

# 不同浓度复合微生物菌液对水培黄瓜产量及品质的影响

张东琴<sup>1</sup>, 侯栋<sup>1</sup>, 岳宏忠<sup>1</sup>, 李军红<sup>2</sup>, 罗涛<sup>2</sup>  
(1. 甘肃省农业科学院蔬菜研究所, 甘肃 兰州 730070;  
2. 合水县蔬菜开发办公室, 甘肃 合水 745400)

**摘要:** 通过探究复合微生物菌液和山崎营养液减量配施对水培黄瓜产量、品质的影响, 创新水培黄瓜优质高效生产技术。以黄瓜甘丰袖玉为试材, 探究全量和减施 20%山崎营养液分别与 0.5%、1.0%、1.5%复合微生物菌液配施对黄瓜产量、果实品质的影响。结果表明, 添加复合微生物菌液可以提高产量, 全量山崎营养液与 1.0%复合微生物菌液配施处理的黄瓜产量最高, 为 68 890.5 kg/hm<sup>2</sup>, 黄瓜果实品质最佳, 维生素 C 含量为 4 339.1 mg/kg、可溶性蛋白质含量为 3.08 mg/g。综合比较, 添加复合微生物菌液可有效提高黄瓜产量和果实品质, 以添加 1.0%复合微生物菌液的全量山崎营养液的增产提质效果更优。

**关键词:** 复合微生物菌液; 水培黄瓜; 产量; 品质

中图分类号: S642.2

文献标志码: A

文章编号: 2097-2172(2024)12-1162-05

doi: 10.3969/j.issn.2097-2172.2024.12.016

## Effects of Different Concentrations of Complex Microbial Solutions on the Yield and Quality of Hydroponic Cucumbers

ZHANG Dongqin<sup>1</sup>, HOU Dong<sup>1</sup>, YUE Hongzhong<sup>1</sup>, LI Junhong<sup>2</sup>, LUO Tao<sup>2</sup>  
(1. Institute of Vegetables, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China;  
2. Vegetable Development Office of Heshui County, Heshui Gansu 745400, China)

**Abstract:** In order to investigate the effects of reduced application of composite microbial bacterial solution and Yamazaki nutrient solution on the yield and quality of hydroponic cucumber so as to innovate high-quality and efficient production technology for hydroponic cucumbers. Cucumber Ganfeng Sleeve Jade was used as the material, the hydroponic experiment was conducted to investigate the effects of full and 20%reduction in application ofYamazaki nutrient solution combined with 0.5%, 1.0% and 1.5% composite microbial fungi solution on the yield, fruit quality, respectively. Results showed that the addition of composite microbial fungi solution could increase the yield, and the treatment of full Yamazaki nutrient solution with 1.0% composite microbial fungi solution had the highest cucumber yield, which was 68 890.5 kg/ha, and the fruit quality was the best, vitamin C content was 433.91 mg/100g, soluble protein content was 3.08 mg/g. In conclusion, the addition of compound microbial fungi solution can improve the yield and fruit quality of cucumbers, adding 1.0% compound microbial fungi solution in full Yamazaki nutrient solution showed the best effect in yield and quality improvement.

**Key words:** Microbial complex; Hydroponic cucumber; Yield; Quality

设施蔬菜栽培是我国蔬菜产业重要的栽培方式之一, 占全国蔬菜生产总面积的 20%, 已创造 35%的产量和 60%的经济价值, 是保障蔬菜实现周年供应的重要手段<sup>[1]</sup>。黄瓜(*Cucumis sativus* L.) 是主要的设施蔬菜生产作物之一<sup>[2]</sup>, 由于缺乏标准管理和生产技术, 过量施用化肥及农药、长期

连作导致土壤肥力下降、养分降低、病害加剧以及土壤微生物群落结构失衡, 进而使蔬菜的产量和品质下降, 阻滞了蔬菜产业的安全高效、绿色优质发展<sup>[3-4]</sup>。水培能有效解决传统土壤栽培中温、光、水、气、肥供应不可控的问题, 是设施蔬菜优质生产的重要途径之一<sup>[5]</sup>。

