

# 不同浓度木霉菌混配基质对西瓜育苗效果的影响

王 蓓<sup>1</sup>, 黄忠阳<sup>1</sup>, 李伟明<sup>1</sup>, 马 明<sup>2</sup>, 陈莉莉<sup>1</sup>, 刘庆叶<sup>1</sup>,  
戎 茸<sup>1</sup>, 胡卫丛<sup>1</sup>, 赵文瑜<sup>1</sup>, 王东升<sup>1</sup>, 吴旭东<sup>1</sup>

(1. 南京市蔬菜科学研究所 南京 211155; 2. 诸城市农业农村局 山东潍坊 262200)

**摘 要:** 为了探究在基质中添加不同浓度的木霉菌剂对西瓜育苗的影响, 通过在西瓜穴盘基质中应用不同浓度的木霉菌剂, 分别是空白对照 CK、T1( $10^4$  CFU·g<sup>-1</sup>)、T2( $10^5$  CFU·g<sup>-1</sup>)、T3( $10^6$  CFU·g<sup>-1</sup>)、T4( $10^7$  CFU·g<sup>-1</sup>)、T5( $10^8$  CFU·g<sup>-1</sup>), 以筛选出能促进西瓜幼苗生长的适宜木霉菌浓度。结果显示, 木霉菌混配基质处理较常规基质处理可以显著促进西瓜幼苗的生长, 而在不同木霉菌浓度的处理中, T3 处理的株高、茎粗、地上部鲜质量、地上部干质量、根长、地下部鲜质量、地下部干质量、根表面积、根尖数、根冠比均显著高于其他浓度处理。T3 处理的各时间的出苗率最高, 在 21 d 达到 100.00%, 并与其他处理之间差异显著; T3 处理的壮苗指数最高, 为 7.33, 与其他处理之间差异显著, 壮苗指数呈现 T3>T2>T5>T4>T1>CK。综上, 以  $10^6$  CFU·g<sup>-1</sup> 浓度的木霉菌生物基质(T3)促进幼苗生长的效果最优。

**关键词:** 西瓜; 木霉菌; 基质; 育苗; 效果

中图分类号: S651

文献标志码: A

文章编号: 1673-2871(2025)01-044-05

## Effects of *Trichoderma* mixtures with different concentrations on seedling rearing of watermelon

WANG Bei<sup>1</sup>, HUANG Zhongyang<sup>1</sup>, LI Weiming<sup>1</sup>, MA Ming<sup>2</sup>, CHEN Lili<sup>1</sup>, LIU Qingye<sup>1</sup>, RONG Rong<sup>1</sup>,  
HU Weicon<sup>1</sup>, ZHAO Wenyu<sup>1</sup>, WANG Dongsheng<sup>1</sup>, WU Xudong<sup>1</sup>

(1. Nanjing Vegetables Scientific Institute, Nanjing 211155, Jiangsu, China; 2. Zhucheng Agricultural and Rural Affairs Bureau, Weifang 262200, Shandong, China)

**Abstract:** In order to explore the effect of adding *Trichoderma* with different concentrations in the substrate on watermelon seedling cultivation, different concentrations of *Trichoderma* were applied in the watermelon hole pan substrate, including blank control CK, T1( $10^4$  CFU·g<sup>-1</sup>), T2( $10^5$  CFU·g<sup>-1</sup>), T3( $10^6$  CFU·g<sup>-1</sup>), T4( $10^7$  CFU·g<sup>-1</sup>) and T5( $10^8$  CFU·g<sup>-1</sup>), to screen for the appropriate concentration of *Trichoderma*. The results showed that compared to conventional substrate treatment, the mixed substrate treatment with *Trichoderma* could significantly promote the growth of watermelon seedlings. Among different concentrations of *Trichoderma*, T3 showed significantly higher plant height, stem diameter, aboveground fresh mass, aboveground dry mass, root length, underground fresh mass, underground dry mass, root surface area, number of tips and root shoot ratio compared to other concentration treatments. The emergence rate of T3 was the highest at all times, reaching 100.00% at 21 days, and the difference between T3 and other treatments was significant. The strong seedling index of T3 was the highest (7.33), with significant differences compared to other treatments, and the strong seedling index showed T3>T2>T5>T4>T1>CK. Overall, the optimal concentration of *Trichoderma* is  $10^6$  CFU·g<sup>-1</sup>.

