

祁娟霞, 韦峰, 董艳, 等. 不同补光时间对温室番茄生长发育的影响[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(8): 245-248.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.08.070

# 不同补光时间对温室番茄生长发育的影响

祁娟霞, 韦峰, 董艳, 张亚红

(宁夏大学, 宁夏银川 750021)

**摘要:**以 LED 植物生长灯为补光材料,在日光温室中对试验材料番茄进行整个生育期的补光处理。结果显示,不同补光时间处理对番茄生长指标、开花坐果、果实品质以及产量都有不同的影响,具体表现为:(1)补光 9 h 对株高影响最大,比 CK 高 16.1%;补光 8 h 对茎粗的促进作用最大,比 CK 高 15.2%;补光 10 h 对叶绿素含量影响最大,且对果实生长促进作用最明显,与 CK 相比,叶绿素含量、果实横纵径分别增加了 6.0%、29.2%、14.0%;(2)补光 8 h 对促进提前开花效果最明显,使其提前 2 d 开花,补光 8、9 h 均使番茄提前 5 d 坐果,补光 8、10 h 使果始收期提前 15 d,补光 9、10 h 均使坐果率提高了 0.5 个百分点;(3)补光 10 h 对果实品质影响最大,分别使维生素 C 含量、可溶性固形物含量、可溶性糖含量增加 20.5%、31.9%、56.5%,使有机酸含量降低了 32.4%;(4)补光 10 h 处理下单果质量、单株产量最大,单果质量增加 25.7%,单株产量增加了 37.66%。综合评价表明,补光 7 h 条件下生长最好,补光 10 h 条件下品质最佳、产量最大。

**关键词:**植物生长灯;补光时间;番茄;品质;产量;日光温室

**中图分类号:** S641.204 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)08-0245-03

植物生长过程中最重要的环境因子为光照,它不仅对植物的光周期反应、形态建成、生理代谢、果实品质有重要的调节作用,还与激素信号、糖信号一同调节植物的一些代谢过程<sup>[1-2]</sup>。荷兰学者研究发现,1%的光照可带来 1%的增产,由此可以看出光照在植物生产中的重要性。我国北方地区冬春季节主要生产设施类型为日光温室,在日光室内影响光照的因素很多,由于其结构的特殊性,所以与露地光照相比,其光照度仅为露地的 30%~70%<sup>[3-7]</sup>。光照度、光照时间不足,容易造成苗徒长、果花脱落严重、果实发育缓慢、病虫害情况增加等,从而导致作物减产<sup>[8-10]</sup>。

番茄(*Lycopersicon esculentum* Mill)别称西红柿,源于南美洲热带地区,是全球广泛栽植的茄果类蔬菜<sup>[11]</sup>。番茄生长过程中除了受自身品种、遗传特性影响外,还与外界环境条件密切相关<sup>[12]</sup>。番茄为喜光植物,由于西北地区春秋时节多为阴雨天气,所以一般都使植物的光照时间缩短,即便是露地种植,也会因为光照的原因影响到产量。有学者研究发现,光照度与植物叶片数的多少有密切关系,弱光下植株同化作用会下降,叶的生长速度减慢。若光照度在植物的光补偿点以下,就会停至生长。光周期对植物生长调节物质有很大影响,植物生长调节物质又能直接或间接影响植物根系对营养元素的吸收与利用<sup>[13]</sup>。在适宜的光周期内,延长光照有利于洋葱中过氧化物酶(POD)活性、蛋白质含量的提高<sup>[14]</sup>。李进等通过组培试验发现,合理延长光周期可以促进甜椒生根<sup>[15]</sup>。

随着现代农业发展步伐的加快,温室人工补光技术日趋成熟,这是改善温室光照环境的重要措施之一。虽然关于温室补光技术的研究越来越多,研究范围也在不断扩大,但是多以苗期不同光质补光对作物影响的研究较多。关于补光时间对作物影响的研究较少,尤其是关于补光时间对作物整个生育期影响的研究更少。本试验以番茄为材料,通过植物生长灯设置不同梯度的补光时间,研究不同光周期对番茄整个生育期的影响,以期对日光温室番茄生产中补光技术的研究提供理论基础。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验设备

植物生长灯,由上海合鸣照明电器有限公司生产,为一种外形呈伞形的 LED 特种植物生长灯,电压 220 V,功率 40 W,具有寿命长、耐潮湿、光效好、价格低廉的特点,适于广大农户。

