

doi:10.3969/j.issn.1002-2481.2024.02.07

哈茨木霉菌剂处理对网纹甜瓜生长及品质的影响

王洪旭¹, 曲明山², 杨明宇³, 曹跃², 董楚轩⁴, 李婷²(1.北京农学院植物科学技术学院,北京 102206;2.北京市农业技术推广站,北京 100029;
3.北京市密云区农业服务中心,北京 101599;4.北京市密云区农业技术推广站,北京 101599)

摘要:为探究哈茨木霉不同浓度对网纹甜瓜植株生长、品质以及产量等相关指标产生的影响,筛选出可用于生产的最适哈茨木霉浓度,于定植当天和授粉后7 d内各施用1次0.15 g/m²和0.30 g/m²的哈茨木霉,活菌数相当于0.9亿个/m²和1.8亿个/m²,测定网纹甜瓜植株田间长势,包括叶面积、茎粗、株高,根系长势,包括根粗、根长、根系鲜质量和根系干质量,果品质量指标,包括单瓜质量、果实纵径、果实横径、果肉厚度及边部可溶性固形物含量和中心可溶性固形物含量,以及产量和商品率等指标。结果表明,施用哈茨木霉能显著提高网纹甜瓜株高、单瓜质量、果实纵径、根系鲜质量和根系干质量,提高产量及商品率,对网纹甜瓜植株及根系的生长具有一定的促进效果,并对网纹甜瓜品质及产量有一定的提升效果。其中,施用0.15 g/m²哈茨木霉对网纹甜瓜植株田间长势、果品质量、产量及商品率的促进效果较好;施用0.30 g/m²哈茨木霉对网纹甜瓜根系长势的促进效果较好。综合考虑,生产中网纹甜瓜施用0.15 g/m²的哈茨木霉较为经济,更加符合我国目前绿色农业的总体要求,适宜推广使用。

关键词:网纹甜瓜;哈茨木霉;生长;果品质量

中图分类号:S652 文献标识码:A 文章编号:1002-2481(2024)02-0044-06

Effects of *Trichoderma Harzianum* Microbial Treatments on Growth and Fruit Quality of Netted Melon

WANG Hongxu¹, QU Mingshan², YANG Mingyu³, CAO Yue², DONG Chuxuan⁴, LI Ting²(1.College of Plant Science and Technology, Beijing University of Agriculture, Beijing 102206, China;
2.Beijing Agricultural Technology Extension Station, Beijing 100029, China; 3.Beijing Miyun Agricultural Service Center, Beijing 101599, China; 4.Beijing Miyun Agricultural Technology Extension Station, Beijing 101599, China)

Abstract: In order to explore the effects of different *Trichoderma harzianum* concentrations on plant growth, fruit quality, and yield of netted melon, screen the optimum concentration of *T. harzianum* for netted melon in agricultural production, in this study, during the netted melon planting process, concentrations of 0.15 g/m² and 0.30 g/m² of *T. harzianum* were applied once on the day of planting and within 7 days after pollination, with the number of viable fungi equivalent to 90 million/m² and 180 million/m². The effects of *T. harzianum* concentration on various aspects of netted melon were analyzed and compared by measuring the field growth of netted melon plants, including leaf area, stem diameter, plant height, root growth (root diameter, root length, root fresh weight, and root dry weight), fruit quality indicators (single melon weight, fruit vertical diameter, fruit transverse diameter, pulp thickness, edge soluble solid content, and center soluble solid content), as well as yield and commodity rate. The results indicated that the application of *T. harzianum* significantly increased plant height, single melon weight, fruit vertical diameter, root fresh weight, and root dry weight of netted melon, leading to increased yield and commodity rate. The experiment demonstrated that *T. harzianum* had a positive effect on the growth of netted melon plants and roots, as well as on the quality and yield of netted melon. Specifically, the application of 0.15 g/m² of *T. harzianum* had a more favorable effect on the growth, fruit quality, yield, and commodity rate of netted melon plants, while the application of 0.30 g/m² of *T. harzianum* had a better effect on the growth of netted melon roots. Considering economic cost factors, the application of 0.15 g/m² concentration of *T. harzianum* in netted melon production was more economical, requiring less *T. harzianum*, aligning with China's current green agriculture requirements, and being more suitable for promotion.