**Key words:** Watermelon; *Trichoderma*; Matrix; Grow seedlings; Effect

西瓜栽培历史悠久, 在世界多国颇受欢迎, 而我国是西瓜生产、消费第一大国<sup>[1]</sup>。近年来, 随着西瓜种植面积不断扩大和嫁接技术、早熟栽培、设施生产的发展, 育苗已成为西瓜优质高产高效栽培的

重要技术环节<sup>[2]</sup>。目前, 在西瓜生产中多采用穴盘育苗, 且幼苗质量的高低影响着其后期的生长发育以及产量, 如何提高西瓜育苗质量受到了从业者的密切关注。

收稿日期: 2024-05-15; 修回日期: 2024-09-30

基金项目: 江苏现代农业(西甜瓜)产业技术体系浦口推广示范基地项目; 2024 年“四新”集成推广示范项目(绿色蔬菜产业链)

作者简介: 王 蓓, 女, 农艺师, 主要从事土壤肥料相关研究工作。E-mail: 823191753@qq.com

通信作者: 吴旭东, 女, 农艺师, 主要从事植物保护与土壤肥料相关研究工作。E-mail: 645594314@qq.com

木霉菌作为一种广泛存在的土壤有益真菌,是一种公认的生防菌,不仅能对多种真菌病害起到生物防治作用,而且还具有促进作物生长、减轻盐渍化等功能<sup>[3]</sup>。已有大量研究表明,木霉菌在防治蔬菜土传病害的同时,还可与有机肥等肥料复合使用,减少化肥施用量,改善土壤及作物品质<sup>[4-6]</sup>。目前,大量研究仍集中在田间生产环节,有关育苗中如何利用木霉菌也有一些报道。曹钰鑫等<sup>[7]</sup>研究发现,在基础基质中添加 $1.6\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 哈茨木霉菌西瓜幼苗生长最好,可用于抑菌促生的西瓜专用育苗基质的生产。郭珍<sup>[8]</sup>筛选出尿素 $0.21\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 配施木霉菌 $2.4\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 作为西瓜基质育苗中的最优组合。吴亚胜等<sup>[9]</sup>研究发现,育苗基质中添加木霉固体菌种和厚垣孢子菌种都能够有效促进蔬菜(含西瓜)植株生长,提高基质中微生物活性,改善基质微生物区系。但木霉菌属于真菌界,具有多种菌株,每种菌株具有不同的特性和应用。笔者选择木霉菌 NJAU4742 作为研究对象,该菌株是南京农业大学沈其荣院士团队筛选出的一株具有高效拮抗植物病原真菌、诱导植物抗性、促进植物生长的广谱性木霉菌菌株,与市面上其他普通木霉菌株有所不同,该菌株在配置生物有机肥作为底肥已经投入生产应用,但是复配基质在西瓜育苗中应用还未见报道。为了探究在基质中添加不同浓度的木霉菌对西瓜育苗的影响,通过在西瓜穴盘基质中应用不同浓度的木霉菌进行试验比较,筛选出促进西瓜幼苗生长的适宜木霉菌浓度,以期为培育优质西瓜种苗提供技术支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

试验在江苏省南京市蔬菜科学研究所蔬菜科技园玻璃温室中进行。西瓜品种选择早佳(8424),购自金盛达种子有限公司;基质(相对含水量小于35%)购自淮安柴米河农业科技股份有限公司,售价为 $0.33\text{ 元}\cdot\text{L}^{-1}$ ;NJAU4742 木霉菌微生物制剂产品( $10\text{ 亿}\cdot\text{g}^{-1}$ ),品牌名为思威博,购自南京思农生物有机肥研究院有限公司,售价为 $80\text{ 元}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

