

生物菌肥施用对茄子生长发育及土壤环境的影响

阎世江¹, 张继宁¹, 刘洁²

(1. 山西农业大学园艺学院 太原 030031; 2. 山西农业大学宣传统战部 太原 030031)

摘要: 为提高设施茄子的品质和产量, 探索合适的施肥方案, 以晋圆茄 5 号为试验材料, 研究生物菌肥(处理)和化肥处理(对照)对茄子生长发育、土壤养分、土壤微生物、果实品质和产量的影响。结果表明, 施用生物菌肥后茄子株高、开展度、茎粗、叶面积分别为 121.24 cm、88.6 cm、30.6 mm、3.58 m², 与对照相比分别显著提高 21.19%、35.89%、20.00%、61.99%。在测定的 3 个时期, 化肥处理的土壤 pH 变化较小, 生物菌肥处理后 pH 由 7.74 下降至 7.44, 偏中性。2 个处理的土壤有机质、速效磷、速效钾、速效氮含量均随着茄子生长进程不断升高, 菌肥处理均极显著高于化肥处理。与施用化肥相比, 生物菌肥处理还极显著提高细菌总数、放线菌总数及细菌/真菌比例, 降低真菌数量, 缓解了土壤菌群不平衡现象。同时生物菌肥处理的茄子果实纤维素含量降低, 而可溶性糖、维生素 C 和可溶性蛋白含量及产量均极显著高于施用化肥处理。综上, 施用生物菌肥提高了土壤养分含量, 缓解了土壤菌群不平衡现象, 促进了茄子生长发育, 最终提高了茄子品质和产量。研究结果为茄子的优质高效栽培提供了合理的施肥方案。

关键词: 茄子; 生物菌肥; 生长发育; 品质; 土壤环境

中图分类号: S641.1

文献标志码: A

文章编号: 1673-2871(2024)07-125-06

Effect of biological microbial fertilizer application on growth and development of eggplant and soil environment

YAN Shijiang¹, ZHANG Jining¹, LIU Jie²

(1. College of Horticulture, Shanxi Agricultural University, Taiyuan 030031, Shanxi, China; 2. Publicity and United Front Department, Shanxi Agricultural University, Taiyuan 030031, Shanxi, China)

Abstract: In order to improve the quality and yield of facility eggplant, and seek for suitable fertilizer application scheme, Jinyuanqie No. 5 was used as experimental material in this study. During planting, biological bacterial fertilizer was used to irrigate the roots, and biological bacterial fertilizer was sprayed during the period of flowering and fruiting, and the commonly used fertilizer application methods by farmers was used as control, the agronomic traits, soil nutrients, soil microorganisms, yield and quality of eggplant are investigated. The results showed that the plant height, width of seedling, stem diameter and leaf area after the application of biological bacterial fertilizer increased, reaching 121.24 cm, 88.6 cm, 30.6 mm, and 3.58 m², respectively. Compared with the control group, the increase rate were 21.19%, 35.89%, 20.00%, and 61.99%, respectively. During the three measured periods, the pH of the soil treated with chemical fertilizers showed little change while the pH of biological bacterial fertilizers treatment decreased from 7.74 to 7.44, which was relatively neutral. The soil nutrients in both treatments were increasing, and the bacterial fertilizer treatment was higher than the chemical fertilizer treatment. The biological bacterial fertilizer treatment also significantly increased the total number of bacteria, actinomycetes, and bacteria/fungi ratio, reducing the number of fungi, alleviated the imbalance of soil microbiota. The biological bacterial fertilizer treatment also improved the yield and quality of eggplant, reduced the cellulose content and improved soluble sugar, vitamin C, soluble protein content. In general, the application of biological bacterial fertilizer can accumulate soil nutrients, and promote the formation of eggplant yield and quality. The research results provide suitable fertilizer application scheme for high quality and efficient cultivation of eggplant.

