

外源色氨酸对番茄幼苗生长和生理特性的影响

郑浚铭, 刘晓娟, 于金晖, 李康杰, 李成铭, 宋世威*

华南农业大学园艺学院, 广东 广州

收稿日期: 2022年8月17日; 录用日期: 2022年9月19日; 发布日期: 2022年9月26日

摘要

为研究外源色氨酸对番茄幼苗生长和生理特性的影响,进行了不同浓度(0、50、100、200、400 mg/L)色氨酸水溶液叶片喷施处理试验。结果表明,200 mg/L的色氨酸处理下番茄幼苗的生物量和壮苗指数高于其它处理。随着色氨酸浓度的提高,叶片的叶绿素和类胡萝卜素含量均呈先升高后降低的趋势,且均在200 mg/L处理时达到最大。色氨酸水溶液处理显著提高了番茄幼苗叶片可溶性糖和可溶性蛋白含量,以200 mg/L色氨酸处理最优。叶片中的抗氧化酶SOD和POD的活性均呈先升高后降低的趋势,在200 mg/L处理时达到最大,MDA含量在50 mg/L处理时最低。综合来看,本研究表明200 mg/L色氨酸叶片喷施处理最有利于提高番茄幼苗的生长和生理活性。

关键词

色氨酸, 番茄幼苗, 生长, 壮苗

Effects of Exogenous Tryptophan on Growth and Physiological Characteristics of Tomato Seedlings

Junming Zheng, Xiaojuan Liu, Jinhui Yu, Kangjie Li, Chengming Li, Shiwei Song*

College of Horticulture, South China Agricultural University, Guangzhou Guangdong

Received: Aug. 17th, 2022; accepted: Sep. 19th, 2022; published: Sep. 26th, 2022

Abstract

In order to study the effects of exogenous tryptophan on the growth and physiological characteristics of tomato seedlings, different concentrations (0, 50, 100, 200, and 400 mg/L) of tryptophan solution were sprayed on the leaves. The results showed that the biomass and strong seeding in-

*通讯作者。

文章引用: 郑浚铭, 刘晓娟, 于金晖, 李康杰, 李成铭, 宋世威. 外源色氨酸对番茄幼苗生长和生理特性的影响[J]. 植物学研究, 2022, 11(5): 609-615. DOI: 10.12677/br.2022.115074

dexes of tomato seedlings under 200 mg/L tryptophan treatment were greater than those of other treatments. With the increase of tryptophan concentration, the chlorophyll and carotenoid contents of leaves showed the trend of increasing first and then decreasing, reaching the maximum at 200 mg/L treatment. The tomato seedlings' soluble sugar and soluble protein contents were significantly increased by exogenous tryptophan treatment, with the 200 mg/L tryptophan treatment having the highest value. The antioxidant enzyme activities of SOD and POD in tomato leaves of all treatments were increased first and then decreased, reaching the maximum at 200 mg/L treatment, and the lowest MDA content occurred in the 50 mg/L treatment. Taken together, our results showed that 200 mg/L exogenous tryptophan treatment exhibited the most benefits in improving tomato seedlings' growth and physiological activity.

Keywords

Tryptophan, Tomato Seedlings, Growth, Strong Seedlings

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

色氨酸是生物合成蛋白质所必需的氨基酸之一，人和动物无法自身合成，必须通过植物来获得，因此色氨酸是植物性食物的重要营养成分之一[1]。色氨酸也是植物合成生长素、植保素、芥子苷油等物质的前体物质[2] [3] [4]。生长素最重要的生理作用是使细胞进行伸长生长，促进植物生长[5]。植保素是植物在遭受胁迫后产生的一种代谢物质，芥子甘油是一种次生代谢物，两者均在抵御病虫害等过程中发挥着重要的作用[6]。

