

不同肥料增效剂对高海拔地区辣椒生长发育及根际土壤养分的影响

李孟瑶¹, 易礼美¹, 杨柳¹, 吴金平², 郭凤领²

(1. 五峰土家族自治县蔬菜特色产业中心 湖北宜昌 443413; 2. 湖北省农业科学院经济作物研究所 武汉 430064)

摘要: 针对我国高山冷凉地区反季节辣椒生产中肥料利用率低的问题, 筛选适合高海拔地区辣椒生产的增效剂对提升产量与肥效具有重要意义。设置 25% 聚谷氨酸、聚谷氨酸豹根粉等 7 种增效剂处理, 以清水为对照, 采用单因素随机区组设计开展试验。结果表明, EM 菌液处理对辣椒株高促进作用显著, 较对照显著增加 14.04%, 且增产效果最佳, 产量达 3 255.73 kg·667 m², 增产率 35.74%。植物酵素有机肥处理下辣椒可溶性糖含量(w, 后同)最高, 为 0.425%; 聚谷氨酸豹根粉处理的辣椒可溶性蛋白和干物质含量最高, 分别为 5.34 mg·g⁻¹ 和 8.77%; 25% 聚谷氨酸处理显著提高辣椒根际土壤速效氮、速效钾和有机质含量, 分别为 87.03 mg·kg⁻¹、152.37 mg·kg⁻¹ 和 4.35%, 较对照分别显著提高 11.68%、23.40% 和 1.28 百分点。综上, 不同增效剂对辣椒农艺性状、产量、品质及根际土壤养分含量的影响差异明显。研究结果为高海拔地区辣椒种植中增效剂的科学选用提供了依据。

关键词: 辣椒; 高海拔地区; 肥料增效剂; 产量; 品质; 土壤养分

中图分类号: S641.3

文献标志码: A

文章编号: 1673-2871(2025)08-166-05

Effects of different fertilizer enhancers on the growth and development of pepper and rhizosphere soil nutrient in high altitude region

LI Mengyao¹, YI Limei¹, YANG Liu¹, WU Jinping², GUO Fengling²

(1. Wufeng Tujia Autonomous County Vegetable Specialty Industry Center, Yichang 443413, Hubei, China; 2. Institute of Economic Crops, Hubei Academy of Agricultural Sciences, Wuhan 430064, Hubei, China)

Abstract: In view of the low fertilizer utilization rate of off-season pepper production in high-altitude cold regions of China, screening suitable enhancers for pepper in high-altitude areas is of great significance for increasing yield and fertilizer efficiency. Seven enhancer treatments, including 25% polyglutamic acid and polyglutamic acid leopard root powder, were set up, with clear water as the control. Single-factor randomized block design was adopted for the experiment. The results showed that EM bacterial liquid treatment significantly promoted the plant height of pepper, increasing by 14.04% compared with the control, and had the best yield-increasing effect, the yield was 3 255.73 kg·667 m², an increase of 35.74%. The treatment with plant enzyme organic fertilizer had the highest soluble sugar content in pepper, reaching 0.425%. The treatment with polyglutamic acid leopard root powder had the highest soluble protein and dry matter content in pepper, which were 5.34 mg·g⁻¹ and 8.77%, respectively. The 25% polyglutamic acid treatment significantly increased the available nitrogen, available potassium and organic matter content in the rhizosphere soil of pepper, which were 87.03 mg·kg⁻¹, 152.37 mg·kg⁻¹ and 4.35%, respectively, increasing by 11.68%, 23.40% and 1.28 percent points compared with the control. In conclusion, different enhancers have significant differences in their effects on the agronomic traits, yield, quality and nutrient content of rhizosphere soil of pepper. The research results provide a basis for the scientific selection of enhancers in pepper cultivation at high-altitude areas.