### 1.2 试验设计

本试验开展时间为2023年12月19日至2024年1月17日,共设6个处理,分别是不添加木霉菌的空白对照 CK、T1: $10^4\text{ CFU}\cdot\text{g}^{-1}$ 、T2: $10^5\text{ CFU}\cdot\text{g}^{-1}$ 、T3: $10^6\text{ CFU}\cdot\text{g}^{-1}$ 、T4: $10^7\text{ CFU}\cdot\text{g}^{-1}$ 、T5: $10^8\text{ CFU}\cdot\text{g}^{-1}$ 木

霉菌的生物育苗基质,每个处理3次重复,共计18个穴盘,采用随机区组方式进行。具体操作步骤:将木霉菌微生物制剂产品按1:9(质量比)与普通育苗基质拌匀后,制成含 $10^8\text{ CFU}\cdot\text{g}^{-1}$ 孢子的木霉生物育苗基质,再将该木霉生物育苗基质按1:9(质量比)与普通育苗基质拌匀后,制成含 $10^7\text{ CFU}\cdot\text{g}^{-1}$ 孢子的木霉生物育苗基质,依次稀释10倍制成含 $10^6$ 、 $10^5$ 和 $10^4\text{ CFU}\cdot\text{g}^{-1}$ 孢子的木霉菌生物育苗基质。将不同处理的基质装入72孔育苗盘中,将准备好的西瓜种子直接播种于穴盘中,播种后覆盖对应处理的基质并浇足水,后续按正常育苗管理。

### 1.3 测定指标及方法

种子播种后8~25 d,每间隔4 d统计所有穴盘西瓜出芽情况,计算出苗率。播种后41 d,西瓜幼苗长至2叶1心时,每个重复随机采集3株西瓜苗,用直尺测定株高;用游标卡尺测定茎粗;用根系扫描仪测定根系情况。分别测定西瓜幼苗地上、地下部鲜质量,首先剪断茎基部,称取地上部鲜质量,然后用蒸馏水冲洗干净幼苗根部基质,吸干表面水分,用分析天平称鲜质量。 $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下杀青15 min,再在 $75\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下烘干至恒质量,称干质量。

出苗率/%=(规定发芽测定天数内正常发芽的种子数/供试种子数) $\times 100$ ;

根冠比=地下部干质量/地上部干质量;

壮苗指数=茎粗/株高 $\times$ 全株干质量。

### 1.4 数据分析

用 Microsoft Excel 2010 软件处理数据,使用 SPSS 22.0 软件进行差异显著性分析,多重比较采用最小显著极差法(LSD)。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同处理对西瓜幼苗地上部分的影响

由表1可知,与CK相比,木霉菌混配基质对西瓜幼苗地上部分的生长有显著促进作用,其处理的西瓜幼苗地上部株高、茎粗、鲜质量、干质量均显著高于对照。在不同木霉菌浓度的处理中,T3处理的株高、地上部鲜质量、地上部干质量均显著高于其他浓度处理;T2、T4、T5之间无显著差异,但与T1之间差异显著。其中,T3处理的株高为7.9 cm,较CK、T1、T2、T4、T5分别增加29.5%、19.7%、9.7%、8.2%、11.3%;T3处理的地上部鲜质量为1.49 g,较CK、T1、T2、T4、T5分别增加60.2%、20.2%、10.4%、8.0%、9.6%;T3处理的地上部干质量为140 mg,较CK、T1、T2、T4、T5分别增加75.0%、27.3%、7.7%、

7.7%、7.7%。T3 处理的茎粗显著高于其他处理，T1、T2、T4、T5 之间茎粗无显著差异，T3 处理的茎粗为 0.38 cm，较 CK、T1、T2、T4、T5 分别增加 31.0%、18.8%、15.2%、22.6%、22.6%。综上所述，木霉菌混配基质可以促进西瓜地上部生长，其中以 T3 ( $10^6$  CFU·g<sup>-1</sup>)浓度的木霉菌生物基质最优。