时间控制器使用的电压范围为 160~265 V(交流电),负载最大电流为 15 A。将需要补光的光照时间输入计算机,通过可编程逻辑控制器(PLC)控制植物生长灯的通断来控制补光时间,补光时间由 PLC 内部的计时器控制,达到设定的补光时间时,PLC 控制断开植物生长灯,停止补光。

### 1.2 试验材料

试验番茄品种为佳源大粉,于 2013 年 11 月 20 日以行距 70 cm、株距 33 cm 的密度定植于贺兰新平园区 293 号日光温室,采用膜下滴管栽培。

### 1.3 试验设计

试验采用单因素完全随机设计,分别设日补光时间为 7、8、9、10 h,共 4 个处理,以不进行补光为对照(CK),每个处理 4 次重复,各处理光源互不干扰,按日常栽培方法管理。每个处理随机选择 10 株植株挂上标签,作为测量对象。定植缓苗后开始

收稿日期:2015-11-28

基金项目:国家科技支撑计划(编号:2014BAD05B02);宁夏回族自治区科技支撑计划。

作者简介:祁娟霞(1991—),女,宁夏固原人,硕士研究生,研究方向为设施园艺蔬菜。E-mail:1508472996@qq.com。

通信作者:张亚红,博士,教授,博士生导师,研究方向为设施园艺环境。E-mail:zhyhcau@sina.com。

测量相关指标,以后10 d测定1次指标,花期、坐果期2 d观察并记录1次开花数、坐果数。各处理补光时间安排见表1。

表1 不同处理补光时间设置

时间 (h)	时间段	
	上午	下午
7	03:00—07:00	19:00—22:00
8	02:00—07:00	19:00—22:00
9	01:00—07:00	19:00—22:00
10	00:00—07:00	19:00—22:00

#### 1.4 测量项目

(1)形态指标的测定。生长期用卷尺测量植株株高,用游标卡尺测定植株茎基部的茎粗,开花期记录开花数,坐果后记录坐果数,果实迅速生长期用游标卡尺测量果实横径、纵径。

(2)生理指标。采用叶绿素仪(SPAD-520 Plus)测量植株叶片叶绿素含量。

(3)品质测定。选成熟、一致性好的番茄果实用于品质测定。可溶性固形物含量的测定采用手持糖量计;可溶性糖含量的测定采用蒽酮法;有机酸含量的测定采用滴定法;维生素C含量的测定采用钼蓝比色法<sup>[16-17]</sup>。

(4)产量测定。在果实采收期记录成熟果实的数量,并测定单果质量,计算单株产量、单位面积产量。

#### 1.5 数据统计分析

隶属函数值 $x_{(ij)}$ :用模糊数学隶属函数值的方法计算,公式如下:

$$x_{(ij)} = (x_{ij} - x_{j\min}) / (x_{j\max} - x_{j\min})。$$

式中: $x_{(ij)}$ 表示*i*种类*j*指标的隶属值; $x_{ij}$ 表示*i*种类*j*指标的测定值; $x_{j\max}$ 、 $x_{j\min}$ 分别为指标的最大值、最小值。

数据采用DPS 7.05统计软件和Excel进行分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同补光时间处理对番茄开花坐果的影响

从表2可以看出:(1)各处理对开花期的影响表现为补光处理7、9 h可促使番茄提前1 d开花,补光处理8 h可促使番茄提前2 d开花,补光处理10 h对番茄提前开花没有促进作用;(2)各处理对坐果期的影响表现为补光处理7 h使番茄提前2 d坐果,补光处理8、9 h可使番茄提前5 d坐果,补光处理10 h可使番茄坐果期提前4 d;(3)各处理对果实采收期的影响表现为补光处理7 h可使番茄始收期提前13 d,补光处理8、10 h可使始收期提前15 d,补光处理9 h可使始收期提前14 d;(4)各处理对单株花数、单株果数的影响不大,各处理间在5%水平上无显著差异;(5)各处理对坐果率的影响表现为各补光处理均提高了坐果率,补光处理7 h使坐果率提高了0.1个百分点,补光处理8 h使坐果率提高了0.4个百分点,补光处理9、10 h均使坐果率提高了0.5个百分点。