Key words: netted melon; *Trichoderma harzianum*; growth; fruit quality

收稿日期:2023-05-04

基金项目:北京市特色作物创新团队(BAIC04-2023)

作者简介:王洪旭(1999-),女,河北张家口人,在读硕士,研究方向:西瓜甜瓜栽培与养分管理。

通信作者:李婷(1987-),女,陕西渭南人,高级农艺师,硕士,主要从事西瓜甜瓜栽培与养分管理研究工作。

网纹甜瓜(*Cucumismelo* L. var. *reticulates* Naud)是黄瓜属中的一个变种,其具有肉质软糯,细腻多汁,风味独特,香气四溢,营养丰富,品质优良等优点^[1],网纹甜瓜果实成熟后果皮上还拥有明显且优美的网状裂纹,拥有“瓜中劳斯莱斯”“瓜中之王”的美名^[2],是水果市场上的高档果品,深受众多生产者和消费者的喜爱。网纹甜瓜于明治初年从日本引进种植,其在日本已具备较完整的种植体系,近几年在我国也不断发展^[3]。截至2018年,甜瓜在我国的种植面积约为35.9万hm²,产量约为1.3×10⁷t,占世界甜瓜生产总量的40%以上^[4]。到2019年,我国现有的网纹甜瓜种植面积超过3300hm²^[5]。当前我国网纹甜瓜主要栽植于海南、山东、上海等地,在北京市的大兴、顺义、密云、房山和昌平等区为主要栽植区进行栽植^[6]。

近几年,我国园艺设施不断普及,设施栽培也常常种植同一种作物,因此导致设施中土壤质量的下降^[7],产生了连作障碍^[8-9],又因生产者为提高经济效益,盲目选择大量施肥,造成了设施土壤养分超标,土壤有益微生物减少^[10]、土壤盐渍化严重等一系列问题,导致土壤板结^[11],作物果品质量下降^[12]。在设施栽植过程中,土壤易出现许多方面的问题,这对农业的可持续性产生了很大的影响,其中甜瓜种植也同样受到土壤问题的影响。曾有前人研究,甜瓜连作5a会导致单瓜质量逐渐下降;连作8a会导致产量下降16%左右,可溶性糖含量下降8.6%左右^[8]。因此,解决设施栽培中出现的土壤问题,找到绿色环保、安全有效的施肥方式是目前亟待解决的问题^[13]。

哈茨木霉(*Trichoderma harziauum*)属丛梗孢科,是土壤中的一种有益真菌^[14]。研究人员发现,土壤里有上千种哈茨木霉菌株,并对其进行广泛研究,发现其能产生多种作用^[15],其能在土壤中迅速生长并传播^[16],能有效减少土壤传染病的发生^[17],能与多种植物建立紧密的关系^[18],因而其能促进植物的生长。有研究表明,一定浓度的哈茨木霉菌剂能一定程度促进陈年番茄种子的萌发^[19],哈茨木霉菌剂一定程度能抑制甜瓜上蔓枯病病原菌的生长^[20];使用哈茨木霉处理甜瓜,能增加参与抗坏血酸循环的酶和抗氧化酶的活性,推测由此可提高甜瓜产量^[21];用哈茨木霉处理网纹甜瓜,可提高网纹甜瓜中维生素C和可溶性固形物的含量,并能有效提高网纹甜瓜的货架期品质^[22]。

现如今科技在进步、农业在发展,人们也在追

求绿色生活,农业也应当跟随时代的步伐进行绿色改革,与此同时广大消费者生活水平也随之逐渐提高,这就对果品质量提出了更高的要求^[23]。本课题组紧跟时代步伐,努力寻找绿色环保、安全有效的方式来达到提升果品质量的目的,一直尝试利用生物刺激素来提高植株抗病性,改善种植环境,提高农产品质量^[24]。众多研究表明,哈茨木霉对网纹甜瓜的生长及品质有一定的提升作用,但哈茨木霉在促进植物生长方面的适宜浓度还未明确。

本试验通过调整施用哈茨木霉浓度,调查网纹甜瓜植株生长、品质及产量等指标,以期得到对网纹甜瓜促生效果最佳的哈茨木霉浓度,达到指导网纹甜瓜生产的目。

1 材料和方法

1.1 试验材料

供试材料为维蜜品种网纹甜瓜,购于北京北农种业公司。试验所用哈茨木霉T-22孢子粉剂,有效活菌数量大于6亿个/g,于荷兰科伯特有限公司生产,于科伯特(北京)农业有限公司国内经销机构购买。