表 1 不同处理对西瓜幼苗地上部分的影响

| Table 1 Effects of different treatments on aboveground parts of watermelon seedlings |                       |                        |                     |                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------------|---------------------|--------------------|
| 处理<br>Treatment                                                                      | 株高<br>Plant height/cm | 茎粗<br>Stem diameter/cm | 鲜质量<br>Fresh mass/g | 干质量<br>Dry mass/mg |
| CK                                                                                   | 6.1±1.64 d            | 0.29±0.01 c            | 0.93±0.14 d         | 80±0.01 d          |
| T1                                                                                   | 6.6±1.23 c            | 0.32±0.02 b            | 1.24±0.21 c         | 110±0.04 c         |
| T2                                                                                   | 7.2±0.95 b            | 0.33±0.04 b            | 1.35±0.33 b         | 130±0.02 b         |
| T3                                                                                   | 7.9±1.42 a            | 0.38±0.02 a            | 1.49±0.17 a         | 140±0.05 a         |
| T4                                                                                   | 7.3±1.11 b            | 0.31±0.03 b            | 1.38±0.24 b         | 130±0.03 b         |
| T5                                                                                   | 7.1±1.56 b            | 0.31±0.05 b            | 1.36±0.29 b         | 130±0.14 b         |

注：同列数字后不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。下同。

Note: The different letters in the same column indicate significant difference at 0.05 level. The same below.

2.2 不同处理对西瓜幼苗地下部分的影响

2.2.1 不同处理对西瓜根长、鲜质量及干质量的影响 由表 2 可知，与 CK 相比，木霉菌混配基质对西瓜幼苗地下部分的生长有显著促进作用，其处理的西瓜幼苗根长、地下部鲜质量、干质量均显著高于对照。在不同木霉菌浓度的处理中，T3 处理的根长、地下部鲜质量、地下部干质量均显著高于其他浓度处理，T2、T4、T5 之间无显著差异，但与 T1 之间差异显著。其中，T3 处理的根长为 126.24 cm，较 CK、T1、T2、T4、T5 增加 35.1%、27.9%、20.1%、20.1%、19.8%；T3 处理的地下部鲜质量为 0.32 g，较 CK、T1、T2、T4、T5 增加 68.4%、39.1%、14.3%、10.3%、10.3%；T3 处理的地下部干质量为 12.45 mg，较 CK、T1、T2、T4、T5 增加 98.2%、36.5%、16.1%、15.0%、14.4%，由此说明，与其他处理相比，T3 的木霉菌生物基质可以显著促进西瓜幼苗地下部根长、鲜质量、干质量增加，优于其他处理。综上所述，木霉菌混配基质可以促进西瓜地下部生长，其中以  $10^6$  CFU·g<sup>-1</sup>浓度的木霉菌生物基质最优。

2.2.2 不同处理对西瓜根表面积、根尖数及根冠比的影响 由表 3 可知，与 CK 相比，木霉菌混配基质对西瓜幼苗根部的生长有显著促进作用，其处理的西瓜幼苗根表面积、根尖数、根冠比均显著高于对照。在不同木霉菌浓度的处理中，T3 处理的根表面

表 2 不同处理对西瓜根长、鲜质量及干质量的影响  
Table 2 Effects of different treatments on root length, fresh mass and dry mass of watermelon seedlings

| 处理<br>Treatment | 根长<br>Root length/cm | 鲜质量<br>Fresh mass/g | 干质量<br>Dry mass/mg |
|-----------------|----------------------|---------------------|--------------------|
| CK              | 93.47±38.37 d        | 0.19±0.05 d         | 6.28±1.25 d        |
| T1              | 98.71±14.02 c        | 0.23±0.09 c         | 9.12±1.11 c        |
| T2              | 105.11±43.32 b       | 0.28±0.03 b         | 10.72±1.72 b       |
| T3              | 126.24±4.96 a        | 0.32±0.05 a         | 12.45±2.51 a       |
| T4              | 105.12±33.14 b       | 0.29±0.04 b         | 10.83±1.36 b       |
| T5              | 105.34±29.15 b       | 0.29±0.07 b         | 10.88±1.84 b       |

