

### 3 种微生物菌剂处理三七种子对其生长及种苗品质的影响

罗成<sup>1</sup> 郭力维<sup>1</sup> 李佳洲<sup>1</sup> 杨宽<sup>1</sup> 王慧玲<sup>1</sup> 张帅<sup>1</sup> 栗珊<sup>1</sup> 朱有勇<sup>1</sup> 何霞红<sup>1,2\*</sup>

(1. 云南农业大学 云南生物资源保护与利用国家重点实验室,昆明 650201;

2. 西南林业大学 园林园艺学院,昆明 650224)

**摘要** 为探明微生物菌剂处理三七种子对三七生长及种苗品质的影响,以三七种子为试材,通过设置随机区组试验,分析比较 3 种微生物菌剂对三七出苗、存苗、农艺性状、根腐病病害发生及种苗品质的影响。结果表明:1)3 种微生物菌剂均有利于三七的存苗,其中以植物益生菌液 1 号菌剂 200 倍稀释液处理效果最优,但对出苗有一定的抑制作用;2)哈茨木霉菌剂对三七根腐病的防治效果优于植物益生菌液 1 号和宁盾菌剂,生育期根腐病平均发生率依次为:植物益生菌液 1 号菌剂(1.79%)>宁盾菌剂(1.42%)>对照(1.17%)>哈茨木霉菌剂(0.58%);3)3 种微生物菌剂均有利于三七种苗总皂苷含量的积累及地上部的生长,其中植物益生菌液 1 号 200 倍稀释液和宁盾水剂 100 倍稀释液总皂苷含量显著高于对照,分别较对照增加 36.96%和 30.97%。综上,微生物菌剂处理三七种子有利于三七地上部生长、存苗及种苗皂苷含量的积累,其中以植物益生菌液 1 号菌剂 200 倍稀释液效果最优。本研究可为微生物菌剂在三七上的合理应用提供一定的理论基础和科学依据。

**关键词** 三七; 微生物菌剂; 农艺性状; 根腐病; 皂苷含量

中图分类号 S182

文章编号 1007-4333(2022)05-0189-10

文献标志码 A

## Effects of treating seeds with three microbial agents on growth and seedling quality of *Panax notoginseng*

LUO Cheng<sup>1</sup>, GUO Liwei<sup>1</sup>, LI Jiazhou<sup>1</sup>, YANG Kuan<sup>1</sup>, WANG Huiling<sup>1</sup>,

ZHANG Shuai<sup>1</sup>, SU Shan<sup>1</sup>, ZHU Youyong<sup>1</sup>, HE Xiaohong<sup>1,2\*</sup>

(1. State Key Laboratory for Conservation and Utilization of Bio-Resources in Yunnan, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China;

2. School of Landscape Architecture and Horticulture Science, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China)

**Abstract** The object of this study is to explore the effects of microbial agents to promoting plant growth and seedling quality of *Panax notoginseng*. *P. notoginseng* seeds were used as materials and randomized block experiments were set. The effects of three microbial agents on the seed germination, seedling survival and seedling growth, root rot disease occurrence and seedling quality were evaluated comprehensively. The results showed that: 1) These three microbial agents were beneficial to the seedling survival, but some certain inhibitory effects on seed germination were observed. Among them, the treatment with 200 times dilution of plant probiotics No. 1 displayed the best effect. 2) The root rot disease control effect of *Trichoderma harzianum* was better than others. The average incidence of root rot in descending order during growth period was plant probiotics No. 1 (1.79%)>Ningdun (1.42%)>control (1.17%)>*T. harzianum* (0.58%). 3) All three microbial agents had a significant effects on the growth of aboveground parts and seedling saponins accumulation. By comparing with the control treatment, the total saponins content of 200 times dilution of plant probiotics No. 1 and 100 times dilution of Ningdun water agent were significantly higher which increased

收稿日期: 2021-09-01

基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YFD0201107);现代农业产业技术体系建设专项资金资助(CARS-21)