色氨酸在农业生产中具有重要的作用。在植物的幼苗期施用一定浓度的色氨酸液肥不仅能显著提高作物的产量，而且能促进植物对矿质元素 N、P 和 K 的吸收，提高果实生物量和品质等[7] [8] [9]。此外，色氨酸处理对植物的抗逆能力具有积极作用，研究表明施加外源色氨酸能显著提高植物对于干旱、盐碱及重金属等胁迫的抗性[10] [11] [12]。色氨酸可以通过微生物发酵、酶促反应以及化学方法合成，随着生物技术的不断发展，微生物发酵成为了生产色氨酸的主要方式且生产成本越来越低[13]。此外，色氨酸对人畜和环境安全，无副作用。因此，在农业生产中通过施用外源色氨酸来调控植物的生长发育并提高植物的抗逆性是一种成本低且安全有效的技术手段。番茄是世界范围内广泛栽培的蔬菜之一，具有巨大的经济价值。壮苗的培育是番茄优质高效生产的基础。已经有大量的研究关注于不同的基质添加物、光照条件、营养液配方等对番茄幼苗生长量和生理特性的影响，筛选出了较适合培育番茄壮苗的不同环境条件[14] [15] [16] [17]。目前，已有研究揭示了外源色氨酸处理番茄膨大期对果实品质的影响[18]。然而，外源施用色氨酸对番茄幼苗生长发育的影响及其在番茄壮苗培育中的作用未见报道。本试验研究了不同浓度外源色氨酸处理对番茄幼苗生长和生理特性的影响，以期利用外源色氨酸处理培育番茄壮苗和提高番茄幼苗的抗逆性提供理论参考。

2. 材料与方法

2.1. 试验材料

试验于 2022 年 3~4 月在华南农业大学园艺学院试验基地进行，试验材料为“奥特[以色列 A380]”番

茄种子, 购于广东科农蔬菜种业有限公司; 试验用色氨酸为 L-型分析纯药品(纯度 99%), 购于广州鼎国生物技术有限公司。

2.2. 试验设计

番茄种子催芽后于 2022 年 3 月 5 日播种于 50 孔穴盘, 混合基质配方为泥炭: 椰糠: 珍珠岩 = 2:1:1。与前人对番茄果实膨大期进行叶片外源喷施色氨酸处理不同[18], 本试验在番茄幼苗第 2 片真叶露出时进行外源色氨酸处理, 浓度分别为 0 (对照, CK)、50、100、200、400 mg/L。用喷壶向番茄叶片上喷洒配置好的上述 4 种不同浓度的色氨酸溶液, 喷至叶面润湿并有液滴滴落为止。每个处理设置 3 次重复, 每个重复 50 株番茄苗。番茄幼苗每 3 天浇灌 1 次 1/2 剂量的 Hoagland 营养液, 其余时间根据实际情况浇灌清水。番茄幼苗长至 2 叶 1 心(23 d 苗龄)时取样测定相关指标。

2.3. 指标测定

处理结束后, 每个处理随机选取 10 株番茄幼苗测量形态指标。用电子天平测量番茄幼苗植株鲜重和干重, 用直尺测量株高, 用游标卡尺测量茎粗, 用 Image J 软件计算番茄叶面积。叶片的叶绿素和类胡萝卜素含量采用无水乙醇 + 丙酮溶液(体积比 1:1)提取、分光光度计测定[19], 叶片的可溶性糖含量采用蒽酮比色法测定, 可溶性蛋白含量采用考马斯亮蓝法测定, POD 活性测定采用愈创木酚法[20], SOD 活性测定采用氮蓝四唑(NBT)法, MDA 含量采用分光光度法测定[21]。综合指标中的比叶重计算方式为叶片鲜重(mg)/叶面积(cm²), 壮苗指数为(茎粗/株高 + 根部鲜重/地上部鲜重) × 全株鲜重[22]。

2.4. 数据处理

数据分析使用 SPSS 26.0 软件, 采用 Duncan 多重比较方法对数据进行方差分析, 用 Origin 2021 软件作图。

3. 结果与分析

3.1. 不同浓度色氨酸处理对番茄幼苗各项生长指标的影响

随着色氨酸浓度的提高, 番茄幼苗的株高和下胚轴长度均呈现先升高后降低的趋势(表 1), 100 mg/L 色氨酸处理的幼苗株高最大, 50 mg/L 色氨酸处理的幼苗下胚轴长度最大。200 mg/L 色氨酸处理的下胚轴粗和叶面积均最大, 且比对照分别提高了 20.7% 和 5.1%, 差异显著。番茄幼苗的比叶重随着色氨酸浓度的提高呈现出先升高后降低的趋势, 在 200 mg/L 处理时达到最大, 与对照相比提高了 23.6%。由此可见, 200 mg/L 的色氨酸处理可以促进番茄幼苗的生长。

Table 1. Effects of different concentrations of tryptophan on morphological indexes of tomato seedlings

