

植物生长灯不同补光时间对日光温室番茄产量及品质的影响

李蔚, 李新旭, 李红苓, 雷喜红, 冯颖, 任爽, 王艳芳, 牛曼丽 (北京市农业技术推广站, 北京 100029)

摘要 [目的]研究植物生长灯适宜的补光时间。[方法]以浙粉702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生长的影响。[结果]补光7 h对株高、果实纵径及座果率影响最大,与对照相比,分别提高5.8%、6.1%及7.5%;补光9 h对果实品质提升及增产效果明显,可提前6 d采收,产量比对照提高3.6%。[结论]日光温室秋冬番茄栽培用植物生长灯补光在开花前每日补光7 h、开花座果后每日补光9 h较好。

关键词 植物生长灯;番茄;补光时间

中图分类号 S641.2 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2019)11-0049-02

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2019.11.016



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Effects of Different Supplementary Lighting Time of Plant Growth Lamp on Tomato Yield and Quality in Solar Greenhouse

LI Wei, LI Xin-xu, LI Hong-ling et al (Beijing Agricultural Technology Extension Station, Beijing 100029)

Abstract [Objective] To study the optimum lighting supplementary time of plant growth lamp. [Method] The effects of different photoperiod on tomato growth were studied by setting different gradient supplemental lighting time in plant growth lamp with Zhefen 702 tomato as material. [Result] The results showed that 7 hours of light supplement had the greatest effect on plant height, fruit longitudinal diameter, fruit setting rate, which increased by 5.8%, 6.1% and 7.5% respectively compared with the CK. 9 hours of light supplement had significant effect on fruit quality improvement, which could be harvested 6 days earlier and yield increased by 3.6% compared with the CK. [Conclusion] In the solar greenhouse, the plant growth lamp for tomato cultivation in autumn and winter is supplemented with light for 7 hours before flowering and 9 hours after flowering.

Key words Plant growth lamp; Tomato; Supplementary lighting time

植物光照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代谢过程^[1-3]。荷兰学者研究指出,增加1%的光照可带来1%的增产,可见光照在植物生产中的重要性。华北地区秋冬季节番茄生产的主要设施类型为日光温室,在日光温室内影响光照的因素很多,如棚膜、温室弧度等,与露地相比,其光照度仅为露地的50%~70%。光照度与光照时间不足,则容易造成苗徒长、花果脱落严重、果实发育缓慢等情况发生,从而导致作物减产^[4]。

随着现代农业的发展,温室人工补光技术日趋成熟,不少企业园区已开始采用人工光源补光、提高作物光合速率、增加叶面积、促进作物生长等措施,从而达到增产、高效、优质、抗病的目的。关于补光时间对作物影响的研究多集中于LED灯上^[5-7],对于稀土植物生长灯的补光时间研究较少,尤其是植物补光灯补光时间对作物生长及品质影响的研究更少。笔者以番茄为材料,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生长、发育及品质的影响,以期对日光温室秋冬番茄生产补光技术研究提供理论基础。

1 材料与与方法

1.1 试验设备 稀土植物生长灯,杭州佳遇照明电器有限公司生产,为一种外形呈伞形的稀土元素植物生长灯,电压220 V,功率36 W。时间控制器使用的电压范围为220 V(交流电),负载最大电流为15 A。

1.2 试验材料 供试番茄品种为浙粉702,于2017年9月

20日以大行距150 cm、株距30 cm的密度双行定植于小汤山基地40号日光温室,采用膜下滴灌栽培。

1.3 试验设计及方法 试验采用单因素完全随机设计,分别设每日补光时间5 h(8:00—10:00和16:00—19:00)、7 h(7:00—10:00和16:00—20:00)、9 h(6:00—10:00和16:00—21:00)3个处理,以不补光为对照(CK),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5植株挂上标签,作为测量对象。

1.3.1 形态指标的测定。定植后用米尺测量植株株高,用游标卡尺测定植株地上部10 cm的茎粗,开花期记录开花数,座果之后记录座果数,果实迅速生长期用游标卡尺测量果实横径、纵径。

1.3.2 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。

1.3.3 品质测定。对标记的植株果实采样进行品质测定,可溶性固形物含量采用手持糖量计测量,VC含量采用改良2,6-二氯酚靛酚滴定法测定,可溶性糖含量采用蒽酮比色法测定,有机酸含量采用碱液滴定法测定,硝酸盐含量采用水杨酸比色法测定,亚硝酸盐含量采用磺胺比色法测定。

1.4 数据分析 采用Excel 2007软件进行数据处理,采用SPSS软件对数据进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同补光时间对番茄长势影响 由表1可见,不同补光时间处理对番茄生长指标影响表现为:补光时间7 h与9 h处理在株高上与对照相比分别增加5.8%及4.5%,达到显著性差异;各补光处理与对照在茎粗及叶片数上均无显著差异;补光7 h、9 h处理在果实横径、纵径上均与对照存在显著差异,补光7 h果实纵径、横径最大,比对照分别增加6.1%及