收稿日期: 2024-08-07

基金项目: 甘肃省科技计划资助(22CX8NA030); 国家大宗蔬菜产业技术体系(CARS-23-G19)。

作者简介: 张东琴(1983—), 女, 甘肃白银人, 副研究员, 主要从事瓜类蔬菜育种及栽培研究工作。Email: zhangdongqin@gsagr.cn。

通信作者: 侯栋(1969—), 男, 甘肃镇原人, 研究员, 主要从事蔬菜育种与栽培技术研究工作。Email: houdong215@163.com。

有益的微生物能抑制土传病原体, 增加有机物质的分解, 还可以增加植物对矿物营养元素和重要有机化合物的利用率<sup>[6]</sup>。微生物菌肥作为一种新型生物肥料, 通过具有活性的微生物生命活动来为作物生长发育提供所需的营养<sup>[7]</sup>。微生物菌肥可促进土壤细菌多样性, 改善微生物群落结构, 拮抗黄瓜根际有害微生物<sup>[2]</sup>。研究发现, 微生物菌肥部分代替化肥可以提高黄瓜品质, 降低硝酸盐的积累, 但对产量增效不明显<sup>[8]</sup>。目前, 关于微生物菌肥在改善蔬菜生长发育及品质的研究多基于土壤栽培条件<sup>[9-11]</sup>, 结合水培方式探究复合微生物菌液对黄瓜产量、品质的影响鲜有报道<sup>[12]</sup>。本研究基于黄瓜水培试验, 探究不同浓度复合微生物菌液与山崎营养液减量配施对水培黄瓜产量、果实品质、果实元素含量的影响, 以期筛选出适宜的营养配方, 并为水培黄瓜优质高效生产提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

1.1.1 供试菌株 蕈状芽孢杆菌(*Bacillus mycoides* Gnyt1)、枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis* FX2)、枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis* PBR2)、枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis* LSH11)均由甘肃农业大学草业学院微生物实验室提供。

1.1.2 供试品种 供试黄瓜品种为甘丰袖玉, 由甘肃省农业科学院蔬菜研究所提供。

1.1.3 营养液 水培营养液为日本园式配方营养液(山崎营养液), 按照以下成分配制。大量元素: 四水硝酸钙[Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O] 945.00 mg/L; 硝酸钾(KNO<sub>3</sub>) 809.00 mg/L; 磷酸二氢铵(NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) 153.00 mg/L; 七水硫酸镁(MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O) 493.00 mg/L; 微量元素: 乙二胺四乙酸二钠(EDTA-2Na) 27.80 mg/L; 七水合硫酸亚铁(FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O) 37.20 mg/L; 硼酸(H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>) 2.86 mg/L; 四水硫酸锰(MnSO<sub>4</sub>·4H<sub>2</sub>O) 2.13 mg/L; 七水硫酸锌(ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O) 0.22 mg/L; 五水硫酸铜(CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O) 0.08 mg/L; 四水钼酸铵[(NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>·4H<sub>2</sub>O] 0.02 mg/L。

1.1.4 复合微生物 菌液采用无菌操作, 将 4 种菌株分别接种于装有已灭菌(121 °C, 26 min) LB 液体培养基的三角瓶中, 置于摇床培养(28 °C, 180 r/min) 3 d 以上。通过镜检观察菌体的形态、密度, 通过菌落计数计算有效活菌数, 有效活菌

数 ≥ 1.0 cfu 即达到发酵终点。分别得到 4 种菌株扩大培养后的菌液, 要求有效活菌数均 ≥ 10<sup>8</sup> cfu/mL。将 4 种菌液按体积比 1 : 1 : 1 : 1 混合制成复合微生物菌液, 备用。

