

刘 聪, 谯江兰, 仝少杰, 等. 微生物菌剂对设施甜瓜产量和品质的影响[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(19): 168–171.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.19.040

# 微生物菌剂对设施甜瓜产量和品质的影响

刘 聪<sup>1</sup>, 谯江兰<sup>1</sup>, 仝少杰<sup>2</sup>, 张瑞芳<sup>1,4</sup>, 周大迈<sup>1,4</sup>, 张爱军<sup>1,4</sup>, 王 红<sup>1,4</sup>, 王亚芹<sup>3</sup>

(1. 国家北方山区农业工程技术研究中心, 河北保定 071001; 2. 河北省保定市土壤肥料工作站, 河北保定 071001;  
3. 河北省定州市东留春乡人民政府, 河北定州 073000; 4. 河北省山区研究所, 河北保定 071001)

**摘要:**为研究微生物菌剂对甜瓜产量、品质的影响, 以甜瓜为供试材料, 以不施加微生物菌剂为对照, 分别设计 3 个不同水平的微生物菌剂施用量, 研究微生物菌剂对甜瓜产量、品质的影响, 以期探索适合河北地区甜瓜生长的合理施肥方案, 实现高产高效。结果表明: 施加微生物菌剂可以有效提高产量 7.3%; 促进甜瓜果实的生长发育; 提高果形指数, 改善外观品质; 提高果实中维生素 C 和可溶性糖含量, 硝酸盐含量可降低 10.86%~28.34%, 提高果实品质。

**关键词:** 设施甜瓜; 微生物菌剂; 产量; 品质

**中图分类号:** S652.06<sup>+</sup>2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)19-0168-03

化学肥料的施用大幅度地提高了作物的产量, 我国的肥料利用率较低, 氮肥、钾肥的当季利用率为 30%~50%, 而磷肥仅为 10%~25%<sup>[1]</sup>。我国是全世界最大的化肥生产国和消费国, 过多肥料的施用, 不仅造成了巨大的经济浪费, 而且会导致土壤性质的恶化、肥力下降、农产品品质下降、污染环境等, 如何提高化学肥料的利用率, 减少过量施肥造成的环境污染问题已经成为我国农业发展道路上急需解决的问题<sup>[2]</sup>。

甜瓜营养丰富、香甜可口, 含有大量碳水化合物及柠檬酸等, 且水分充足, 可消暑清热、生津解渴、除烦; 甜瓜中的转化酶可将不溶性蛋白质转变成可溶性蛋白质, 能帮助肾脏病人吸收营养; 甜瓜蒂中的维生素 B 能保护肝脏, 减轻慢性肝损伤; 现代研究发现, 甜瓜子有驱杀蛔虫、丝虫等作用<sup>[3]</sup>。截至 2014 年, 我国甜瓜的种植面积为  $4.389 \times 10^5 \text{ hm}^2$ , 单位面积产量达到 33 624.3 kg/hm<sup>2</sup>。微生物菌剂是指目标微生物(有效菌)经过工业化生产扩繁后, 利用多孔的物质作为吸附剂(如草炭、蛭石), 吸附菌体的发酵液加工制成的活菌制剂<sup>[4]</sup>。微生物菌剂不仅可以为农作物提供营养元素, 其有效菌还能分泌赤霉素、细胞分裂素、生长素等活性物质, 刺激、调节、促进作物的生长发育, 有利于农作物增产<sup>[5]</sup>。微生物菌剂能有效地改善农产品品质, 施用微生物菌剂收获的农产品, 蛋白质、糖分、维生素、氨基酸等有益成分含量明显提高, 使籽粒、果实丰满光滑, 蔬菜果品色泽亮丽<sup>[6]</sup>。施加部分微生物菌剂, 还可以减少硝酸盐含量的积累, 提高农产品的安全性<sup>[7]</sup>。针对甜瓜的需肥特点, 合理控制肥料的使用量, 施加微生物菌剂, 提高肥料利用率, 不仅可以节水减肥, 而且可以提高果实品质。

