

# 设施栽培条件下光照强度对番茄果实品质及产量的调控效应

薛雨<sup>1</sup> 刘露露<sup>2</sup>

1 隆德县农业技术推广服务中心 2 隆德县科技服务中心

DOI:10.12238/as.v8i9.3266

**[摘要]** 设施栽培作为保障番茄周年生产、抵御自然风险的核心模式,其环境调控水平影响着番茄的产量与品质。光照则是番茄光合作用的核心能量来源,它是设施栽培环境中最易受调控且对番茄生长发育影响显著的因子。本文就围绕着设施栽培条件下光照强度对番茄果实品质及产量的调控效应展开研究,先阐述了设施栽培中光照调控的重要性,随后分析了光照强度对番茄光合作用、营养生长与生殖生长的作用机制,还系统地剖析了不同光照强度的调控效应,以期能够为设施番茄的高效优质生产提供理论依据与技术参考。

**[关键词]** 设施栽培; 光照强度; 番茄; 果实品质; 产量; 调控效应

中图分类号: S317 文献标识码: A

## The regulatory effect of light intensity on tomato fruit quality and yield under facility cultivation conditions

Yu Xue<sup>1</sup> Lulu Liu<sup>2</sup>

1 Longde County Agricultural Technology Extension Service Center,

2 Longde County Science and Technology Service Center

**[Abstract]** Summary; Facility cultivation, as the core mode to ensure the annual production of tomatoes and resist natural risks, its environmental regulation level affects the yield and quality of tomatoes. Light is the core energy source for tomato photosynthesis, and it is the most easily regulated factor in facility cultivation environments that significantly affects tomato growth and development. This article focuses on the regulatory effects of light intensity on tomato fruit quality and yield under facility cultivation conditions. Firstly, the importance of light regulation in facility cultivation is explained. Then, the mechanism of light intensity on tomato photosynthesis, nutritional growth, and reproductive growth is analyzed. The regulatory effects of different light intensities are systematically analyzed in order to provide theoretical basis and technical reference for the efficient and high-quality production of facility tomatoes.

**[Key words]** facility cultivation; Light intensity; Tomatoes; Fruit quality; Output; regulating effect

### 引言

番茄是全球广泛种植的茄果类蔬菜,不仅口感鲜美,还富含维生素C、番茄红素、矿物质等多种营养成分,它兼具食用价值与经济价值。随着农业现代化进程的加快,设施栽培凭借可控性强、抗逆性好、产量稳定等优势,已经成为番茄生产的主要方式。然而设施环境与自然环境存在着显著的差异,尤其是塑料薄膜、玻璃等覆盖材料的遮光作用,以及冬季光照时间缩短、阴雨天气增多等因素,常常会导致设施内光照强度不足,此问题成为了制约番茄品质提升与产量增加的关键瓶颈。

因为光照强度直接影响着番茄的光合作用效率,进而调控其营养物质合成、转运及分配,所以对植株生长、开花坐果、果实发育等全过程产生了深远的影响。相关的研究表明,设施内光

照强度若低于番茄光补偿点,植株光合作用制造的有机物小于呼吸消耗,如此将导致植株生长瘦弱、落花落果严重;而当光照强度处于光饱和点以下时,随着光照强度的增加,光合作用的速率会提升,植株营养积累增多,那么果实产量与品质随之得到改善;但过高的光照强度也可能引发光抑制现象,此时将破坏光合系统结构,导致光合效率出现下降,甚至还会灼伤叶片与果实。因此明确设施栽培条件下光照强度对番茄果实品质及产量的调控规律,并制定出科学的光照调控方案,对于突破设施番茄生产瓶颈、实现优质高产目标具有重要的理论意义与实践价值。