表 1. 不同浓度色氨酸处理对番茄幼苗形态指标的影响

浓度(mg/L)	株高(cm)	下胚轴长(cm)	下胚轴粗(nm)	叶面积(cm ²)	比叶重
0	11.82 ± 0.38ab	3.25 ± 0.11c	3.18 ± 0.15b	59.48 ± 3.71ab	4.83 ± 0.38b
50	12.48 ± 0.41a	3.38 ± 0.12c	3.26 ± 0.16b	49.12 ± 2.29b	4.22 ± 0.28b
100	11.70 ± 0.23ab	4.16 ± 0.08a	3.09 ± 0.07b	51.37 ± 2.48b	4.50 ± 0.16b
200	11.18 ± 0.10b	3.35 ± 0.04c	3.84 ± 0.06a	62.56 ± 5.54a	5.97 ± 0.41a
400	11.80 ± 0.22ab	3.78 ± 0.10b	3.11 ± 0.09b	49.89 ± 3.12b	4.11 ± 0.24b

注: 表中同列数据后面的不同小写字母代表处理间显著达到差异水平(P < 0.05)。下同。

不同浓度色氨酸对番茄幼苗的鲜重和干重具有显著影响(表 2)。随着色氨酸浓度的提高, 番茄幼苗的

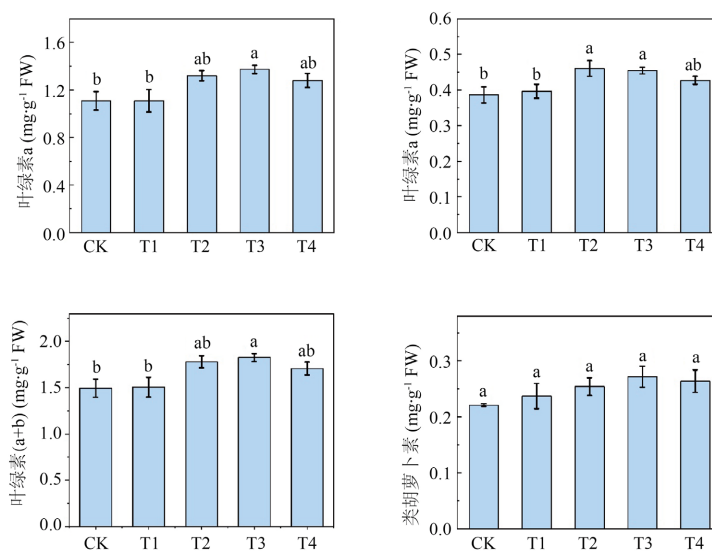
地下鲜重、地下干重、地上鲜重、地上干重、全株干重和壮苗指数均呈先升高后降低的趋势，并略有波动，50 mg/L 色氨酸处理时最小，200 mg/L 色氨酸处理时最大，且均与对照相比差异显著。200 mg/L 的色氨酸处理番茄幼苗的地下鲜重、地下干重与对照相比分别提高了 8.3% 和 56.2%；地上鲜重、地上干重与对照相比分别提高了 16.0% 和 58.5%；全株干重和壮苗指数与对照相比分别提高了 58.1% 和 58.5%。结果表明，200 mg/L 的色氨酸喷施番茄幼苗最有利于提高植株的生物量与壮苗培育。

Table 2. Effects of different concentrations of tryptophan on biomass and strong seedling index of tomato seedlings
表 2. 不同浓度色氨酸处理对番茄幼苗生物量和壮苗指数的影响

浓度(mg/L)	地下鲜重(g)	地下干重(g)	地上鲜重(g)	地上干重(g)	全株干重(g)	壮苗指数
0	0.65 ± 0.07ab	0.07 ± 0.01b	2.81 ± 0.20b	0.38 ± 0.04bc	0.46 ± 0.04bc	0.88 ± 0.08bc
50	0.45 ± 0.04c	0.06 ± 0.01b	2.45 ± 0.09b	0.32 ± 0.04c	0.38 ± 0.04c	0.74 ± 0.05c
100	0.56 ± 0.03bc	0.06 ± 0.01b	2.46 ± 0.13b	0.43 ± 0.05b	0.50 ± 0.05b	0.96 ± 0.05b
200	0.70 ± 0.03a	0.11 ± 0.01a	3.25 ± 0.11a	0.61 ± 0.03a	0.72 ± 0.03a	1.13 ± 0.04a
400	0.46 ± 0.03c	0.06 ± 0.01b	2.46 ± 0.10b	0.29 ± 0.03c	0.35 ± 0.03c	0.88 ± 0.04bc