第一作者: 罗成,硕士研究生,E-mail:1770943134@qq.com

通讯作者: 何霞红,教授,主要从事生物多样性与植物病害控制研究,E-mail:hexiahong@hotmail.com

by 36.96% and 30.97%, respectively. In summary, the microbial agents treatment of *P. notoginseng* seeds is beneficial to the growth of aboveground parts, seedling survival and saponins accumulation. Among them, 200 times dilution of plant probiotics No. 1 has the best effect. This study can provide a theoretical and scientific basis for the rational application of microbial agents on *P. notoginseng*.

**Keywords** *Panax notoginseng*; microbial agents; agronomic trait; root rot disease; saponin content

三七 [*Panax notoginseng* (Burk.) F. H. Chen]又名田七、金不换,为五加科人参属植物,是我国特有的传统名贵中药材,享有“参中之王”“南国神草”等美誉,其根、茎和叶皆可入药,具有活血化瘀和消肿止痛等多种功效<sup>[1-2]</sup>。三七栽培模式包括种苗培育和大田生长2个时期,种苗培育期为种子播种至种苗移栽所经历时期,大田生长期为种苗移栽至三七采收所经历时期。大田生长期中三七的生长和发育直接受种苗质量的影响<sup>[3]</sup>,且2个时期的三七都存在营养生长和生殖生长2个生长高峰期,一年生三七5—7月为营养生长高峰期,10月为生殖生长高峰期;两年生三七4—6月为营养生长高峰期,10—12月为生殖生长高峰期;三年生三七6月为营养生长高峰期,10—12月为生殖生长高峰期<sup>[4]</sup>。近年来,随着三七需求暴涨,三七药材难以满足市场需求,不得不进行大规模的人工栽培。当前,大面积的人工栽培主要套用农田大水大肥的种植模式,大量化肥农药的施用使得三七生产面临严峻的高产低质、病害加重、农残和重金属超标一系列问题<sup>[5]</sup>。此外,由于三七生长喜温暖阴湿,极易发生多种病害,并且随着栽种时间的延长田间病害逐年增加<sup>[6]</sup>,其中三七根腐病是危害三七产量和品质的重要病害之一,亦是导致三七连作障碍的主要因素之一<sup>[7]</sup>。目前生产上主要采用化学农药防控,该方法不仅导致土壤理化性质恶化,土壤养分平衡被破坏,土壤中有害微生物大量繁殖,而且还造成生态环境污染等问题<sup>[8]</sup>。微生物菌剂因其具有对环境、生态、人类健康友好及促进农业可持续发展等优势<sup>[9-11]</sup>,因而在三七生产中有潜在的应用价值。

微生物菌剂是一种活体有机物质,通过微生物代谢活动不仅能为植物提供所需养分促进植物生长发育,而且还能改善土壤结构,提高作物产量和品质<sup>[12]</sup>。目前,微生物菌剂在粮食和果蔬类作物上已有大量研究报道<sup>[13-15]</sup>,但在三七上的研究主要集中在一年生以上三七<sup>[16-17]</sup>,而关于微生物菌剂处理三七种子后对三七生长及种苗品质的研究鲜有报道。因此,本研究拟以三七种子为研究材料,对一年生三

七进行研究,利用哈茨木霉菌剂、植物益生菌液1号菌剂和宁盾菌剂3种不同微生物菌剂直接处理三七种子,分析微生物菌剂处理三七种子后对其出苗、存苗、根腐病发生情况、农艺性状以及种苗皂苷含量的影响,探明微生物菌剂处理三七种子对其生长发育及种苗品质的影响,为微生物菌剂在三七产业上的推广应用提供理论基础及科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料与设计

试验于2019—2020年在云南省寻甸县云南农业大学现代农业教育科研基地内进行。供试三七种子购买于云南省文山市三七国际交易中心,种植株行距为5 cm×5 cm。试验共设置7个处理,各微生物菌剂具体处理方式及来源见表1,小区面积1.5 m×4 m=6 m<sup>2</sup>,6次重复。

