

研究报告

Research Report

补光时间对温室牛角椒产量及其品质的影响

吕学梅* 朱学超

山东省临沂市气象局, 山东临沂, 276004

* 通信作者, lishaoxu11@126.com

摘要 为探究补光时间对牛角椒生长发育, 产量及其品质的影响。本试验补光 0 h、2 h、4 h、8 h、10 h, 共 5 个处理, 找出冬春季温室牛角椒的最佳补光时间, 抱枕该时段的牛角椒的产量和品质。结果表明, 随着补光时间的增加, 牛角椒的株高、茎粗、叶面积、SPAD、地上部鲜干质量、全株鲜干质量随之增加, 且补光 8 h 和 10 h 处理间差异性不显著; 牛角椒的单株果实数、单株产量先增加后降低, 补光 8 h 显著最高; 糖酸比先下降后上升, 且补光 8 h 和 10 h 处理间差异性不显著。产量和品质与植株生长的相关分析表明, 叶面积、SPAD 值与牛角椒产量呈显著正相关关系, 株高、叶面积、冠层宽与糖酸比呈显著正相关关系。综上, 牛角椒适合补光 8 h, 既能增加产量, 也能保证风味。

关键词 补光时间, 温室, 牛角椒, 产量, 品质

Effects of light supplement time on Yield and quality of *Zanthoxylum annuum* in Greenhouse

Lv Xuemei* Zhu Xuechao

Linyi Meteorological Bureau of Shandong Province, Linyi, 276004

* Corresponding author, lishaoxu11@126.com

DOI: 10.5376/mpb.cn.2021.19.0003

Abstract o explore the effects of light supplement time on the growth, yield and quality of *Zanthoxylum annuum*. In this experiment, 5 treatments of 0 h, 2 h, 4 h, 8 h and 10 h were used to find out the best time for supplementing light in Greenhouse in winter and spring, and to hold the yield and quality of *Zanthoxylum bungeanum* in this period. The results showed that plant height, stem diameter, leaf area, SPAD, fresh and dry weight of whole plant increased with the increase of light supplement time, and there was no significant difference between the treatments of 8 h and 10 h. The fruit number per plant and yield per plant of *Zanthoxylum bungeanum* first increased and then decreased, and the highest was 8 h after light supplement; the ratio of sugar to acid decreased first and then increased, and then increased after 8 h and 10 h of light supplement There was no significant difference among h treatments. The correlation analysis between yield and quality and plant growth showed that leaf area, SPAD value and yield of *Zanthoxylum annuum* were significantly positive correlation, plant height, leaf area, canopy width and sugar acid ratio were significantly positive correlation. In conclusion, beef horn pepper is suitable for 8 hours of light, which can not only increase the yield, but also ensure the flavor.

Keywords Light supplement time, Greenhouse, *Zanthoxylum bungeanum*, Yield, Quality

冬春季节种植温室蔬菜存在光照时间和辐射强度均不足的情况, 光照成为该季节温室蔬菜的主要限制因素。文莲莲等(2018)研究表明, 与自然光照相比, 早晚补光显著增加了蔬菜植株茎粗、叶面积、干

收稿日期: 2020 年 1 月 27 日; 接受日期: 2021 年 2 月 7 日; 发表日期: 2021 年 2 月 14 日

引用格式: 吕学梅, 朱学超, 2021, 补光时间对温室牛角椒产量及其品质的影响, 分子植物育种(网络版), 19(3): 1-7 (doi: 10.5376/mpb.cn.2021.19.0003) (Lv X.M., and Zhu X.C., 2021, Effects of light supplement time on Yield and quality of *Zanthoxylum annuum* in Greenhouse, *Fengzi Zhiwu Yuzhong* (Molecular Plant Breeding (online)), 19(1): 1-7 (doi: 10.5376/mpb.cn.2021.19.0003))

鲜重, 提高其幼苗的植株生物量积累。段青青等(2019)研究表明, 较不补光, 补光可以温室蔬菜的降低硝酸盐含量, 增加地上部及全株鲜质量、产量。魏守辉等(2020)研究表明, 补光处理可提高蔬菜平均单株产量、果实可溶性糖含量、可溶性固形物含量、糖酸比、挥发性物质总数量和总质量分数, 但会降低有机酸含量, 对其进行补光 5 h 可有效提高番茄产量、果实品质和风味。因此, 对蔬菜就行补光处理可以有效提高其产量和品质。