积、根尖数、根冠比均显著高于其他处理，T1、T2、T4、T5 之间无显著差异。其中，T3 处理的根表面积为 15.15 cm<sup>2</sup>，较 CK、T1、T2、T4、T5 分别增加 43.2%、23.4%、14.4%、16.3%、13.7%；T3 处理的根尖数为 285.33，较 CK、T1、T2、T4、T5 分别增加 42.0%、35.0%、33.5%、31.7%、30.5%；T3 处理的根冠比为 88.93，较 CK、T1、T2、T4、T5 分别增加 13.3%、7.3%、7.8%、6.7%、6.3%。由此说明，与其他处理相比，T3 的木霉菌生物基质可以显著促进西瓜幼苗根部生长，优于其他浓度的处理。综上所述，木霉菌混配基质可以促进西瓜根部生长，其中以  $10^6$  CFU·g<sup>-1</sup>浓度的木霉菌生物基质最优。

表 3 不同处理对西瓜根表面积、根尖数及根冠比的影响  
Table 3 Effects of different treatments on root surface area, root tip number and root shoot ratio of watermelon

| 处理<br>Treatment | 根表面积<br>Root surface area/cm <sup>2</sup> | 根尖数<br>Number of apex | 根冠比<br>Root-shoot ratio |
|-----------------|-------------------------------------------|-----------------------|-------------------------|
| CK              | 10.58±4.04 c                              | 201.00±20.29 c        | 78.50±10.23 c           |
| T1              | 12.28±2.84 b                              | 211.33±45.34 b        | 82.91±12.35 b           |
| T2              | 13.24±3.21 b                              | 213.67±90.47 b        | 82.46±8.57 b            |
| T3              | 15.15±1.05 a                              | 285.33±48.21 a        | 88.93±9.23 a            |
| T4              | 13.03±3.17 b                              | 216.67±73.58 b        | 83.31±10.24 b           |
| T5              | 13.33±2.98 b                              | 218.67±17.24 b        | 83.69±11.33 b           |

2.3 不同处理对西瓜幼苗出苗率及壮苗指数的影响

由表 4 可知，与 CK 相比，木霉菌混配基质对西瓜的幼苗出苗率及壮苗指数均有显著促进作用，其处理的西瓜幼苗出苗率及壮苗指数均显著高于对照。在不同木霉菌浓度的处理中，T3 处理的出苗率均最高，在 21 d 达到 100.00%，与 T1、T2、T4、T5 之间差异达显著水平，T2、T4、T5 之间无显著差异，但与 T1 之间差异达显著水平。由此说明，与其他处理相比，T3 的木霉菌生物基质可以显著提高西瓜幼苗出苗率，优于其他浓度的处理。在不同木霉菌浓度的处理中，T3 处理的壮苗指数最高，为

7.33,并与其他处理之间差异显著,壮苗指数呈现T3>T2>T5>T4>T1>CK。由此说明,与其他处理相比,T3 的木霉菌生物基质可以显著促进西瓜幼苗生长,优于其他处理。综上所述,木霉菌混配基质可以提高西瓜出苗率,促进西瓜幼苗生长,其中以 10<sup>6</sup> CFU·g<sup>-1</sup> 浓度的木霉菌生物基质最优。

表 4 不同处理对西瓜幼苗出苗率及壮苗指数的影响  
Table 4 Effects of different treatments on seedling emergence rate and seedling strength index of watermelon

| 处理<br>Treatment | 出苗率 Emergence rate/% |              |              |               |               | 壮苗指数<br>Seedling strength index |
|-----------------|----------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------------------------|
|                 | 9 d                  | 13 d         | 17 d         | 21 d          | 25 d          |                                 |
| CK              | 10.42±2.32 d         | 38.17±1.42 d | 57.99±2.11 d | 60.46±3.31 d  | 67.28±3.25 d  | 4.10±0.13 d                     |
| T1              | 28.63±3.21 c         | 49.48±3.54 c | 60.25±5.27 c | 78.22±2.24 c  | 84.51±2.63 c  | 5.78±0.21 c                     |
| T2              | 37.11±4.33 b         | 59.25±2.22 b | 72.68±3.26 b | 83.65±4.54 b  | 89.25±1.42 b  | 6.45±0.45 b                     |
| T3              | 63.23±3.58 a         | 81.98±4.75 a | 94.78±2.92 a | 100.00±0.00 a | 100.00±0.00 a | 7.33±0.33 a                     |
| T4              | 39.27±3.72 b         | 62.55±4.63 b | 75.32±3.43 b | 85.76±2.93 b  | 90.31±2.44 b  | 5.98±0.24 c                     |
| T5              | 40.22±3.35 b         | 63.78±3.59 b | 76.27±2.33 b | 87.21±3.78 b  | 91.56±3.87 b  | 6.15±0.11 bc                    |