基金项目 北京市农业局科技项目(PXM2018_036204)。

作者简介 李蔚(1987—),女,吉林延吉人,农艺师,硕士,从事设施蔬菜工厂化栽培技术研究。

收稿日期 2018-08-02;修回日期 2018-12-03

4.5%,其次为补光9 h处理,说明适当补光可促进果实生长。各处理对开花期的影响表现为补光7 h与9 h处理可提前1 d开花,不同补光时间对座果期的影响表现为随着补光时

间的增加,座果期可提前,补光5、7、9 h分别可提前1、2、3 d座果;通过补光果实可以提前采收,补光5 h处理与对照同天采收,补光7、9 h处理可分别提早采收果实5和6 d。

表1 补光时间对番茄长势的影响

Table 1 Effects of light supplementary time on tomato growth

处理时间 Processing time h	株高 Plant height cm	茎粗 Stem diameter mm	叶片数 Leaf number 片	果实纵径 Fruit longitudinal diameter cm	果实横径 Fruit transverse diameter cm	始花期 Initial flowering stage	始果期 Initial fruit stage	始收期 Initial harvested stage	座果率 Fruit seting rate %
5	153.0 ab	10.7 ab	23.8 ab	8.2 b	6.9 a	10-29	11-07	01-24	76.7 a
7	159.0 a	11.0 a	24.7 a	8.7 a	7.0 a	10-28	11-06	01-19	80.0 a
9	157.0 a	10.8 ab	25.0 a	8.5 a	7.0 a	10-28	11-05	01-18	76.1 a
对照(不补光) (no light supplement)	150.3 b	11.4 a	23.3 ab	8.2 b	6.7 b	10-29	11-08	01-24	72.5 b

注:同列不同小写字母表示不同处理在0.05水平上差异显著

Note: Different lowercases in the same column stand for significant differences between different treatments at 0.05 level

2.2 不同补光时间对番茄品质的影响 由表2可看出,不同补光时间处理对番茄品质影响较大,V_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、硝酸盐含量随着补光时间的增加而降低。各处理均能显著提高番茄V_C含量,补光5、7、9 h分别可提高番茄V_C含量9.7%、14.5%及16.1%,且各处理间差异不显著;补光7、9 h处理可显著增加可溶性固形物含量,与对照处理相比

均增加8.6%,补光5 h处理番茄可溶性固形物含量较对照无变化;补光9 h处理可显著增加番茄可溶性糖含量,比对照处理增加22.8%,其他处理与对照间差异不显著;各处理均可降低番茄有机酸含量,补光9 h番茄有机酸含量下降最多,达到20%;各处理在降低番茄硝酸盐及亚硝酸盐含量上差异不大,补光9 h处理可显著降低番茄硝酸盐含量。综上,补光9 h对番茄品质提升作用最明显。

表2 补光时间对番茄品质的影响

Table 2 Effects of light supplementary time on tomato quality

处理时间 Processing time h	V _C 含量 Vitamin C content mg/100 g	可溶性固形物含量 Soluble solids content/%	可溶性糖含量 Soluble sugar content//mg/g	有机酸 Organic acid content//mg/g	硝酸盐 Nitrate content mg/kg	亚硝酸盐 Nitrite content mg/kg
5	6.8 a	3.5 b	22.9 ab	0.9 b	158.7 ab	0.11 a
7	7.1 a	3.8 a	23.1 ab	0.9 b	152.8 ab	0.11 a
9	7.2 a	3.8 a	24.2 a	0.8 b	134.2 b	0.11 a
对照(不补光) (no light supplement)	6.2 b	3.5 b	19.7 b	1.0 a	167.4 a	0.14 a

注:同列不同小写字母表示不同处理在0.05水平上差异显著

Note: Different lowercases in the same column stand for significant differences between different treatments at 0.05 level

2.3 补光时间对番茄产量的影响 补光处理对果实单果重影响不明显,但可以显著增加单株产量,随着补光时间的增加,番茄产量也有所增加,补光9 h番茄增产效果最明显,与对照相比,单产增加3.6%。

果实品质的关键因子。该试验结果显示,在补光处理下,番茄株高、叶片数与对照相比都有所提高,说明补光栽培可以促进番茄植株生长。这与李进等^[8]研究得出植物接受光合作用的时间越长,光合产物的积累量越多结果相符。补光7 h与补光9 h在对番茄株高、茎粗、叶片数及果实大小上差异不显著,补光7 h对番茄座果率促进效果最好。故从节约能源角度,开花座果期前,可采用每日补光7 h的措施。不同补光时间处理对番茄品质影响较大,尤其对V_C含量和有机酸含量影响最显著,随着补光时间增加,番茄V_C含量越高,有机酸含量越低,可溶性固形物及可溶性糖含量也随着补光时间的增加有所提升,此外补光还可在一定程度上降低番茄果实硝酸盐及亚硝酸盐的含量,与刘文科等^[9]得出补光可增加生菜地上部V_C含量、降低硝酸盐含量结果一致。