### 1.2 试验设计

试验在甘肃省农业科学院蔬菜研究所兰州基地(36° 6' N, 103° 41' E)进行。选择饱满整齐的黄瓜种子, 使用 32 穴穴盘育苗, 育苗基质为珍珠岩, 根据天气情况浇灌 1/2 倍的山崎营养液。于幼苗 2 叶 1 心定植于培养箱中, 株距 35 cm, 每株用 10 L 的 1/2 倍的山崎营养液培养, 待缓苗后除对照外每处理每苗加入 0.5% 体积的混合菌液。黄瓜进入伸蔓期后, 按试验设计施入不同体积山崎营养液、混合菌液进行培养(表 1), 其余田间管理同常规水培黄瓜管理。试验共设 7 个处理, 每处理 10 株, 重复 3 次, 每 7 d 根据液面下降情况补充 1 ~ 2 次相同体积的营养液至每苗 10 L, 浓度参照表 1。

表 1 试验处理

处理	施入量/%	
	山崎营养液	混合菌液
CK	100	
FT1	100	0.5
FT2	100	1.0
FT3	100	1.5
RFT1	80	0.5
RFT2	80	1.0
RFT3	80	1.5

### 1.3 测定项目与方法

1.3.1 产量记录 在黄瓜结果期至拉秧期间, 各处理随机选取 8 株跟踪测产, 每隔 2 d 采摘成熟果实称重计产, 折算总产量。

1.3.2 果实品质测定 于盛果期, 各处理植株选取大小均一的 5 个果实用于果实品质测定。维生素 C 含量采用钼蓝比色法测定<sup>[13]</sup>, 可溶性糖含量采用蒽酮比色法测定<sup>[14]</sup>, 可溶性蛋白质含量采用考马斯亮蓝 G-250 染色法测定<sup>[14]</sup>, 纤维素含量参照纤维素检测试剂盒说明书[生工生物工程(上海)股份有限公司, D799127-0050]进行测定。

1.3.3 植株果实元素含量的测定 于盛果期各处理随机选取 5 个果实, 参照史祥宾等<sup>[15]</sup>的方法测定磷、钾、钙、镁元素的含量。

### 1.4 数据统计与分析

采用 Excel 2010 软件进行数据整理, 使用 Origin

9.0 软件作图。用 SPSS 13.0 软件的 Duncan's 法进行显著性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 复合微生物菌液对水培黄瓜产量的影响

由表 2 可知, 不同处理以 FT2 处理黄瓜折合产量最高, 为 68 890.5 kg/hm<sup>2</sup>, 较 CK 显著增产 16.04%; 其次是 FT1 处理和 FT3 处理, 折合产量分别为 66 349.5、61 656.0 kg/hm<sup>2</sup>, 分别较 CK 增产 11.76%、3.86%; RFT1、RFT2 和 RFT3 处理折合产量分别较 CK 增产 3.27%、2.00%、3.77%, FT1、FT2 处理显著高于其他处理, 其他各处理无显著性差异。可以看出 FT1、FT2 和 FT3 处理的产量均高于 RFT1、RFT2 和 RFT3 处理, RFT1 处理较 FT1 处理减产 7.60%, RFT2 处理较 FT2 处理减产 12.10%, RFT3 处理较 FT3 略有减产。

表 2 复合微生物菌液对水培黄瓜产量的影响

处理	折合产量 (kg/hm <sup>2</sup> )	较 CK 增产 /%	位次
CK	59 367.0 b		7
FT1	66 349.5 a	11.76	2
FT2	68 890.5 a	16.04	1
FT3	61 656.0 b	3.86	3
RFT1	61 306.2 b	3.27	5
RFT2	60 553.5 b	2.00	6
RFT3	61 603.5 b	3.77	4