Key words: Pepper; High-altitude region; Fertilizer enhancer; Yield; Quality; Soil nutrient

收稿日期: 2025-03-04; 修回日期: 2025-05-07

基金项目: 湖北省农业科技创新中心项目(2024-620-000-001-007); 国家特色蔬菜产业技术体系(CARS-24-G-17)

作者简介: 李孟瑶, 女, 农艺师, 主要从事蔬菜技术与推广及五峰蔬菜产业数据统计与分析等工作。E-mail: 495467339@qq.com

通信作者: 易礼美, 女, 高级农艺师, 主要从事蔬菜技术与推广及蔬菜产业发展规划等工作。E-mail: 562323032@qq.com

辣椒是我国种植面积最大的蔬菜作物^[1]。据统计,2022 年我国辣椒种植面积达 223 万 hm²,总产量约 6400 万 t,年产值更是突破了 2700 亿元大关^[2]。然而,肥料作为影响植物产量的关键因素之一,其使用量的合理性和有效性直接关系到辣椒的产量和品质。当前,我国肥料使用量居世界首位,但肥料利用率却相对偏低^[3]。

为了提高肥料利用率,减少肥料使用量,同时增加作物产量,研究人员一直在探索肥料增效剂的应用。聚谷氨酸肥料增效剂对小青菜产量和品质改善效果显著,增产幅度达 8.8%,硝酸盐含量降低 44.8%,维生素 C 含量提高 18.1%,且氮肥利用率提高 10.2%~11.6%^[4]。新型肥料增效剂能够促进马铃薯生长发育,实现马铃薯肥料减施增效和提高产量的目标^[5]。在团棵期和旺长前期增施肥料增效剂 γ -聚谷氨酸有利于提高肥料利用率,改善烟株农艺性状,提升烟叶等级结构,降低上部烟叶烟碱含量^[6]。叶面喷施植物光合作用生物增效剂,可促进辣椒植株生长,明显提高果实中可溶性蛋白、维生素 C 和钾含量,显著提高了辣椒产量^[7]。土壤生态改良增效剂能刺激辣椒坐果性能,促进早花早果,同时也能提高辣椒果实品质和产量^[8]。不同的肥料增效剂对辣椒生长发育、产量和品质具有不同程度的影响^[9-11]。由于辣椒品种、种植环境、施肥方式等多种因素的影响,肥料增效剂在辣椒上的应用效果存在一定的差异。因此,笔者在具有典型高山冷凉蔬菜种植区的五峰地区研究不同增效剂对高山辣椒生长发育及产量的影响,筛选出适合高海拔地区反季节辣椒种植的高效增效剂,以期为提高山区辣椒产量和肥料利用效率提供科学依据,为建立辣椒

减施增效栽培方案奠定基础。

1 材料和方法

1.1 试验地概况

试验于 2024 年 5—10 月在湖北省宜昌市五峰土家族自治县湾潭镇红烈村进行,海拔 1200 m,试验地属亚热带季风性山地气候,年均温 12 ℃,昼夜温差大,具有典型高山冷凉蔬菜种植区特征,地块交通便利,农田基础设施基本配套,灌排水正常,供试土壤为砂壤土,土壤肥力中等。试验进行前多点采集 0~20 cm 耕层土样,测定土壤水解氮含量(w ,后同)80.50 mg·kg⁻¹,速效磷含量 134.59 mg·kg⁻¹,速效钾含量 243.52 mg·kg⁻¹,有机质含量 2.88%,pH=7.21。

1.2 材料

供试辣椒品种为乡户椒,由宜春市春研种业有限公司提供。供试增效剂分别为 25%聚谷氨酸、聚谷氨酸豹根粉、鱼蛋白、海藻精、矿源黄腐酸、种植 EM 菌液、植物酵素有机肥,施用方法为滴灌至根部,每次对水 30 kg·667 m⁻²。试剂供应商及用量详见表 1。

1.3 试验设计

在大棚内设置小区,试验采用单因素随机区组设计,8 个处理,分别为 7 种增效剂 T1~T7 及 1 个清水对照(CK),3 次重复,小区面积为 10.8 m²,每个小区定植 50 株。于 2024 年 5 月 19 日将穴盘育苗的辣椒苗定植到大棚中,行距 120 cm,株距 33 cm。采用全膜垄作膜下滴灌栽培,选用厚度 0.01 mm、幅宽 120 cm 的地膜。在开花坐果期(7 月 5 日)和盛果期(8 月 6 日)将增效剂滴灌至辣椒根部。各处理