1.2 试验设计

试验于2022年3—7月在北京市密云区东邵渠村温室大棚(116.96°E、40.29°N)内进行。试验共设3个处理:CK(未施用哈茨木霉,对照)、T1(施用0.15g/m²哈茨木霉,活菌数0.9亿个/m²,为商家推荐浓度)和T2(施用0.30g/m²哈茨木霉,活菌数1.8亿个/m²,为商家推荐浓度的2倍)。定植当日和授粉后7d各施用1次哈茨木霉菌剂:先将哈茨木霉粉剂放在干净的矿泉水瓶中,加入300mL水,拧紧瓶子用力摇100次后即可将其激活;将激活后的哈茨木霉菌剂溶解到60L水中,通过滴灌的方式施用于植株根部。各处理3次重复,在同一温室大棚中选取3个小区,小区面积120m²(10m×12m),采用单行定植,行距100cm,株距40cm,不同处理栽植各阶段管理方式均一致。

1.3 测定项目及方法

1.3.1 植株长势测定 网纹甜瓜植株授粉掐尖前,每小区随机选10株,测定其茎粗、叶面积和株高。茎粗用最小刻度为0.02mm的游标卡尺进行测定,叶片纵横径、株高用最小刻度为1mm的刻度尺进行测定。

1.3.2 果品质量测定 网纹甜瓜果实成熟后,每个小区随机选10个网纹甜瓜,用最小量程为0.01g的

电子秤称量网纹甜瓜质量,根据统计结果计算网纹甜瓜平均单瓜质量。将网纹甜瓜果实纵向切开,网纹甜瓜果实的纵横径及果肉厚度用最小刻度为 1 mm 的刻度尺测定,网纹甜瓜果实边部及中心的可溶性固形物含量用日本爱拓公司购买的 PAL- α 型号手持式糖度计进行测定,最后统计各小区网纹甜瓜产量及其商品率。

1.3.3 根系长势测定 采收完成后将根系从土中完整取出,每个小区随机选取 5 个根系,清洗根系上的土壤后用纱布吸干水分。用最小刻度 1 mm 的刻度尺测定根长(选择最长且长势均匀的 3 条根测定根长,取平均值),用游标卡尺测定根粗(选择最粗且长势均匀的 3 条根测定根粗,取平均值),用电子秤称量根鲜质量和根干质量。根干质量是将根系放置在 105 °C 烘箱杀青 10 min,再在 80 °C 时烘干至恒质量。

1.4 数据分析

使用 Excel 2019 记录并整理试验数据,采用 SPSS 20.0 软件进行试验数据单因素方差分析,并利用 Duncan 方法进行多重比较。

叶面积=叶片纵径 \times 叶片横径 (1)

商品率=小区实际可售卖商品总数/小区种植总株数 (2)

2 结果与分析

2.1 哈茨木霉菌剂浓度对网纹甜瓜植株长势的影响

哈茨木霉菌剂浓度对网纹甜瓜植株长势的影响情况如表 1 所示。

表 1 哈茨木霉菌剂浓度对网纹甜瓜植株长势的影响
Tab.1 Effects of *Trichoderma harzianum* on plant growth of netted melon

处理 Treatment	株高/cm Plant height	叶面积/cm ² Leaf area	茎粗/mm Stem diameter
CK	130.20 \pm 2.32c	503.80 \pm 22.83b	8.31 \pm 0.23b
T1	149.80 \pm 3.97a	581.80 \pm 58.71a	9.26 \pm 0.26a
T2	140.40 \pm 4.27b	517.80 \pm 34.60b	8.65 \pm 0.43b

注:表中同列不同小写字母表示不同处理在 0.05 水平差异显著。下表同。

Note: The different lowercase letters in the same column in the table indicated significant differences among different treatments at the 0.05 level. The same as below.