表2 不同补光处理时间对番茄开花、坐果的影响

补光处理时间 (h)	始花期 (月-日)	始果期 (月-日)	第1穗果采收期 (月-日)	单株花数 (朵)	单株果数 (个)	坐果率 (%)
7	12-03	12-15	02-04	6.50±0.6a	5.8±0.5a	88.5
8	12-02	12-12	02-02	6.25±0.5a	5.5±0.6a	88.0
9	12-03	12-12	02-03	6.50±0.6a	5.5±0.6a	88.9
10	12-04	12-13	02-02	6.75±0.5a	6.0±0.0a	88.9
0(CK)	12-04	12-17	02-17	6.75±1.3a	6.0±0.8a	88.4

注:单株花数、单株果数表示为“平均值±标准差”。同列数据后标有不同小写字母相同表示差异显著( $P < 0.05$ );表3、表4同。

### 2.2 不同补光时间处理下番茄生长指标的统计分析

由表3可见,不同补光时间处理对番茄生长指标影响表现为以下几点:(1)各补光处理下株高与CK在0.05水平上无显著差异,说明不同补光处理对番茄株高的影响不显著;(2)补光时间为8、9 h处理在茎粗上与CK差异显著,补光时间为7、10 h与CK均无显著差异,说明补光时间为8、9 h对

番茄茎粗加粗影响显著;(3)补光时间为10 h,在叶绿素含量上与CK差异显著,其他各处理均与CK无显著差异,说明补光时间为10 h对番茄叶绿素影响显著;(4)各处理在果实横径、纵径上均与CK在0.05水平上存在显著差异,说明不同补光时间处理对番茄果实横径、纵径的生长影响显著,可显著促进果实生长。

表3 不同补光时间处理下番茄生长指标统计结果

补光处理时间 (h)	株高 (cm)	茎粗 (mm)	叶绿素含量 (SPAD值)	果实横径 (mm)	果实纵径 (mm)
7	130.5±22.3a	11.3±1.2ab	50.1±3.8ab	62.6±1.7d	56.9±1.2c
8	135.5±16.9a	12.1±0.8a	50.9±1.2ab	65.4±1.0c	58.6±1.0bc
9	147.8±9.1a	11.8±0.8a	51.8±1.2ab	68.4±0.9b	60.4±1.5ab
10	142.0±5.5a	11.0±0.7ab	52.7±1.1a	72.2±1.3a	62.2±1.3a
0(CK)	127.3±14.5a	10.5±0.7b	49.7±0.7b	55.9±1.0e	53.5±1.2d

### 2.3 不同补光时间对番茄果实品质、产量的影响

由表4可见,不同补光时间处理对番茄品质影响较大,维生素C含量、可溶性固形物含量、可溶性糖含量都随着补光时间的增加而升高,有机酸含量随着补光时间的增加而降低。此外,由表4还可以看出:(1)各处理维生素C含量增加,都与CK存在显著差异,9 h补光处理与10 h补光处理间无显著差异,7 h补光处理使维生素C含量显著提高5.5%,8、9、10 h

补光处理分别可使维生素C含量显著提高14.2%、23.5%、25.9%;(2)可溶性固形物含量增加在各处理间差异显著,说明对番茄进行不同时间的补光可显著增加其果实可溶性固形物含量,并且随着补光时间的延长,增加越明显,最明显的为10 h补光处理,使其增加了31.9%;(3)各处理的可溶性糖含量增加,与CK在0.05水平上均存在显著差异,各处理间也都存在显著差异,说明不同补光时间都可显著提高番茄果实

的可溶性糖含量,并且随着补光时间的延长,效应越明显,10 h 补光处理可使其增加 56.5%;(4)7 h 补光处理下,有机酸含量降低,与 CK 无显著差异,其他 3 个处理在 0.05 水平上都与对照存在显著差异,说明除补光时间为 7 h 外,其他几个处理都可显著影响有机酸含量,补光时间为 8、9、10 h 分别可使有机酸含量降低 20.6%、26.5%、32.4%;(5)随着补光

时间的延长,番茄果实单果质量、单株质量及单位面积产量都随之增加,各处理在单果质量、单株产量上均与 CK 在 0.05 水平存在显著差异,10 h 补光处理对番茄产量影响较其他几个处理明显,其单果质量、单株产量、单位面积产量分别比 CK 提高了 25.7%、37.7%、34.5%。