收稿日期: 2018-04-02

基金项目: 河北省科技项目(编号: 17226914D、2017YFD0800405)。

作者简介: 刘 聪(1993—), 女, 河北唐山人, 硕士研究生, 研究方向为农业资源利用, E-mail: 1501334787@qq.com; 共同第一作者: 谯江兰(1993—), 女, 四川渠县人, 硕士研究生, 研究方向为农业资源利用, E-mail: qiaoJL93@163.com。

通信作者: 王 红, 硕士, 研究员, 现主要从事土壤改良与土壤生态环境等研究工作。E-mail: wanghong@hebau.edu.cn。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

试验以甜瓜品种农大 103 为试验材料。

试验于 2017 年 3—6 月在河北省保定市清苑区张登镇大棚内进行, 大棚长 72 m, 宽 10 m, 设 3 m × 3 m 试验小区, 垄高 0.2 m, 各小区 3 行种植, 行间距为 60 cm, 株间距为 30 cm。

试验中选用氮肥为尿素(含 N ≥ 46%), 磷肥为过磷酸钙(含 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ≥ 16%), 钾肥为硫酸钾(含 K<sub>2</sub>O ≥ 52%), 微生物菌剂 A(有效活菌数 ≥ 1 200 亿个/g), 微生物菌剂 B(有效活菌数 ≥ 20 亿个/g)。

微生物菌剂 A 是具有超高活性、高抗逆性的复合微生物菌群, 包括枯草芽孢杆菌、胶冻样类芽孢杆菌和侧孢短芽孢杆菌, 有效活菌数 ≥ 1 200 亿/g, N + P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + K<sub>2</sub>O = 18.0%, 有机质含量 ≥ 20.0%。菌种活性可提升 30%~50%, 菌种代谢产物的浓度可提升 30% 以上。

微生物菌剂 B 为复合微生物菌群, 包括解淀粉芽孢杆菌和胶冻样类芽孢杆菌, 有效活菌数 ≥ 20 亿个/g, N + P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + K<sub>2</sub>O = 18.0%, 有机质含量 ≥ 20.0%。菌种活性可提升 20%~30%, 菌种代谢产物的浓度可提升 20% 以上。

### 1.2 试验方案及方法

**1.2.1 试验方案** 试验依据甜瓜整个生育期对肥料的需要量, 施加基肥, 分别在伸蔓期、坐果期、膨果期、一茬瓜收获后分 4 次追加施肥, 设 9 个处理, 每个处理设 3 次重复, 共 21 个试验小区。各处理施肥时期和施肥方法均相同, 仅为施肥量上的差异。具体试验设计及施肥量见表 1。

**1.2.2 测定方法** 甜瓜收获后随机选取甜瓜果实, 采用 2,6-二氯酚酚滴定法测定维生素 C 含量, 运用折射仪测定果实的可溶性固形物含量和糖酸比, 硝酸盐测定仪测定果实的硝酸盐含量, 卡尺测定甜瓜果实的纵横横径, 计算果形指数; 将所得的数据进行筛选, 剔除各处理重复试验中的异常值, 对所得数据进行显著性分析, 比较不同处理组之间的差异显著性, 从而得出不同微生物菌剂在不同施入量下对甜瓜果实产量和品质的影响。

表 1 试验设计及施肥量

处理	商品 有机肥	尿素	过磷酸钙	硫酸钾	微生物 菌剂 A	微生物 菌剂 B
CK	0	0	0	0		
X	3 600	450	210	540		
T1	3 000	390	180	480		
T2	2 700	330	150	420		
X + A1	3 600	450	210	540	3.00	
T1 + A2	3 000	390	180	480	2.25	
T2 + A3	2 700	330	150	420	1.80	
X + B1	3 600	450	210	540		3.00
T1 + B2	3 000	390	180	480		2.25
T2 + B3	2 700	330	150	420		1.80

