

不同施肥方式对河谷地区茄子生长及土壤特性的影响

王伟^{1,2}, 侯丽丽³, 王清风¹, 王犁烨¹, 帕提曼¹

(1. 伊宁市农业技术推广站 新疆伊宁 835000; 2. 中国农业科学院西部农业研究中心 新疆昌吉 831100;
3. 新疆生产建设兵团第六师农业科学研究所 新疆五家渠 831300)

摘要:为探究不同生物肥配施方式对河谷地区茄子生长、产量、品质及土壤特性的影响,以盛圆3号为供试材料,于2023年开展6个不同处理大田试验,设置单施化肥(CK)、常规施肥(T1)、化肥+微生物菌肥(T2)、常规施肥+微生物菌肥(T3)、化肥+腐植酸液体肥+微生物菌肥(T4)、常规施肥+腐植酸液体肥+微生物菌肥(T5)6个处理,分析茄子产量和品质变化及收获后土壤特性特征。结果表明,配施微生物菌肥可以促进茄子植株生长和单株叶面积增加,与单施化肥相比,T5处理的茄子株高、茎粗、叶面积和产量分别显著提高13.5%、13.6%、60.6%、25.0%;配施腐植酸液体肥料显著提高了茄子可溶性糖和粗蛋白含量,T4和T5处理的可溶性糖含量较CK分别显著提高23.2%和25.4%;配施腐植酸液体肥料提高了土壤全氮、全磷和有机质含量,全钾含量变化不明显;T3处理的土壤脲酶、酸性磷酸酶和蔗糖酶活性最高,较CK分别显著提高了30.3%、18.7%、58.2%。研究结果为伊犁河谷地区茄子优质高效生产及施肥方案优化提供了理论依据。

关键词:茄子;化肥减量;液体肥;生长;土壤特性

中图分类号:S641.1

文献标志码:A

文章编号:1673-2871(2025)07-151-06

Effects of different fertilization methods on eggplant growth and soil characteristics in river valley area

WANG Wei^{1,2}, HOU Lili³, WANG Qingfeng¹, WANG Liye¹, Patiman¹

(1. Yining Agricultural Technology Extension Station, Yining 835000, Xinjiang, China; 2. Western Agricultural Research Center, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Changji 831100, Xinjiang, China; 3. Agricultural Scientific Research Institute of Sixth Agriculture Division, Xinjiang Production and Construction Corps, Wujiaqu 831300, Xinjiang, China)

Abstract: In order to investigate the effects of different biological fertilizer application methods on the growth, yield, quality, and soil characteristics of eggplant in river valley area, Shengyuan 3 was used as the test material. Six different field experiments were conducted in 2023, including single application of chemical fertilizer(CK), conventional fertilization(T1), chemical fertilizer+microbial fertilizer(T2), conventional fertilization+microbial fertilizer(T3), chemical fertilizer+humic acid liquid fertilizer+microbial fertilizer(T4), and conventional fertilization+microbial fertilizer+humic acid liquid fertilizer(T5). The changes in eggplant yield, quality and soil characteristics after harvest were analyzed. The results showed that the application of microbial fertilizer could promote the growth of eggplant plants and increase the leaf area per plant. Compared to the application of chemical fertilizer alone, T5 treatment had a significant effects on eggplant plant height, stem thickness, leaf area, and yield, increasing significantly by 13.5%, 13.6%, 60.6%, and 25.0%, respectively. The application of humic acid liquid fertilizer significantly increased the soluble sugar content and crude protein content of eggplant. The T4 treatment increased significantly the soluble sugar content by 23.2% compared to the control, and the T5 treatment increased significantly the content by 25.4% compared to the control. The application of humic acid liquid fertilizer increased the total nitrogen, total phosphorus, and organic matter content of the soil, but the change in total potassium content was not significant. Compared to the control, under T3 treatment, urease, acid phosphatase, and sucrase in the soil showed the highest enzyme activity, which increased significantly by 30.3%, 18.7%, and

收稿日期:2024-10-25;修回日期:2025-01-21

基金项目:新疆维吾尔自治区“三农”骨干人才培养项目(2022SNGGNT008)

作者简介:王伟,男,高级农艺师,研究方向为农业技术推广。E-mail:894386815@qq.com

通信作者:侯丽丽,女,高级农艺师,研究方向为作物栽培与育种。E-mail:houliliyili@foxmail.com

58.2%, respectively. The research results provide a theoretical basis for the high quality and efficient production of eggplant and the optimization of fertilization plans in river valley area.