### 1 设施栽培中番茄对光照强度的需求特性

番茄属于喜光作物,它对光照强度要求较高,且生长发育的不同阶段对于光照强度的需求存在显著差异,同时品种类型、栽

培模式也会影响到光照需求阈值。也就是说,明确番茄的光照需求特性,是开展科学光照调控的前提。

### 1.1 不同生长阶段的光照需求

番茄从种子萌发到果实成熟可分为发芽期、幼苗期、开花坐果期和结果期四个阶段,各个阶段对光照强度的需求逐步提升。其中发芽期番茄种子的萌发主要依赖自身储存的营养物质,所以对光照的需求较低,甚至在黑暗条件下更利于萌发;幼苗期作为番茄花芽分化与根系发育的关键阶段,一般需要适宜的光照强度促进光合作用,该阶段要求光照强度保持在30000-40000lx,若光照不足极易导致幼苗徒长、细弱,致使花芽分化延迟且质量下降;而开花坐果期番茄需要充足的光照促进花粉发育、花粉活力提升及完成授粉受精过程,因此此阶段光照强度需达到40000-50000lx,一旦光照不足就会导致花粉败育、落花落果率增加,那么坐果数将显著减少;结果期是番茄营养物质向果实转运积累的核心阶段,在四个阶段当中此阶段对光照强度的需求最高,适宜光照强度为50000-60000lx,只有充足的光照才能促进光合作用产物的合成与分配,加速果实膨大并提升果实品质,如果光照不足将导致果实发育缓慢、畸形果增多、品质下降<sup>[1]</sup>。

### 1.2 品种与栽培模式对光照需求的影响

一般而言,无限生长型番茄品种由于生长期长、植株高大,往往对光照强度的需求高于有限生长型品种;设施专用番茄品种经过长期选育,所以对弱光环境的适应性优于露地品种,其光补偿点和光饱和点便相对较低,哪怕处于低光照条件下仍能保持一定的光合效率。此外栽培模式也影响着番茄的光照需求,如密植栽培会导致植株间相互遮荫,进而增加群体对光照的需求,此时便需要更高的光照强度才能满足群体光合作用需求。

### 1.3 设施环境下的光照强度特征

设施内的光照强度受到覆盖材料、设施结构、季节气候等多种因素影响,其具有显著的时空变化特征。若从空间分布来看,设施内中部及上部光照强度较高,下部及四周由于立柱、墙体遮挡,光照强度往往较低,且植株冠层内部光照分布不均,致使下部叶片常处于弱光环境;从时间变化来看,夏季设施内光照强度较高,甚至可能超过番茄光饱和点,但冬季光照强度普遍不足,尤其是北方地区,在12月至次年2月设施内日均光照强度常低于30000lx,此数值难以满足番茄生长的需求。上述这种光照环境特征,使得设施番茄生产中必须通过人工调控手段来改善光照条件,以满足番茄生长发育的需求。

## 2 光照强度对番茄光合作用与物质代谢的调控机制

光照是番茄光合作用的能量来源,通常光照强度经由调控光合系统结构与功能、光合生理过程及物质代谢途径,影响着有机物的合成与分配,它为番茄果实品质形成与产量积累奠定了物质基础<sup>[2]</sup>。

### 2.1 对光合系统结构与功能的调控

番茄的光合系统主要包括了光合色素、光系统I(PS I)、光系统II(PS II)及电子传递链,而光照强度直接影响着这些组分

的结构与功能。只有在适宜的光照强度下,番茄叶片才能合成充足的叶绿素a、叶绿素b及类胡萝卜素,且光合色素的含量较高,能够有效地吸收、传递和转化光能。在该条件之下PS I和PS II反应中心的活性正常,表明电子传递链的运行顺畅,即光合效率较高。但当光照强度不足时,光合色素合成受阻,叶绿素a/b比值会出现下降,PS II反应中心也会受损,致使电子传递速率降低,导致光合系统功能减弱,光合效率出现下降。而当光照强度过高时,还会引发光抑制现象,此时过剩的光能会破坏PS II反应中心的D1蛋白,导致PS II的活性下降,同时还会产生大量的活性氧,其氧化将损伤光合膜的结构,进一步降低了光合效率。