## 2 结果与分析

## 2.1 微生物菌剂对甜瓜产量的影响

一茬甜瓜成熟后,各处理分别随机挑选 6 个植株长势相近、大小均匀的甜瓜,对甜瓜的单果质量进行称量并记录数据;再根据单株果实产量及小区种植数计算各小区产量,根据小区产量进而计算各处理在该施肥情况下每公顷甜瓜的产量。并在一茬瓜采摘后,依据试验方案进行一次追肥,对二茬瓜的产量进行统计,将两茬甜瓜的产量进行求和计算,得出当季甜瓜的总产量。对每茬甜瓜的单果质量和各处理的总产量做柱状图,比较不同处理间的显著性差异,从而得出不同施肥量下施加微生物菌剂对甜瓜产量的影响(图 1)。

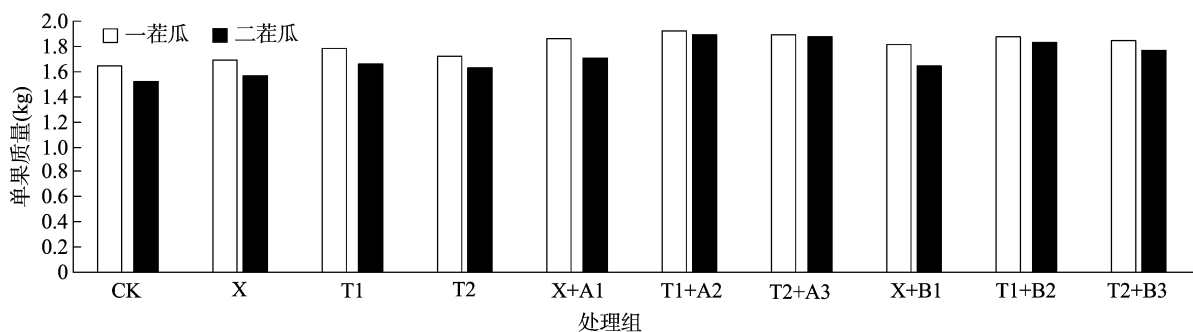


图1 各处理的单果质量

各处理一茬瓜的单果质量比较:施加微生物菌剂的处理组与只施加化肥的处理组相比较,处理 X + A1、X + B1 较处理 X 分别提高了 6.32%、4.66%,处理 T1 + A2、T1 + B2 较处理 T1 分别提高了 8.81%、8.72%,处理 T2 + A3、T2 + B3 较处理 T2 分别提高了 7.00%、6.71%;施加微生物菌剂 A 的处理组 X + A1、T1 + A2、T2 + A3 较施加菌剂 B 的处理组 X + B1、T1 + B2、T2 + B3 相应提高了 1.71%、2.4%、2.05%。各处理二茬瓜的单果质量比较:施加微生物菌剂的处理组与只施加化肥的处理组相比较,处理 X + A1、X + B1 较处理 X 分别提高了 14.57%、10.51%,处理 T1 + A2、T1 + B2 较 T1 分别提高了 28.40%、22.65%,处理 T2 + A3、T2 + B3 较 T2 分别提高了 20.98%、20.95%;施加微生物菌剂 A 的处理 X + A1、T1 + A2、T2 + A3 较施加菌剂 B 的处理 X + B1、T1 + B2、T2 + B3 相应提高了 7.42%、10.44%、8.08% (图 1)。研究表明,微生物菌剂可以增加甜瓜的单果质量,促进果实的增大和生长发育,微生物菌剂中有效菌数的含量越高对甜瓜单果质量的影响越大,促进作用越强。

## 2.2 微生物菌剂对甜瓜品质的影响

2.2.1 微生物菌剂对甜瓜内在品质的影响 一茬瓜成熟后,各小区摘取长势相近,大小均等的甜瓜果实,分别测算甜瓜的维生素 C 含量、可溶性糖含量、硝酸盐含量和有效酸度,在甜瓜成熟过程中,可溶性固形物和可滴定酸的含量不断增加,不同的养分供给影响着果实风味的形成,甜瓜果实营养物质的含量决定其口感和品质<sup>[8]</sup>。由表 2 可知,在传统的化学肥料中添加微生物菌剂,使甜瓜果实中的可溶性糖含量显著高于对照组和只施加化学肥料的处理组,处理 X + A1、X + B1 分别较处理 X 提高了 43.54%、33.87%,处理 T1 + A2、T1 + B2