牛角椒(*Capsicum annuum* L.)形如牛角, 其色泽鲜红、味辣带甜, 内厚籽少, 已经成为国人餐桌常见的食物(杨华等, 2011)。由于牛角椒品种更新较为快速, 其产量的增长主要来自于品种更迭, 导致栽培措施针对牛角椒产量增长的研究较少, 尤其是冬春季弱光条件下温室牛角椒的报道更为罕见。近年来, “绿美龙”牛角椒以其高产高抗早熟特性迅速占领市场, 在此基础上, 进一步挖掘该品种的产量潜力十分必要。故本研究以牛角椒为试验材料, 补光时间为变量, 研究不同补光时间对牛角椒的生长发育、生物量积累、产量和品质的影响。以期找到适合冬春季温室牛角椒的补光时间, 保证该季度牛角椒的产量和品质。

1 结果与分析

1.1 补光时间对牛角椒植株生长的影响

补光可以显著提高牛角椒的株高、茎粗、叶面积、SPAD、冠层宽(表 1)。随着补光时间的增加, 牛角椒株高、冠层宽先增加后降低, 其中补光 2 h 和 4 h 的株高显著高于其它处理, 且两者间差异性不显著; 牛角椒的茎粗逐渐增加, 除补光 0 h 外, 其它处理差异性不显著; 牛角椒的叶面积、SPAD 逐渐增加, 补光 8 h 和 10 h 叶面积显著最高, 补光 2 h 和 4 h 叶面积次之, 补光 0 h 最低, 且补光 8 h 和 10 h、2 h 和 4 h 间差异性均不显著。可见, 增加补光时间能够显著影响植株生长, 尤其是叶面积和 SPAD。

1.2 补光时间对牛角椒植株生物量的影响

补光能够显著增加牛角椒的鲜质量和干质量(表 2)。随着补光时间的增加, 地上部分和全株的鲜质量逐渐增加, 补光 8 h 和 10 h 显著最高, 补光 2 h 和 4 h 次之, 补光 0 h 最低, 且补光 8 h 和 10 h、2 h 和 4 h 间差异性均不显著; 根补光 10 h 的鲜质量显著最高, 且其它处理差异性不显著。随着补光时间的增加, 地上部分和全株的干质量逐渐增加, 且处理间差异性显著; 根补光 10 h 的干质量显著最高, 补光 0 h

显著最低, 且补光 2 h、4 h 间差异性不显著。可见, 增加补光时间可以促进牛角椒的地上部分和全株生物量积累, 对地下生物量影响较小。

1.3 补光时间对牛角椒产量的影响

随补光时间增加, 牛角椒的单株果实数和单株产量先升高后降低, 峰值是补光 8 h(表 3)。牛角椒的单株果实数、单株产量显著最高处理是补光 8 h, 显著最低处理是补光 0 h。其中, 补光 2 h、4 h、10 h 的处理间单株果实数差异性不显著, 单株产量差异性显著。可见, 增加补光时间能够显著提高牛角椒的单株果实数、单株产量, 补光 8 h 效果最好。

1.4 补光时间对牛角椒果实品质的影响

补光时间对牛角椒果实的可溶性蛋白含量、可溶性糖含量等指标的影响存在差异(表 4)。牛角椒果实的可溶性蛋白含量显著最高处理是补光 2 h, 次之是补光 4 h, 补光 0 h、8 h、10 h 处理间差异性不显著; 可溶性糖含量显著最高处理是补光 8 h, 显著最低是补光 4 h, 且补光 0 h、2 h、10 h 间差异不显著; 可滴定酸含量显著最高处理是补光 2 h 和 4 h, 次之是补光 0 h, 显著最低处理是补光 8 h 和 10 h, 且补光 2 h 和 4 h、补光 8 h 和 10 h 间差异性不显著; 维生素 C 含量的补光 0 h 处理最低, 但各处理间差异性不显著; 硝酸盐含量显著最高是补光 0 h、4 h、10 h, 且处理间差异性不显著, 显著最低是补光 2 h、10 h, 且处理间差异性不显著; 糖酸比显著最高是补光 8 h 和 10 h, 次之是补光 0 h, 显著最低是补光 2 h、4 h, 且补光 8 h 和 10 h、2 h 和 4 h 间差异性不显著。可见, 增加补光能够提高牛角椒果实可溶性蛋白含量, 对维生素 C 含量无显著影响; 随着补光时间增加, 糖酸比先下降后上升。