表3 补光时间对番茄产量的影响

Table 3 Effects of light supplementary time on tomato yield

处理时间 Processing time h	单果重 Single fruit weight g	单株产量 Yield per plant kg	小区产量 Plot yield kg	折合单产 Yield per hectare kg/hm ²
5	163.3 a	1.88 a	97.7 a	65 134.5 a
7	167.0 a	1.92 a	99.9 a	66 610.5 a
9	166.8 a	1.93 a	100.6 a	67 110.0 a
对照(不补光) (no light supplement)	165.3 a	1.81 b	97.1 a	64 786.5 a

注:同列不同小写字母表示不同处理在0.05水平上差异显著

Note: Different lowercases in the same column stand for significant differences between different treatments at 0.05 level

3 结论与讨论

在番茄生长发育过程中,光环境是影响番茄光合作用、

该试验表明,7 h补光处理下番茄生长较优,9 h补光处理下果实品质最佳、产量最大、采收期提前时间最长。建议日光温室秋冬季番茄栽培在开花前补光7 h,开花座果期后

(下转第55页)

表 4 9 个 ISSR 引物扩增结果

Table 4 The result of amplifying by nine ISSR primers

引物名称 Primer name	引物序列 Sequence (5'—3')	退火温度 Annealing temperature //°C	片段大小 Allele range bp	扩增总条带数 Total number of bands	多态性条带数 Number of polymorphic bands	多态信息量 PIC
JISSR11	GAGAGAGAGAGAGAC	50	550~600	2	2	0.73
JISSR24	CTTCACTTCACTTCA	50	400~750	3	2	0.67
JISSR25	ACACACACACACACT	50	650~950	5	3	0.78
JISSR27	ACACACACACACACAG	50	450~950	3	2	0.69
JISSR43	AGAGAGAGAGAGAGGTC	55	350~600	5	3	0.81
JISSR46	AGAGAGAGAGAGAGGTA	55	400~750	3	2	0.66
JISSR47	AGAGAGAGAGAGAGGGA	55	550~1 500	4	2	0.73
JISSR55	GAGAGAGAGAGAGATT	55	200~400	2	2	0.63
JISSR66	CTCTCTCTCTCTCTAC	55	550~700	2	2	0.60
合计 Total				29	20	
平均数 Average				3.2	2.2	0.70

酸枣分布广泛、表型变异丰富,目前酸枣新品种的选育主要依靠形态学鉴定。利用分子标记构建酸枣种质资源的指纹图谱有助于酸枣种质资源的鉴定。根据 25 个 ISSR 引物的扩增结果,选择 PIC 值最高的 4 个引物 JISSR11、JISSR25、JISSR43 和 JISSR47 可以鉴定出 63 份酸枣种质资源。这些特异性条带可以作为酸枣种质资源鉴定和新品种选育的分子依据。

参考文献

- [1] 曲泽洲,王永惠. 中国果树志:枣卷 [M]. 北京:中国林业出版社,1993.
- [2] 张春梅. 酸枣 SSR 引物开发及遗传多样性研究 [D]. 杨凌:西北农林科技大学,2013.
- [3] 刘孟军,汪民. 中国枣种质资源 [M]. 北京:中国林业出版社,2009.
- [4] ISLAM M B, SIMMONS M P. A thorny dilemma: Testing alternative intrageneric classifications within *Ziziphus* (Rhamnaceae) [J]. *Systematic botany*, 2006, 31(4): 826-842.
- [5] ZHANG C M, HUANG J, YIN X, et al. Genetic diversity and population structure of sour jujube, *Ziziphus acidojujuba* [J]. *Tree genetics & genomes*, 2015, 11(1): 809.
- [6] 南京中医药大学. 中药大辞典:下册 [S]. 2 版. 上海:上海科学技术出版社,2006:3577-3579.
- [7] 张雪,丁长河,李和平. 酸枣仁的化学成分和药理作用研究进展 [J]. *食品工业科技*, 2009, 30(3): 348-350.
- [8] 张明春,解军波,李婷,等. 复合酶法提取酸枣仁黄酮研究 [J]. *食品科学*, 2008, 29(9): 174-177.
- [9] 王卫记,罗建光,孔令义. HPLC-ESI-MSⁿ 分析酸枣仁有效部位的化学成分 [J]. *中国中药杂志*, 2009, 34(21): 2768-2772.
- [10] 赵连红,乔卫,许岚. 酸枣仁中生物碱抗惊厥作用的实验研究 [J]. *天津药学*, 2007, 19(1): 4-5.
- [11] 耿欣,李廷利. 酸枣仁主要化学成分及药理作用研究进展 [J]. *中医学报*, 2016, 44(5): 84-86.
- [12] 闫艳,杜晨晖,李小菊,等. HPLC-DAD-ELSD 法同时测定酸枣仁中斯皮诺素、酸枣仁皂苷 A 和 B 的含量 [J]. *药物分析杂志*, 2011, 31(1):

30-33.