Key words: Eggplant; Fertilizer reduction; Liquid fertilizer; Growth; Soil characteristics

伊犁河谷地处中亚内陆腹地,三面环山,构成“三山夹两谷”的特殊地貌轮廓,气候温和湿润,属于温带大陆性气候,是新疆最湿润的地区,被誉为“西域湿岛”“塞外江南”。伊犁河谷自然资源禀赋独特,适宜绿色果蔬的生产,河谷蔬菜产品色泽艳丽、可溶性固形物含量高、品质好且病虫害少,市场前景广阔。茄子(*Solanum melongena* L.)为茄科茄属植物,是大宗常用蔬菜,伊犁河谷作为中亚重要的瓜果蔬菜供应基地,茄子种植规模日渐扩大,依靠大量化肥来提高产量与农业生产效率已成为重要的农艺措施之一。近年来,随着化肥施用量的不断增加,引起土壤中硝态氮和速效磷的淋溶、土壤板结、化肥面源污染及肥料利用率下降,造成蔬菜硝酸盐含量超标、品质下降等一系列问题^[1-3]。为了提高蔬菜产量及品质,国内外学者从多方面进行了研究,并取得一定的成果。大量研究表明,有机肥、液体肥、生物刺激素配合或者部分替代化肥能提高作物的产量、品质以及改善土壤的理化性质^[4-6]。马荣辉等^[7]研究表明,化肥减量配施有机肥是提高设施番茄产量和品质的有效措施,30%有机肥替代化肥使设施番茄产量提高12.7%,同时降低了硝酸盐含量。王梦丽^[8]通过麻江红蒜全生育期(苗期、抽薹期、鳞茎膨大期)喷施3次生物刺激素试验,发现鳞茎产量及可溶性糖、可溶性蛋白、维生素C和大蒜素含量均有不同程度的提高。液体肥是一种新型有机无机复混肥料,兼具调节土壤理化性质和促进植物养分吸收的功能,研究表明,腐植酸液体肥适宜替代氮肥能降低土壤pH并提高作物干物质质量^[9]。由此可见,受环境因素、作物类型和基因型等因素影响,不同施肥方式对植物表现的效果存在差异。

鉴于此,笔者以伊犁河谷地区典型灰钙土种植的大田茄子为研究对象,以常规化肥和农户习惯施肥方式为基础,设计不同生物肥料配施方案,研究化肥减量配施不同生物肥料对茄子植株生长、生物产量、品质及土壤特性等方面的影响,以期优化茄子施肥方案,获得可推广应用的茄子减肥增效模式。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于2023年在伊宁市潘津镇合作社大田进

行。河谷地区气候类型属中温带大陆性气候,平均气温为10.1℃,年降水量273.6mm,年蒸发量957.1mm,年日照时数2886.7h,无霜期213d。试验地前茬为番茄,移栽前对各处理土壤养分含量进行测定,大田土壤为灰钙土,土壤理化性状如下:土壤全氮含量(w,后同)1.13g·kg⁻¹,全磷含量1.57g·kg⁻¹,全钾含量21.52g·kg⁻¹,有机质含量17.14g·kg⁻¹,有效磷含量104.75mg·kg⁻¹,速效钾含量237mg·kg⁻¹,pH为8.01。