### 3 讨论与结论

木霉菌不仅能增强植物的抗逆性<sup>[10-11]</sup>,还有促进植物生长、提高养分利用效率和修复农业环境污染等功能<sup>[12]</sup>。杨倩等<sup>[13]</sup>提出,对于木霉菌防治黄瓜枯萎病的研究大多还处于菌株分离与鉴定及其抗病机制的初级阶段,真正投入大田生产的木霉菌还相对较少,并且要将其作为生防菌剂及产品应用到生产实践中,还存在诸多问题。在蔬菜种苗生产中,特别是西瓜育苗中,关于木霉 NJAU4742 菌株混配基质能否促进西瓜幼苗的生长,以及适用浓度选择还鲜有报道,需进一步研究。王洪旭等<sup>[14]</sup>施用哈茨木霉后可显著提高网纹甜瓜株高、单瓜质量、根系鲜质量和根系干质量,提高产量及商品率,对植株及根系的生长也具有一定的促进效果,并对其品质及产量有一定的提升效果。这与本研究结果类似,与对照相比,木霉菌 NJAU4742 混配基质对西瓜幼苗地上、地下部分生长有显著促进作用。靳亚忠等<sup>[15]</sup>在番茄、黄瓜、辣椒、茄子育苗中使用木霉菌菌剂与育苗基质混拌、浸种及对幼苗喷雾处理,与 CK 相比,这 3 种木霉菌菌剂的使用方法均能显著提高番茄、辣椒、茄子幼苗的株高、地上部分干鲜质量、根长、地下部分干鲜质量,这与本研究结果相似。齐娟等<sup>[16]</sup>应用木霉菌拌基质处理能显著提高黄瓜植株的株高,与本研究结果一致。可能是木霉菌促进了植物体内抗逆酶活性以及调节了体内生长素的合成积累<sup>[17]</sup>,进而促进了植物生长。牛聪聪等<sup>[18]</sup>研究指出,尿素配施木霉菌剂能够在苗期显著增加甜瓜的生物量,且能延续其优势到成熟期,提高甜瓜产量和品质。孙跃跃<sup>[19]</sup>

的研究结果也表明,生物活性基质能增加甜瓜穴盘幼苗的生物量,促进根系发育,增强光合作用,此结果与本研究结论一致,木霉 NJAU4742 菌株混配基质对西瓜幼苗根部生长有显著促进作用,西瓜苗的根表面积、根尖数、根冠比均显著高于对照。朱文珊等<sup>[20]</sup>研究结果表明,芸豆的农艺性状指标值及产量随菌种比浓度的升高而升高,木霉菌处理对芸豆生长及产量均有一定的促进作用,但浓度不宜过高,浓度过高则不利于作物生长。此结果与本研究结果一致,本研究结果显示,西瓜幼苗生长最优浓度为 10<sup>6</sup> CFU·g<sup>-1</sup>,这可能是由于土壤中的微生物群落需要保持一定的多样性和平衡。即使是有益菌,过度生长也会挤压其他微生物的生存空间,导致土壤生态系统的多样性差,不利于土壤健康和作物生长。