### 1.2 试剂及仪器

#### 1.2.1 供试试剂

纯度≥98%的皂苷标品(人参皂苷 R<sub>g1</sub>、人参皂苷 R<sub>b1</sub>、人参皂苷 R<sub>e</sub>、人参皂苷 R<sub>d</sub>和三七皂苷 R<sub>1</sub>)购于贵州迪大生物科技有限公司,色谱纯的甲醇和乙腈购于德国默克公司,超纯水由德国默克公司 Milli-Q 超纯水系统生产。

#### 1.2.2 供试仪器

叶绿素仪为柯尼卡美能达控股株式会社公司生产的 SPAD-502 型,磨粉机为中国温岭市林大机械有限公司生产的 DF-20 型,分析天平为德国赛多利斯集团生产的 BSA124S-CW 型,55 kHz 超声波清洗机为上海声源超声波仪器有限公司生产的 SY3100DH 型,冷冻高速离心机为日本日立公司生产的 CR22G III 型,超高效液相色谱仪为美国安捷伦科技有限公司生产的 1290 Infinity II 型。

### 1.3 测定项目和方法

1) 出苗及存苗调查:每小区划取 1 m×1 m 的样方统计出苗和存苗,4 月进行出苗调查,11 月进行存苗调查。计算公式如下:

$$\text{出/存苗} = (\text{调查株数} / \text{播种数}) \times 100\% \quad (1)$$

表1 种子处理及用法用量  
Table 1 Seed treatment and usage and dosage

处理 Treatment	供试菌剂 Test fungicide	用量 Dosage	处理方法 Processing method	来源 Source
T1	哈茨木霉	8 g/100 g 种子	拌种	山东省农业科学院
T2	哈茨木霉	16 g/100 g 种子	拌种	
T3	植物益生菌液 1 号	100 倍稀释液	浸种	
T4	植物益生菌液 1 号	200 倍稀释液	浸种	南京农业大学
T5	宁盾包衣剂	200 g/1 000 g 种子	包衣	
T6	宁盾水剂	100 倍稀释液	浸种	
对照 CK	咯菌腈	1 mL/1 000 g 种子	包衣	实验室提供

表2 三七根腐病分级标准  
Table 2 Classification criteria for root rot of *Panax notoginseng*

等级 Grade	分级标准 Grading standard
0	健康, 无症状;
1	腐烂仅发生在块根表面、且 0 < 腐烂面积占比 ≤ 10%, 或腐烂已扩展至内部且 5% < 腐烂面积占比 ≤ 10%;
2	腐烂已扩展至内部、且 10% < 腐烂面积占比 ≤ 40%, 支须根无腐烂;
3	腐烂已扩展至内部、且 40% < 腐烂面积占比 ≤ 50%, 支须根腐烂;
4	腐烂已扩展至内部、且 50% < 腐烂面积占比 ≤ 70%, 支须根腐烂脱落;
5	腐烂已扩展至内部、且腐烂面积占比 > 70% 直至整个块根完全腐烂, 支须根腐烂。

2) 根腐病发病调查: 采用五点取样法<sup>[18]</sup>, 于 6、8 和 10 月对三七植株根腐病发病情况进行调查。每点调查 20 株, 每小区共调查 100 株, 参考根腐病发病分级标准<sup>[19]</sup> 调查统计(表 2)。

发病率 = 发病株数 / 调查总株数 × 100% (2)

病情指数 = [ ∑ (各级病株数 × 各级代表值) / (最高级代表值 × 调查总株数) ] × 100 (3)

3) 叶绿素含量: 利用叶绿素仪于 6、8 和 10 月测定三七叶绿素含量。每个小区中随机选择 30 株三七植株, 每株选择中间叶片进行测定, 每片叶子重复测定 3 次。