1.5 牛角椒产量及其品质与植株生长的关系

1.5.1 牛角椒产量与植株生长的关系

单株果实数和单株产量分别与叶面积、SPAD 相关性达到显著水平(表 5)。冠层宽与株高呈极显著正相关关系, 相关系数为 0.9670; 单株果实数和单株产量分别与叶面积、SPAD 呈显著正相关关系, 其相关系数分别是 0.8940 和 0.9066、0.9462 和 0.9143; 单株果实数与单株产量呈显著正相关关系, 相关系数是 0.9822。可见, 叶面积、SPAD 能够影响牛角椒的产量。

1.5.2 牛角椒品质与植株生长的关系

可溶性糖、维生素 C、糖酸比分别与叶面积相关

表 1 补光时间对牛角椒植株生长的影响

Table 1 The effect of supplement light time on the growth of horn pepper

补光时间(h)	株高(cm)	茎粗(mm)	叶面积(cm ²)	SPAD	冠层宽(cm)
Fill light time (h)	Plant height (cm)	Stem thickness (mm)	Leaf area (cm ²)		Canopy width (cm)
0	53.91 c	12.75 b	21.60 c	51.12 b	42.84 c
2	63.99 a	12.92 a	24.63 b	57.51 b	50.25 a
4	63.36 a	13.59 a	23.50 b	57.66 b	50.52 a
8	56.52 b	13.17 a	28.59 a	59.60 a	46.35 b
10	56.88 b	13.07 a	27.42 a	58.99 a	44.28 b

表 2 补光时间对牛角椒植株生物量的影响

Table 2 Effects of supplement light time on plant biomass of horn pepper

补光时间(h)	鲜质量(g)			干质量(g)		
	Fresh quality (g)			Dry mass (g)		
	地上部分	根	全株	地上部分	根	全株
Fill light time (h)	Aboveground	Root	Whole plant	Aboveground	Root	Whole plant
0	214.73 c	33.26 b	247.99 c	35.36 d	4.06 c	39.42 d
2	242.18 b	32.42 b	274.60 b	40.18 c	4.37 b	44.55 c
4	251.49 b	33.61 b	285.10 b	44.36 c	4.42 b	48.78 c
8	299.48 a	33.82 b	333.30 a	50.36 b	4.46 b	54.81 b
10	333.11 a	36.03 a	369.14 a	58.03 a	5.47 a	63.50 a

表 3 补光时间对牛角椒产量的影响

Table 3 The effect of supplement light time on the yield of horn pepper

补光时间(h)	单株果实数	单株产量(g)
Fill light time (h)	Number of fruits per plant	Yield per plant (g)
0	7.25 c	1257.71 e
2	8.51 b	1488.65 d
4	8.86 b	1640.84 c
8	9.99 a	1851.08 a
10	8.94 b	1748.72 b

性达到显著水平(表 6)。可溶性蛋白分别与株高、冠层宽呈显著正相关关系, 相关系数分别是 0.9277、0.8307; 可溶性糖与叶面积呈显著正相关关系, 相关系数分别是 0.8219; 可滴定酸与可溶性蛋白呈显著

正相关关系, 相关系数是 0.8276; 维生素 C 分别与叶面积、SPAD 呈显著正向关系, 相关系数分别是 0.8132、0.9837; 糖酸比分别与叶面积、可溶性糖、可滴定酸呈显著相关关系, 其中与可滴定酸呈负相关关系, 相关系数分别是 0.8177、0.8104、0.9626。可见, 株高、叶面积、冠层宽均能影响糖酸比。

2 讨论

补光既能调节温室蔬菜的光周期, 又能作为光合作用的能源, 补充冬春季太阳辐射的不足, 最终促进蔬菜的生长发育。王佳淇等(2020)、张云飞等(2019)研究表明, 补光能够提高蔬菜植株株高、茎粗、叶面积促进营养生长。本研究表明, 增加补光时间能够显著影响牛角椒植株生长, 尤其是叶面积和