Key words: Eggplant; Biological bacterial fertilizer; Growth and development; Quality; Soil environment

收稿日期: 2023-07-09; 修回日期: 2024-02-27

基金项目: 山西省专利转化专项计划项目(202202045); 山西农业大学生物育种工程项目(YZGC115)

作者简介: 阎世江, 男, 副研究员, 研究方向为蔬菜遗传育种。E-mail: syauyan@163.com

通信作者: 刘洁, 女, 副研究员, 研究方向为数字农业。E-mail: liucuanfen@163.com

茄子起源于印度,喜温,自传入我国后种植面积日益扩大,目前已成为人们喜爱的一种蔬菜^[1]。近年来,随着大众生活方式的改变,人们对设施蔬菜的需求越来越大,在设施生产的过程中低温弱光环境对茄子的生长发育尤其是品质影响较大^[2],如何提高设施茄子的品质成为研究的热点。目前学者多从养分供应的层面进行相关研究,张瑞霞等^[3]、袁奇等^[4]认为,在茄子种植前土壤应多施有机肥,才能保证茄子的品质。除有机肥外,马晟等^[5]认为化肥也不可或缺,但在实际的生产中农户为追求高产往往过量施入化肥,造成土壤板结、土壤性状恶化^[6]。近年来,生物菌肥在蔬菜生产中大量应用,对蔬菜品质有改善作用。阎世江等^[7-8]在茄子生产中施用生物菌肥,发现除增产之外,茄子果实纤维素降低,可溶性糖含量升高,品质得到改善。缪其松等^[9]研究表明,喷施微生物制剂后茄子果实品质得到改善,维生素C、可溶性糖、粗蛋白含量均升高,原因是微生物制剂改善了土壤环境,抑制了病虫害发生,促进了植株生长。此外,李春明等^[10]对玉米、小麦、甘薯以及阎世江等^[11-12]对小麦、青椒和赫卫^[13]对辣椒的研究均表明,施用生物菌肥改善了作物品质。前人从不同的层面对生物菌肥改善作物品质进行了研究,但多局限于农艺性状和品质性状,未进行系统深入的研究。笔者在日光温室内种植茄子,采用灌根与叶面喷施相结合的方法施用生物菌肥,与常见的农户施用化肥方法相比较,较为系统地研究生物菌肥的施用对茄子生长发育、产量、品质及土壤环境的影响,以期对茄子的安全优质生产奠定基础。

1 材料与方 法

1.1 材料

试验选择的茄子品种为晋圆茄5号,属于紫黑色圆茄,适于在温室种植,由山西农业大学园艺学院茄子育种课题组育成。采用的固氮菌肥是由山西省临汾市尧都区汾河氨基酸厂自主研发的微生物菌剂,其有效活菌数达到 2.0×10^9 个 \cdot mL⁻¹以上,由光合细菌、乳酸菌、枯草芽孢杆菌等构成。

1.2 方法

试验于2023年3—7月在山西农业大学东阳试验基地内进行。2023年3月2日播种,采用72孔穴盘育苗,46 d后定植,定植前每667 m²施入腐熟羊粪15 m³,种植小区长7 m,宽1.2 m,采用高垄栽培方法,垄高26 cm,垄距19 cm,两垄间设置宽为

58 cm的走道,株距45 cm,每小区定植60株幼苗。采用随机区组设计,共设2个处理,3次重复。处理1(对照):采用农户常见的施肥方法,在开花结果期,每隔10 d追施化肥1次,每次667 m²用20 kg复合肥,共用4次。处理2:定植时采用固氮菌肥50倍液灌根,每667 m²用5 kg,在开花结果期,叶面喷施固氮菌肥120倍液,每667 m²用1 kg,每隔10 d喷施1次,共用4次。其余管理方法相同。