### 2.2 复合微生物菌液对水培黄瓜品质的影响

由图 1A 可以看出, 不同处理黄瓜维生素 C

含量以 FT2 处理最高, 为 4 339.1 mg/kg, 显著高于其他处理, 较 RFT2、FT1、FT3 处理分别高 107.88%、74.37%、115.58%。与 CK 处理相比, FT1、FT2、FT3 处理的维生素 C 含量分别提高 35.18%、135.71%、9.34%; RFT1、RFT2、RFT3 处理与 CK 相比分别提高 13.37%、10.85%、67.62%。FT1 处理比 RFT1 处理高 19.22%, 而 FT3 处理比 RFT3 处理低 34.77%。由图 1B 可知, FT2、RFT2 处理黄瓜可溶性糖含量较高, 其次是 FT1、RFT1 处理, FT3、RFT3 处理较低。其中黄瓜可溶性糖含量以 RFT2 处理最高, 为 90.6 g/kg, 较 FT2、RFT1、RFT3 处理分别提高 0.58%、38.15%、97.40%。RFT1 处理比 FT1 处理低 12.00%, RFT3 处理比 FT3 处理低 20.07%。与 CK 相比, FT1、FT2 处理显著升高 22.55%、48.04%, 而 FT3 处理下降 5.56%。由图 1C 可知, 除 CK 外, FT1、FT2、FT3 处理黄瓜可溶性蛋白质含量显著高于 RFT1、RFT2、RFT3 处理。其中黄瓜可溶性蛋白质含量以 FT2 处理最高, 为 3.08 mg/g, 分别比 CK、FT1、FT3、RFT2 处理高 111.22%、81.90%、18.85%、234.47%。FT1 处理比 RFT1 处理高 14.40%, FT3 处理比 RFT3 处理高 87.49%。由图 1D 可知, FT3 处理和 RFT3 处理的黄瓜纤维素含量显著高于其他各处理, 两者差异不显著。FT1 处理与 RFT1 处理差异不显著, 而 FT2 处理比 RFT2 处理显著高 108.56%。同 CK 相