1.2 材料

供试茄子品种为盛圆3号,种子购买于当地农资市场。

供试肥料:化肥分别为当地市场上出售的尿素(N含量46.4%)、磷酸二胺(N含量18%、P₂O₅含量46%)、硫酸钾(K₂O含量52%)。微生物菌肥,有机质含量≥50%、氮磷钾含量≥5%、有效活菌数(CFU)≥0.2亿·g⁻¹。腐植酸液体肥由新疆心连心化肥有限公司提供,其中N含量≥100g·L⁻¹、P₂O₅含量≥30g·L⁻¹、K₂O含量≥180g·L⁻¹、腐植酸含量50g·L⁻¹。有机肥为腐熟牛粪,pH为8.2、有机质含量320g·kg⁻¹、氮含量21.2g·kg⁻¹、磷含量17.8g·kg⁻¹、钾含量15.5g·kg⁻¹。试验中化肥用量以纯氮量进行折算。

1.3 试验设计

试验共设置6个处理,分别为单施化肥(CK)、常规施肥(T1,当地农民习惯施肥方式)、化肥+微生物菌肥(T2)、常规施肥+微生物菌肥(T3)、化肥+腐植酸液体肥+微生物菌肥(T4)、常规施肥+腐植酸液体肥+微生物菌肥(T5),具体施肥方案见表1。茄子栽培方式采用垄植,垄高30cm,垄宽50cm,行间宽1.3m。覆盖地膜,膜下铺设滴灌带,株距55cm。氮肥按照基肥、苗期和开花结果期4:3:3比例施入,钾肥为基肥和开花结果期各占50%,有机肥、微生物菌肥和磷肥作为基肥一次性施入;腐植酸液体肥作追肥分批次施入,分别于茄子开花期、盛果期随滴灌施入,试验采用随机区组设计,每处理3次重复,每个小区面积50m²。其他栽培管理模式同当地常规大田。

1.4 测定项目及方法

在初花期采用卷尺测定茄子株高,采用游标卡尺测定植株离地10cm处的茎粗,采用钢卷尺测量叶

表 1 施肥方案						
Table 1 Fertilizer application scheme						(kg·hm ²)
处理 Treatment	纯氮 Nitrogen	纯磷 Phosphorus	纯钾 Potassium	微生物菌肥 Microbia fertilizer	腐植酸液体肥 Humic acid liquid fertilizer	有机肥 Organic fertilizer
CK	240	270	75	0	0	0
T1	204	230	0	0	0	3×10 ⁴
T2	216	243	68	300	0	0
T3	184	207	0	300	0	3×10 ⁴
T4	192	216	60	300	375	0
T5	163	184	0	300	375	3×10 ⁴

片长度和宽度,并计算叶面积。叶面积=叶长×叶宽。

于茄子移栽前(4月20日)和收获后(9月20日)在试验小区内对角线法选取5个采样点,用土钻取0~20 cm耕层土壤,去除杂质后混匀,一部分土壤保存到-20℃冰箱中用于土壤酶活性的测定,一部分自然风干后研磨过筛测定土壤理化指标。采用重铬酸钾法测定有机质含量;采用凯氏定氮法测定全氮含量;采用氢氧化钠熔融-钼锑抗比色法测定全磷含量;采用NaOH熔融法测定全钾含量^[9]。采用3,5-二硝基水杨酸比色法测定土壤蔗糖酶活性;采用磷酸苯二钠比色法测定酸性磷酸酶活性;采用苯酚钠比色法测定脲酶活性^[10]。

1.5 数据分析

采用Excel2017整理试验数据,采用DPS7.0进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对茄子生长的影响

由表2可知,配施微生物菌肥可以显著促进茄子株高增加,比单施化肥(CK)增加7.2%~13.4%,比常规施肥(T1)增加5.6%~11.7%,不同微生物菌肥配施处理对茄子株高的影响程度存在差异,其中T5处理的株高高于其他处理;配施微生物菌肥可促进茄子主茎增粗,常规施肥和配施微生物菌肥较CK主茎粗增加6.1%~13.6%,并达到显著差异水平,其