表 1 不同增效剂供应商及用量
Table 1 Supplier and dosages of different synergists

处理 Treatment	产品名称 Product name	供应商 Supplier	用量 Dosage / (g·667 m ⁻²)
T1	25%聚谷氨酸 25% Polyglutamic acid	武汉康绿达生物科技有限公司 Wuhan Kanglūda Biotechnology Co., Ltd.	100
T2	聚谷氨酸豹根粉 Polyglutamic acid leopard root powder	武汉康绿达生物科技有限公司 Wuhan Kanglūda Biotechnology Co., Ltd.	200
T3	鱼蛋白 Fish protein	山东经纬化工有限公司 Shandong Jingwei Chemical Co., Ltd.	500
T4	海藻精 Seaweed extract	山东经纬化工有限公司 Shandong Jingwei Chemical Co., Ltd.	400
T5	矿源黄腐酸 Mineral source fulvic acid	山东经纬化工有限公司 Shandong Jingwei Chemical Co., Ltd.	1000
T6	种植 EM 菌液 Planting EM bacterial liquid	北海亦强生物科技有限公司 Beihai Yiqiang Biotechnology Co., Ltd.	100
T7	植物酵素有机肥 Plant enzyme organic fertilizer	吉林敖东大高酵素有限公司 Jilin Aodong Dagao Enzyme Co., Ltd.	100
CK	清水 Water		

肥水及病虫害防治等其他田间管理措施一致。

1.4 测定项目与方法

每个处理选取 10 株长势均匀一致的辣椒植株,悬挂标签,用于生育期测定辣椒农艺性状。选取第 3 穗成熟度一致的辣椒测定可溶性糖(蒽酮比色法)、维生素 C(2,6 - 二氯酚酚滴定法)、可溶性蛋白(考马斯亮蓝 G - 250 染色法)、干物质(烘干法)、粗纤维(酸碱洗涤法)含量等品质指标^[12];9 月 14 日使用刻度尺测量株高、果实横径和纵径,使用游标卡尺测量茎粗。罢园时将标记辣椒拔出,抖落辣椒根际土样,然后将 10 株土样混合,根据鲍士旦^[13]《土壤农化分析》,采用钼锑抗显色法测定速效磷含量,采用碱溶液扩散法测定碱解氮含量;采用重铬酸钾容量法—外加热法测定土壤有机质含量;采用火焰原子吸收分光光度法测定速效钾含量,采用电位法测定土壤 pH。自 8 月 16 日第一批辣椒采收开始记录各小区辣椒产量,至 10 月 30 日罢园,累计计算出各小区产量再折合成单位面积产量(kg·667 m⁻²)。

1.5 数据处理

采用 SPSS2.0 软件进行数据分析,以 LSD 法检验差异显著性。

2 结果与分析

2.1 不同增效剂对辣椒农艺性状的影响

在辣椒的茎粗、果实横径以及纵径方面,不同增效剂处理间差异不显著(表 2)。其中,25%聚谷氨酸(T1)处理的辣椒茎粗最大,达 14.47 mm,表明该增效剂在促进辣椒茎部发育方面有一定作用,但因与其他处理差异不显著,难以确切判定其优势。T1 处理的果实横径最大,为 35.44 mm,矿源黄腐酸(T5)处理的果实纵径最大,为 122.58 mm,然而各处理间无显著差异,表明各增效剂在果实形态塑造上的影响力较为均衡。在株高方面,不同增效剂影响程度存在差异,其中种植 EM 菌液(T6)处理下的辣椒株高相较于 CK 增加了 14.18%,但差异不显著,表明种植 EM 菌液对辣椒纵向生长具有积极的促