表 4 补光时间对牛角椒果实品质的影响

Table 4 The effect of supplement light time on the fruit quality of horn pepper

补光时间(h)	可溶性蛋白(mg/g)	可溶性糖(%)	可滴定酸(%)	维生素 C (mg/g)	硝酸盐(mg/kg)	糖酸比
Fill light time (h)	Soluble protein (mg/g)	Soluble sugar (%)	Titratable acid (%)	Vitamin C (mg/g)	Nitrate (mg/kg)	Sugar-acid ratio
0	0.72 c	2.43 b	0.17 b	1.05 a	123.65 a	12.35 b
2	0.95 a	2.46 b	0.23 a	1.11 a	119.51 b	9.51 c
4	0.85 b	2.30 c	0.21 a	1.12 a	125.23 a	9.95 c
8	0.72 c	2.79 a	0.13 c	1.13 a	116.16 b	20.02 a
10	0.77 c	2.55 b	0.12 c	1.13 a	124.66 a	20.25 a

表 5 牛角椒产量与植株生长的相关性分析

Table 5 Correlation analysis between the yield and plant growth of horn pepper

	株高 Plant height	茎粗 Thick stem	叶面积 Leaf area	SPAD	冠层宽 Canopy width	单株果实数 Number of fruits per plant	单株产量 Yield per plant
株高 Plant height	1.0000						
茎粗 Thick stem	0.5124	1.0000					
叶面积 Leaf area	-0.0989	0.1938	1.0000				
SPAD	0.4703	0.6186	0.8077	1.0000			
冠层宽 Canopy width	0.9670**	0.6003	-0.0289	0.5409	1.0000		
单株果实数 Number of fruits per plant	0.1909	0.5858	0.8940*	0.9462*	0.3117	1.0000	
单株产量 Yield per plant	0.1021	0.5874	0.9066*	0.9143*	0.1975	0.9822**	1.0000

注: *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$

Note: *: $p < 0.05$ **: $p < 0.01$

SPAD, 补光 8 h 和 10 h 的叶面积和 SPAD 值最高, 且两者间差异性不显著。这可能是补光能够促进植物光合作用, 进而提高叶面积和 SPAD。

补光能够促进温室蔬菜的有机物质积累。肖苏琪等(2018)研究表明, 补光促进黄瓜(*Cucumis sativus* L.)干物质向叶片和根部分配, 抑制向茎部分配; 岳钉伊等(2017)研究表明, LED 补光均显著降低叶片气孔密度, 增加番茄(*Solanum lycopersicum*)的净光合速率, 提高了植株的总干鲜质量。本研究表明, 增加补光时间可以促进牛角椒的地上部分和全株生物量积累, 补光 8 h 和 10 h 显著最高, 且两者间差异性不显著。这可能是因为补光增加植株光合作用时间。但对牛角椒地下生物量影响较小, 这与肖苏琪等(2018)研究结果不同, 可能是蔬菜的种间差异导致。

本研究表明, 增加补光时间能够显著提高牛角椒的单株果实数、单株产量, 补光 8 h 效果最好。这与岳钉伊等(2017)、王舒亚等(2020)研究结果一致, 补光分别增加了番茄、西葫芦(*Cucurbitaceae Trichosanthes* L.)的单株结果数、单株产量。且叶面积和 SPAD 值分别与牛角的单株果实数和单株产量相关性达到显著水平, 表明, 补光通过影响植株的叶面积、SPAD 达到增产。

王舒亚等(2020)研究表明, 较不补光, 补光处理显著增加西葫芦果实中维生素 C 含量、可溶性蛋白含量和糖酸比; 柳帆红等(2020)研究表明, 补光能够显著增加番茄果实总产量, 与对照相比, 揭帘前补光

5 h 显著增加番茄果实中葡萄糖、蔗糖、总糖, 分别为 53.33%、66.66%、47.25%, 显著增加番茄果实中糖酸比。本研究表明, 增加补光能够提高牛角椒果实可溶性蛋白含量, 对维生素 C 含量无显著影响; 随着补光时间增加, 糖酸比先下降后上升, 补光 8 h 糖酸比最高。这与前人研究结果一致(柳帆红等, 2020)。且相关分析得出, 株高、叶面积、冠层宽均能影响糖酸比。