表 2 不同施肥处理对茄子生长的影响
Table 2 Effects of different fertilization treatments on the growth of eggplant

处理 Treatment	株高 Plant height/cm	茎粗 Stem diameter/ cm	单株叶面积 Leaf area per plant/cm ²
CK	92.4±0.8 c	1.32±0.02 c	4 196.4±60.6 d
T1	93.8±0.4 c	1.40±0.02 b	4 682.4±79.6 c
T2	99.1±0.8 b	1.41±0.02 b	5 849.4±39.8 b
T3	101.5±0.4 ab	1.45±0.01 ab	5 912.7±59.9 b
T4	102.9±0.4 ab	1.48±0.03 a	6 557.4±72.8 a
T5	104.8±1.6 a	1.50±0.02 a	6 740.7±48.0 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 capital letters in the same column represent significant difference at 0.05 level. The same below.

中T5处理的茎粗最大;常规施肥和配施微生物菌肥对茄子单株叶面积影响显著,T5处理在配施微生物菌肥的同时配施腐植酸液体肥显著增加了叶面积,分别较CK和T1处理显著增加60.6%和43.9%。

2.2 不同施肥处理对茄子品质和产量的影响

由表3可知,与单施化肥(CK)相比,常规施肥(T1)和配施微生物菌肥显著提高了茄子可溶性糖含量,其中可溶性糖含量依次为T3>T5>T4>T1>T2>CK,比CK提高21.8%~34.1%;粗纤维含量以T4处理最高,较CK显著提高16.6%,T1处理粗纤维含量最低,为13.29 g·kg⁻¹;粗蛋白含量以T5处理

表 3 不同施肥处理对茄子产量和品质的影响				
Table 3 Effects of different fertilization treatments on eggplant yield and quality				
处理 Treatment	w(可溶性糖) Soluble sugar content/(g·kg ⁻¹)	w(粗纤维) Crude fiber content/(g·kg ⁻¹)	w(粗蛋白) Crude protein content/(g·kg ⁻¹)	产量 Yield/(kg·hm ⁻²)
CK	302.06±22.7 b	14.16±0.4 bc	141.10±3.3 b	80 000.0±3055 b
T1	368.81±7.3 a	13.29±0.1 c	142.01±2.0 b	86 500.0±3969 b
T2	367.96±7.1 a	14.23±0.2 bc	144.93±4.2 b	88 500.0±2754 ab
T3	404.98±18.7 a	13.96±0.5 bc	148.67±6.8 b	89 666.7±726 ab
T4	372.31±17.2 a	16.51±0.4 a	152.86±6.1 b	98 833.3±6085 a
T5	378.70±3.9 a	14.84±0.3 b	172.78±9.1 a	100 033.3±4332 a

最高,较其他处理显著提高 13.0%~22.5%;配施腐植酸液体肥料显著提升茄子产量,T5 处理下茄子产量最高,较 CK 显著提高 25.0%。

2.3 不同施肥处理对土壤理化指标的影响

由表 4 可知,与单施化肥相比,常规施肥和配施微生物菌肥提高了土壤全氮、全磷和有机质含量,土壤全钾含量变化不明显。其中配施微生物菌肥的土壤全氮含量较 CK 显著提高 10.4%~13.9%,较 T1 处理提高 9.4%~16.4%;T3 处理的土壤全磷含量最高,为 1.78 g·kg⁻¹,较 CK 显著提高 12.6%;土壤全钾含量变化范围在 21.82~21.96 g·kg⁻¹之间,无显著差异;T5 处理的有机质含量最高,为 22.44 g·kg⁻¹,较 CK 和 T1 处理分别显著提高 30.4%和 10.9%。

表 4 不同施肥方式对土壤理化指标的影响

Table 4 Effects of different fertilization treatments on soil physical and chemical indicators (g·kg⁻¹)