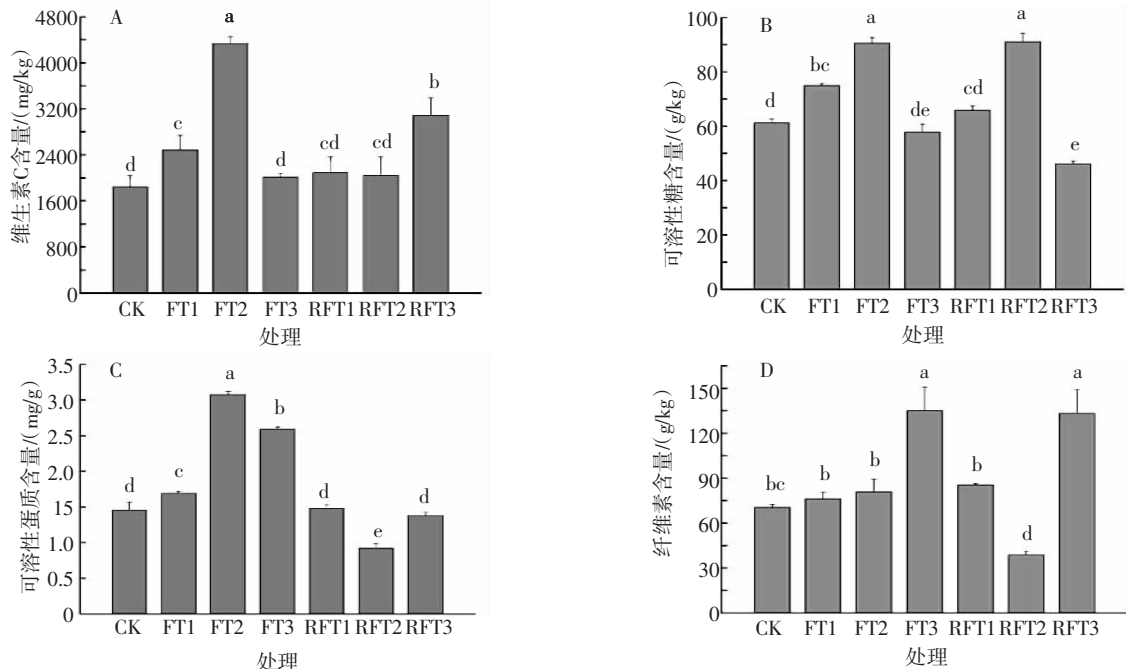


图 1 复合微生物菌液对水培黄瓜品质的影响

比, FT1、FT2、FT3 处理果实纤维素含量分别提高 7.93%、14.70%、91.43%。

### 2.3 复合微生物菌液对黄瓜果实中元素含量的影响

由图 2A 可知, 2 种营养液水平下, 以 FT1、RFT1 处理的黄瓜磷含量最高。与 CK 相比, FT1、FT2、FT3 处理的黄瓜磷含量显著下降 6.15%、9.51%、11.43%。RFT1 处理的黄瓜磷含量比 FT1 处理高 1.14%, 而 RFT2 处理的黄瓜中磷含量比 FT2 处理低 1.62%, RFT3 处理的果实中磷含量比 FT3 处理低 54.14%。从图 2B 可以看出, 以 FT3、RFT3 处理的黄瓜中钾含量最高, 显著高于其他各处理。RFT3 处理的黄瓜钾含量比 FT3 处理显著提高 12.18%, 而 RFT1 处理和 RFT2 处理分别比 FT1、FT2 处理显著降低 38.34%、9.30%。FT1、FT2、FT3 处理的黄瓜钾含量分别比 CK 分别降低 17.30%、17.54%、0.06%。由图 2C 可知, 除 CK 外, FT1、FT2、FT3 处理的黄瓜中钙含量显著高于 RFT1、RFT2、RFT3 处理。RFT1、RFT2、RFT3 处理分别比 FT1、FT2、FT3 处理显著降低 32.90%、24.90%、36.88%。同 CK 相比, FT1、FT2、FT3 处理的黄瓜中钙含量显著提升 39.19%、33.10%、34.76%。由图 2D 可知, RFT3 处理的黄瓜中镁含量最高, 比 FT3、RFT1、RFT2 处理显著提升 15.90%、63.66%、47.00%。FT1、FT2、FT3 处理黄瓜中镁含量分别比 CK 显著提高 13.83%、

7.03%、14.16%。

### 3 讨论与结论

研究表明, 微生物菌肥部分替代化肥能显著提高黄瓜产量<sup>[16-18]</sup>。在本研究中, 添加微生物菌液的处理均能提高黄瓜产量, 其中全量山崎营养液添加 0.5% 和 1.0% 复合微生物菌液能够显著提高黄瓜产量, 分别较不添加复合微生物菌液的处理增加 11.76%、16.04%, 而添加 1.5% 复合微生物菌液产量增幅仅为 3.86%。说明水培黄瓜生产中在全量山崎营养液添加 1.0% 复合微生物菌液效果最佳, 过高过低效果都会下降。添加复合微生物菌液的全量山崎营养液处理下黄瓜的产量高于对应减施 20% 营养液处理, 但差别不大, 说明在一定程度上, 添加复合微生物菌液可以通过促进植物对养分的吸收, 来弥补由于减施营养液对产量造成的影响<sup>[19]</sup>。

研究表明, 施加微生物菌肥能够显著提高可溶性糖、可溶性蛋白质和维生素 C 含量<sup>[20]</sup>。本研究同样发现, 添加复合微生物菌液能够明显改善黄瓜品质, 全量山崎营养液添加 1.0% 复合微生物菌液对黄瓜果实维生素 C 含量、可溶性糖含量、可溶性蛋白质含量、纤维素含量提高较明显, 分别较未添加复合微生物菌液的处理提高了 135.71%、48.04%、111.22%、14.70%, 说明 1.0% 复合微生物菌液是黄瓜品质形成的最适宜浓度。添加过量复合微生物菌液(1.5%)的处理, 由于微