由表 1 可知,不同浓度哈茨木霉菌可以不同程度促进网纹甜瓜植株田间长势,哈茨木霉菌处理的网纹甜瓜植株的株高、叶片面积和茎粗均比对照处理高,其中 T1 处理植株田间长势均显著高于 T2

处理及对照组;T1 处理网纹甜瓜植株的株高、叶面积和茎粗较对照处理分别提高 15.1%、15.5% 和 11.4%。由此得出,哈茨木霉菌剂对网纹甜瓜植株长势具有一定的促生效果,但高浓度哈茨木霉菌对网纹甜瓜植株长势的促进效果较低浓度哈茨木霉菌^[24]。因此,在网纹甜瓜栽植中施用 0.15 g/m² 哈茨木霉菌对其植株长势具有较好的促进效果。

2.2 哈茨木霉菌剂浓度对网纹甜瓜根系长势的影响

从表 2、图 1 可以看出,施用不同浓度哈茨木霉菌可以不同程度促进网纹甜瓜植株根系的生长,哈茨木霉菌处理网纹甜瓜的根长、根粗、根干鲜质量均高于对照处理;除根长外,不同浓度哈茨木霉菌处理间不存在显著差异;T1 处理网纹甜瓜根系长度较对照处理提高 20.1%,T2 处理网纹甜瓜根系的粗度、干质量、鲜质量较对照处理分别提高 13.9%、39.2% 和 93.5%。由此推测,哈茨木霉菌对网纹甜瓜根系长势有一定的促进作用,其中在网纹甜瓜栽植中施用 0.30 g/m² 哈茨木霉菌对其根系长势的促进效果较好。

表 2 哈茨木霉菌剂浓度对网纹甜瓜根系长势的影响
Tab.2 Effects of *Trichoderma harzianum* on root growth of netted melon

处理 Treat ment	根长/cm Root length	根粗/mm Root diameter	单根鲜质量/g Root fresh weight	单根干质量/g Root dry weight
CK	18.41 \pm 0.87b	3.66 \pm 0.18b	5.24 \pm 0.83b	0.79 \pm 0.19b
T1	22.11 \pm 1.03a	3.90 \pm 0.19ab	9.24 \pm 1.17a	1.04 \pm 0.09a
T2	19.69 \pm 0.89b	4.17 \pm 0.19a	10.14 \pm 1.61a	1.10 \pm 0.14a

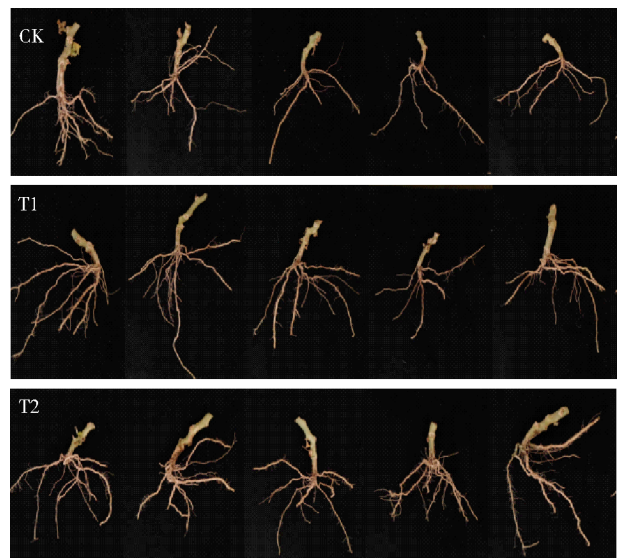


图 1 经哈茨木霉菌处理后网纹甜瓜根系长势
Fig.1 Netted melon root growth after *Trichoderma harzianum* treatment

2.3 哈茨木霉菌剂浓度对网纹甜瓜品质的影响

从表3可以看出,施用不同浓度哈茨木霉可以不同程度提高网纹甜瓜品质,哈茨木霉处理网纹甜瓜果实的单瓜质量、纵横径、果肉厚度和果肉边部及中心可溶性固形物含量与对照相比均有一定提高;除果肉厚度外,T1处理网纹甜瓜品质均显著高于T2处理及对照;T1处理网纹甜瓜单瓜质量、纵横

径和果肉边部及中心可溶性固形物含量与对照处理相比分别提高16.8%、7.8%、5.7%、7.9%和7.4%。可溶性固形物这一指标是比较品质高低的重要因素之一,以此为主进行分析得出,哈茨木霉对网纹甜瓜品质具有一定提升效果,其中,在网纹甜瓜栽植中施用0.15 g/m²哈茨木霉对其品质的提升效果较好。

表3 哈茨木霉菌剂浓度对网纹甜瓜品质的影响
Tab.3 Effects of *Trichoderma harzianum* concentration on fruit quality of netted melon

