

# 不同生物菌肥对山地辣椒产量与品质的影响

叶 勇<sup>1</sup>, 吴康云<sup>1</sup>, 肖玖军<sup>2</sup>, 邓廷飞<sup>3</sup>, 牟玉梅<sup>1</sup>, 张 力<sup>1</sup>, 涂德辉<sup>1</sup>, 邢 丹<sup>1</sup>

(1. 贵州省农业科学院辣椒研究所 贵阳 550025; 2. 贵州科学院山地资源研究所 贵阳 550001;  
3. 贵州省中国科学院天然产物化学重点实验室 贵阳 550014)

**摘要:**以辣椒品种辣研 101 为试材, 选取草根 8 号、多酶生物有机肥、乡喜海藻菌、阿尔格活性微藻营养液等生物菌肥, 以不施菌肥(CK)为对照, 研究不同生物菌肥对辣椒生长、产量和果实品质的影响。结果表明, 施用生物菌肥均能够促进辣椒生长发育, 显著增大叶面积指数, 增加挂果数和单果质量, 总生物量平均增幅 269.9~643.8 kg·hm<sup>-2</sup>, 单株挂果数平均增加 2~10 个, 单果质量平均提高 0.03~0.30 g, 干椒产量提高 168~353 kg·hm<sup>-2</sup>, 改善辣椒果实品质, 提高总辣椒素、粗脂肪、粗蛋白含量。综上, 4 种不同生物菌肥中, 施用藻类微生物菌肥和枯草芽孢杆菌, 辣椒产量增产显著, 可为当地推广生物菌肥、菌种鉴定提供理论参考。

**关键词:**辣椒; 生物菌肥; 干物质积累量; 根系; 产量; 品质

中图分类号: S641.3+S606<sup>2</sup>

文献标志码: A

文章编号: 1673-2871(2022)11-050-06

## Effects of biological fertilizers on yield and quality of mountain peppers

YE Yong<sup>1</sup>, WU Kangyun<sup>1</sup>, XIAO Jiujun<sup>2</sup>, DENG Tingfei<sup>3</sup>, MOU Yumei<sup>1</sup>, ZHANG Li<sup>1</sup>, TU Dehui<sup>1</sup>, XING Dan<sup>1</sup>

(1. Pepper Research Institute, Guizhou Academy of Agricultural Sciences, Guiyang 550025, Guizhou, China; 2. Institute of Mountain Resources of Guizhou Province, Guiyang 550001, Guizhou, China; 3. The Key Laboratory of Chemistry for Natural Products of Guizhou Province and Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550014, Guizhou, China)

**Abstract:** With pepper variety *Layan101* as the test material, *grassroots8*, *multienzyme organic fertilizer*, *microbial bacterium*, *aerge active microalgae nutrient solution* and other biological fertilizer were selected. The effects of different microbial fertilizers on the growth, yield and fruit quality of pepper were studied with CK as control. The results showed that the application of bio bacterial fertilizer could promote the growth and development of pepper, significantly increase the leaf area index, the number of fruit bearing and the weight of single fruit. The average increase of the total biomass was 269.9-643.8 kg·hm<sup>-2</sup>, the number of fruit bearing per plant was 2-10, the average weight of single fruit was 0.03-0.30 g, the yield of dry pepper was 168-353 kg·hm<sup>-2</sup>, the quality of pepper fruit was improved, and the content of total capsaicin, crude fat and crude protein was increased. To sum up, among the four different biological strains, the yield of pepper increased significantly under the treatment of algae microbial fertilizer and *Bacillus subtilis*, which can be used as a theoretical reference for local promotion of biological fertilizer and strain selection.

**Key words:** Pepper; Biological bacterial fertilizer; Dry matter accumulation; Root system; Yield; Quality

随着农业现代化不断推进, 化肥、农药滥用导致土壤肥力逐年下降、微生物群落逐渐失衡, 有机物分解能力降低, 限制了作物产量潜力发挥<sup>[1]</sup>。生物菌肥是一种新型生物肥料, 研究发现施用生物菌肥能够提高辣椒产量, 同时具有提高作物养分吸收能力、促进生长的作用, 还能降低化肥使用量、显著增加土壤中微生物数量、有利于形成稳定的菌群结