- [13] 杨雷. 酸枣种质资源果实营养成分分析及种质评价 [D]. 保定:河北农业大学,2004.
- [14] 孙亚强,吴翠云,王德,等. 酸枣种质资源果实若干性状的多元统计分析 [J]. *江西农业学报*, 2015, 27(12): 29-32.
- [15] 张春梅. 酸枣 SSR 引物开发及遗传多样性研究 [D]. 杨凌:西北农林科技大学,2013.
- [16] 张鹏飞,尉东峰,刘亚令,等. 枣与酸枣的 SSR 遗传多样性研究 [J]. *华北农学报*, 2015, 30(2): 150-155.
- [17] ZIETKIEWICZ E, RAFALSKI A, LABUDA D. Genome fingerprinting by simple sequence repeat (SSR)-anchored polymerase chain reaction amplification [J]. *Genomics*, 1994, 20(2): 176-183.
- [18] REDDY M P, SARLA N, SIDDIQI E A. Inter simple sequence repeat (ISSR) polymorphism and its application in plant breeding [J]. *Euphytica*, 2002, 128(1): 9-17.
- [19] LIU M J, ZHAO J, CAI Q L, et al. The complex jujube genome provides insights into fruit tree biology [J]. *Nature communications*, 2014, 5: 1-14.
- [20] 李登科. 枣种质资源描述规范和数据库标准 [M]. 北京:中国农业出版社,2006.
- [21] LIAN C L, WADUD M A, GENG Q F, et al. An improved technique for isolating codominant compound microsatellite markers [J]. *Journal of plant research*, 2006, 119(4): 415-417.
- [22] ROHLF F J. NTSYS-pc: Numerical taxonomy system. Ver. 2. 1 [M]. New York: Applied Biostatistics Inc., 1998.
- [23] BOTSTEIN D, WHITE R L, SKOLNICK M, et al. Construction of a genetic linkage map in man using restriction fragment length polymorphisms [J]. *American journal of human genetics*, 1980, 32(3): 314-331.
- [24] 曹景权,许向一. 野生酸枣的类型与利用 [J]. *河北果树*, 2011(1): 49-50.
- [25] 武媛林. 酸枣种质资源的评价及选优 [D]. 保定:河北农业大学,2008.
- [26] 王僧虎,石晓云. 酸枣优良新品种邢州 1 号的选育 [J]. *湖北农业科学*, 2012, 51(20): 4545-4548.
- [27] 王春桐. 酸枣极早熟新品种脆酸枣的选育 [J]. *中国果业信息*, 2008(1): 55.
- [28] 张建英,毛向红,张莹莹,等. 酸枣新品种“蓝猫 1 号”和“蓝猫 2 号”的选育 [J]. *果树学报*, 2017, 34(6): 775-777.

(上接第 50 页)

补充 9 h。由于该试验为单次试验,试验结果有待于在同茬口进行验证。

参考文献

- [1] 杨娜,郭维明,陈发棣,等. 光周期对秋菊品种“神马”花芽分化和开花的影响 [J]. *园艺学报*, 2007, 34(4): 965-972.
- [2] 苏文华,张光飞,李秀华,等. 光强和光质对灯笼花生与总黄酮量影响的研究 [J]. *中草药*, 2006, 37(8): 1244-1247.
- [3] 孙洪助,孙文华,刘士辉,等. 不同光质对作物形态建成和生长发育的影响 [J]. *安徽农业科学*, 2015, 43(27): 17-20.

- [4] 祁娟霞,韦峰,张亚红,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.
- [5] 张子鹏,温健新,黄爱政,等. LED 灯补光对温室甜椒产量及品质的影响 [J]. *安徽农业科学*, 2016, 44(29): 24-25, 29.
- [6] 李海达,吉家曾,郑桂建,等. 不同 LED 补光光源对樱桃番茄产量和品质的影响 [J]. *广东农业科学*, 2014, 41(14): 37-40.
- [7] 丁小涛,姜玉萍,王虹,等. LED 株间补光对番茄生长和果实品质的影响 [J]. *上海农业学报*, 2016, 32(6): 48-51.
- [8] 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.
- [9] 刘文科,杨其长,邱志平,等. 不同 LED 光质对生菜生长和营养品质的影响 [J]. *蔬菜*, 2012(11): 63-65.