1.3 项目指标测定

在茄子坐果后每处理随机选取10株调查农艺性状,包括株高、开展度、茎粗、叶面积。茄子定植后分别于前期(2023年4月25日)、中期(2023年6月15日)、后期(2023年7月25日)对茄子根际土壤进行取样调查,包括pH、有机质含量、速效磷含量、速效钾含量、速效氮含量,采用鲍士旦^[14]的方法测定上述指标。采用焦永刚等^[15]的方法统计各种微生物菌落数量,比较生物菌肥处理和化肥处理的土壤菌落数量的变化情况。在对茄坐果后每处理随机选取5个对茄,参考李合生^[16]的方法,测定干物质质量及纤维素、可溶性糖、维生素C和可溶性蛋白含量等品质性状。在收获期每处理随机选取10株调查结果数、单果质量(折算667 m²产量)、产值。产值/(元 \cdot 667 m²)=单价 \times 产量,其中单价为2元 \cdot kg⁻¹,是当地茄子的平均价格。

1.4 数据分析

采用SPSS 18.0软件进行数据处理和差异显著性分析;采用Microsoft Excel 2016软件绘制图表。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对茄子植株农艺性状的影响

由表1可以看出,采用农户的施肥方法后,株高、开展度、茎粗、叶面积均较低,而施用生物菌肥后上述指标均升高,分别为121.24 cm、88.60 cm、

表1 各处理的农艺性状
Table 1 Agronomic traits of treatment

处理 Treatment	株高 Plant height/ cm	开展度 Plant expansion/cm	茎粗 Stem diameter/mm	叶面积 Leaf area/m ²
1	100.04 B	65.20 B	25.50 B	2.21 B
2	121.24 A	88.60 A	30.60 A	3.58 A

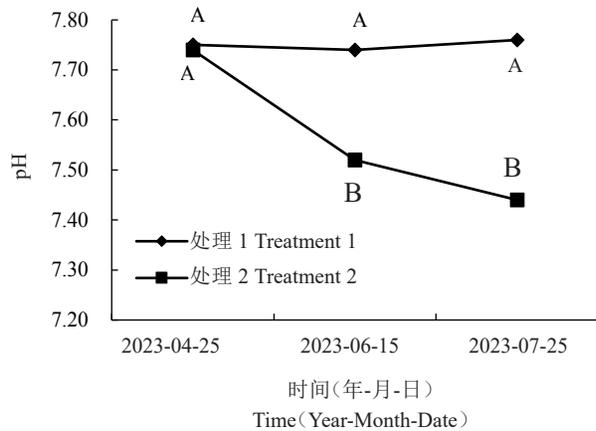
注:同列数据后不同大写字母表示在0.01水平差异极显著。下同。

Note: Different capital letters indicate extremely significant difference among different treatments at 0.01 level. The same below.

30.60 mm、3.58 m²,与对照相比分别极显著提高21.19%、35.89%、20.00%、61.99%。以上结果说明施用生物菌肥有利于茄子的生长发育。

2.2 不同施肥处理对土壤养分含量的影响

由图1可知,在处理前期,2个处理的pH分别为7.75、7.74,差异不显著;在处理中期及后期,2个处理之间pH差异极显著,处理1的pH变化较小,分别为7.74、7.76,处理2的pH出现了下降,分别为7.52、7.44,趋于中性。



注:不同大写字母表示在0.01水平差异极显著。下同。
Note: Different capital letters indicate extremely significant difference among different treatments at 0.01 level. The same below.

图1 不同处理的pH
Fig. 1 pH of different treatments

由图2可知,在处理前期,2个处理的有机质含量均为4.24%;在处理中、后期,2个处理的有机质含量均不断上升,且处理间差异极显著,处理1分别为5.23%、6.40%,处理2分别为7.25%、10.10%,处理2极显著高于处理1。