表 2 不同增效剂对辣椒生长指标的影响

Table 2 Effects of different synergistic agents on the growth index of pepper

处理 Treat- ment	株高 Plant height/ cm	茎粗 Stem diameter/mm	果实横径 Fruit transverse diameter/mm	果实纵径 Fruit longitudinal diameter/mm
T1	81.9±12.05 ab	14.47±2.02 a	35.44±3.38 a	117.86±10.22 a
T2	82.0±11.35 ab	13.37±2.26 a	31.83±4.64 a	121.58±15.65 a
T3	81.8±8.90 ab	13.83±1.87 a	33.38±4.09 a	121.27±15.09 a
T4	80.6±8.06 b	13.24±2.57 a	33.14±3.70 a	119.18±9.34 a
T5	88.2±9.02 ab	12.55±0.98 a	31.98±3.52 a	122.58±10.60 a
T6	93.4±6.47 a	13.35±0.87 a	33.90±4.30 a	122.12±11.18 a
T7	77.1±5.32 b	12.24±2.08 a	33.13±3.90 a	119.57±13.28 a
CK	81.8±5.80 ab	12.06±1.48 a	33.87±3.78 a	116.58±10.56 a

注:同列不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。下同。
Note: Different lowercase letters in the same column indicate significant difference at 0.05 level. The same below.

进作用,可能是其所含微生物菌群改善了植株的生理代谢,从而刺激了株高增加。

2.2 不同增效剂对辣椒产量的影响

从产量数据来看,施用增效剂对辣椒产量有显著影响(表 3)。种植 EM 菌液(T6)处理的辣椒产量最高,达到 3 255.73 kg·667m⁻²,增产率高达 35.74%。各处理产量从高到低依次为 T6>T4>T7>T3>T2>T5>T1>CK,所有施用增效剂的处理之间均呈显著差异。这表明各类增效剂在不同程度上都能促进辣椒生长,提高产量,其中种植 EM 菌液效果最为突出。

2.3 不同增效剂对辣椒品质的影响

由表 4 可以看出,不同增效剂对辣椒的可溶性糖、维生素 C、可溶性蛋白、干物质和粗纤维含量影响各异。不同处理间的维生素 C 含量差异不显著,其中 T6 处理最高,为 297.97 mg·100 g⁻¹。在可溶性糖含量方面,植物酵素有机肥 T7 处理最高,为 0.425%,显著高于其他处理,较 CK 显著提高 0.013 百分点,表明该增效剂有助于提升辣椒果实的甜度。聚谷氨酸豹根粉(T2)处理的辣椒可溶性

表 3 不同增效剂对辣椒产量的影响

Table 3 Effects of different synergists on the yield of pepper

处理 Treatment	产量 Yield/(kg·667 m ⁻²)	比 CK+ More than CK+/%	处理 Treatment	产量 Yield/(kg·667 m ⁻²)	比 CK+ More than CK+/%
T1	2 499.94±58.11 g	4.21	T5	2 654.08±53.03 f	10.65
T2	2 754.17±68.00 e	14.83	T6	3 255.73±83.97 a	35.74
T3	2 812.56±34.78 d	17.26	T7	2 973.71±34.60 c	23.98
T4	3 027.44±50.04 b	26.22	CK	2 398.56±10.54 h	

表 4 不同增效剂对辣椒品质的影响
Table 4 Effects of different synergists on the quality of pepper

处理 Treatment	w(可溶性糖) Soluble sugar content/%	w(维生素 C) Vitamin C content/ (mg·100 g ⁻¹)	w(可溶性蛋白) Soluble protein content/(mg·g ⁻¹)	w(干物质) Dry matter content/%	w(粗纤维) Crude fiber content/%
T1	0.416±0.002 b	261.92±0.134 a	4.03±0.108 c	7.58±0.551 b	1.25±0.139 d
T2	0.405±0.001 d	251.01±0.293 a	5.34±0.032 a	8.77±0.113 a	1.01±0.023 e
T3	0.396±0.000 e	273.30±0.470 a	3.92±0.036 cd	7.54±0.095 b	1.22±0.015 de
T4	0.392±0.001 e	267.27±0.033 a	4.42±0.014 b	8.09±0.228 ab	1.19±0.012 de
T5	0.417±0.002 b	271.44±0.082 a	4.02±0.063 c	7.57±0.009 b	1.41±0.030 cd
T6	0.408±0.000 cd	297.97±0.310 a	2.97±0.122 f	7.29±0.360 b	1.70±0.107 ab
T7	0.425±0.000 a	256.12±0.046 a	3.50±0.030 e	7.71±0.144 b	1.51±0.032 bc
CK	0.412±0.004 bc	261.50±0.223 a	3.74±0.150 de	7.94±0.311 ab	1.77±0.064 a