3.2. 不同浓度色氨酸处理对番茄幼苗光合色素含量的影响

不同浓度色氨酸处理对番茄幼苗光合色素含量具有显著影响(图 1)。番茄叶片的叶绿素 a、叶绿素 b、类胡萝卜素和叶绿素(a + b)含量均随着色氨酸浓度增加呈现先升高后降低的趋势，所有处理的光合色素含量均高于对照。叶绿素 a、类胡萝卜素和叶绿素(a + b)含量以 200 mg/L 色氨酸处理的最高，与对照相比分别提高了 23.8%、19.4% 和 14.3%；叶绿素 b 含量以 100 mg/L 色氨酸处理的最高，达到了 0.4603 mg/g，与对照相比提高了 19.2%，200 mg/L 色氨酸处理的次之，但与对照相比显著增加。不同浓度色氨酸处理之间的类胡萝卜素含量差异不显著。综上所述，200 mg/L 色氨酸处理最有利于番茄幼苗的光合色素形成。



注：图中色氨酸浓度分别为 CK = 0 mg/L、T1 = 50 mg/L、T2 = 100 mg/L、T3 = 200 mg/L、T4 = 400 mg/L；图柱中的不同小写字母代表处理间显著达到差异水平(P < 0.05)。下同。

Figure 1. Effects of different concentrations of tryptophan on photosynthetic pigment content in tomato seedlings

图 1. 不同浓度色氨酸处理对番茄幼苗光合色素含量的影响

3.3. 不同浓度色氨酸处理对番茄幼苗可溶性糖、可溶性蛋白含量的影响

由图2可知, 200 mg/L 色氨酸处理时番茄叶片中的可溶性糖含量最高, 与对照相比无显著性差异, 但显著高于 400 mg/L 的色氨酸处理。100 mg/L 色氨酸处理的番茄叶片中可溶性蛋白含量最高, 其次是 200 mg/L 的色氨酸处理, 与对照相比分别提高了 29.8%和 19.6%, 两者之间差异不显著。这表明适宜浓度的色氨酸处理能较好的促进番茄幼苗叶片中的可溶性糖和可溶性蛋白积累。

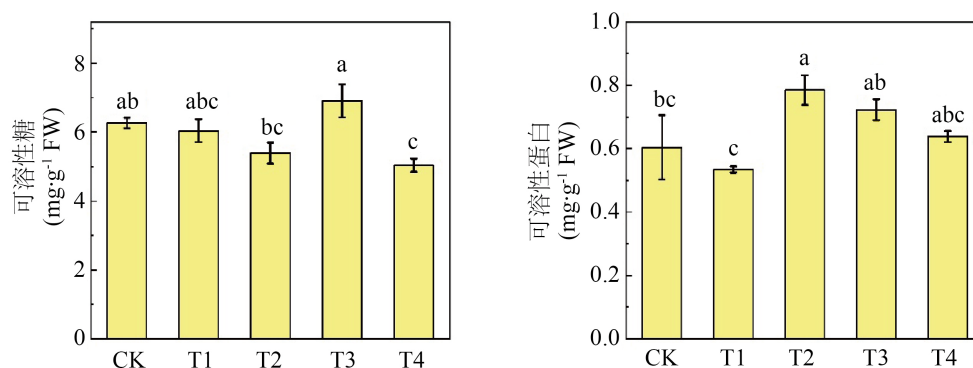


Figure 2. Effects of different concentrations of tryptophan on soluble sugar and soluble protein contents of tomato seedlings

图 2. 不同浓度色氨酸处理对番茄幼苗可溶性糖、可溶性蛋白含量的影响

3.4. 不同浓度色氨酸处理对番茄幼苗抗氧化酶活性和 MDA 含量的影响

不同浓度色氨酸处理显著影响了番茄幼苗的抗氧化酶活性和 MDA 含量(图3)。SOD 活性随色氨酸浓度增加而呈先升高后降低的趋势, 在 200 mg/L 色氨酸处理时达到最大, 与对照相比提高了 14.6%, 显著高于 50 mg/L 和 400 mg/L 色氨酸处理。各个处理间的 POD 活性无显著性差异, 但当色氨酸浓度为 200 mg/L 时, POD 活性最高。50 mg/L~200 mg/L 色氨酸处理时叶片中的 MDA 含量显著低于对照和 T4 处理。以上结果表明, 200 mg/L 色氨酸处理能提高番茄幼苗叶片中抗氧化酶(SOD、POD)活性, 降低 MDA 含量, 提高番茄幼苗抵抗逆境的能力。