构<sup>[2-5]</sup>。郭小强等<sup>[6]</sup>和李小炜等<sup>[7]</sup>认为生物菌肥能改善土壤微生态环境和土壤氮素营养循环, 显著提高土壤中过氧化氢酶、脲酶、蛋白酶和磷酸酶活性, 提高果实中维生素、可溶性糖和可溶性蛋白质含量, 起到改善果实品质的作用。此外, 化肥与生物菌肥配施加强了氮、钾养分吸收和积累, 提高了土壤中有机质养分含量<sup>[8]</sup>。

收稿日期: 2022-05-17; 修回日期: 2022-09-20

基金项目: 贵州省科技支撑计划项目(黔科合支撑(2020)1Y172号、黔科合支撑(2021)一般496号)、黔科合支撑(2020)1Y121号; 贵州科学院青年基金项目(黔科院J字(2018)25号); 2021年贵州省特色优势产业集群建设项目(黔财农(2021)73号); 贵州省辣椒产业技术体系(GZSLJCYT-2022)

作者简介: 叶 勇, 男, 研究实习员, 研究方向为辣椒栽培技术研究。E-mail: 404036826@qq.com

通信作者: 邢 丹, 女, 研究员, 研究方向为辣椒绿色生产研究。E-mail: 2004xingdan@163.com

贵州作为全国优质辣椒主产区,2020年种植面积稳定在 $33.3 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,产加销位居全国第一,具有“香辣协调,品味温醇”的品质优势和风味特点,辣椒加工产品逐年占据全国及国外市场,对加工品质、营养品质和商品品质有着更高的要求<sup>[9-10]</sup>。贵州辣椒产业主要存在单产低、连作障碍严重、肥料利用率不高、品种退化、果实品质降低等突出问题,严重制约着贵州辣椒健康可持续发展<sup>[11-12]</sup>。为进一步探明不同菌种对贵州山地辣椒是否具有增产和增质的施用效果,笔者于2021年开展了不同生物菌肥对山地辣椒产量和品质的影响试验,以期对菌肥筛选、提高山地辣椒单产、改善果实品质提供技术支撑和理论参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验地点

试验地点位于贵州省遵义市新蒲新区贵州省农业科学院辣椒研究所官庄试验示范基地,试验前作冬闲,排灌方便。土壤为黄壤土,pH值5.19、有机质含量( $w$ ,后同) $2.29 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、碱解氮含量 $117.2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、速效钾含量 $121.73 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、速效磷含量 $3.14 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、全氮含量 $42.89 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、全磷含量 $0.51 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、全钾含量 $2.10 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

### 1.2 材 料

1.2.1 试验辣椒品种 辣研101号,以雄性不育系PBC521A×黄杨小米辣选育而成的加工型朝天椒一代杂交种,果实指形朝天,成熟果红色,味辣,高抗青枯病及疫病,由贵州省农业科学院辣椒研究所选育。

1.2.2 试验菌肥 草根8号由北京草根创新农业科技有限公司生产,主要成分为枯草芽孢杆菌,有效活菌数 $\geq 0.2 \text{ 亿} \cdot \text{g}^{-1}$ ;多酶生物有机肥由渭南德龙生物科技有限公司生产,主要成分为海藻微生物菌剂海藻精、矿源腐殖酸、微生物菌剂,有效活菌数 $\geq 100 \text{ 亿} \cdot \text{g}^{-1}$ ,海藻酸含量为20%( $\varphi$ ,下同),腐殖酸含量为50%;乡喜海藻菌由河北绿色农华作物科技有限公司生产,主要成分为解淀粉芽孢杆菌,有效活菌数 $\geq 2 \text{ 亿} \cdot \text{g}^{-1}$ ;阿尔格活性微藻营养液由阿尔格(天津)生命科学研究有限公司生产,主要成分为纯净绿藻、蛋白核小球藻、固氮蓝藻,藻体单细胞含量 $\geq 1.0 \times 10^6 \text{ 个} \cdot \text{mL}^{-1}$ 。