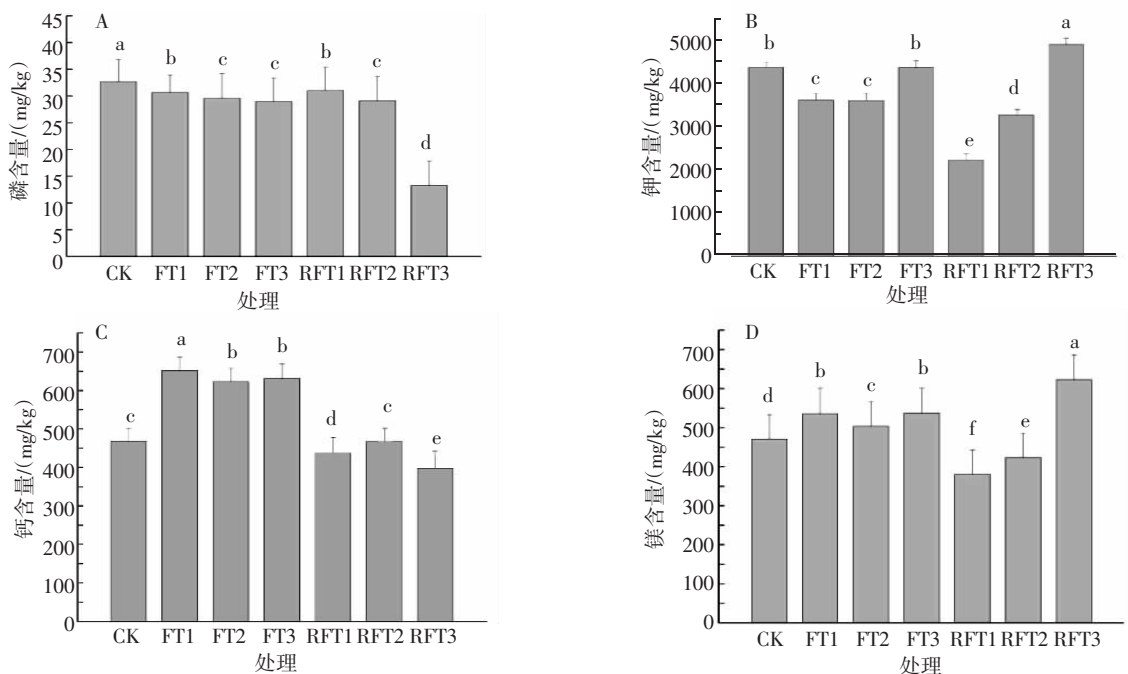


图 2 复合微生物菌液对水培黄瓜果实中元素含量的影响

生物附着在黄瓜根系上,阻碍了黄瓜对水分、氧气和营养元素的吸收,对黄瓜品质有一定的影响;同样,添加较少的复合微生物菌液(0.5%)处理的黄瓜品质不及1.0%的复合微生物菌液处理。添加1.0%复合微生物菌液的全量山崎营养液处理黄瓜品质整体优于减施20%营养液处理,说明虽然微生物菌肥可以替代一部分营养<sup>[21]</sup>,但减少营养液的使用会对产品的品质造成一定的影响。

整体来说,添加复合微生物菌液能够提高黄瓜果实中钙和镁的含量,降低磷和钾的含量。在山崎营养液减量的情况下随着复合微生物菌液的浓度增加,果实内的钾、镁的含量逐渐增加,而在全量营养液的情况下没有明显的规律,说明在山崎营养液减量使用后适量的微生物菌液能够促进根系对部分营养元素的吸收<sup>[7]</sup>。

本研究中,添加1.0%复合微生物菌液的全量山崎营养液的产量最高,为68 890.5 kg/hm<sup>2</sup>;黄瓜果实品质最佳,其果实维生素C含量为4 339.1 mg/kg、可溶性蛋白质含量为3.08 mg/g。综上所述,在水培黄瓜培养液中添加适量的复合微生物菌液,可以提高产量,改善产品的品质;复合微生物菌液可以替代部分营养液的施用,但过少或过多均会对果实产量及品质造成一定程度的影响。