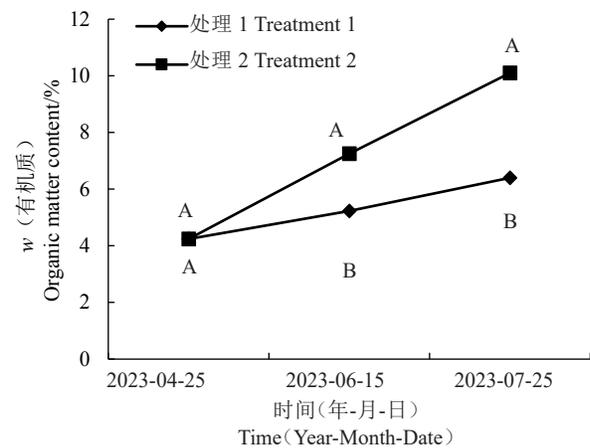


图2 不同处理的有机质含量
Fig. 2 Organic matter content of different treatments

由图3、图4、图5可知,在处理前期,2个处理间速效氮、速效磷、速效钾含量差异均不显著;在处理中期及后期,2个处理速效氮、速效磷、速效钾含量均出现大幅度的上升,且处理2的含量极显著高于处理1,尤其在处理的后期,上述3个指标较处理1分别升高19.26%、47.70%、40.14%。

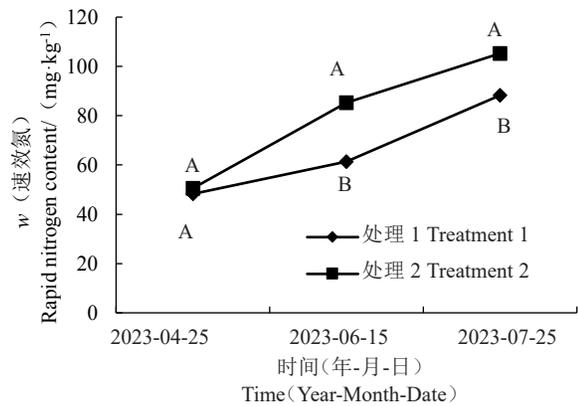


图3 不同处理的速效氮含量
Fig. 3 Rapid nitrogen content of different treatments

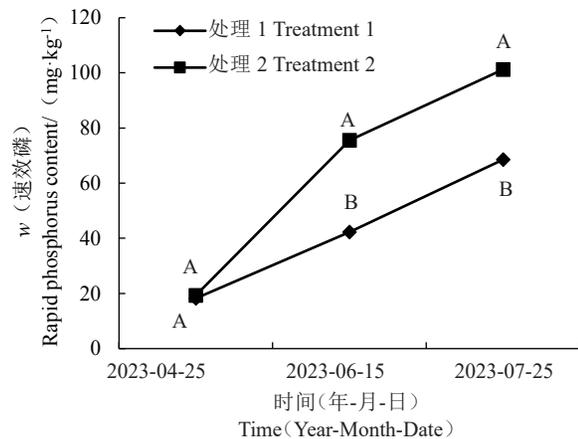


图4 不同处理的速效磷含量
Fig. 4 Rapid phosphorus content of different treatments

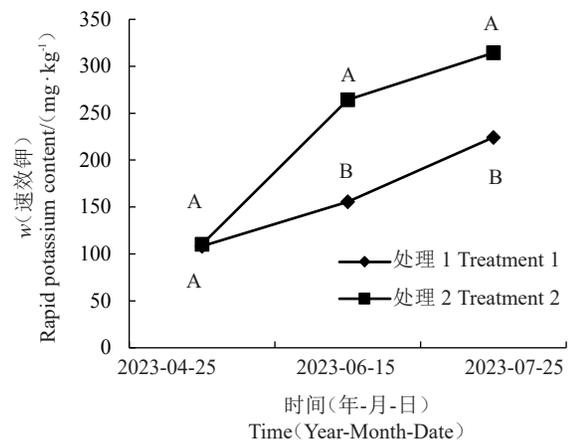


图5 不同处理的速效钾含量
Fig. 5 Rapid potassium content of different treatments

由此表明,与农户常见施肥方法相比,施用生物菌肥能使土壤 pH 降低,偏中性,有机质、速效磷、速效钾、速效氮含量升高,有利于土壤养分积累,对作物生长发育有利,尽管采用农户常见的施肥方法有机质等养分含量随着茄子的生长也在升高,但均极显著低于施用生物菌肥处理。