表 4 不同补光处理时间下番茄果实品质和产量统计结果

补光处理时间 (h)	维生素 C 含量 (mg/kg)	可溶性固形物含量 (%)	可溶性糖含量 (%)	有机酸含量 (%)	单果质量 (g)	单株产量 (g)	折合产量 (kg/hm <sup>2</sup> )
7	61.8 ± 1.9c	5.0 ± 1.4d	5.2 ± 1.4d	0.63 ± 0.4a	190.3 ± 10.4b	1 091.9 ± 76.7b	73 785
8	66.7 ± 3.4b	5.6 ± 1.5c	6.1 ± 1.2c	0.54 ± 0.5b	202.7 ± 9.9ab	1 111.1 ± 73.0b	75 000
9	72.1 ± 1.2a	6.0 ± 1.2b	6.3 ± 1.4b	0.50 ± 0.4c	207.9 ± 7.7a	1 242.9 ± 124.3a	83 910
10	73.5 ± 0.8a	6.2 ± 1.0a	7.2 ± 2.1a	0.46 ± 0.3c	215.6 ± 6.9a	1 293.5 ± 41.2b	87 345
0(CK)	58.4 ± 1.4d	4.7 ± 0.9e	4.6 ± 1.7e	0.68 ± 0.3a	171.5 ± 10.2c	939.6 ± 58.5c	64 950

## 2.4 综合评价

采用模糊隶属函数对各补光时间处理对番茄生长的影响进行综合评价,由表 5 可知:不同补光时间对番茄不同指标评价结果不同,从番茄各项生长指标角度评价,补光时间为 7、10 h 优于 CK,补光时间为 8、9 h 低于 CK,从补光时间为 7 h 最好;以品质、产量指标角度进行评价可知,各处理均优于 CK,以补光时间为 10 h 最优,其次是补光时间为 7 h。

表 5 不同处理下隶属函数值

类别	指标名称	不同补光时间下的隶属函数值 (%)				
		7 h	8 h	9 h	10 h	0(CK)
生长指标	株高	50.00	42.31	60.71	50.00	47.50
	茎粗	62.59	45.44	45.21	50.79	46.45
	叶绿素含量	38.08	50.00	52.68	50.00	50.00
	横径	51.47	49.00	54.55	50.00	47.83
	纵径	50.00	50.00	27.88	46.67	50.00
	平均	50.43	47.35	48.21	49.49	48.36
品质、产量指标	维生素 C 含量	47.96	43.24	46.78	50.23	44.67
	可溶性固形物含量	37.47	36.85	53.23	53.75	51.29
	可溶性糖含量	51.57	49.59	44.19	48.91	38.97
	有机酸含量	45.19	55.20	41.68	44.28	47.02
	单果质量	58.37	44.18	49.87	48.89	50.73
	单株产量	52.92	55.75	51.49	53.35	47.67
	平均	48.91	47.47	47.87	49.90	46.73

## 3 讨论与结论

在番茄生长发育过程中,光环境是影响番茄光合作用、果实品质的关键因子。李进等认为,植物接收的光照时间越长,进行光合作用的时间相对越长,光合产物的积累量越多,越有利于植物的生长,同时也有利于根系生长<sup>[15]</sup>。花妍等研究不同光照时间对番茄幼苗生长的影响,结果表明:随着光照时间的延长,番茄开花时间缩短,株高、比叶面积均下降,但是叶片生长速度、根和叶片的干物质积累量均上升,而对番茄展幅、叶面积的影响较小<sup>[18]</sup>。侯兴亮等研究弱光对番茄生长的影响,结果表明:光照不足必然会影响植株的光合作用,导致净光合速率下降<sup>[19]</sup>。姚悦梅等研究播种期、光照时间互作对波斯菊生长发育的影响,结果发现二者对其均有较大影响,且互作效应明显,光照时间以 10 h/d 处理效果较好<sup>[20]</sup>。王惠珍等以海滨雀稗为材料研究光照时间对可溶性糖含量的影响,结果表明:光照时间缩短可引起海滨雀稗光合产物中可溶性糖含量的降低<sup>[21]</sup>。本试验结果显示,在补光处理下,番茄株

高、茎粗与对照相比都有所提高,这与张红艳的研究结果<sup>[22]</sup>相同,即补光栽培可以促进番茄植株生长,使植株健壮生长。赵玉萍等研究不同温度与光照对番茄果实品质的影响,结果显示:在同一温度条件下,可溶性糖含量、糖酸比随着光照度的增加而升高,有机酸含量随着光照度的增加而降低。本试验结果表明,在不同补光时间下,番茄果实可溶性糖含量、可溶性固形物含量、维生素 C 含量都高于对照<sup>[23]</sup>,这与王洪安的研究结论<sup>[9]</sup>相一致。本试验结果还显示,8 h 补光处理对番茄始花期、始果期影响最大;随着补光时间的延长,番茄单果质量、单株产量都随之增加。使用隶属函数综合评价得出:7 h 补光处理下番茄生长最优,品质产量其次;10 h 补光处理下品质最佳、产量最大。因此,根据本试验结果,建议日光温室冬季番茄栽培在开花前补光 7 h、开花坐果期补光 8 h、果实生长后期补光 10 h 为佳。