蛋白含量最高,达 5.34 mg·g⁻¹,较 CK 显著提高 42.78%,T6 和 T7 处理对辣椒可溶性蛋白积累无促进作用。在干物质含量方面,同样是 T2 处理最高,为 8.77%,但与 CK 差异不显著,而 T1、T3、T5、T6、T7 处理的干物质含量均低于 CK。值得注意的是,所有处理的辣椒粗纤维含量均低于 CK,除 T6 处理与 CK 差异不显著外,其他处理均显著低于 CK。

2.4 不同增效剂对辣椒根际土壤养分含量的影响

由表 5 可知,施用增效剂对辣椒根际土壤速效氮、速效磷、速效钾、有机质含量及 pH 的影响

存在差异,其中 T1 处理的速效氮含量最高,为 87.03 mg·kg⁻¹,显著高于其他处理,较 CK 显著提高 11.68%,T2、T3、T5 处理对速效氮积累没有促进作用;所有处理对辣椒根际土壤速效磷积累均没有促进作用;T1 处理的速效钾含量最高,为 152.37 mg·kg⁻¹,显著高于其他处理,较 CK 显著提高 23.40%,其他处理均显著低于 CK;T1 处理的有机质含量最高,为 4.35%,显著高于其他处理,较 CK 显著提高 1.28 百分点,T2、T3、T4 处理对有机质积累没有促进作用;T2、T3、T6 处理的辣椒根际土壤 pH 低于 CK。

表 5 不同增效剂对土壤养分含量的影响
Table 5 Effects of different synergistic agents on soil nutrient content

处理 Treatment	w(速效氮) Fast-acting nitrogen content/(mg·kg ⁻¹)	w(速效磷) Fast-acting phosphorus content/(mg·kg ⁻¹)	w(速效钾) Fast-acting potassium content/(mg·kg ⁻¹)	w(有机质) Organic matter content/%	pH
T1	87.03±1.76 a	189.89±4.39 ab	152.37±2.37 a	4.35±0.03 a	7.33±0.03 ab
T2	72.57±2.02 c	190.84±20.83 ab	62.09±1.45 f	2.75±0.06 e	7.15±0.05 d
T3	74.90±3.50 bc	121.44±13.25 c	88.70±6.65 e	2.82±0.22 e	7.02±0.02 e
T4	78.40±3.50 b	177.26±37.90 ab	84.66±1.11 e	2.89±0.16 de	7.23±0.08 bc
T5	77.00±4.26 bc	158.31±25.64 b	115.52±4.14 c	3.12±0.08 c	7.34±0.04 ab
T6	80.73±2.02 b	174.17±10.63 ab	109.07±3.16 cd	3.25±0.00 bc	7.10±0.05 de
T7	79.57±4.04 b	199.88±5.04 a	107.16±2.20 d	3.31±0.04 b	7.38±0.08 a
CK	77.93±1.76 bc	210.52±16.13 a	123.48±6.91 b	3.07±0.06 cd	7.17±0.07 cd

3 讨论与结论

本研究中,不同增效剂处理对辣椒茎粗、果实横径和纵径的影响差异不显著,可能与土壤基础肥力较高(如试验地初始速效磷含量达 134.59 mg·kg⁻¹)及生育期环境稳定有关,掩盖了增效剂在形态建成上的细微作用。值得关注的是,T6 处理显著促进株高增加,这与微生物菌剂通过分泌吡啶乙酸、赤霉素等植物激素刺激细胞伸长的机制一致^[14-15]。种植 EM 菌液中的多类有益菌群(如乳酸菌、光合细菌)