处理 Treatment	单瓜质量/kg Single melon weight	纵径/cm Vertical diameter	横径/cm Transverse diameter	果肉厚度/cm Pulp thickness	边部可溶性固形物/% Edge soluble solids	中心可溶性固形物/% Center soluble solids
CK	1.79±0.03c	15.47±0.34c	15.40±0.29b	4.53±0.12a	10.57±0.26b	14.43±0.21b
T1	2.09±0.02a	16.67±0.17a	16.27±0.12a	4.87±0.17a	11.40±0.22a	15.50±0.22a
T2	1.94±0.04b	16.07±0.17b	15.70±0.22b	4.70±0.28a	10.63±0.25b	14.87±0.17b

2.4 哈茨木霉菌剂浓度对网纹甜瓜产量及商品率的影响

由表4可知,T1处理网纹甜瓜产量及商品率较对照分别提高19.0%和1.7个百分点,T2处理网纹甜瓜产量及商品率较对照分别提高9.6%和1.0个百分点,其中,T1处理对网纹甜瓜商品率提升效果更明显。推测哈茨木霉可以促进网纹甜瓜植株地上部及地下部的生长,从而达到对其产量及商品率的促进作用,其中,在网纹甜瓜栽植中施用0.15 g/m²哈茨木霉能提高其产量及商品率,且提升效果优于施用0.30 g/m²哈茨木霉。

表4 哈茨木霉菌剂浓度对网纹甜瓜产量及商品率的影响
Tab.4 Effects of *Trichoderma harzianum* on yield and commodity rate of netted melon

处理 Treatment	公顷产量/kg Equivalent yield	商品率/% Commodity rate
CK	39 081.67c	87.33b
T1	46 502.50a	89.00a
T2	42 841.67b	88.33ab

3 结论与讨论

哈茨木霉是一种具备多种价值的有益真菌,研究者除关注哈茨木霉具有诱导植物提高抗病性和生防作用外,还关注其对植物的促生作用,还有研究显示,其具有提升作物果品质量的作用。有研究表明,用哈茨木霉对玉米幼苗进行处理,能显著提高叶片纵横径、茎粗、株高、干鲜质量及幼苗根系等指标^[25];用哈茨木霉对黄瓜幼苗进行处理,能增加幼苗的株高和茎粗,提升幼苗质量,促进植株生长,还能促进叶绿素的合成,预防黄瓜枯萎病的发

生^[26];将哈茨木霉应用于甜瓜种植中,可以促进甜瓜植株的生长,尤其对甜瓜根部促生效果明显^[20,27]。本试验也有相同效果,哈茨木霉处理后网纹甜瓜的植株长势、根系长势均优于对照处理,其中0.15 g/m²哈茨木霉菌剂对网纹甜瓜植株的生长具有较好的促进效果,0.30 g/m²哈茨木霉对网纹甜瓜根系的生长有较好的促进效果。

果品质量的高低是决定果实商品价值的一个重要因素^[28],网纹甜瓜果品质量的优劣一般从果肉质地、可溶性固形物含量等内在方面及果实大小、形状等外在方面进行评价,其中可溶性固形物含量是果品质量高低的重要评价指标^[29]。有研究表明,西瓜植株的生长和品质与哈茨木霉的存在有直接关系^[30];采后蓝莓喷施哈茨木霉,能一定程度保持果实硬度、保持其可溶固形物和可滴定酸等的含量,一定程度保持蓝莓的贮藏品质^[31];用哈茨木霉处理番茄,能促进番茄的营养生长,增加番茄单果质量、结果数量及产量^[32];哈茨木霉能促进柴胡的生长,提高了柴胡的产量和品质^[17];用哈茨木霉处理网纹甜瓜,可溶性固形物和Vc含量与对照相比分别提高15.2%和65.0%^[22]。本试验也有相同效果,哈茨木霉处理后网纹甜瓜果品质量的各项指标均高于对照处理,在以可溶性固形物含量为网纹甜瓜果品质量的主要衡量标准时,施用浓度为0.15 g/m²哈茨木霉对网纹甜瓜果品质量的提升效果较好,该浓度对果实产量和商品率的提升效果也较好。

按照日本对网纹甜瓜的分级规范,综合我国市面流通基本状况分析,单瓜质量为1.25~2.00 kg的网纹甜瓜可进入市场,1.40~1.70 kg的网纹甜瓜单瓜质量最适宜,超过1.70 kg或低于1.40 kg的网纹