分别较处理 T1 提高了 37.68%、28.99%,处理 T2 + A3、T2 + B3 分别较处理 T2 提高了 52.46%、40.98%。施加了微生物菌剂 A 的处理与施加了微生物菌剂 B 的处理有效酸度均较对照低,而可溶性糖含量显著提高,从而提高了甜瓜果实的糖酸比。施加微生物菌剂处理的维生素 C 含量显著高于对照和只施加化学肥料的处理。施加了微生物菌剂的处理,硝酸盐含量显著降低,处理 X + A1、X + B1 分别较处理 X 提高了 17.67%、13.54%,处理 T1 + A2、T1 + B2 分别较处理 T1 提高了 28.34%、10.86%,处理 T2 + A3、T2 + B3 分别较处理 T2 提高了 25.27%、12.60%。由此可见,施加微生物菌剂可以有效增加甜瓜果实中的维生素 C 含量、提高糖酸比、减少硝酸盐含量,提高果实品质。

2.2.2 微生物菌剂对甜瓜外在品质的影响 在甜瓜的整个生长发育期内,甜瓜的纵径先于横径发生膨大,而后进入缓慢膨大期。在甜瓜膨大的各个时期,均呈现甜瓜生长速度随施肥量的增加而增加的趋势,施肥显著促进了甜瓜果实的生长。施加微生物菌剂后,甜瓜的增长速度明显高于只施加普通肥料的增长速度。果形指数,是指果实纵径和横径的比值,反映果实的外观品质,果形指数的值越接近于 1,其果形越接近于圆形<sup>[9]</sup>。果形指数大,果形正;果形指数小,果实多偏、发扁。果厚比,是指果实果厚与横径的比值<sup>[10]</sup>。施加了微生物菌剂的处理果形指数较只施加化学肥料的处理在数值上更接近于 1,即甜瓜果实的果形更接近于圆形,外观品质更加好;施加微生物菌剂有效细菌数越多,对果实的果形影响越大,使之更加美观。施加微生物菌剂可以降低果实的果皮厚度,使果肉更加丰富,口感更佳(表 3)。由此可见,施加微生物菌剂可以改善果实的外观品质。

表 2 各处理甜瓜品质变化情况

处理	维生素 C 含量 (mg/kg)	有效酸度	可溶性糖含量 (%)	硝酸盐含量 (mg/kg)
CK	34.7 ± 13.65d	6.72 ± 0.98a	11.6 ± 6.4e	434.23 ± 112a
X	35.6 ± 14.02d	6.32 ± 0.86a	12.4 ± 6.2de	456.71 ± 98a
T1	37.5 ± 10.56bc	5.98 ± 0.52b	13.8 ± 4.6d	426.32 ± 74a
T2	36.7 ± 11.36c	6.03 ± 0.74ab	12.2 ± 5.9de	446.25 ± 86a
X + A1	44.6 ± 12.24b	6.28 ± 0.63a	17.8 ± 6.3b	388.12 ± 85c
T1 + A2	49.2 ± 9.56a	5.73 ± 0.46c	19.0 ± 4.8a	332.18 ± 68d
T2 + A3	47.8 ± 11.56a	5.82 ± 0.58c	18.6 ± 5.2ab	356.24 ± 73d
X + B1	43.8 ± 13.84b	6.26 ± 0.72a	16.6 ± 6.5c	402.25 ± 89b
T1 + B2	46.6 ± 12.46ab	5.86 ± 0.52b	17.8 ± 5.0b	384.54 ± 75c
T2 + B3	45.4 ± 13.12b	6.04 ± 0.64ab	17.2 ± 5.8b	396.32 ± 82c