还可改善根际微环境,增强根系对氮素的吸收效率,间接促进地上部生长^[16]。

增效剂对辣椒产量的提升效果差异显著,其中种植 EM 菌液处理增产率达 35.74%,归因于其对土壤理化性质的改变,通过提高根际土壤有机质含量和根际速效钾利用率,增强了植株对养分的吸收能力^[17]。值得注意的是,T3、T4 处理的增产率分别为 17.26%和 26.22%,可能与增效剂含有的氨基酸、海藻酸等成分激活了光合作用相关酶活性有关^[18]。

T7 处理通过促进光合产物积累,使可溶性糖含

量达 0.425%, 较 CK 显著提高 0.013 百分点, 这与有机肥中丰富的酶类物质参与碳水化合物代谢密切相关^[19]。T2 处理下可溶性蛋白含量($5.34 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$)和干物质含量(8.77%)最高, 可能与其提高氮素利用效率有关。聚谷氨酸的螯合作用增强了根系对铵态氮的吸收, 进而促进蛋白质合成^[20]。尽管种植 EM 菌液处理的维生素 C 含量最高($297.97 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$), 但各处理间差异未达显著水平, 表明维生素 C 的合成可能受光照、温度等环境因素的影响更大^[21]。

T1 处理对土壤养分的提升效果最为突出, 其速效氮、速效钾和有机质含量分别较 CK 显著提高 11.68%、23.40% 和 1.28 百分点。这得益于聚谷氨酸的高分子网络结构对养分的吸附固定作用, 减少了氮钾流失, 同时其降解产物为土壤微生物提供碳源, 促进有机质积累^[22]。与之形成对比的是, T6 处理虽未显著提高速效养分含量, 但其通过微生物代谢产生有机酸(如乙酸、丙酸), 使根际 pH 略微下降, 可能增强了难溶性养分的有效性^[23]。值得注意的是, T3、T6 处理的土壤 pH 降低, 可能与增效剂中含有的酸性官能团(如羧基、酚羟基)有关, 这类物质通过离子交换促进矿物养分释放^[24]。

笔者选取了 7 种常见的增效剂进行研究, 而市场上的增效剂种类繁多, 不同增效剂的成分和作用机制差异较大, 后续将进一步拓展增效剂的种类, 筛选更多新型、高效的增效剂, 以丰富辣椒种植中增效剂的选择。同时笔者仅对单一增效剂的效果进行了研究, 而不同增效剂复配可能会产生协同增效作用, 进一步提升土壤养分的利用效率, 提高辣椒产量和品质。因此, 未来可开展不同增效剂的复配试验, 探索最佳的复配比例和施用方案, 以充分发挥增效剂的作用。

综上所述, 7 种不同增效剂对高山辣椒生长发育、产量、品质及根际土壤养分含量的影响存在差异。种植 EM 菌液(T6)促进株高增加, 增产效果最佳; 植物酵素有机肥(T7)提高可溶性糖含量, 聚谷氨酸豹根粉(T2)提升可溶性蛋白和干物质含量, 适宜优质辣椒生产; 25% 聚谷氨酸(T1)显著提高根际土壤速效氮、速效钾和有机质含量, 兼具短期养分提升与长期土壤培肥效果。研究结果对高山辣椒种植具有重要的实践指导意义。在实际生产中, 种植户可根据自身需求和目标, 有针对性地选择增效剂。若追求产量最大化, 可优先选用种植 EM 菌

液, 其在提高辣椒产量方面效果显著, 增产率高达 35.74%, 能有效提高种植户的经济收益。若注重辣椒的营养价值, 如增加可溶性蛋白含量, 聚谷氨酸豹根粉则是较好的选择。