### 1.3 试验设计

试验采用单因素随机区组设计,以辣椒品种辣

研101号为材料,选取草根8号、多酶生物菌肥、乡喜海藻菌、阿尔格活性微藻营养液等4种不同生物菌肥,设置不施菌肥的常规种植为对照组(CK),共计5个水平组合,3次重复,每个重复100株,共15个小区。试验于2021年4月9日采用辣椒专用基质进行漂浮育苗,漂盘规格为 $66.5 \text{ cm} \times 34 \text{ cm} \times 5.5 \text{ cm}$ (160孔·盘<sup>-1</sup>)。小区按照1.2 m起厢开沟,厢长4 m、厢面宽0.8 m、沟宽0.4 m,每小区共计5厢,小区面积 $20 \text{ m}^2$ 。使用宽度1.2 m、厚度为 $8 \mu\text{m}$ 的黑色地膜进行覆盖,周围用泥土压紧。6月12日,按照株行距 $0.4 \text{ m} \times 0.6 \text{ m}$ 进行打孔移栽,每穴1苗,各菌肥按照厂家推荐用量(表1)与复合肥( $900 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ )作基肥1次性施用。复合肥(N:P:K的质量比为17:7:21)总有效养分含量 $\geq 45\%$ ,由贵州开磷集团股份有限公司生产。9月10日进行田间采收。田间病虫害管理同大田生产。

表1 生物菌肥施用方法

处理	施用方法
常规种植(CK)	不添加菌肥(菌剂),复合肥用量 $900 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。
草根8号	菌肥用量为 $135 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,复合肥用量 $900 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。
多酶生物有机肥	菌肥用量为 $600 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,复合肥用量 $900 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。
乡喜海藻菌	菌剂用量为 $11.25 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,复合肥用量 $900 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。
阿尔格活性微藻营养液	菌剂用量为 $9 \text{ L} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,复合肥用量 $900 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

### 1.4 测定指标与方法

1.4.1 干物质积累量 于成熟期选取代表性植株4株,将样品分为茎、叶、果、根4个部分,测定时将样品于 $105 \text{ }^\circ\text{C}$ 下杀青30 min,于 $80 \text{ }^\circ\text{C}$ 条件下烘干至恒质量并称取其干质量,计算成熟期干物质积累量<sup>[13]</sup>:干物质积累量=各器官干物质质量/样本植株占地面积。

1.4.2 叶面积指数 于辣椒成熟期在选取的代表性植株(4株)中随机选取1株,使用LA-S智能叶面积仪测定单株叶面积,再采用称重法计算总叶面积,并根据公式计算叶面积指数:叶面积指数=样本植株叶面积/占地面积<sup>[14]</sup>。

1.4.3 根系形态指标 按照长×宽×高为 $60 \text{ cm} \times 40 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$ 的辣椒根系分布空间大小,于成熟期选取代表性植株1株,用自来水将根部泥土洗净,整齐无重叠地摆放在 $30 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$ 的长方形玻璃皿中,用扫描仪(EPSON PERFECTION V700, Japan)进行根系图片扫描,采用WinRHIZO根系分析系统分析得出总根长、根直径。然后将根系装入信

封于 80 °C 烘干至恒质量,测定根干质量和地上部分干质量,计算根冠比<sup>[15]</sup>。

1.4.4 果实品质指标 收集样品后,选择果实坚硬、色泽均匀、大小一致、无病虫害的果实,去掉果柄及萼片,在 60 °C 恒温烘箱中烘干后粉碎,取 40 目筛后样品,按照 GB/T 21266—2007 检测方法<sup>[16]</sup>测定总辣椒素含量,辣椒红素含量参照徐坤等<sup>[17]</sup>的丙酮提取法测定。采用全自动索氏脂肪分析仪和全自动凯氏定氮仪分别测定粗脂肪、粗蛋白含量<sup>[18-19]</sup>。

1.4.5 产量及其构成因素 各小区选取 10 株辣椒采收,调查挂果数、单果质量。按照 DB 52/T 976—2014<sup>[20]</sup>中的测产方法和校准系数计算各小区辣椒的干椒产量,考察其构成因素。

### 1.5 数据分析

采用 SAS 9.0 进行数据统计分析,采用 Statistix 9 进行相关性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同生物菌肥对山地辣椒干物质积累量、叶面积指数的影响

由表 2 可知,与常规种植相比较,添加 4 种不同生物菌肥后均能提升辣椒成熟期茎、叶、果、根系等器官生物积累水平,茎干质量平均较常规种植增加 86.0~289.0 kg·hm<sup>-2</sup>,叶干质量平均增加 48.7~116.7 kg·hm<sup>-2</sup>,果干质量平均增加 81.7~273.7 kg·hm<sup>-2</sup>,根干质量平均增加 4.1~16.3 kg·hm<sup>-2</sup>,干物质积累量平均增幅 269.9~643.8 kg·hm<sup>-2</sup>,其中茎、叶、果成熟期干质量增加幅度明显大于根系,干物质积累量显著高于常规种植,各处理之间根系生物量无显著差异。