注:同列数据后不同小写字母表示不同处理在 0.05 水平上差异显著( $P < 0.05$ )。下表同。

表 3 各不同处理果形指数变化情况

处理	果形指数	果厚比
CK	0.697d	27.2a
X	0.713bc	26.8a
T1	0.724b	24.2b
T2	0.718bc	25.6ab
X + A1	0.726b	24.6b
T1 + A2	0.747a	22.3c
T2 + A3	0.732ab	23.8bc
X + B1	0.716bc	24.8b
T1 + B2	0.732ab	23.5c
T2 + B3	0.725b	24.2c

3 讨论与结论

微生物菌剂能有效地改善农产品品质,施用微生物菌剂收获的农产品,蛋白质、糖分、维生素、氨基酸等有益成分含量明显提高<sup>[11]</sup>,使籽粒、果实丰满光滑,蔬菜果品色泽亮丽;施加部分微生物菌剂,还可以减少硝酸盐含量的积累,提高农产品的安全性<sup>[12]</sup>。微生物菌剂有效菌能够促进土壤中难溶性养分的溶解和释放,提高土壤养分的供应能力<sup>[13]</sup>。有效菌分泌的胞外多糖物质,能够增强土壤团粒结构,疏松土壤,提高土壤通透性和保水保肥能力<sup>[14]</sup>,增加土壤有机质,活化土壤中的潜在养分,改善土壤中养分的供应状况<sup>[15]</sup>。微生物菌剂促进植株对肥料的吸收,提高了肥料的利用率,改善了果实的品质。

氮素是保证农作物中蛋白质及氨基酸合成的重要成分。氮肥施用量过少,使碳氮比过大,导致植株不能有效合成蛋白质,品质下降;施用量过高,碳氮比减小,导致糖分等物质含量变小。磷肥能够促进植株体内碳水化合物向果实与贮藏器官运输,从而提高果实中维生素 C 含量和可溶性蛋白含量;施用量过高使植株不能有效吸收 Ga、Mg 等微量元素,使农作物的品质降低。钾素有“品质元素”之称,对提高农作物的品质有重要作用,虽然钾并不直接参与植物的新陈代谢,但植物体内的各种代谢活动都离不开钾元素。施用钾肥能促进蔬菜维生素 C 的合成,李海云等对 6 种大白菜进行施钾试验发现施用钾肥提高了所有大白菜品种的维生素 C 含量<sup>[16]</sup>。蔬菜是富氮喜硝的植物,供氮水平的增加会提高蔬菜硝酸盐、亚硝酸盐的含量,而钾在促进氨基酸等有机物合成转化和酶活性的同时也会提高植物对氮的需求;另一方面,钾是硝态氮在植物体内运输的伴随离子,以钾为伴随离子可以加快硝态氮向地

上部的转移,提高茎叶硝态氮含量。但钾的存在亦可以激活硝酸还原酶和亚硝酸还原酶的活性,加速核酸和蛋白质的合成提高植物的氮代谢速率,减少硝酸盐和亚硝酸盐的积累。施用微生物菌剂可以使农产品中的蛋白质、糖分、维生素、氨基酸等有益成分含量明显提高,使籽粒、果实丰满光滑,并减少硝酸盐含量的积累,提高农产品的安全性,改善农产品品质。所以,适量施用化学肥料,并添加微生物菌剂可以有效提高甜瓜果实的品质。

试验表明,在甜瓜的整个生育期内适当施加微生物菌剂可以提高甜瓜的产量,施加微生物菌剂较相同施肥量下不施加微生物菌剂产量可平均提高 7.3% 左右。施加微生物菌剂可以加快甜瓜的生长发育速度,促进甜瓜果实的生长,提高果形指数,使甜瓜果实外观品质更佳,并提高果实中维生素 C 含量、可溶性糖含量,减少果实中硝酸盐的含量,使硝酸盐含量降低 10.86% ~ 28.34%,从而提高果实品质。本试验结果中关于果厚比的结论,随着微生物菌剂施用量的增加果厚比越来越小,与之前文献[17-18]中关于果厚比与微生物菌剂的关系不同,施加菌剂是与果皮厚度的变化是否与供试品种或果实种类有关,有待继续研究。