参考文献

- [1] 邹学校, 朱凡. 辣椒的起源、进化与栽培历史[J]. 园艺学报, 2022, 49(6): 1371-1381.
- [2] 乔立娟, 赵帮宏, 宗义湘, 等. 我国辣椒产业发展现状、趋势及对策[J]. 中国蔬菜, 2023(11): 9-15.
- [3] CUI Z L, WANG G L, YUE S C, et al. Closing the N-use efficiency gap to achieve food and environmental security[J]. Environmental Science & Technology, 2014, 48(10): 5780-5787.
- [4] 许宗奇, 万传宝, 许仙菊, 等. 肥料增效剂 γ -聚谷氨酸对青菜产量和品质的影响[J]. 生物加工过程, 2012, 10(1): 58-62.
- [5] 李扬, 林金秀, 魏毅, 等. 新型肥料增效剂对马铃薯农艺性状和产质量的影响[J]. 热带农业科学, 2024, 44(3): 10-14.
- [6] 张文军, 熊橙梁, 张庆富, 等. 肥料增效剂对烤烟生长发育及上部烟叶产质量的影响[J]. 浙江农业科学, 2024, 65(2): 314-319.
- [7] 杜中平. 植物光合作用生物增效剂对辣椒生长及营养品质和产量的影响[J]. 北方园艺, 2011(16): 11-13.
- [8] 黄庆禄, 李明德, 常锋, 等. 土壤生态改良增效剂对土壤改良效果及对辣椒产质的影响[J]. 湖南农业科学, 2006(5): 64-66.
- [9] 刘文国, 尚晓峰, 赵强. 氨基酸微量元素水溶肥对辣椒产量和品质的影响[J]. 湖北农业科学, 2019(17): 41-42.
- [10] 申建忠, 黄超. 不同试剂处理对辣椒产量的影响[J]. 耕作与栽培, 2024, 44(2): 68-71.
- [11] 王同仁, 张宏, 曾雄, 等. 氨基酸水溶肥对辣椒产量及经济效益的影响[J]. 新疆农业科技, 2024(2): 12-14.
- [12] 邹琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [13] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [14] 韩新奇, 丛琳, 解笑宇, 等. 不同微生物菌剂对辣椒生长、品质及产量的影响[J]. 蔬菜, 2024(9): 34-38.
- [15] 涂显平, 田志宏. EM 菌及其在农业生产中的应用[J]. 适用技术市场, 2001(7): 45-46.
- [16] 陈宝玲, 刘文君, 周建辉, 等. 减施化肥配施 EM 菌剂对厚皮甜瓜生长及果实性状的影响[J]. 蔬菜, 2024(5): 58-62.
- [17] 康晓娟, 王艳, 梁新书, 等. 聚谷氨酸肥料增效剂对设施黄瓜生长、产量、品质的影响[J]. 天津农业科学, 2024, 30(5): 8-12.
- [18] 杨志刚, 胡栓红, 常海文, 等. 氮肥减施、增施有机肥及微生物菌肥对辣椒生长性状、营养品质及产量的影响[J]. 北方农业学报, 2020, 48(2): 27-33.
- [19] 陈卓, 覃丫丫, 马超, 等. 尾菜来源酵素液对不结球白菜生长及品质的影响[J]. 中国瓜菜, 2023, 36(2): 66-69.
- [20] 顾芳宁. 改性生物炭及 γ -聚谷氨酸对黑土中氮素迁移和转化的影响[D]. 长春: 吉林农业大学, 2023.
- [21] 魏瑞敏. 辣椒果实维生素 C、辣椒素和辣椒红素合成途径转录组表达分析[D]. 长沙: 湖南大学, 2018.
- [22] 柳渊博. γ -聚谷氨酸浓度对烤烟养分吸收及产量品质的影响[D]. 郑州: 河南农业大学, 2021.
- [23] 杨振华, 张迪. EM 菌液对不同基因型草莓果实产量及品质的影响[J]. 江苏农业科学, 2021, 49(22): 141-146.
- [24] 李娜. 矿源黄腐酸钾对化肥减量大豆生长和根际土壤养分的影响[D]. 黑龙江大庆: 黑龙江八一农垦大学, 2023.