#### 参考文献:

- [1] LIANG L, RIDOUTT B G, LAL R. Nitrogen footprint and nitrogen use efficiency of greenhouse tomato production in North China[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2019, 208: 285–296.
- [2] 刘赵帆. 微生物菌肥替代部分化肥对设施黄瓜生长、品质及产量的影响[J]. *北方园艺*, 2022(2): 47–53.
- [3] 李天来. 加快发展好中国特色设施种植业[J]. *寒旱农业科学*, 2022, 1(1): 1–3.
- [4] 冷 杨, 孙周平, 魏晓明, 等. 设施蔬菜产业发展(五)我国老旧蔬菜设施现状、问题及改造提升对策建议[J]. *中国蔬菜*, 2024(2): 1–5.
- [5] SAFVAN M. Hydroponic Trough Systems for Maximising Cucumber Production[J]. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 2024, 12(1): 1626–1633.
- [6] DEMIR H, YAL?I H K, KATGICI A. Ameliorative effects of microbial fertiliser on yield and quality parameters of curly lettuce and cucumber with fertiliser saving [J]. *Folia Horticulturae*, 2023, 35(1): 91–106.
- [7] PEI F S, WEI T F, LI Y, et al. Indole-3-acetic acid-producing yeasts in the phyllosphere of the carnivorous plant *Drosera indica* L [J]. *PLOS One*, 2014, 9(12): e114196.
- [8] 岳宏忠, 张东琴, 侯 栋, 等. 微生物菌肥部分替代化肥对设施黄瓜产量和土壤细菌群落结构的影响[J]. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 2022, 50(7): 118–126; 137.
- [9] 张功臣, 赵征宇, 王 波. 生物质炭和微生物菌剂配施对设施土壤理化特性及黄瓜产量和品质的影响[J]. *江苏农业科学*, 2019, 47(18): 155–159.
- [10] 杨薇靖, 令 鹏, 王兴政, 等. 生物菌肥部分替代化肥在党参上的应用研究[J]. *寒旱农业科学*, 2023, 2(2): 168–172.
- [11] 王君正, 张 琪, 高子星, 等. 两种微生物菌剂对有机基质袋培秋黄瓜产量、品质及根际环境的影响[J]. *中国农业科学*, 2021, 54(14): 3077–3087.
- [12] 撤冬荣, 姚 拓, 李海云, 等. 微生物肥料与化肥减量配施对多年生黑麦草生长的影响[J]. *草业学报*, 2022, 31(3): 136–143.
- [13] 王学奎, 黄见良. 植物生理生化实验原理和技术 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [14] 闫文涛, 米兴旺, 李 波, 等. 不同保水剂对戈壁日光温室基质栽培番茄生长和产量及品质的影响[J]. *寒旱农业科学*, 2024, 3(4): 342–348.
- [15] 史祥宾, 王孝娣, 王宝亮, 等. ‘巨峰’葡萄不同生育期植株矿质元素需求规律[J]. *中国农业科学*, 2019, 52(15): 2686–2694.
- [16] 武杞蔓, 田诗涵, 李昀焯, 等. 微生物菌肥对设施黄瓜生长、产量及品质的影响[J]. *生物技术通报*, 2022, 38(1): 125–131.
- [17] 金 珊, 刘 雪, 陈卓帛, 等. 有机肥配施生物菌肥对设施黄瓜土壤改良效果[J]. *农业环境科学学报*, 2023, 42(9): 1995–2003.
- [18] 刘赵帆, 柳发财, 李喜娥, 等. 降低化肥用量、配施微生物菌肥对设施黄瓜生长、品质及产量的影响[J]. *中国瓜菜*, 2024, 37(3): 71–79.
- [19] 黄书超, 侯 栋, 颌建明, 等. 混合微生物菌剂对连作土壤中黄瓜幼苗生长的影响[J]. *甘肃农业大学学报*, 2021, 56(2): 83–89.
- [20] 高 丹. 生物有机肥与微生物菌剂在黄瓜上的肥效试验[J]. *农业工程技术*, 2023, 43(29): 41–41.
- [21] 高丽惠, 李艳宁, 李军伟, 等. 微生物菌剂在设施黄瓜上最佳用量及经济效益分析[J]. *农业科技通讯*, 2023(2): 124–126.