综合本试验对甜瓜产量、品质、生长指标的研究,推荐无机肥料施肥量为尿素 390 kg/hm<sup>2</sup>、过磷酸钙 180 kg/hm<sup>2</sup>、硫酸钾 480 kg/hm<sup>2</sup>、≥ 1 200 亿个/g 微生物菌剂肥料 2.25 kg/hm<sup>2</sup>。依据甜瓜整个生育期对肥料的需要量,施加基肥 30%,蔓期施 20%,坐果期施 20%、膨果期施 20%、一茬瓜收获后施 10%。

参考文献:

[1] 原保忠,张卿亚,别之龙. 不同施肥量对大棚甜瓜产量和品质的影响[J]. 灌溉排水学报,2015,34(12):32-37.  
[2] 胡国智,冯炯鑫,张炎,等. 不同施氮量对甜瓜养分吸收、分配、利用及产量的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2013,19(3):760-766.  
[3] 赵晓玲. EM 微生物菌剂不同施用方法对大棚辣椒产量和品质的影响[J]. 长江蔬菜,2015(8):58-60.  
[4] 徐志峰,王旭辉,丁亚欣,等. 生物菌肥在农业生产中的应用[J]. 现代农业科技,2010(5):269-270.  
[5] 邢英英,张富仓,吴立峰,等. 基于番茄产量品质水肥利用效率确定适宜滴灌灌水施肥量[J]. 农业工程学报,2015,31(增刊1):110-121.

施重阳,卫安江,徐 昕,等. 江西省生态公益林主要林分类型土壤水分的物理性质[J]. 江苏农业科学,2019,47(19):171-175.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.19.041

# 江西省生态公益林主要林分类型土壤水分的物理性质

施重阳<sup>1</sup>, 卫安江<sup>2</sup>, 徐 昕<sup>1</sup>, 卜文圣<sup>3</sup>, 邓文平<sup>3</sup>

(1. 江西省林业调查规划研究院,江西南昌 330046;2. 江西省永修县林业局,江西永修 332400;

3. 江西农业大学森林培育重点实验室,江西南昌 3300462)

**摘要:**为了评价江西省生态公益林不同林分类型对土壤涵水能力的影响,选择该区域内 4 种主要林分[杉木(*Cunninghamia lanceolata*)林、湿地松(*Pinus elliottii*)林、马尾松(*Pinus massoniana*)林、硬阔林]为研究对象,采用环刀法测定和比较不同林分的土壤容重、孔隙度、土壤含水量、田间持水量和饱和持水量等土壤物理、水分指标,从而对林分土壤水源涵养能力进行定量评价。结果显示,4 种主要林分类型的土壤容重排序为湿地松林>杉木林>马尾松林>硬阔林,容重大小依次为 1.51、1.31、1.30、1.19 g/cm<sup>3</sup>;4 种主要林分类型的土壤孔隙度排序依次为硬阔林>马尾松林>杉木林>湿地松林;各林分类型的土壤随着土层厚度的增加,土壤含水量、田间持水量和饱和持水量都呈现递减趋势;各林分类型土壤的涵水能力排序为硬阔林>马尾松林>湿地松林>杉木林,其中硬阔林涵养水源的能力最强,而杉木林的水源涵养能力最弱。综合分析表明,在江西省水源涵养区进行造林恢复时,应尽量避免营造高密度针叶林,尤其是大量营造杉木纯林,应结合种植有助于土壤结构改良的落叶或常绿阔叶树种。

**关键词:**生态公益林;林分类型;水分物理性质;涵水能力

**中图分类号:** S714.2;S725.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)19-0171-05

森林作为陆地上面积最大的生态系统,具有庞大的林冠层、深厚的枯落物层、发达的根系以及疏松多孔的森林土壤,林冠层、枯落物层和土壤层通过调节降水的截持再分配来发挥其水源涵养的功能,主要表现在改善林内小气候、减少地表蒸发、改良土壤结构、补充地下水、调节河川径流、减小地表侵