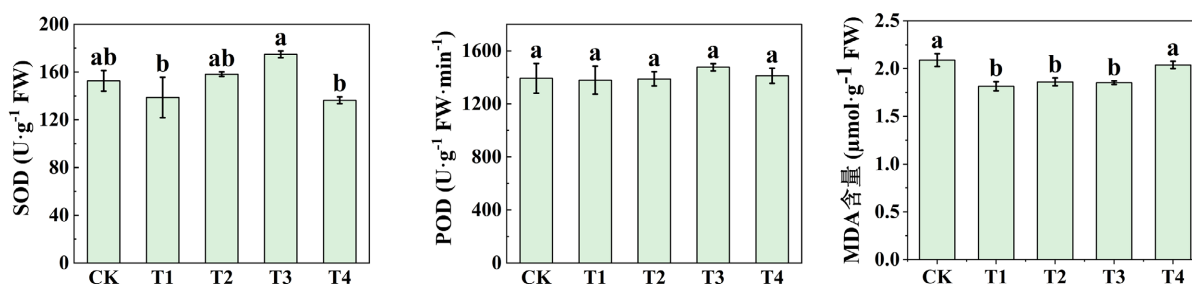


Figure 3. Effects of different concentrations of tryptophan on antioxidant enzyme activity and MDA content in tomato seedlings

图 3. 不同浓度色氨酸处理对番茄幼苗抗氧化酶活性和 MDA 含量的影响

4. 讨论

前人研究表明, 外源色氨酸处理能够促进油菜、草莓等植物的生长发育[6] [8]。本研究中发现, 200 mg/L 的外源色氨酸处理显著促进番茄幼苗的生长, 这与色氨酸对油菜幼苗的生长促进作用是一致的。不

同的是, 100 mg/L 色氨酸对油菜幼苗的生长促进效果最为显著, 而本文中, 200 mg/L 的外源色氨酸处理最有利于番茄幼苗的生长发育, 这可能是由于不同蔬菜种类对外源色氨酸的敏感度不同导致的。

光合色素在光合作用过程中发挥重要的作用, 研究发现在辣椒叶面喷施 50~200 mg/L 色氨酸能显著提高叶片的光合色素含量[23]。本研究也发现 100、200 mg/L 的色氨酸处理使得番茄幼苗叶片中叶绿素和类胡萝卜素含量增加, 并在色氨酸浓度为 200 mg/L 时的处理效果最为显著。植株的干物质积累主要来自光合作用, 外源色氨酸处理可能通过增强番茄幼苗的光合作用从而促进了植株生长。

幼苗叶片的可溶性糖和可溶性蛋白含量反映了植株的碳氮代谢状况和渗透调节能力。本研究发现, 200 mg/L 的色氨酸处理能显著提高番茄叶片可溶性糖含量, 添加 100 mg/L 的色氨酸显著增加番茄叶片中的可溶性蛋白含量。综合来看, 200 mg/L 的色氨酸处理对番茄叶片可溶性糖和可溶性蛋白的促进效果最佳。

色氨酸处理还能够增强植株的抗逆胁迫能力。本研究发现, 虽然各个处理间的 POD 活性和 MDA 含量差异不显著, 但在 200 mg/L 色氨酸处理下, 抗氧化酶(SOD、POD)的活性增强, 且 MDA 含量降低, 表明 200 mg/L 的色氨酸处理可能提高番茄幼苗的抗逆性。

5. 结论

200 mg/L 的色氨酸页面喷施处理最有利于番茄幼苗的生长和壮苗培育, 这种促进作用主要是通过提高光合色素含量、抗逆性和碳氮代谢实现的。

基金项目

广东省重点领域研发计划项目(2019B020219002, 2020B0202010006); 广东省现代农业产业共性关键技术研发创新团队项目(2022KJ131)。