表 2 不同生物菌肥对山地辣椒干物质积累量、叶面积指数的影响

处理	茎干质量/ (kg·hm <sup>-2</sup> )	叶干质量/ (kg·hm <sup>-2</sup> )	果干质量/ (kg·hm <sup>-2</sup> )	根干质量/ (kg·hm <sup>-2</sup> )	干物质积累量/ (kg·hm <sup>-2</sup> )	叶面积指数
常规种植(CK)	307.3±6.1 c	272.3±26.3 c	906.7±73.6 b	52.3±1.6 a	1 538.6±78.3 c	2.21±0.48 c
草根 8 号	458.3±6.6 b	389.0±46.8 a	1 122.3±4.3 ab	67.5±5.3 a	2 037.2±45.6 ab	4.73±1.45 ab
多酶生物有机肥	397.7±36.1 b	321.0±7.5 bc	1 083.0±71.6 ab	60.0±11.1 a	1 861.8±98.8 b	3.80±0.81 ab
乡喜海藻菌	393.3±6.1 b	370.7±7.2 ab	988.3±16.5 ab	56.4±4.5 a	1 808.5±16.6 b	3.37±0.44 bc
阿尔格活性微藻营养液	596.3±25.7 a	337.3±12.4 ab	1 180.3±91.5 a	68.5±5.4 a	2 182.4±95.0 a	4.93±0.60 a

注:同列数字后不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。下同。

与 CK 相比,施用不同生物菌肥均能显著提高茎干质量,阿尔格活性微藻营养液茎、果干质量最高,分别显著高于常规种植、草根 8 号、多酶生物有机肥、乡喜海藻菌 94.04%、30.11%、49.94%、51.61%;果干质量分别提高 30.18%、5.17%、8.98%、19.43%,与常规种植存在显著差异。除多酶生物有机肥以外,施用其他 3 种肥料均能显著提高叶干质量,草根 8 号菌肥处理增幅明显,较 CK 增加 42.86%,达到显著差异水平。与 CK 相比,4 种不同生物菌肥均能提高果实干质量,其中阿尔格活性微藻营养液处理增幅最大。

施用生物菌肥均能促进叶面积指数增加,表现为阿尔格活性微藻营养液>草根 8 号>多酶生物有机肥>乡喜海藻菌>常规种植,施用阿尔格活性微藻营养液辣椒叶面积指数分别比常规种植、草根 8 号、多酶生物有机肥、乡喜海藻菌增加 123.08%、4.23%、29.74%、46.29%,其中施用阿尔格活性微藻营养液、草根 8 号和多酶生物有机肥叶面积指数显著高于常规种植处理,但三者之间未见显著差异,乡喜海藻菌叶面积指数相比常规种植未达显著差

异水平。

### 2.2 不同生物菌肥对山地辣椒根系的影响

由表 3 可知,施用生物菌肥均能提高根冠比,与常规种植相比,处理间根冠比增加范围仅在 0.000 6~0.003 8,增幅 1.79%~10.35%,草根 8 号根冠比最大,但各处理间均无显著差异。不同菌肥处理下,辣椒根系总根长均显著增长,其中草根 8 号促进效果最佳,其次分别为多酶生物有机肥、阿尔格活性微藻营养液、乡喜海藻菌,施用阿尔格活性微藻营养液与多酶生物有机肥、乡喜海藻菌间总根长均无显著差异。此外,菌肥施用后根直径呈降低趋势,其中多酶生物菌肥根直径较常规种植显著降

表 3 不同生物菌肥对山地辣椒根系的影响

处理	根冠比	总根长/cm	根直径/mm
常规种植(CK)	0.032 9±0.000 9 a	1 048.0±97.0 d	0.647±0.019 a
草根 8 号	0.036 7±0.002 2 a	1 944.7±45.9 a	0.566±0.020 ab
多酶生物有机肥	0.036 4±0.004 7 a	1 601.3±32.0 b	0.554±0.017 b
乡喜海藻菌	0.034 2±0.001 5 a	1 389.0±19.6 c	0.568±0.046 ab
阿尔格活性微藻营养液	0.033 5±0.000 8 a	1 534.3±54.0 bc	0.594±0.014 ab