在不同木霉菌浓度处理下,T3 处理的株高、地上部鲜质量、地上部干质量、茎粗、根长、地下部鲜质量、地下部干质量、根表面积、根尖数、根冠比均显著高于其他处理;通过不同时间各处理的出苗率情况的统计,T3 处理的出苗率最高,T3 处理的壮苗指数最高,壮苗指数呈现 T3>T2>T5>T4>T1>CK。综上所述,利用不同浓度的木霉菌与基质混配进行西瓜育苗,发现木霉菌混配基质可以有效促进西瓜出苗及生长,其中木霉菌与基质复配的最优浓度为 10<sup>6</sup> CFU·g<sup>-1</sup>,本试验结果也为木霉菌在西瓜育苗中的应用提供了理论依据。

#### 参考文献

[1] 席凯鹏,席吉龙,张建诚.西瓜基质栽培研究进展[J].农业科技通讯,2023(6):139-142.  
[2] 陈浩天.我国西瓜和甜瓜栽培模式发展现状、问题及对策[D].

- 沈阳:沈阳农业大学,2019.
- [3] 李婷,王洪旭,崔广禄,等.哈茨木霉在植物应用上的研究进展[J].中国农学通报,2023,39(21):57-61.
- [4] 阮盈盈,刘峰.木霉菌生物防治作用机制与应用研究进展[J].浙江农业科学,2020,61(11):2290-2294.
- [5] 赵亮亮.微生物肥对土壤肥力及作物产量的效应研究[J].科技资讯,2022,20(1):108-110.
- [6] 刘秋梅,陈兴,孟晓慧,等.新型木霉氨基酸有机肥研制及其对番茄的促生效果[J].应用生态学报,2017,28(10):3314-3322.
- [7] 曹钰鑫,崔孟雪,郭美娟,等.基质添加物对西瓜穴盘苗生长的影响[J].长江蔬菜,2023(18):69-74.
- [8] 郭珍.木霉菌配施不同形态氮素对西瓜幼苗生长及养分利用的影响[D].沈阳:沈阳农业大学,2023.
- [9] 吴亚胜,王其传,祁红英,等.不同生物育苗基质对蔬菜幼苗生长及根际基质菌落数的影响[J].长江蔬菜,2020(18):16-19.
- [10] 李梅,田莹,蒋细良.植物内生木霉菌研究进展[J].中国生物防治学报,2020,36(2):155-162.
- [11] SARAVANAKUMAR K, LI Y Q, YU C J, et al. Effect of *Trichoderma harzianum* on maize rhizosphere microbiome and bio-control of *Fusarium* stalk rot[J]. Scientific Reports, 2017, 7: 1771.
- [12] 袁扬,王胤晨,曾兵,等.5株木霉菌株对鸭茅生长及营养品质的影响[J].草业科学,2018,35(2):391-397.
- [13] 杨倩,薛璐,郭慧,等.植物根际促生菌防治黄瓜枯萎病的研究进展[J].中国瓜菜,2022,35(1):1-8.
- [14] 王洪旭,曲明山,杨明宇,等.哈茨木霉菌剂处理对网纹甜瓜生长及品质的影响[J].山西农业科学,2024,52(2):44-49.
- [15] 靳亚忠,陈业雯,陆淼,等.木霉菌固体菌剂使用方法对蔬菜种苗生长的影响[J].黑龙江八一农垦大学学报,2019,31(5):9-14.
- [16] 齐娟,刘蕾庆,任金立,等.哈茨木霉菌使用方式对黄瓜砧木出苗及幼苗生长的影响[J].安徽农学通报,2021,27(4):46-48.
- [17] 曾庆宾,李涛,苟小梅,等.苗床添加木霉菌肥对2种烟苗生长及抗逆酶活性的影响[J].四川农业大学学报,2019,37(1):28-33.
- [18] 牛聪聪,耿国明,于雷,等.尿素配施木霉菌剂提高甜瓜产量、品质及土壤微生物功能多样性[J].植物营养与肥料学报,2019,25(4):620-629.
- [19] 孙跃跃.功能型生物活性基质的促生抗病作用研究[D].陕西杨凌:西北农林科技大学,2015.
- [20] 朱文珊,张有利,靳亚忠,等.不同浓度木霉拌种对芸豆生长的影响[J].现代农业研究,2023,29(2):101-104.