蚀等<sup>[1-4]</sup>。而在这 3 个森林作用层中,土壤层对降水资源分配格局的影响最明显,调配了 90% 的大气降水,成为森林生态系统水源涵养的重要组成部分<sup>[5-6]</sup>。

大量研究表明,人工植被的营造对土壤水源的涵养有积极的改善作用,但也存在消极的影响<sup>[7]</sup>。森林植被类型的差异,可能是造成人工林水源涵养能力差异的主要原因之一。不同的森林类型具有不同的生物学特性与林分结构,通过调节物质周转与养分归还造成的土壤孔隙度对不同植被的响应也不尽相同<sup>[8-10]</sup>。土壤孔隙状况决定着土壤的蓄/持水能力及潜力<sup>[11]</sup>,因此,人工造林恢复退化生态系统的实践活动对于土壤水源涵养的恢复效果可能依赖于造林树种的选择<sup>[12]</sup>。

收稿日期:2019-04-20

基金项目:江西省生态公益林项目(编号:9131206077)。

作者简介:施重阳(1970—),男,江西南昌人,助理工程师,主要从事森林调查与监测工作。E-mail:6095399@qq.com。

通信作者:邓文平,博士,助理研究员,主要从事森林水文、同位素水文等方面的研究。E-mail:deng\_wen\_ping@126.com。

[6] 范 洁,李建明,张中典,等. 不同施肥量对甜瓜光合特性、产量及品质的影响[J]. 北方园艺,2016(3):1-4.

[7] 李凤霞,赵 营. 氮肥减量配施微生物菌剂对灌淤土花椰菜产量及土壤微生物的影响[J]. 水土保持研究,2017,24(2):94-100.

[8] 雷先德,李金文,徐秀玲,等. 微生物菌剂对菠菜生长特性及土壤微生物多样性的影响[J]. 中国生态农业学报,2012,20(4):488-494.

[9] 安江勇,肖厚军,秦 松,等. 不同施肥量对贵州高产玉米养分吸收、生物性状、产量及品质的影响[J]. 中国土壤与肥料,2016(3):73-79.

[10] 史秀宏,孙 涛,李 嵩,等. 硅酸盐微生物菌剂对水稻硅含量及产量的影响[J]. 作物杂志,2015(6):121-125.

[11] Cui Z J, Zhang X, Yang H H, et al. Bioremediation of heavy metal pollution utilizing composite microbial agent of *Mucor circinelloides*, *Actinomucor* sp. and *Mortierella* sp. [J]. Journal of Environmental Chemical Engineering, 2017, 5(4): 3616-3621.

[12] 王其传,孙 锦,束 胜,等. 微生物菌剂对日光温室辣椒生长和光合特性的影响[J]. 南京农业大学学报,2012,35(6):7-

12.

[13] 高俊杰,焦自高,于贤昌,等. 施肥量对温室基质栽培甜瓜生理特性和产量品质的影响[J]. 西北农业学报,2005,14(5):92-96,113.

[14] 侯乐梅,孟瑞青,乜兰春,等. 不同微生物菌剂对基质酶活性和番茄产量及品质的影响[J]. 应用生态学报,2016,27(8):2520-2526.

[15] Sun Q H, Wu D, Zhang Z C, et al. Effect of cold-adapted microbial agent inoculation on enzyme activities during composting start-up at low temperature[J]. Bioresource Technology, 2017, 244(1): 635-640.

[16] 李海云,司东霞. 钾对不同品种大白菜生长、品质及钾积累的影响[J]. 中国农学通报,2014,30(10):223-226.

[17] 范 洁. 不同施肥量对温室甜瓜生长发育、品质及产量的影响[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2015.

[18] 弓新国,胡晓峰,陈俊秋,等. 不同时期施用微生物菌剂对烤烟生长和产量质量的影响[J]. 中国土壤与肥料,2014(6):106-110.