低了 14.37%,其他 3 种菌肥存在不同程度降低,但均与对照无显著差异。

### 2.3 不同生物菌肥对山地辣椒产量的影响

由表 4 可知,无论施用何种菌肥对辣椒挂果数、单果质量及产量提高均有一定促进作用。相比常规种植模式,施用菌肥后辣椒单株挂果数平均增加 2~10 个,单果质量平均提高 0.03~0.30 g,干椒产量平均提升 168~353 kg·hm<sup>-2</sup>,施用菌肥后的干椒产量与 CK 存在显著差异。与 CK 相比,草根 8 号和多酶生物有机肥均能显著提高辣椒挂果数,较常规种植分别提高 11.90%、4.76%,乡喜海藻菌、阿尔格活性微藻营养液挂果数均与 CK 无显著差异。施用阿尔格活性微藻营养液后辣椒单果质量显著增加,分别比 CK、草根 8 号、多酶生物有机肥、乡喜海藻菌等 4 种处理增加 14.29%、7.62%、12.68%、9.09%,草根 8 号、多酶生物有机肥、乡喜海藻菌单果质量均与常规种植模式无显著差异。各处理辣椒产量表现为阿尔格活性微藻营养液>草根 8 号>多酶生物有机肥>乡喜海藻菌>常规种植,4 种生物菌肥均能显著提高辣椒产量,产量增加了 10.94%~25.54%,其中,施用阿尔格活性微藻营养液干椒产量最高,达到 1719 kg·hm<sup>-2</sup>,与草根 8 号无显著差异,但均显著高于多酶生物有机肥与乡喜海藻菌,多酶生物有机肥与乡喜海藻菌之间差异不显著。

表 4 不同生物菌肥对山地辣椒产量的影响

处理	挂果数/ (个·株 <sup>-1</sup> )	单果质量/g	干椒产量/ (kg·hm <sup>-2</sup> )
常规种植(CK)	84±1.79 c	2.10±0.055 7 b	1366±28.7 c
草根 8 号	94±2.31 a	2.23±0.088 2 b	1699±49.7 a
多酶生物有机肥	88±1.88 b	2.13±0.016 7 b	1535±43.5 b
乡喜海藻菌	86±0.78 bc	2.20±0.055 7 b	1534±54.1 b
阿尔格活性微藻营养液	88±1.47 bc	2.40±0.002 8 a	1719±4.3 a

### 2.4 辣椒产量与性状之间的相关分析

由表 5 可知,在不同菌肥施用下,挂果数、单果质量、茎干质量、根干质量、干物质积累量、叶面积指数、总根长与产量呈极显著正相关,果干质量与产量呈显著正相关。挂果数与根干质量呈显著正相关,与叶面积指数和总根长呈极显著正相关。单果质量与茎干质量、干物质积累量呈极显著正相关,与根干质量呈显著正相关。茎干质量与果干质量、干物质积累量呈极显著正相关,与叶面积指数呈显著正相关。根干质量与叶面积指数呈显著正相关。果干质量与干物质积累量呈极显著正相关。总根长与干物质积累量、叶面积指数呈显著正相关。由此可知,在恒定的种植密度条件下,生物菌肥提高辣椒产量主要依赖于挂果数和单果质量的协调提升。

