了蛋白质的合成<sup>[20]</sup>。

红光对光合器官的正常发育至关重要,可以促进碳代谢的进行,原因与红光对 RuBP 羧化酶和淀粉酶等光合作用碳循环中关键酶的合成和活性的调节作用有关,它一方面可通过抑制光合产物从叶中输出从而增加叶片的淀粉积累,另一方面还可诱导淀粉酶活性增强,进而促进淀粉水解成可溶性糖<sup>[21]</sup>。本研究中也发现,秧龄 10 d 时,红光处理的秧苗可溶性总糖含量显著高于蓝光处理;但秧龄 20 d 时,红光处理的秧苗可溶性总糖含量显著低于蓝光处理,这可能是因为蓝光处理可以促进体内蛋白质合成,保持秧苗正常的代谢,而红光处理无法保障代谢的正常进行。

LED 红蓝单色光照不能独立满足水稻工厂化育秧的光照需求,会对秧苗生长造成不利影响,可以进一步探讨适合的红蓝光比应用于工厂化育秧的补光。

#### 参考文献:

- [1] 丁颖. 中国水稻栽培学[M]. 北京: 农业出版社, 1961: 341-344.
- [2] 朱明华, 胡坪. 仪器分析[M]. 4 版. 北京: 高等教育出版社, 2007.
- [3] 杨其长. LED 在农业与生物产业的应用与前景展望[J]. 中国农业科技导报, 2008, 10(6): 42-47.
- [4] 崔瑾, 徐志刚, 邱秀茹. LED 在植物设施栽培中的应用和前景[J]. 农业工程学报, 2008, 24(8): 249-253.
- [5] Poudel P R, Kataoka I, Mochioka R. Effects of red-and blue-light-emitting diodes on growth and morphogenesis of grapes[J]. Plant Cell Tissue Organ Culture, 2008, 92: 147-153.
- [6] 苏娜娜, 邬奇, 崔瑾. LED 光质补光对黄瓜幼苗生长和光合特性的影响[J]. 中国蔬菜, 2012(24): 48-54.
- [7] Hausler R E, Blackwall R D, Lea P J, et al. Control of photosynthesis in barley leaves with reduced activities of glutamine synthetase or glutamate synthetase[J]. Planta, 1994, 194: 406-417.
- [8] 郭银生, 谷艾素, 崔瑾. 光质对水稻幼苗生长及生理特性的影响[J]. 应用生态学报, 2011, 22(6): 1485-1492.
- [9] 贺晓蔚, 陈克成, 肖棚华. 红光、远红光和植物激素对水稻幼苗生长及 CAT、POX 活性的影响[J]. 武汉植物学研究, 1993, 11(2): 125-129.
- [10] 付传明, 黄宁珍, 赵志国, 等. 光质与补光对水稻幼苗生长及光合速率的影响[J]. 广西植物, 2007, 27(2): 255-259.
- [11] 邹琦. 植物生理生化实验指导[M]. 北京: 农业出版社, 1995.
- [12] Arnon D I. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenol oxidase in *Beta vulgaris*[J]. Plant Physiol, 1949, 24: 1-15.
- [13] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 2 版. 北京: 高等教育出版社, 2007.
- [14] 张志良, 翟伟菁, 李小方. 植物生理学实验指导[M]. 4 版. 北京: 高等教育出版社, 2008.
- [15] Moe R, Morgan L, Grindal G. Growth and plant morphology of *Cucumis sativus* and *Fuchsia* × *hybrida* are influenced by light quality during the photoperiod and by temperature alternations[J]. Acta Horticulturae, 2002, 580: 229-234.
- [16] 蒲高斌, 刘世琦, 刘磊, 等. 不同光质对番茄幼苗生长及生理特性的影响[J]. 园艺学报, 2005, 32(3): 420-425.
- [17] 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.
- [18] 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.
- [19] Rey M, Diaz S, Rodriguez R. Exogenous polyamines improve rooting of hazel microshoots[J]. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 1994, 36: 303-308.
- [20] Kowallik W. Blue light effects on respiration[J]. Annual Review of Plant Physiology, 1982, 33: 51-72.
- [21] 刘立侠, 马英忠, 唐树延. 光质与人参淀粉酶活性总糖和淀粉含量的关系[J]. 生物物理学报, 1992, 8(4): 653-658.