### 2.2 对光合生理过程的影响

光照强度通过调控光反应和暗反应过程,影响着番茄的光合作用速率。在光反应阶段,光照强度直接决定了光能吸收量和ATP、NADPH的生成量,一般在光饱和点以下,随着光照强度增加ATP和NADPH的生成量增多,能够为暗反应提供充足的能量和还原力;但当光照强度超过光饱和点后,光反应产物便不再增加,光反应变成了暗反应的限制因子。在暗反应阶段,光照强度通过影响Rubisco酶的活性和光合产物输出速率,得以调控CO<sub>2</sub>的固定与还原过程。只有适宜的光照强度才能提高Rubisco酶的羧化活性,在促进CO<sub>2</sub>固定的同时加速光合产物向器官(果实、根系等)的转运,进而避免光合产物在叶片中积累反馈抑制光合作用。如果处于弱光条件,Rubisco酶活性下降,CO<sub>2</sub>固定的速率降低,那么光合产物输出缓慢,随之导致叶片中淀粉和蔗糖积累,进一步抑制着光合速率。虽然强光条件下光反应产物充足,但Rubisco酶的加氧活性有所增强,光呼吸的速率会提高,将消耗大量的光合产物,依然会导致净光合速率出现下降。

### 2.3 对物质代谢与分配的调控

光照强度影响着光合作用产物的合成,以此调控番茄的物质代谢与分配。仅有适宜的光照强度才能促进碳水化合物(淀粉、蔗糖、葡萄糖等)、蛋白质、氨基酸、维生素等营养物质的合成,同时为次生代谢提供能量和前体物质,从而促进番茄红素、类黄酮等次生代谢产物的积累<sup>[3]</sup>。就物质分配来说,光照强度通过调控源—库—流关系,能够影响光合产物在不同器官中的分配比例。若用于充足的光照,可增强源器官(叶片)的光合能力,以此提高库器官(果实)的竞争力,促进光合产物向果实进行转运,达到增加果实中营养物质积累的效果。而光照不足时光合产物的合成会减少,植株将优先将有限的营养物质分配给营养生长(茎、叶),以争夺更多的光照资源,如此便会导致果实获得的营养物质减少,影响到果实发育与品质形成。

## 3 光照强度对番茄果实品质的调控效应

番茄果实品质包括了外观品质、内在营养品质和风味品质三个方面,而光照强度通过调控果实发育过程中的物质积累与代谢,将对果实品质产生显著的调控效应。

### 3.1 对外观品质的调控效应

番茄果实的外观品质涵盖了果实大小、果形指数、果皮颜色、果面光滑度等指标,其直接影响着果实的商品价值。目前光

照强度对果实外观品质的调控主要体现在以下几个方面:一是果实大小与重量,因为充足的光照可促进光合产物向果实转运,加速细胞分裂与膨大,进而增加果实横径、纵径和单果重;而光照不足时,果实的发育缓慢且单果重降低,小果率也有所增加。二是果形指数,只有适宜的光照强度才能促进果实均匀发育,通常果形指数(纵径/横径)可保持在1.0-1.2之间,果实的形状也比较规则;可光照不足时,果实发育便不均衡,容易出现扁圆形、畸形果等,即果形指数异常。三是果皮颜色,番茄果皮颜色主要由番茄红素、类胡萝卜素等色素决定,而光照强度是影响这些色素合成的关键因子。若光照充足则可促进番茄红素合成酶的活性,进而加速番茄红素积累,使果皮颜色更加鲜艳、均匀;但光照不足番茄红素的合成便会受阻,导致果皮颜色偏浅、转色期延长,甚至出现青肩果。