### 2.5 不同生物菌肥对山地辣椒果实品质的影响

由图 1 可知,不同生物菌肥处理对辣椒果实品

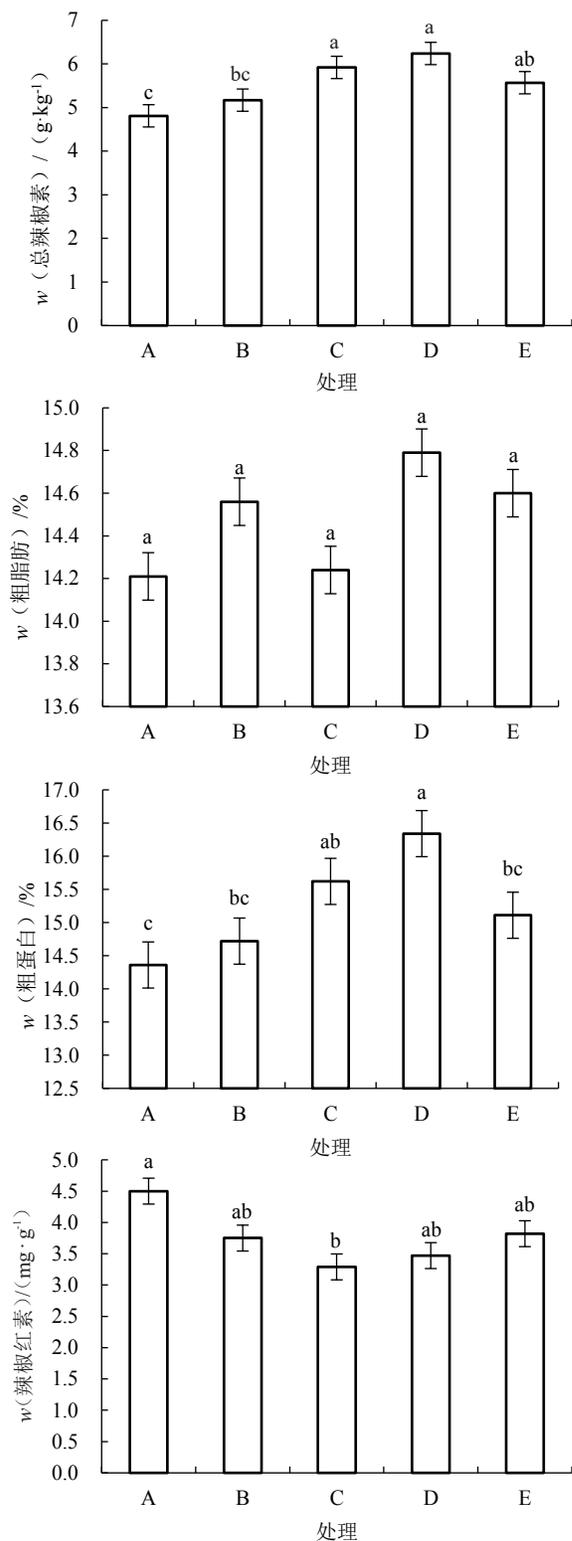
表 5 辣椒产量与性状之间的相关系数

性状	干椒产量	挂果数	单果质量	茎干质量	根干质量	果干质量	干物质积累量	叶面积指数
挂果数	0.696**							
单果质量	0.795**							
茎干质量	0.775**		0.729**					
根干质量	0.740**	0.598*	0.598*					
果干质量	0.574*			0.665**				
干物质积累量	0.773**		0.706**	0.862**		0.918**		
叶面积指数	0.707**	0.733**		0.600*	0.578*			
总根长	0.778**	0.766**					0.575*	0.584*

注: n=15,\*表示在 0.05 水平差异显著;\*\*表示在 0.01 水平差异极显著。

质有一定的影响,其中总辣椒素含量、粗脂肪含量、粗蛋白含量均随菌肥的施入呈现不同程度的增加,辣椒红素含量则呈现不同程度降低趋势,各处理间粗脂肪含量差异不显著。乡喜海藻菌、多酶生物有机肥、阿尔格活性微藻营养液、草根 8 号总辣椒素含量分别高于常规种植 29.73%、23.08%、15.80%、7.48%,除草根 8 号外,施用其他 3 种生物菌肥总辣椒素含量均与常规种植存在显著差异。辣椒粗脂肪含量表现为乡喜海藻菌>阿尔格活性微藻营养液

>草根 8 号>多酶生物有机肥>常规种植。辣椒粗蛋白含量表现为乡喜海藻菌>多酶生物有机肥>阿尔格活性微藻营养液>草根 8 号>常规种植。施用乡喜海藻菌粗蛋白含量与多酶生物有机肥差异不显著,但显著高于其他 3 个处理;施用多酶生物有机肥粗蛋白含量仅与对照存在显著差异;施用其他 2 种生物菌肥粗蛋白含量与对照三者间均无显著差异。在施入菌肥后,辣椒红素含量均呈现不同程度的降低,多酶生物有机肥辣椒红素含量降幅最大,



注:A. 常规种植(CK);B. 草根8号;C. 多酶生物有机肥;D. 乡喜海藻菌;E. 阿尔格活性微藻营养液。

图1 菌肥处理下辣椒果实品质

且与对照存在显著差异,而施用其他3种菌肥辣椒红素含量均与对照无显著差异。由此可以看出,总辣椒素含量、粗脂肪含量、粗蛋白含量最高均为乡喜海藻菌,表明其与其他菌肥相比,解淀粉芽孢杆