补光能够促进牛角植株生长种的叶面积和 SPAD, 提高地上部分和全株的鲜干质量, 使得牛角椒单株果实数和单株产量增加, 并影响果实的风味。其中补光 8 h 的产量最高, 且糖酸比最高。可见, 牛角椒适合补光 8 h, 既能增加产量, 也能保证风味。

3 材料与方法

3.1 试验材料

供试品种供是“绿美龙”, 该品种在世嘉种子商城购买。试验光源是全光谱植物灯(WIN-ZRG6X15-0T-DM), 购于广东伟照业光点节能有限公司。

3.2 试验设计

以光照时间为变量, 采用单因素随机区组设计, 分别设是补光 0 h (不进行补光)、补光 2 h (18:00~20:00)、补光 4 h (18:00~22:00)、补光 8 h (18:00~02:00)、补光 10 h (18:00~04:00), 共设 5 个处理, 三次重复。每个小区面积为 20 m² (长 5 m×4 m), 不同小区间通

表 6 牛角椒品质与植株生长的相关性分析
Table 6 Correlation analysis of quality and plant growth of horn pepper

	株高 Plant height	茎粗 Thick stem	叶面积 Leaf area	SPAD	冠层宽 Canopy width	可溶性蛋白 Soluble protein	可溶性糖 Soluble sugar	可滴定酸 Titratable acid	维生素 C Vitamin C	硝酸盐 Nitrate	糖酸比 Sugar-acid ratio
株高 Plant height	1.0000										
茎粗 Thick stem	0.5124	1.0000									
叶面积 Leaf area	-0.0989	0.1938	1.0000								
SPAD	0.4703	0.6186	0.8077	1.0000							
冠层宽 Canopy width	0.9670**	0.6003	-0.0289	0.5409	1.0000						
可溶性蛋白 Soluble protein	0.9277**	0.1671	-0.1958	0.2739	0.8307*	1.0000					
可溶性糖 Soluble sugar	-0.4705	-0.2058	0.8219*	0.4204	-0.3417	-0.4904	1.0000				
可滴定酸 Titratable acid	0.7867	0.1230	-0.6334	-0.1384	0.7484	0.8276*	-0.6993	1.0000			
维生素 C Vitamin C	0.4270	0.6301	0.8132*	0.9837**	0.4657	0.2370	0.3713	-0.2140	1.0000		
硝酸盐 Nitrate	0.0294	0.1961	-0.5397	-0.3949	-0.1328	0.0294	-0.7826	0.1095	-0.2535	1.0000	
糖酸比 Sugar-acid ratio	-0.6242	-0.0540	0.8177*	0.3733	-0.5766	-0.6757	0.8104*	-0.9626**	0.4316	-0.2754	1.0000

注: *, $p < 0.05$, **, $p < 0.01$

Note: *, $p < 0.05$ **, $p < 0.01$

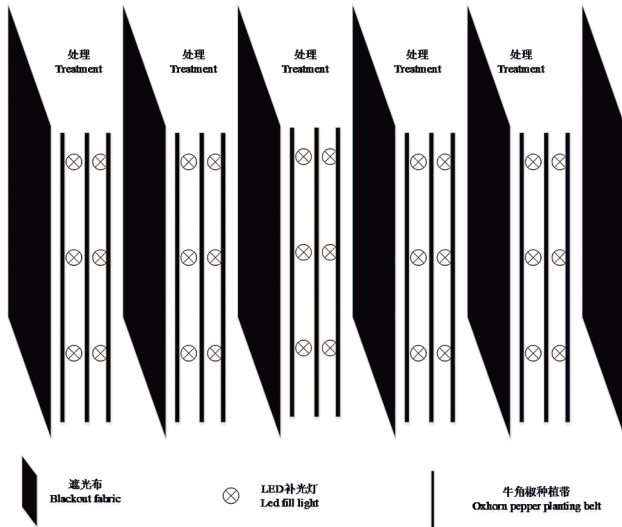


图1 温室补光图

Figure 1 Light supplement of greenhouse

过遮光布隔离。

3.3 测定指标

3.3.1 牛角椒植株生长各指标测定

补光 100 d 进行取样, 每个小区取 3 株, 在室内测定株高、冠层宽、茎粗。并测定 30 cm 处叶片的长和宽, 根据段青青等(2019)方法计算叶面积。同时采用 SPAD502 进行测定该叶片的 SPAD 值。