4) 株高: 于 6 和 8 月, 利用直尺在每个小区中随机选择 25 株三七植株进行株高测定, 11 月采收时随机选取 20 株测定株高。

5) 生物量测定: 在收获期采用五点取样法采样,

各处理每点取 10 株三七植株(共 50 株)带回实验室, 洗净泥土, 晾干水分后称取三七鲜重。采用烘干法<sup>[20]</sup> 将三七放入 60 °C 烘箱烘干至恒重, 取出冷却至室温, 称取三七干重。

6) 皂苷含量测定: 每处理有 6 个小区作为重复, 随机选择其中 3 个小区的三七植株进行皂苷测定。将三七主根烘干后磨碎, 过 100 目筛, 精确称取 0.2 g, 加 75% 的甲醇 15 mL, 超声提取 30 min, 离心 10 min (12 000 r/min), 取上清液 1 mL 放入棕色进样瓶中, 使用超高效液相色谱仪测量三七中 R<sub>1</sub>、R<sub>g1</sub>、R<sub>b1</sub>、R<sub>e</sub> 和 R<sub>d</sub> 这 5 种皂苷的含量。

#### 1.4 数据处理及分析

利用 Microsoft Excel 2013 进行数据统计, 用 IBM SPSS 19 进行单因素方差分析和多重比较。

## 2 结果与分析

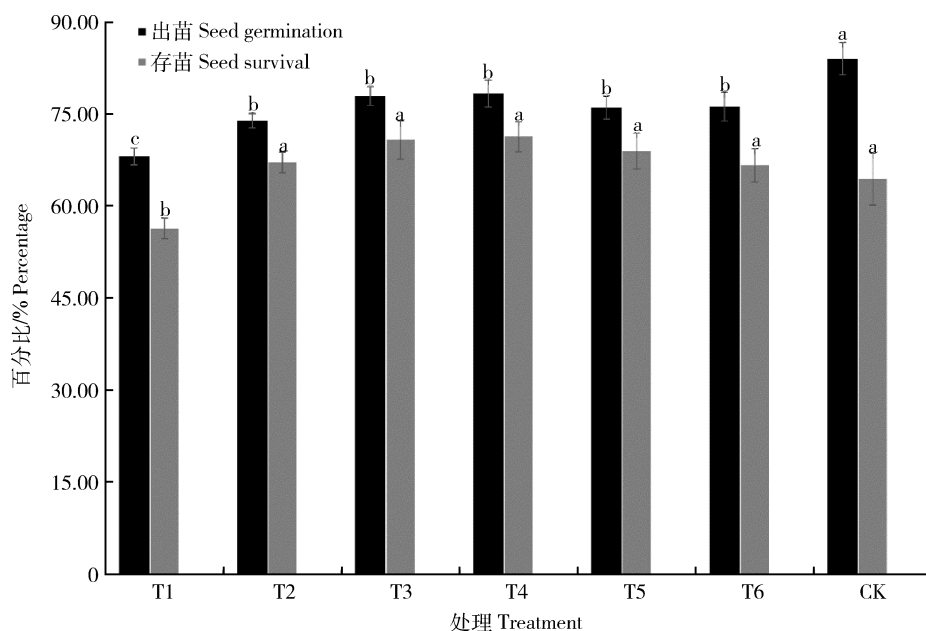
### 2.1 微生物菌剂处理三七种子对出苗和存苗的影响

三七齐苗(4月)后调查不同微生物菌剂处理三七种子对三七出苗的影响(图1)。结果表明,除T1处理外,各微生物菌剂处理三七种子出苗差异不显著,但均显著低于CK。出苗依次为:CK(84.00%)>T4(78.33%)>T3(77.92%)>T6(76.21%)>T5(76.08%)>T2(73.92%)>T1(68.08%)。同一种微生物菌剂不同用量处理三七种子对出苗影响不同,其中低浓度植物益生菌液1号菌剂和高浓度哈茨