菌对辣椒品质有较明显的改善作用。

### 3 讨论

大量研究显示,营养生长是作物高产形成的先决条件,作物生长发育是干物质与养分不断积累转运的过程,根、茎、叶作为作物的主要功能器官,其自身干物质积累水平和转移分配效率决定了营养物质向生殖器官的积累效率,茎叶生物量大量积累有利于后期碳水化合物的输出转化,为提高果实产量提供了充足的营养物质<sup>[21-24]</sup>。笔者的研究结果表明,辣椒产量与挂果数、单果质量呈极显著正相关,挂果数与叶面积指数、单果质量与干物质积累量均呈显著相关,说明施用菌肥有利于促进挂果数和单果质量协调提升而实现增产。笔者的研究中,辣椒单株挂果数主要来源于其营养生长进程,单果质量主要基于植株器官的营养物质积累水平,无论何种菌肥均能在一定范围内促进辣椒生长,增大光合叶面积指数,提高干物质积累水平,主要表现为优先改善根系性状,进而调控地上部长势,促进了挂果数和单果质量的协调提高而实现增产,这与张志刚等<sup>[25]</sup>的研究结果一致,可能是生物菌肥增加了土壤有益微生物群落数量,有效改善根部土壤微环境,菌群代谢物有利于增强作物根系功能,从而提高地上部长势,增加分枝数,增大叶面积,改善光合作用,促进地上部碳水化合物积累,为果实养分转运提供了物质来源,巩固单果质量而实现增产。此外,4种不同生物菌肥均能调节作物长势而实现增产,从增产效果来看,以主要成分为枯草芽孢杆菌和藻类微生物菌肥产量最高,二者菌肥间产量无显著差异,均可作为当地推广生物菌肥、菌种鉴选的应用参考,2种菌种作用根系后对辣椒的生长调控机制也有待研究。

前人的研究结果表明,生物菌肥具有改善果实品质的作用<sup>[26-28]</sup>,添加生物菌肥对番茄果实可溶性固形物含量、有机酸含量、维生素C含量、可溶性糖含量和可溶性蛋白含量有改善作用<sup>[29]</sup>。微生物菌肥可明显改善果实色泽、口感,显著提高辣椒素含量,对辣椒果维生素C含量和可溶性蛋白含量提升效果显著<sup>[30-32]</sup>。总辣椒素、粗脂肪、粗蛋白、辣椒红素含量是衡量加工型辣椒品质的主要指标,笔者研究发现添加4种不同生物菌肥均能提高总辣椒素、粗脂肪、粗蛋白含量,其中对总辣椒素和粗蛋白含量影响强度较为明显,分别提高7.48%~29.73%和2.51%~13.79%,说明菌肥能促进辣椒品质的改善,

具有调控辣度、口感的作用,这与周进<sup>[33]</sup>的研究结果相似,可能是有益菌促进植株生长,进而促进茎叶碳水化合物转化为次生代谢物并向果部运输,从而提高辣椒品质。此外,应用生物菌肥后辣椒红素含量表现出降低的变化趋势,具体机制有待进一步研究。

## 4 结 论

施用4种不同生物菌肥均能够促进辣椒根系生长发育,增加辣椒单株挂果数,提高单果质量和产量,同时还能提高果实中总辣椒素、粗脂肪、粗蛋白含量,改善果实品质。4种不同生物菌肥菌种,以枯草芽孢杆菌和藻类微生物菌肥施用后增产效果明显,研究结果可为当地推广生物菌肥提供应用参考。