3.3.2 牛角椒生物量测定

补光 100 d 进行取样, 每个小区选择 3 株, 分离地上部和地下部, 分别用天平测定鲜重。并将鲜样烘干后重新称重。

3.3.3 牛角椒产量的测定

每个小区选择长势一致的 3 株进行挂牌标记, 累计记录采收果树和采收产量, 并换算为单株产量及单株果实数。

3.3.4 牛角椒果实品种测定

每个处理选择 3 个果实, 可溶性蛋白含量、可溶性糖含量采用原亚琦等(2019)方法测定; 可滴定酸含量、维生素 C 含量、硝酸盐含量采用熊鑫等方法测定。

3.4 数据分析

采用 Excel 录入数据, SPSS 22.0 进行方差分析。

作者贡献

吕学梅是本研究的实验设计及实验研究的执行人, 完成数据分析, 论文的写作及修改均有吕学梅和

朱学超完成, 冷鹏参与文章实验及写作。本人已阅读并同意论文的最终版本。

致谢

本文由山东省自然科学基金博士基金项目(ZR2018BD024)和“十三五”山东重大气象工程项目(鲁发改农经(2017)97号)共同资助。

参考文献

- Duan Q.Q., Zhang L.Q., Zhang Z.K., Wang J.J., Chang P.P., Zhang H.Y., and He H.J., 2019, Effects of spectrum and duration of supplemental illumination on growth, yield and fruit quality of greenhouse sweet pepper, *Nongye Gongcheng Xuebao (Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering)*, 35(24): 213-222 (段青青, 张禄祺, 张自坤, 王静静, 常培培, 张洪勇, 贺洪军, 2019, 补光时间及光质对温室甜椒生长及产量品质的影响, *农业工程学报*, 35(24): 213-222)
- Liu F.H., Xiao X.M., Yu J.H., LV J., Hu L.L., Wei S.H., Tang Z.Q., Luo S.L., and Zhong Y., 2020, Effect of Light Supplementation in Different Periods on Nutrition and Flavor Quality of Tomato in Solar Greenhouse, *Xibe Nongye Xuebao (Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica)*, 29 (04): 570-578 (柳帆红, 肖雪梅, 郁继华, 吕剑, 胡琳莉, 魏守辉, 唐中祺, 罗石磊, 钟源, 2020, 不同时段补光对日光温室番茄营养与风味品质的影响, *西北农业学报*, 29 (04): 570-578)
- Wang J.Q., He Y.Y., Wei X.T., Li Y.Q., Yang L., Chen We.R., Liao F.L., and Guo W.D., 2020, Effects of LED Supplemental Light on the Growth and Development of Blueberry in Greenhouse, *Yuanyi Xuebao (Acta Horticulturae Sinica)*, 47 (06): 1183-1193 (王佳淇, 何莹钰, 韦晓桐, 李永强, 杨莉, 陈文荣, 廖芳蕾, 郭卫东, 2020, LED 补光组合对大棚越橘生长发育的影响, *园艺学报*, 47(06): 1183-1193)
- Wang S.Y., Xu W., Tang Z.Q., Wang P., Jing T., Liu Q., Ma Z.Y., LV J., and Yu J.H., 2020, Effects of different duration of light supplementation on growth, quality and yield of Cucurbita pepo in greenhouse, *Zhongguo Guacai (China Cucurbits and Vegetables)*, 33(04): 23-27 (王舒亚, 徐威, 唐中祺, 王鹏, 景涛, 刘琪, 马正宇, 吕剑, 郁继华, 2020, 不同补光时长对日光温室西葫芦生长、品质及产量的影响, *中国瓜菜*, 33(04): 23-27)
- Wei S.H., Xiao X.M., Zhong Y., Yu J.H., Lv J., Hu L.L., Tang Z.Q., Liu F.H., Wang S.Y., and Jian N.D., 2020, Effects of supplemental illumination in different periods on the quality and volatile compounds of tomato fruit in solar greenhouse, *Nongye Gongcheng Xuebao (Transactions of the Chinese*