## 参考文献:

- [1]李承志,廉世勋,张华京,等. 光合仿生农膜的作物栽培试验[J]. 湖南农业科学,2001,18(5):22-23.
- [2]Chory J, Wu D Y. Weaving the complex web of signal transduction [J]. Plant Physiology,2001,125(1):77-80.
- [3]马承伟,苗香雯. 农业生物环境工程[M]. 北京:中国农业出版社,2005:90-230.
- [4]中国农业科学院烟草研究所. 中国烟草栽培学[M]. 上海:上海科学技术出版社,2005:273-298,368.
- [5]杨怀千,周冀衡,黄勇,等. 中国现阶段烤烟生产中主要育苗技术研究进展[J]. 中国农学通报,2009,25(17):84-88.
- [6]吴毅明,徐师华. 温室塑料棚环境管理[M]. 北京:中国农业出版社,1990:4-6,20-23.
- [7]朱静娴. 人工补光对植物生长发育的影响[J]. 作物研究,2012,26(1):74-78.
- [8]郝东川,司雨. LED 灯对设施栽培瓜果类蔬菜产量的影响[J]. 长江蔬菜,2012(18):58-60.
- [9]王洪安. 北方温室人工补光源特性及优化配置研究[J]. 吉林农业,2011(1):33-34.
- [10]赵根,潘月,杨钰,等. LED 光源在设施园艺生产中的应用与前景[J]. 浙江农业科学,2013(9):1110-1112.
- [11]廖兴其. 世界番茄的生产与消费[J]. 中国果菜,2000(5):42.
- [12]Bavre O A. Effects of light on flowering and fruiting in the tomato [J]. Norwegian Journal of Agricultural Sciences,1990,4(3):225-232.

陈小锦,丛玮玮,陈永林,等. 蚯蚓粪改良红壤的效果及对不结球白菜生长的影响[J]. 江苏农业科学,2016,44(8):248-250.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.08.071

# 蚯蚓粪改良红壤的效果及对不结球白菜生长的影响

陈小锦<sup>1</sup>, 丛玮玮<sup>1</sup>, 陈永林<sup>1</sup>, 鲁 贝<sup>1</sup>, 承 杰<sup>2</sup>, 曹雪林<sup>2</sup>, 戴红卫<sup>3</sup>, 姚粉霞<sup>1</sup>, 盛海君<sup>1</sup>, 钱晓晴<sup>1</sup>

(1. 扬州大学环境科学与工程学院, 江苏扬州 225009; 2. 江苏科力农业资源科技有限公司, 江苏常州 213115;

3. 南京绿航生态农业有限公司, 江苏南京 211516)

**摘要:**采用江西鹰潭红壤为材料进行模拟培养试验,探讨添加蚯蚓粪对贫瘠红壤的快速改良培肥效果,旨在为经济、高效创制高肥力、多用途人造新成土开辟新途径。试验设置5个处理,分别添加质量比为0%(CK)、5%(T1)、10%(T2)、15%(T3)、20%(T4)的蚯蚓粪至红壤中。混合物培养一段时间待性质基本稳定后进行不结球白菜试验,观测不同处理条件下不结球白菜(*Brassica rapa* L. *chinensis*)幼苗的生长状况及体内营养成分,分析得出蚯蚓粪改良红壤的适宜比例及改良效果。结果表明,(1)适量的蚯蚓粪可以改善红壤的pH值、硝态氮含量和速效磷含量等性质,为不结球白菜提供良好的生长环境;(2)蚯蚓粪用量为5%~10%时会促进不结球白菜幼苗生长,但添加20%以上的蚯蚓粪反而会抑制不结球白菜幼苗的生长;(3)蚯蚓粪添加量为5%~10%时,不结球白菜幼苗地上部和根系生长状况最佳。