甜瓜将降级,价格也将大打折扣^[24]。本试验中,网纹甜瓜单瓜质量在 1.79~2.09 kg,单瓜质量基本落在可进入市场的范围,但单瓜质量整体偏大,原因可能是由于春季种植时气温较低,为了提升网纹甜瓜坐果率,适当调整坐瓜节位,而因坐瓜节位的提高,导致本试验网纹甜瓜单瓜质量略大。

综上所述,本试验用 2 种不同浓度哈茨木霉处理网纹甜瓜,其中施用浓度为 0.15 g/m²哈茨木霉对网纹甜瓜植株长势、品质、产量和商品率的提升效果较好,施用浓度为 0.30 g/m²哈茨木霉对网纹甜瓜根系长势促进效果较好。再从经济方面分析,哈茨木霉菌剂成本约为 1.2 元/g,在网纹甜瓜的栽植过程中需要在定植当天及授粉后 7 d 施用哈茨木霉菌剂,共施用 2 次,每次每公顷需要施用 1 500 g 哈茨木霉菌剂,总计 3 600 元,另外,需要人工操作滴灌设备,需人工成本 300 元,因此,每公顷种植一茬网纹甜瓜需要 3 900 元。综合试验结果及经济成本考虑,推荐栽植网纹甜瓜时施用 0.15 g/m²哈茨木霉较为经济,且哈茨木霉菌剂使用量较少,更加符合我国当前绿色农业政策,适宜推广使用。

参考文献:

- [1] 李婷,陈艳利,徐晨,等. 不同氮肥用量对网纹甜瓜产量和品质的影响[J]. 中国农学通报,2021,37(33):76-82.
LI T, CHEN Y L, XU C, et al. Effects of different nitrogen application rates on yield and quality of netted melon[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2021, 37(33):76-82.
- [2] 周娟,彭国钢,罗晓玲,等. 春季大棚网纹甜瓜新品种比较试验[J]. 湖南农业科学,2022(1):19-21.
ZHOU J, PENG G G, LUO X L, et al. Comparative test of new netted melon varieties in spring greenhouse[J]. Hunan Agricultural Sciences, 2022(1):19-21.
- [3] 刘中华,张容,王海林. 北京中网类型网纹甜瓜品种筛选试验[J]. 农业科技通讯,2019(12):110-112.
LIU Z H, ZHANG R, WANG H L. Screening test of netted melon varieties in Beijing[J]. Bulletin of Agricultural Science and Technology, 2019(12):110-112.
- [4] 郭亚雯. 水肥精准管理对设施栽培西瓜和甜瓜养分吸收及生长效应[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2020.
GUO Y W. Effect of precise management of water and fertilizer on nutrient absorption and growth of facility-cultivated watermelon and melon[D]. Yangling: Northwest A & F University, 2020.
- [5] 刘其,宁繁华,倪祥祥,等. 连栋玻璃温室网纹甜瓜无土栽培技术研究[J]. 长江蔬菜,2023(1):24-26.
LIU Q, NING F H, NI X X, et al. Study on soilless culture technology of reticulated melon in multi-span glass greenhouse[J]. Journal of Changjiang Vegetables, 2023(1):24-26.
- [6] 王洪旭,曲明山,聂青,等. 网纹甜瓜品种比较试验[J]. 中国种业,2022(11):71-74.
WANG H X, QU M S, NIE Q, et al. Comparative experiment of netted melon varieties[J]. China Seed Industry, 2022(11):71-74.
- [7] 王子建,张天宝,郭继虎,等. 发酵黄粉虫粪沙对连作谷子生长及土壤养分的影响[J]. 山西农业科学,2022,50(5):638-644.
WANG Z J, ZHANG T B, GUO J H, et al. Effects of fermented mealworm excrement on growth of continuous cropping *Setaria italica* and soil nutrients[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2022, 50(5):638-644.