2.3 不同施肥处理对土壤微生物数量的影响

由图 6 可以看出,在处理前期,处理 1、处理 2 的细菌总数分别为 4.5×10^4 、 8.5×10^4 ,二者呈极显著差异。在 2023 年 4 月 25 日至 2023 年 6 月 15 日,2 个处理的细菌总数上升幅度均较大,2023 年 6 月 15 日之后细菌总数上升幅度减缓。在处理后期,2 个处理的细菌总数分别为 6.16×10^5 、 8.32×10^5 ,处理 2 极显著高于处理 1。

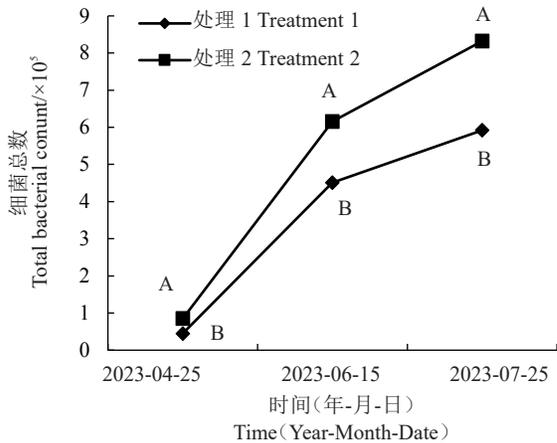


图 6 不同处理的细菌总数

Fig. 6 Total bacteria count of different treatments

由图 7 可以看出,在处理前期,2 个处理间放线菌总数差异不显著。在 2023 年 4 月 25 日至 2023 年 6 月 15 日上升的幅度较小,后期上升的幅度较

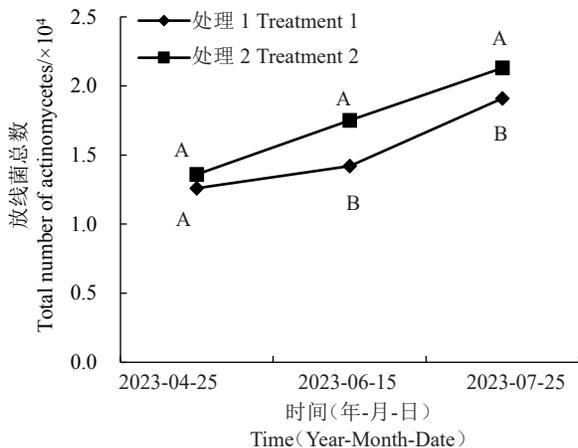


图 7 不同处理的放线菌总数

Fig. 7 Total number of actinomycetes of different treatments

大,处理 2 由 1.75×10^4 上升至 2.13×10^4 ,处理 1 由 1.42×10^4 上升至 1.91×10^4 ,在中后期处理 2 极显著高于处理 1。