**关键词:**红壤;蚯蚓粪;红壤理化性状;改良综合肥力;不结球白菜;生长;营养

**中图分类号:** S156.6; S141.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)08-0248-03

随着我国经济与社会的快速发展,土壤退化日益严重,耕地资源越来越短缺,已对我国粮食安全构成潜在威胁。土壤退化在耕地生产力、农产品安全和生态环境效应方面都产生着很严重的影响,因此对现有耕地的合理利用、改良与保护显得十分重要<sup>[1-2]</sup>。探讨应用蚯蚓粪改良红壤以作为我国耕地后备资源具有重要的现实意义。红壤酸性强、易板结、易被侵蚀,很难用于耕作<sup>[3]</sup>。目前,改良红壤的措施有平整土地、兴修水利、广辟肥源、培肥改土、因地制宜合理轮作、绿化荒山、保持水土等<sup>[4]</sup>。在本试验中采用养分十分匮乏、生产能力性能极低的红壤为基础材料,利用蚯蚓粪进行改良,快速培肥形

成一种高肥力人工土壤<sup>[5]</sup>。

蚯蚓粪作为一种特殊的有机肥料,最大特点是能将有机物、微生物和一些作物生长因子合理地结合起来改善土壤环境,最终达到增肥、抗病、养土的目的<sup>[6]</sup>。蚯蚓粪的颗粒均匀、无味、卫生,保水透气能力比一般土壤高3倍。蚯蚓粪中含有18种氨基酸,有益菌达20万~2亿个/g,有机质含量达40%左右,经过多次发酵和动物消化,所形成的有机质活性高、易被植物利用,而且能促进土壤团粒结构的形成,提高土壤通透性、保水性、保肥力<sup>[7-12]</sup>。蚯蚓粪由于具有产出速度快、有机质含量高、无二次污染、适用pH值广等特点已被许多国家应用于土壤改良。现在蚯蚓粪多利用在盆栽试验中,而且取得了明显的效果<sup>[13]</sup>,能提高生物量、果实品质和产量<sup>[14]</sup>。但目前针对蚯蚓粪对快速改良培肥红壤形成高肥力人工土壤的研究甚少。

本试验以江西鹰潭红壤为研究对象,在土壤中充分融合不同比例的蚯蚓粪,探讨蚯蚓粪对红壤的改良效果,为更好地开发利用红壤提供理论依据。

收稿日期:2015-06-21

基金项目:江苏省产学研合作前瞻性联合研究项目(编号:BY2013063-09);江苏省常州市科技计划(编号:CE20142005)。

作者简介:陈小锦(1991—),男,江苏泰州人,硕士,主要从事农业资源利用方面的理论与技术研究。E-mail:1227889252@qq.com。

通信作者:钱晓晴,教授,主要从事资源环境科学领域的教学与研究。E-mail:xiaoqingqian@163.com。

[13]任永哲,陈彦惠,库丽霞,等. 玉米光周期反应及一个相关基因的克隆[J]. 中国农业科学,2006,39(7):1487-1494.

[14]刘磊,刘世琦,许莉,等. 光周期及春化处理对洋葱蛋白质合成代谢与POD活性的影响[J]. 西北农业学报,2005,14(6):90-95.

[15]李进,顾绘,许逢美. 环境因子对甜椒组培生根培养的影响[J]. 辣椒杂志,2004(4):36-37.

[16]高俊凤. 植物生理学实验技术[M]. 西安:兴界图书出版公司,2000:167-169.

[17]赵世杰,刘华山,董新纯. 植物生理实验指导[M]. 北京:中国农业科技出版社,1998:68-72.

[18]花妍,罗新兰,李天来,等. 光照时间对番茄苗期生长发育的影响[J]. 河南农业科学,2008(8):108-111.

[19]侯兴亮,李景富,许向阳. 弱光处理对番茄不同生育期形态和生理指标的影响[J]. 园艺学报,2002,29(2):123-127.

[20]姚悦梅,潘跃平,毛忠良,等. 播种期和光照时间对波斯菊生长发育的影响[J]. 江苏农业科学,2008(1):123-125.

[21]王惠珍,喻敏,萧洪东,等. 施硅对硅细胞的发育及不同光照时间处理海滨雀稗可溶性糖含量的影响[J]. 华中农业大学学报,2007,26(4):482-485.

[22]张红艳. 植物生长灯在温室番茄生产中应用效果初探[J]. 辽宁农业科学,2013(1):72-73.

[23]赵玉萍,邹志荣,杨振超,等. 不同温度和光照对温室番茄光合作用及果实品质的影响[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2010,38(5):125-130.