参考文献

- [1] 刘岩, 李翔宇, 李成会. 色氨酸营养研究进展[J]. 中国饲料, 2019(5): 50-53.
- [2] Arnao, M.B. and Hernández-Ruiz, J. (2021) Melatonin as a Regulatory Hub of Plant Hormone Levels and Action in Stress Situations. *Plant Biology*, **23**, 7-19. <https://doi.org/10.1111/plb.13202>
- [3] Glawischnig, E. (2007) Camalexin. *Phytochemistry*, **68**, 401-406. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2006.12.005>
- [4] Halkier, B.A. and Gershenzon, J. (2006) Biology and Biochemistry of Glucosinolates. *Annual Review of Plant Biology*, **57**, 303-333. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.57.032905.105228>
- [5] Gravel, V., Antoun, H. and Tweddell, R.J. (2007) Growth Stimulation and Fruit Yield Improvement of Greenhouse Tomato Plants by Inoculation with *Pseudomonas putida* or *Trichoderma atroviride*: Possible Role of Indole Acetic Acid (IAA). *Soil Biology and Biochemistry*, **39**, 1968-1977. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2007.02.015>
- [6] 蒋佳, 朱星宇, 李晶. 外源色氨酸对油菜幼苗色氨酸下游代谢网络及生长发育的影响[J]. 西北植物学报, 2020, 40(9): 1549-1557.
- [7] 陈振德, 黄俊杰, 何金明, 蔡葵. 土施 L-色氨酸对甘蓝产量和养分吸收的影响[J]. 土壤学报, 1997, 34(2): 200-205.
- [8] 钟晓红, 石雪晖, 肖浪涛. 色氨酸提高草莓果实品质和产量试验[J]. 中国果树, 2001(2): 4-7.
- [9] 陈明昌, 程滨, 张强, 丁玉川, 杨治平, 刘平. 土施 L-蛋氨酸、L-苯基丙氨酸、L-色氨酸对玉米生长和养分吸收的影响[J]. 应用生态学报, 2005, 16(6):1033-1037.
- [10] El-Bassiouny, H.M.S. (2005) Physiological Responses of Wheat to Salinity Alleviation by Nicotinamide and Tryptophan. *International Journal of Agriculture and Biology*, **7**, 653-659.
- [11] Rao, S.R., Qayyum, A., Razaq, A., Ahmad, M., Mahmood, I. and Sher, A. (2012) Role of Foliar Application of Salicylic Acid and l-Tryptophan in Drought Tolerance of Maize. *Journal of Animal & Plant Sciences*, **22**, 768-772.
- [12] 朱星宇. 色氨酸处理对油菜生长发育及 CdCl₂ 抗性的影响[D]: [硕士学位论文]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2020.

- [13] 蒋佳. 色氨酸对西兰花镉胁迫抗性的影响[D]: [硕士学位论文]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2021.
- [14] Song, J.H., Chen, Z., Zhang, A.X., Wang, M., Jahan, M.S., Wen, Y., *et al.* (2022) The Positive Effects of Increased Light Intensity on Growth and Photosynthetic Performance of Tomato Seedlings in Relation to Night Temperature Level. *Agronomy*, **12**, Article No. 343. <https://doi.org/10.3390/agronomy12020343>
- [15] 冯雪峰, 许雷, 张梦恩, 刘慧聪, 张志芳. 不同配比育苗基质对番茄幼苗生长的影响[J]. 农业研究与应用, 2021, 34(4): 73-78.
- [16] 刘凯, 姚凤珍, 孙士景, 葛丽红, 高忠兰. 不同 LED 光配方对番茄幼苗生长调控的研究[J]. 中国照明电器, 2021(9): 20-26.
- [17] 田雅楠, 曹玲玲, 赵立群, 曹彩红. 不同营养液配方对番茄潮汐式灌溉育苗质量的影响[J]. 中国果菜, 2021, 41(9): 83-87.
- [18] 赵海亮, 左璐, 侯雷平, 刘柯辉, 刘勤, 霍志勇, 等. 叶面施用色氨酸对番茄果实品质的改良效应[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2021, 41(4): 68-75.
- [19] 张宪政. 植物叶绿素含量测定-丙酮乙醇混合液法[J]. 辽宁农业科学, 1986(3): 26-28.
- [20] 张以顺. 植物生理学实验教程[M]. 北京: 高等教育出版社, 2009.
- [21] 王学奎. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 第2版. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [22] 陈兴平, 郭佩仪, 于金晖, 郭少龙, 张泽鑫, 宋世威. 不同水溶肥种类及浓度对番茄幼苗生长的影响[J]. 农业科学, 2022, 12(4): 275-281. <https://doi.org/10.12677/HJAS.2022.124041>
- [23] Kaur, S., Ghai, N. and Jindal, S.K. (2017) Improvement of Growth Characteristics and Fruit Set in Bell Pepper (*Cap-sicum annuum* L.) through IAA application. *Indian Journal of Plant Physiology*, **22**, 213-220. <https://doi.org/10.1007/s40502-017-0293-0>