由图 8 可以看出,处理 1 真菌总数逐渐上升,处理 2 真菌总数逐渐下降,表现出相反趋势。在前期、中期、后期,处理 1 均极显著高于处理 2。

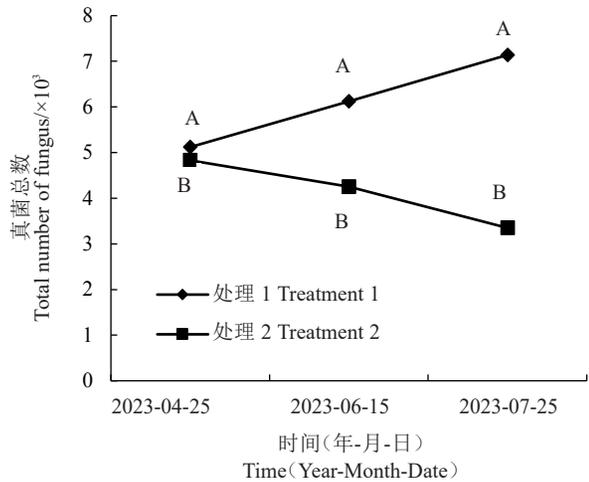


图 8 不同处理的真菌总数

Fig. 8 Total number of fungus of different treatments

由图 9 可以看出,在测定的 3 个时期内,2 个处理细菌/真菌比例均表现为逐渐上升,中后期处理 2 细菌/真菌比例均极显著高于处理 1。2 个处理在 2023 年 6 月 15 日前上升的幅度较大,2 个处理分别由 8.79、17.60 上升至 73.69、144.94;2023 年 6 月 15 日后 2 个处理上升幅度较小,分别为 82.91、248.36。

综合分析表明,施用生物菌肥与施用化肥相比,可以极显著提高细菌总数、放线菌总数及细菌/真菌比例,降低真菌数量。以上结果说明生物菌肥

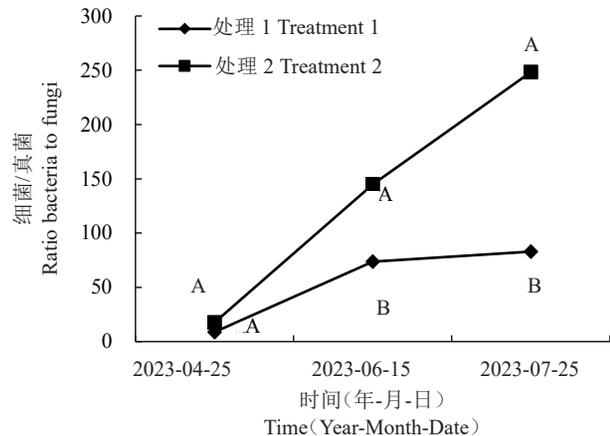


图 9 不同处理的细菌/真菌比例

Fig. 9 Ratio of bacteria and fungi of different treatments

有利于土壤微生物的发生,细菌增多,真菌减少,缓解了土壤菌群不平衡现象。

2.4 不同施肥处理对茄子品质的影响

由表 2 可以看出,处理 2 茄子干物质质量较高,达 $62.79 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,极显著高于处理 1。处理 1 茄

子纤维素含量较高,达 $30 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,极显著高于处理 2,而可溶性糖、维生素 C、可溶性蛋白含量分别为 0.70% 、 $12.12 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $2.95 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,均极显著低于处理 2。

综合比较,发现采用生物菌肥处理后,茄子果

表 2 各处理的品质性状

Table 2 Quality traits of different treatments

处理 Treatment	w(干物质质量) Dry matter mass/($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	w(纤维素) Cellulose content/($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	w(可溶性糖) Soluble sugar content/%	w(维生素 C) Vitamin C content/($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	w(可溶性蛋白) Soluble protein content/($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)
1	58.68 B	30 A	0.70 B	12.12 B	2.95 B
2	62.79 A	10 B	1.20 A	13.38 A	3.52 A

实的干物质质量及可溶性糖、维生素 C 和可溶性蛋白含量较高,纤维素含量较低,品质性状得到改善,符合大众的饮食消费需求。

2.5 不同施肥处理对茄子产量的影响

由表 3 可知,施用生物菌肥后结果数与对照相同,而单果质量极显著提高,处理 2 产量为 $9100 \text{ kg} \cdot 667 \text{ m}^2$,较处理 1 极显著增产 30.00% ,产值达 $18200 \text{ 元} \cdot 667 \text{ m}^2$,对照为 $14000 \text{ 元} \cdot 667 \text{ m}^2$ 。