### 参考文献

- [1] 武杞蔓,张金梅,李玥莹,等.有益微生物菌肥对农作物的作用机制研究进展[J].生物技术通报,2021,37(5):221-230.
- [2] 王涛,乔卫花,李玉奇,等.轮作和微生物菌肥对黄瓜连作土壤理化性状及生物活性的影响[J].土壤通报,2011,42(3):578-583.
- [3] 余松灿,王循睿,马铭,等.多糖微生物菌液对油菜吸收养分和土壤氮磷淋失的影响[J].中国土壤与肥料,2021(5):245-251.
- [4] ABBOUD M A A, GHANY T M A, M M A AND. Role of biofertilizers in agriculture: A brief review[J]. Mycopath, 2013, 11(2): 95-101.
- [5] 王梦雅,符云鹏,贾辉,等.不同菌肥对土壤养分、酶活性和微生物功能多样性的影响[J].中国烟草科学,2018,39(1):57-63.
- [6] 郭小强,毛宁,张希彪,等.不同施肥处理对辣椒根际土壤微生物区系和酶活性的影响[J].作物杂志,2014(6):123-126.
- [7] 李小炜,田丽.菌肥对西北半干旱区大棚黄瓜生长及产质量的影响[J].贵州农业科学,2019,47(8):93-96.
- [8] 石磊,王军,陈云,等.化肥减量配施生物菌肥对色素辣椒生长的影响[J].新疆农业科学,2021,58(5):854-865.
- [9] 金晶,张小明,付浩.贵州省辣椒产业发展现状及建议[J].北方园艺,2021(21):152-156.
- [10] 巩雪峰,陈鑫,赵黎明,等.109份辣椒种质资源果实品质的分析与评估[J].长江蔬菜,2019(18):54-58.
- [11] 姜虹,杨红,韩世玉.贵州辣椒产业科技创新体系建设的思考[J].辣椒杂志,2006,4(2):5-8.
- [12] 涂祥敏,杨红,韩世玉.贵州辣椒产业的优势、问题及发展对策[J].湖南农业科学,2008(5):121-123.
- [13] 王静静,段青青,张绍丽,等.加工型辣椒干物质积累与分配对种植方式的响应[J].北方园艺,2022(13):55-60.
- [14] 陈文,王桔红,马瑞君,等.粤东89种常见植物叶功能性状变异特征[J].生态学杂志,2016,35(8):2101-2109.
- [15] 张恩让,任媛媛,胡华群,等.钙对淹水胁迫下辣椒幼苗根系生长和呼吸代谢的影响[J].园艺学报,2009,36(12):1749-1754.
- [16] 国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.辣椒及辣椒制品中辣椒素类物质测定及辣度表示方法:GB/T 21266-2007[S].北京:国家质量监督检验检疫总局,2008.
- [17] 徐坤,马娜,谷绒,等.辣椒红素提取方法的比较[J].中国调味品,2009,34(1):89-91.
- [18] 刘宇鹏,张皓,陈芳,等.播期对辣椒产量和品质的影响[J].中国农学通报,2022,38(16):32-37.
- [19] 王雪雅,陆宽,孙小静,等.贵州不同辣椒品种的品质及挥发性成分分析[J].食品科学,2018,39(4):212-218.
- [20] 贵州省质量技术监督局,贵州省农业委员会.贵州辣椒田间测产规范:DB 52/T 976-2014[S].贵州:贵州省质量技术监督局,2014.
- [21] 陆军胜,邹海洋,张富仓,等.水氮供应对温室辣椒生长、产量和品质的影响[J].西北农业学报,2018,27(8):1192-1201.
- [22] 王小林,张盼盼,纪晓玲,等.黄土塬区施肥策略对大豆生物量分配及转化积累的影响[J].中国农学通报,2021,37(33):23-29.
- [23] 丁俊男,于少鹏,李鑫,等.生物炭对大豆生理指标和农艺性状的影响[J].江苏农业学报,2019,35(4):784-789.
- [24] 齐文增,陈晓璐,刘鹏,等.超高产夏玉米干物质与氮、磷、钾养分积累与分配特点[J].植物营养与肥料学报,2013,19(1):26-36.
- [25] 张志刚,董春娟,高萃,等.蔬菜残株堆肥及微生物菌剂对设施辣椒栽培土壤的改良作用[J].西北植物学报,2011,31(6):1243-1249.
- [26] 于会丽,徐国益,徐变变,等.施用生物菌肥对桃园土壤养分及微生物功能多样性的影响[J].干旱地区农业研究,2020,38(6):91-97.
- [27] 阎世江,柴文臣,王生武.生物菌肥与化肥配施对青椒生长、产量及果实品质的影响[J].土壤通报,2020,51(1):159-163.
- [28] 邓妍,王娟玲,王创云,等.生物菌肥与无机肥配施对藜麦农艺性状、产量性状及品质的影响[J].作物学报,2021,47(7):1383-1390.
- [29] 王广印,郭卫丽,王胜楠,等.秸秆、生物菌肥和土壤调理剂施用对日光温室越冬茬番茄生长、坐果及果实品质的影响[J].中国农学通报,2018,34(15):55-59.
- [30] 辛彬,张曦,杨晓飞.生物菌肥对红辣椒产量和品质的影响[J].园艺与种苗,2016(10):3-4.
- [31] 王彦飞,曹国璠.不同生物肥料对辣椒产量和品质的影响研究[J].北方园艺,2010(17):13-15.
- [32] 石磊,王军,陈云,等.化肥减量配施生物菌肥对色素辣椒生长的影响[J].新疆农业科学,2021,58(5):854-865.
- [33] 周进.生物菌肥施用对温室辣椒光合特性、产量和品质的影响[J].北方园艺,2021(1):42-47.