处理 Treatment	w(全氮) Total N content	w(全磷) Total P content	w(全钾) Total K content	w(有机质) SOM content
CK	1.15±0.01 c	1.58±0.04 c	21.92±0.1 a	18.74±0.3 c
T1	1.28±0.01 b	1.71±0.04 ab	21.91±0.3 a	20.24±0.4 bc
T2	1.31±0.03 b	1.65±0.05 bc	21.96±0.1 a	18.85±0.6 c
T3	1.49±0.06 a	1.78±0.05 a	21.82±0.2 a	21.26±0.7 ab
T4	1.27±0.05 b	1.71±0.05 ab	21.92±0.3 a	19.59±0.6 c
T5	1.40±0.03 a	1.77±0.02 a	21.92±0.2 a	22.44±0.5 a

2.4 不同施肥处理对土壤酶活性的影响

由表 5 可知,与 CK 相比,其他各处理土壤酶活性均有所提高。其中,T1 处理较 CK 提高了蔗糖酶活性,且呈显著差异;T3 处理下土壤的脲酶、酸性磷酸酶和蔗糖酶活性均最高,较 CK 和 T1 处理分别显著提高了 30.3%、18.7%、58.2%和 25.0%、10.4%、54.0%;T3 处理酸性磷酸酶和蔗糖酶活性较 T2 处理分别显著提高 14.4%、32.1%。

表 5 不同施肥处理对土壤酶活性的影响

Table 5 Effects of different fertilization treatments on soil enzyme activity (mg·g⁻¹·d⁻¹)

处理 Treatment	脲酶活性 Urease activity	酸性磷酸酶活性 Acid phosphatase activity	蔗糖酶活性 Sucrase activity
CK	2.11±0.08 c	1.07±0.02 c	18.76±0.6 c
T1	2.20±0.14 bc	1.15±0.04 bc	19.26±0.6 b
T2	2.48±0.08 ab	1.11±0.01 bc	22.46±1.2 b
T3	2.75±0.19 a	1.27±0.02 a	29.67±3.4 a
T4	2.30±0.11 bc	1.14±0.05 bc	21.10±2.4 b
T5	2.55±0.02 ab	1.19±0.02 ab	24.25±1.9 ab

2.5 相关性分析

相关性分析(表 6)表明,产量与株高、茎粗和单株叶面积呈极显著正相关,与有机质含量呈显著正相关;品质指标可溶性糖含量与土壤全氮含量、全磷含量呈极显著正相关,与茎粗、脲酶活性、酸性磷

表 6 产量、品质指标与植株生长指标、土壤理化指标及土壤酶活性的相关性

Table 6 The correlation between yield, quality indicators, plant growth indicators, soil physical and chemical indicators and soil enzyme activity

指标 Index	株高 Plant height	茎粗 Stem diameter	单株叶面积 Leaf area per plant	全氮含量 Total N content	全磷含量 Total P content	全钾含量 Total K content	有机质含量 SOM content	脲酶活性 Urease activity	酸性磷酸酶活性 Acid phosphatase activity	蔗糖酶活性 Sucrase activity
产量 Yield	0.92**	0.96**	0.94**	0.49	0.70	0.03	0.81*	0.44	0.42	0.33
可溶性糖含量 Soluble sugar content	0.71	0.80*	0.69	0.91**	0.91**	-0.49	0.63	0.81*	0.86*	0.76*
粗纤维含量 Crude fiber quantity	0.61	0.54	0.65	-0.09	0.10	0.21	-0.03	-0.02	-0.09	-0.04
粗蛋白含量 Crude protein content	0.81*	0.79*	0.78*	0.48	0.62	0.01	0.79*	0.46	0.40	0.36

注:*表示在 0.05 水平显著相关;**表示在 0.01 水平极显著相关。
Note:* indicates significant correlation at 0.05 level; ** indicates extremely significant correlation at 0.01 level.