表 3 各处理的产量及效益

Table 3 Production and benefits of different treatments

处理 Treatment	结果数 Number of setting fruit	单果质量 Single fruit mass/kg	产量 Yield/ ($\text{kg} \cdot 667 \text{ m}^2$)	产值 Output value/ ($\text{Yuan} \cdot 667 \text{ m}^2$)
1	7.1 A	0.50 B	7000 B	14 000 B
2	7.1 A	0.65 A	9100 A	18 200 A

3 讨论与结论

株高、开展度、茎粗和叶面积是描述作物生长发育的重要指标,一般认为在土壤养分供应充足的情况下上述指标较高。阎世江等^[8]研究表明,在茄子的生长过程中,如果土壤养分供应充足,株高、茎粗等指标较高、养分供应不足,株高、茎粗等指标表现较低。孔清华等^[17]对青椒、段祥坤等^[18]对籽用葫芦、朱小梅等^[19]对小麦均有类似的研究结果。笔者的研究结果与上述的结论一致,施用生物菌肥后上述指标均有所升高,分别达 121.24 cm 、 88.60 cm 、 30.60 mm 、 3.58 m^2 ,与对照相比分别极显著提高 21.19% 、 35.89% 、 20.00% 、 61.99% 。其原因是生物菌肥内含丰富的细菌,如固氮菌、光合菌等,具有固氮、解磷、解钾的作用,使土壤中氮、磷、钾含量升高,促进蔬菜生长,还能使产量提高^[20]。

生物菌肥对土壤环境影响的研究已有报道,学者多认为施用生物菌肥后对土壤环境有改良作用。胡栋等^[21]研究生物菌肥施用对梨树土壤内细菌的影响,结果表明,细菌数量大幅上升,活性升高。吴建新等^[22]研究生物菌肥施用对草莓基质微生物环境的影响,结果表明,细菌数量升高,远高于未接菌对照。笔者的研究结论与上述的研究结论一致,施用生物菌肥后能使土壤 pH 降低至 7.44,偏中性,有机质、速效磷、速效钾、速效氮含量升高,分别为 10.10% 、 $105.28 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $101.25 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $314.27 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,说明施用生物菌肥在作物生长中对调整土壤微生物群落的结构起到了重要作用,明显降低了真菌数量,增加了土壤放线菌数量,有效减缓了土壤真菌的形成^[23-26]。

有关生物菌肥对蔬菜果实品质的影响已有研究报道。阎世江等^[8]研究表明,施用生物菌肥后茄子纤维素含量下降至 $9 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,可溶性糖含量等指标上升,品质较施用化肥大幅提升。雷春意^[27]、李振高等^[28]研究表明,在番茄、黄瓜种植中施用生物菌肥后,可溶性糖、维生素 C 含量等均比常规施肥提高 20% 以上。周巍^[29]研究表明,在菜心田施用生物菌肥,可溶性蛋白含量较施用化肥提高 10% 。笔者的研究结论与上述结论一致,施用生物菌肥后茄子干物质质量达 $62.79 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,纤维素含量较低,可溶性糖、维生素 C、可溶性蛋白含量均较对照提高,说明生物菌肥促进蔬菜对养分吸收,提高蔬菜品质^[30]。

综上所述,施用生物菌肥促进土壤中的养分配累,细菌数量增加,真菌数量减少,缓解了土壤菌群不平衡现象,保障茄子的正常生长发育,产量较对照大幅提高,品质符合大众的消费需求。该方法简单有效,可以在生产中推广使用。