- Society of Agricultural Engineering), 36(08): 188-196 (魏守辉, 肖雪梅, 钟源, 郁继华, 吕剑, 胡琳莉, 唐中祺, 柳帆红, 王舒亚, 坚乃丹, 2020, 日光温室不同时段补光对番茄果实品质及挥发性物质影响, 农业工程学报, 36(08): 188-196)
- Wen L.L., Li Y., Zhang J.Q., Huang S.J., Qin L.J., Song J.B., Han J.S., and Wei M., 2018, Effects of supplemental light duration on the growth, photosynthetic characteristic and carbon metabolism of tomato seedlings in winter under solar greenhouse, *Zhiwu Shengli Xuebao (Plant Physiology Communications)*, 54(09): 1490-1498 (文莲莲, 李岩, 张聘丘, 黄世杰, 秦利杰, 宋甲斌, 韩吉书, 魏珉, 2018, 冬季温室补光时长对番茄幼苗生长、光合特性及碳代谢的影响, 植物生理学报, 54(09): 1490-1498)
- Xiao S.Q., Wang B.H., Qu M., and Gao L.H., 2018, Effect of Supplementary Light Intensity on Quality of Winter-spring Cucumber Seedling in Solar Greenhouse, *Zhongguo Shucai (China Vegetables)*, 2018(10): 40-45 (肖苏琪, 王冰华, 曲梅, 高丽红, 2018, 冬春季节育苗温室补光光强对黄瓜幼苗质量的影响, 中国蔬菜, 2018(10): 40-45)
- Xiong X., Guo S.Q., Li L., Ma Z.Q., and Zhang X., 2015, Effect of *Sophora alopecuroides* Alkaloids on Tomato Growth and Fruit Quality, *Zhongguo Nongye Kexue (Scientia Agricultura Sinica)*, 48(09): 1737-1746 (熊鑫, 郭树奇, 李琳, 马志卿, 张兴, 2015, 苦豆子生物碱对番茄生长及果实品质的影响, 中国农业科学, 48(09):1737-1746)
- Yang H., Yin M.A., Yu Q.P., and Li W.W., 2011, Effects of UV-C on ox horn pepper fruit shelf-life and its post-harvest physiology mechanism, *Xibei Nonglin Keji Daxue Xuebao Ziran Kexue Ban (Journal of North west A&F University (Natural Science Edition))*, 39(08): 147-152 (杨华, 尹明安, 于巧平, 李文学, 2011, 短波紫外线处理对牛角椒果实保鲜效果及生理指标的影响, 西北农林科技大学学报(自然科学版), 39(08): 147-152)
- Yuan Y.Q., Sun M., Lin W., Gao Z.Q., Zhang J.C., Gao Y.M., and Wang S., 2019, Effects of Water Retention in Summer and Phosphorus Application in Dryland Wheat on Grain Carbon and Nitrogen Accumulation, *Huabei Nongxue Bao (Acta Agriculturae Boreali-Sinica)*, 34(01): 131-139 (原亚琦, 孙敏, 林文, 高志强, 张锦朝, 高艳梅, 王帅, 2019, 旱地麦田夏覆盖和磷肥调控对小麦籽粒碳氮积累的影响, 华北农学报, 34(01): 131-139)
- Yue N.Y., Pan T.H., Wang J.W., Yang J.W., Li S.T., Zou Z.R., and Zhang J., 2017, Effects of CO₂ enrichment and LED light supplement on tomato growth in greenhouse, *Xibei Nonglin Keji Daxue Xuebao Ziran Kexue Ban (Journal of Northwest A&F University (Natural Science Edition))*, 45(07): 81-89+96 (岳钉伊, 潘铜华, 王嘉维, 杨俊伟, 李树庭, 邹志荣, 张静, 2017, 增施 CO₂ 与 LED 补光对日光温室番茄生长的影响, 西北农林科技大学学报 (自然科学版), 45(07): 81-89+96)
- Zhang Y.F., Zhang X.Z., Wang L.X., Liu Z.L., Peng Q.T., and Liu S.Q., 2019, Effects of Supplemental UV-C and Blue Light at Night on the Control of Cucumber Disease and the Growth, *Henong Xuebao (Journal of Nuclear Agricultural Sciences)*, 33(08): 1630-1638 (张云飞, 张现征, 王立霞, 刘中良, 彭庆堂, 刘世琦, 2019, 夜间补充 UV-C 和蓝光对黄瓜病害防控及植株生长发育的影响, 核农学报, 33(08): 1630-1638)