酸酶活性和蔗糖酶活性呈显著正相关;粗蛋白含量与株高、茎粗、单株叶面积和有机质含量呈显著正相关。因此,较好的植株生长性状和丰富的土壤有机质含量有助于茄子高产。

3 讨论与结论

新疆是畜牧大区,为有机肥生产和使用提供了丰富的基础原料,且有机肥中较高的有机质含量,

也为微生物的繁育提供了充足的碳源,促进了土壤养分的矿化,同时提高氮肥利用率^[11-12]。张国龙等^[4]研究表明,50%化肥+50%有机肥的施肥处理可显著促进茄子植株生长,明显提高产量和土壤养分及有机质含量,改善茄子品质。微生物菌肥可以提高土壤中有益微生物的数量及活性,使土壤细菌群落结构在门和属水平上发生明显改变,从而改善土壤质量^[13-14]。申正香等^[15]研究表明,化肥减量配施生物有机肥可有效改善茄子生长特征和生理特性等指标,显著提高茄子株高、茎粗和叶面积指数。生物液体性肥料相较于普通颗粒肥料具有养分全且含量高、水不溶物含量低等优点,能够迅速溶于水中,被作物快速吸收利用^[16-17]。随着我国水肥一体化技术不断完善,其在生产上推广应用的面积逐渐扩大,为液体性肥料发展奠定了坚实基础^[18]。在国家提倡发展节水节肥农业的大背景下,液体性肥料的有效登记数量呈逐年增长的趋势,液体性肥料在肥料产业中的新局面逐步形成^[19]。应学兵等^[20]研究表明,配施生物液体性肥料促进茄子植株生长,株高较对照增长 10.86%,同时对冠幅和叶面积也有影响,叶面积较对照增加 120.95%,说明高钾型液体肥对茄子生长有一定的促进作用,并且配施生物刺激素对植株生长的促进作用更加全面。刘琼等^[21]研究表明,合理追施海藻甲壳素液体性肥料能有效促进番茄营养生长和生殖生长,果实吸收养分最多,促进单果质量和产量提升。本研究结果表明,配施腐植酸液体性肥料可以促进茄子株高、茎粗、叶面积和产量增加,其中 T5 处理与对照和常规施肥处理呈显著差异。与单施化肥(CK)相比,T5 处理显著提高了茄子可溶性糖和粗蛋白含量。说明常规施肥配施微生物菌肥加腐殖酸液体肥对茄子生长有一定的促进作用,提升了茄子品质,使茄子具有更佳的口感风味。

土壤养分是植物生长过程中从土壤中获取的必需营养元素,是土壤生态系统的重要组成部分,也是评价土壤肥力的重要因素之一^[22]。土壤酶是土壤组分中最活跃的有机成分之一,在土壤生态系统的物质循环和能量转化中起非常重要的作用,常常被用来评价施肥的效果^[23]。土壤酶来源于土壤中动物、植物和微生物细胞的分泌物及其残体的分解物,其中微生物细胞是其主要来源,与土壤微生物共同推动土壤的代谢过程^[24]。刘强等^[25]研究发现,外源肥料施入使土壤养分含量提高,0~20 cm 土壤酶活性显著升高。本研究结果表明,与单施化肥相

比,配施腐植酸液体性肥料提高了土壤全氮、全磷和有机质含量,全钾含量变化不明显。常规施肥和配施微生物菌肥提高了土壤酶活性,尤其是 T3 处理下,土壤酶活性显著高于单施化肥和常规施肥,说明施入微生物菌肥后,提高了土壤微生物数量,从而提高土壤酶活性,改善土壤质量。

综上所述,在常规施肥的基础上配施微生物菌肥和腐殖酸液体肥可以促进茄子生长和品质、产量提升,同时改善土壤内部生态环境和土壤养分循环,提高土壤酶活性。常规施肥配施微生物菌肥和腐殖酸液体肥可作为伊犁河谷地区蔬菜品质和产量提升的重要栽培措施之一。