参考文献

- [1] 阎世江,郭建恩,张继宁.设施茄子新品种比较试验[J].蔬菜,2022(6):67-68.
- [2] 阎世江,张继宁,刘洁.茄子苗期若干耐低温性相关性状的遗传分析[J].中国瓜菜,2020,33(12):35-38.
- [3] 张瑞霞,王帅,冯迎娥.不同配方施肥对茄子产量和品质的影响研究[J].农业科技通讯,2019(9):152-154.
- [4] 袁奇,冯冰,钟月华,等.有机肥替代化肥对茄子产量、品质和土壤肥力的影响[J].中国农学通报,2021,37(34):59-63.
- [5] 马晟,李鲁俊,邵永博,等.水肥一体化氮磷钾不同用量对茄子产量和品质的影响[J].山东农业大学学报(自然科学版),2019,50(3):372-376.
- [6] 阎世江,张继宁,刘洁,等.生物菌肥在蔬菜上的应用研究进展[J].山西农业科学,2018,46(2):306-308.
- [7] 阎世江,刘青,张治家,等.新型固氮菌肥对茄子生长与产量的影响[J].农业技术与装备,2020(9):136-137.
- [8] 阎世江,田如霞,张京社,等.生物菌肥对茄子生长及品质的影响[J].蔬菜,2019(12):41-46.
- [9] 缪其松,张燕燕,魏猷刚,等.有效微生物对设施连作茄子产量、品质及黄萎病发病率的影响[J].北方园艺,2022(7):53-59.
- [10] 李春明,张磊,徐征,等.根际联合固氮菌对玉米小麦及红薯的增产效应[J].西南农业大学学报(自然科学版),2003,25(6):506-509.
- [11] 阎世江,李照全,张治家.固氮菌肥对小麦生长和产量的影响[J].科学技术与工程,2017,17(15):181-184.
- [12] 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.
- [13] 赫卫,张慧,姜野.化肥减量配施生物菌肥对辣椒生长和土壤养分的影响[J].湖北农业科学,2023,62(6):23-28.
- [14] 鲍士旦.土壤农化分析[M].3版.北京:中国农业出版社,2000.
- [15] 焦永刚,郭敬华,董灵迪,等.生物菌肥对土壤生态环境改良效果[J].北方园艺,2017(13):135-139.
- [16] 李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2000.
- [17] 孔清华,李光永,王永红,等.不同施肥条件和滴灌方式对青椒生长的影响[J].农业工程学报,2010,26(7):21-25.
- [18] 段祥坤,王建玉,王志鹏.施磷对籽用葫芦干物质积累及磷肥吸收的影响[J].北方园艺,2018(18):9-15.
- [19] 朱小梅,刘冲,邢锦城,等.秸秆灰配施生物菌肥对小麦产量及养分吸收与分配的影响[J].华北农学报,2013,28(增刊):337-341.
- [20] 连宾,臧金平,袁生.微生物肥料科学研究中几个热点问题[J].南京师范大学学报(自然科学版),2004,27(2):65-69.
- [21] 胡栋,屈雅莉,张翠绵,等.多功能链霉菌生物肥对老梨树长势和根际与内生可培养细菌的影响[J].生物技术进展,2014,(1):36-39.
- [22] 吴建新,王幼珊,左强.接种丛枝菌根真菌对草莓基质育苗生长及果实品质的影响[J].北方园艺,2011(15):49-50.
- [23] 龚大春,任立伟.农业微生物菌剂和生物有机肥[M].北京:化学工业出版社,2022.
- [24] 龙明华,于文进,唐小付,等.复合微生物肥料在无公害蔬菜栽培上的效应初报[J].中国蔬菜,2002(5):4-6.
- [25] 李元芳.微生物肥料及其在蔬菜上的应用[J].中国蔬菜,2001(5):1-3.
- [26] 贾雨,贾丽苑,黄建新.放线菌对植物病害的防治作用及应用[J].西安文理学院学报(自然科学版),2012,15(3):6-10.
- [27] 雷春意.微生物肥料在不同作物上的应用效果[J].内蒙古农业科技,2007(4):66-67.
- [28] 李振高,骆永明,腾应.土壤与环境微生物研究法[M].北京:科学出版社,2008.
- [29] 周巍.微生物肥在蔬菜生产上的应用[J].现代农业,2015(9):37-38.
- [30] 柴晓彤,顾金凤,毛亮,等.微生物菌肥对盐渍化土壤中盐分离子及有机质含量的影响[J].上海交通大学学报(农业科学版),2017,35(2):78-84.