- [8] 康利允,李晓慧,高宁宁,等. 酵素液肥改良设施甜瓜连作土壤质量的效应[J]. 中国瓜菜,2021,34(11):63-67.
KANG L Y, LI X H, GAO N N, et al. Effects of enzyme liquid fertilizer on soil quality in continuous cropping of muskmelon[J]. China Cucurbits and Vegetables, 2021, 34(11):63-67.
- [9] 张曼,郝科星,张焕,等. 设施西瓜连作障碍治理措施对比[J]. 山西农业科学,2022,50(9):1353-1358.
ZHANG M, HAO K X, ZHANG H, et al. Comparison of management measures of continuous cropping obstacle of facility watermelons[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2022, 50(9):1353-1358.
- [10] 张雪艳,田蕾,吴萍,等. 30年不同设施条件和栽培方式下土壤养分和微生物群落功能多样性的变化[J]. 植物营养与肥料学报,2015,21(6):1581-1589.
ZHANG X Y, TIAN L, WU P, et al. Changes of soil nutrients and microbial community diversity in responses to different growth environments and cultivation practices in 30 years[J]. Journal of Plant Nutrition and Fertilizer, 2015, 21(6):1581-1589.
- [11] 周金蒙. 北方甜瓜设施栽培土壤现状及改良措施[J]. 吉林农业,2018(12):72-73.
ZHOU J M. Present situation and improvement measures of soil for protected cultivation of muskmelon in Northern China[J]. Agriculture of Jilin, 2018(12):72-73.
- [12] 郭亚雯,崔建利,孟延,等. 设施早熟西瓜和甜瓜的化肥施用现状及减施潜力[J]. 植物营养与肥料学报,2020,26(5):858-868.
GUO Y W, CUI J Z, MENG Y, et al. Status-quo and reduction potential of chemical fertilizer application for facility cultivation of early maturing watermelon and sweet melon[J]. Journal of Plant Nutrition and Fertilizers, 2020, 26(5):858-868.
- [13] 秦立金,尹慧来,王塔娜,等. 复合微生物菌剂与生物有机肥复配对甜瓜增产提质抗病的研究[J]. 赤峰学院学报(自然科学版),2021,37(12):40-44.
QIN L J, YIN H L, WANG D / T N, et al. Study on the combination of compound microbial inoculum and bio-organic fertilizer to increase yield, improve quality and disease resistance of melon[J]. Journal of Chifeng University (Natural Science Edition), 2021, 37(12):40-44.
- [14] 殷全玉,匡志豪,王景,等. 黑胫病不同抗性烤烟品种对哈茨木霉的生理响应[J]. 河南农业科学,2022,51(9):88-98.
YIN Q Y, KUANG Z H, WANG J, et al. Physiological responses of different black shank-resistance flue-cured tobacco varieties to *Trichoderma harzianum*[J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 2022, 51(9):88-98.
- [15] 吕黎,许丽媛,罗志威,等. 哈茨木霉生物防治研究进展[J]. 湖南农业科学,2013(17):92-95.
LV L, XU L Y, LUO Z W, et al. Research progress of biocon-