参考文献

- [1] 杨文飞,杜小凤,顾大路,等.长期施肥对根系及土壤微生态环境、养分和结构的影响综述[J].江西农业学报,2020,32(12):37-44.
- [2] 郭刚,严从生,袁嫚嫚,等.化肥减量配施有机肥对叶菜类蔬菜产量、品质和养分吸收的影响[J].中国瓜菜,2021,34(12):58-62.
- [3] 曾子凡,马艳,罗佳,等.长期施肥对设施蔬菜土壤理化及生物学性状的影响研究进展[J].江苏农业科学,2023,51(6):9-15.
- [4] 张国龙,陈婷,于海利,等.化肥减量有机替代对茄子生长及土壤养分的影响[J].北方园艺,2021(14):46-50.
- [5] 冯剑,范琼,酒元达,等.腐植酸水溶肥部分替代化学氮肥对土壤-水稻体系镉迁移富集的影响[J].中国土壤与肥料,2024(3):159-167.
- [6] 方雪娟,宋梦圆,高丽红,等.多效唑和两种生物刺激素对基质培番茄生长、产量和品质的影响[J].中国蔬菜,2023(10):67-73.
- [7] 马荣辉,梁金英,王宪刚,等.化肥减量配施有机肥对设施番茄产量、品质和土壤肥力的影响[J].北方园艺,2023(24):45-51.
- [8] 王梦丽,韦静静,周世洋,等.生物刺激素对麻江红蒜生长及产量和品质的影响[J].中国蔬菜,2024(1):81-89.
- [9] 鲍士旦.土壤农化分析[M].3版.北京:中国农业出版社,2000.
- [10] 周礼恺,张志明.土壤酶活性的测定方法[J].土壤通报,1980(5):37-38.
- [11] 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.
- [12] 陈浩宁,周怀平,文永莉,等.长期不同施肥下褐土养分及酶活性的生态化学计量特征[J].植物营养与肥料学报,2022,28(6):972-983.
- [13] 宋嘉欣,石文昕,刘世辉,等.微生物菌肥对茄子生长发育及土壤环境的影响[J].天津农学院学报,2023,30(5):16-22.
- [14] 樊建霞,吴琼,游龙,等.不同微生物菌肥对连作番茄品质、土壤性质及微生物活性的影响[J].江苏农业科学,2024,52(1):197-204.
- [15] 申正香,谈守玮.景电灌区化肥减量配施生物有机肥对茄子生长特性、产量及品质的影响[J].节水灌溉,2022(6):72-77.
- [16] 张强,付强强,陈宏坤,等.我国液体性肥料的发展现状及前景[J].山东化工,2017,46(12):78-81.

- [17] 宋远辉,明家琪,黄金香,等.喷施不同叶面肥对茄子品质和产量的影响[J].中国瓜菜,2024,37(6):154-158.
- [18] 胡亮亮,熊橙梁,张庆富,等.水肥一体化技术研究现状及在我国的推广应用[J].现代农业科技,2023(20):104-109.
- [19] 梁嘉敏,杨虎晨,张立丹,等.我国液体性肥料及水肥一体化的研究进展[J].广东农业科学,2021,48(5):64-75.
- [20] 应学兵,姜淑芳,高源,等.高钾型水溶肥配施生物刺激素对茄子生长及品质的影响[J].北方园艺,2023(14):1-7.
- [21] 刘琼,李喜,黄艳,等.不同水溶性追肥对番茄生长、产量及品质的影响研究[J].四川农业科技,2022(8):32-34.
- [22] 肖让,张永玲,赵芸晨,等.化肥减量配施有机肥对日光温室土壤质量及茄子产量、品质的影响[J].华北农学报,2023,38(2):188-198.
- [23] 刘建新.不同农田土壤酶活性与土壤养分相关关系研究[J].土壤通报,2004,35(4):523-525.
- [24] 万忠梅,吴景贵.土壤酶活性影响因子研究进展[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2005,37(6):87-92.
- [25] 刘强,李苗苗,何亚兰,等.黄土丘陵区不同施肥措施对土壤肥力及土壤酶活性的影响[J].北方园艺,2023(21):78-85.