### 3.2对内在营养品质的调控效应

番茄果实内在营养品质主要取决于维生素、矿物质、番茄红素、可溶性糖、有机酸等营养成分的含量,光照强度正是通过调控上述这些成分的合成与代谢,影响着果实的营养价值。以维生素含量为例,维生素C是番茄果实中重要的抗氧化物质,其合成与光照强度处于密切相关。当具有充足光照,才能促进叶片光合作用,进而为维生素C合成提供充足的碳水化合物前体,同时还会增强抗坏血酸氧化酶的活性,提高维生素C含量。但在弱光条件下,维生素C的合成会减少,其含量得到显著地下降。

### 3.3对风味品质的调控效应

番茄果实风味品质由糖酸比、挥发性物质含量等决定,光照强度对于这些因素有所影响,因此会影响到果实的风味。除了通过影响可溶性糖和有机酸含量改变糖酸比外,光照强度还会影响挥发性物质的合成。可番茄果实中的挥发性物质(如醛类、醇类、酯类等)是构成果实特有风味的重要成分,其合成需要充足的能量和前体物质,而这些物质均来源于光合作用。若具有充足的光照则可促进挥发性物质的合成与积累,增加种类和含量,使得果实风味更加浓郁。此外光照强度还会影响着果实的硬度和果肉质地,往往充足的光照可使果实硬度适中、果肉细腻。

## 4 光照强度对番茄果实产量的调控效应

### 4.1对营养生长的影响

番茄的营养生长为生殖生长提供了基础,因为光照强度影响着植株的株高、茎粗、叶面积指数等营养生长指标,所以会影响植株的光合能力和抗逆性。在实践中,适宜的光照强度可促进植株茎粗增加、节间缩短、株型紧凑,同时还能增加叶面积指数,

进而提高光合面积,增强其光合能力。若处于弱光条件,植株为了争夺光照资源,便会出现徒长现象,具体表现为株高增加、茎粗变细、节间延长、叶面积指数过大但叶片薄而弱,导致光合效率下降,抗逆性减弱,易倒伏、发病。

### 4.2对生殖生长的影响

番茄的生殖生长包括了开花、授粉受精、坐果及果实发育等过程,光照强度对于生殖生长的各个环节均有显著的影响,因而其直接关系到单株结果数和单果重。在开花方面,光照强度不足会导致番茄花芽分化延迟、花芽数量减少、开花期推迟,同时弱光条件下花朵发育不良、花药开裂受阻、花粉活力下降,影响着授粉受精过程。而在授粉受精与坐果方面,充足的光照可提高花粉活力和柱头可授性、促进授粉受精,进而提高坐果率,但弱光条件下花粉败育率会增加,此时授粉受精不良、落花落果严重,坐果率得到显著的下降。在果实发育方面依然如前所述,只有充足的光照才能促进光合产物向果实转运,从而加速果实膨大,并增加单果重。

### 4.3对产量构成的综合影响

单位面积产量是单位面积株数、单株结果数和单果重的乘积,而光照强度通过对这三个因素的综合调控,最终影响着番茄产量。基于适宜的种植密度下,充足的光照可通过促进营养生长形成健壮植株,在提高单株结果数的同时增加单果重,从而显著地提高单位面积产量。研究表明,设施内通过补光将光照强度从30000lx提高到50000lx,番茄单位面积产量可提高25%-35%。

## 5 结语

本文经由系统地分析表明,番茄对光照强度的需求具有显著的阶段性及差异性,而光照强度通过调控光合系统结构功能、光合生理过程及物质代谢分配,为果实品质与产量提供了物质基础。

### [参考文献]

- [1]刘丹.不同水肥供应量对设施番茄生长、产量及品质的影响[D].陕西省:西北农林科技大学,2018.
- [2]杨鑫.CO<sub>2</sub>浓度倍增下水分调控对番茄生理、产量及品质的影响机理研究[D].陕西省:西北农林科技大学,2021.
- [3]刘丹霞.限根栽培与水肥供应模式对番茄生长及产量品质的影响[D].广东省:华南农业大学,2022.

### 作者简介:

薛雨(1995-),男,汉族,宁夏固原人,硕士研究生,助理农艺师,蔬菜、食用菌栽培。