- trol effect of *Trichoderma harzianum*[J]. Hunan Agricultural Sciences, 2013(17):92-95.
- [16] GENG L, FU Y L, PENG X H, et al. Biocontrol potential of *Trichoderma harzianum* against *Botrytis cinerea* in tomato plants[J]. Biological Control, 2022, 174:105019.
- [17] LIU L, XU Y S, CAO H L, et al. Effects of *Trichoderma harzianum* biofertilizer on growth, yield, and quality of *Bupleurum chinense*[J]. Plant Direct, 2022, 6(11):e461.
- [18] ALI I, KHAN A, ALI A, et al. Iron and zinc micronutrients and soil inoculation of *Trichoderma harzianum* enhance wheat grain quality and yield[J]. Frontiers in Plant Science, 2022, 13:960948.
- [19] 何媛媛, 王宇楠, 畅引东, 等. 黄粉虫粪发酵物对陈年番茄种子萌发的影响[J]. 山西农业科学, 2023, 51(6):628-633.
HE Y Y, WANG Y N, CHANG Y D, et al. Effect of yellow mealworm excrement fermentation on germination of aged tomato seeds[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2023, 51(6):628-633.
- [20] 陆森, 齐娟, 徐常建, 等. 木霉菌对甜瓜幼苗促生及对甜瓜蔓枯病原菌的抑制效果研究[J]. 安徽农学通报, 2019, 25(22):23-26.
LU M, QI J, XU C J, et al. Effects of *Trichoderma* spp. on growth of melon seedlings and inhibiting effect of the pathogen growth of *mycosphereilla melonis*[J]. Anhui Agricultural Science Bulletin, 2019, 25(22):23-26, 90.
- [21] BERNAL-VICENTE A, PASCUAL J A, TITTARELLI F, et al. *Trichoderma harzianum* T-78 supplementation of compost stimulates the antioxidant defence system in melon plants[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2015, 95(11):2208-2214.
- [22] 李婷, 王瑞琪, 张雪梅, 等. 哈茨木霉菌剂处理提高网纹甜瓜 (*Cucumis melo* l.var. *reticulatus* naud.) 的货架期品质[J]. 现代食品科技, 2022, 38(7):160-168, 142.
LI T, WANG R Q, ZHANG X M, et al. *Trichoderma harzianum* enhance shelf life qualities of netted melon (*Cucumis melo* L.var. *reticulatus* naud.)[J]. Modern Food Science and Technology, 2022, 38(7):160-168, 142.
- [23] 王永江. 冷棚甜瓜应用酵素菌肥试验研究[J]. 基层农技推广, 2015, 3(8):25-26.
WANG Y J. Experimental study on application of enzyme bacterial fertilizer to melon in cold shed[J]. Primary Agricultural Technology Extension, 2015, 3(8):25-26.
- [24] 李婷, 胡潇怡, 李金萍, 等. 微生物菌剂在深网网纹甜瓜上的应用效果比较[J]. 中国农学通报, 2020, 36(25):45-52.
LI T, HU X Y, LI J P, et al. Comparison of microbial agents applied to netted melon[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2020, 36(25):45-52.
- [25] 刘峰, 阮盈盈. 哈茨木霉菌剂对玉米苗期生长和土壤肥力的影响[J]. 浙江农业科学, 2021, 62(8):1507-1510.
LIU F, RUAN Y Y. Effect of *Trichoderma harzianum* application on maize growth characteristics and soil fertility at seedling stage[J]. Journal of Zhejiang Agricultural Sciences, 2021, 62(8):1507-1510.
- [26] 杨华, 何伟, 崔元珩, 等. 特锐菌剂对黄瓜促生作用及对枯萎病防效研究[J]. 北方园艺, 2013(18):103-105.
YANG H, HE W, CUI Y Y, et al. Study on growth-promoting effect of terui bacteria on cucumber and its control effect on cucumber blight[J]. Northern Horticulture, 2013(18):103-105.
- [27] 李国景, 高迪明. 拮抗菌对甜瓜生长发育的影响[J]. 长江蔬菜, 2001(9):38-39.
LI G J, GAO D M. The effect of antagonistic fungus *Trichoderma* on the development and yield of melon[J]. Journal of Changjiang Vegetables, 2001(9):38-39.
- [28] 郑贺云, 耿新丽, 姚军, 等. 甜瓜生长发育过程中品质动态变化规律[J]. 北方园艺, 2020(6):38-43.
ZHENG H Y, GENG X L, YAO J, et al. Dynamic variation of quality in the development of melon fruits[J]. Northern Horticulture, 2020(6):38-43.
- [29] 叶红霞, 吕律, 王同林, 等. 不同变种甜瓜糖分积累及蔗糖代谢酶活性动态变化[J]. 核农学报, 2019, 33(10):1959-1966.
YE H X, LYU L, WANG T L, et al. Dynamic changes of sugar accumulation and sucrose metabolic enzymes activity during fruit growth and maturation in different varieties of melon (*Cucumis melo* L.) [J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2019, 33(10):1959-1966.
- [30] WAHEED H, KHAN M A, KHAN H M T, et al. Enhancement of some key physiological, morphological and biochemical traits of watermelon induced by *Trichoderma harzianum* fungi[J]. Semina: Ciências Agrárias, 2020:2047-2060.
- [31] 曹森, 王瑞, 赵成飞, 等. 采前喷施哈茨木霉菌对采后蓝莓贮藏品质及生物活性的影响[J]. 江苏农业学报, 2017, 33(2):424-431.
CAO S, WANG R, ZHAO C F, et al. Effects of *Trichoderma harzianum* preharvest application on postharvest storage quality and biological activity of blueberry[J]. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences, 2017, 33(2):424-431.
- [32] 田慧敏, 郭成, 袁树先, 等. 微生物菌剂在番茄上的应用效果比较研究[J]. 赤峰学院学报(自然科学版), 2021, 37(1):25-28.
TIAN H M, GUO C, YUAN S X, et al. Comparative study on the application effect of microbial inoculum on tomato[J]. Journal of Chifeng University (Natural Science Edition), 2021, 37(1):25-28.