木霉菌剂有利于三七种子出苗。

随着生育期的延长(11月),除了T1处理(56.33%)的三七存苗显著低于CK(64.45%)外,其他处理均高于CK,但未达到显著水平(图1)。T4、T3、T5、T2、T6和CK存苗分别较T1提高了26.56%、25.60%、22.40%、19.09%、18.28%和14.42%。

综上所述,不同微生物菌剂处理三七种子有利于三七后期存苗,其中低浓度植物益生菌液1号菌剂和高浓度哈茨木霉菌剂效果较好,以T4处理效果最优。



T1, 哈茨木霉 8 g/100 g 种子; T2, 哈茨木霉 16 g/100 g 种子; T3, 植物益生菌液 1 号 100 倍稀释液; T4, 植物益生菌液 1 号 200 倍稀释液; T5, 宁盾包衣剂; T6, 宁盾水剂 100 倍稀释液; CK, 咯菌腈。相同颜色柱子上的不同字母表示不同处理间差异显著( $P < 0.05$ )。下同。

T1, *Trichoderma harzianum* 8 g/100 g seeds; T2, *Trichoderma harzianum* 16 g/100 g seeds; T3, 100 times diluent of plant probiotics No. 1; T4, 200 times diluent of plant probiotics No. 1; T5, Ningdun coating agent; T6, 100 times diluent of Ningdun water agen; CK, Fludioxonil. The different letters on the same color column indicate that the difference reach a significant level ( $P < 0.05$ ) among different treatments. The same below.

图1 微生物菌剂对三七出苗和存苗的影响

Fig. 1 Effect of microbial agents on the germination and survival of *Panax notoginseng*

### 2.2 微生物菌剂处理三七种子对根腐病发病的影响

三七根腐病是影响三七生长的主要因素之一。通过调查各微生物菌剂处理不同时间段根腐病发生情况发现(表3),该病害8月份危害最为严重,各微生物菌剂处理发病率均低于CK,且T1处理与CK有显著差异;T1、T2、T3、T4、T5和T6处理分别较CK降低了87.64%、56.18%、37.45%、31.46%、

25.09%和18.73%。10月,各微生物菌剂处理发病率与CK均无显著差异。其中,T1和T2处理后的发病率较CK降低了80.24%和59.88%。进一步分析发现,不同微生物菌剂处理对三七根腐病病情指数变化趋势与发病率类似,其中,哈茨木霉菌剂处理下整个生育期平均病情指数最低。以上结果表明,哈茨木霉菌剂在防治三七根腐病发生和减轻发

表 3 微生物菌剂对三七根腐病发生的影响

Table 3 Effect of microbial agents on the occurrence of *P. notoginseng* root rot

处理 Treatment	发病率/%	病情指数	发病率/%	病情指数	发病率/%	病情指数
	Disease rate	Disease index	Disease rate	Disease index	Disease rate	Disease index
	6 月		8 月		10 月	
T1	0.50±0.34 b	0.23±0.17 b	0.33±0.21 b	0.33±0.21 b	0.33±0.21 a	0.33±0.21 a
T2	0.83±0.54 b	0.57±0.36 b	1.17±0.48 ab	1.03±0.50 a	0.67±0.33 a	0.63±0.33 a
T3	2.67±0.84 a	2.40±0.71 a	1.67±0.61 ab	1.63±0.59 a	2.17±0.79 a	2.03±0.79 a
T4	0.83±0.54 b	0.47±0.36 b	1.83±1.08 ab	1.43±0.98 a	1.50±0.56 a	1.50±0.56 a
T5	1.50±0.71 ab	1.17±0.62 ab	2.00±0.77 ab	1.83±0.73 a	1.67±0.61 a	1.67±0.61 a
T6	0.67±0.33 b	0.53±0.27 b	2.17±0.60 ab	1.80±0.67 a	1.83±1.05 a	1.70±1.05 a
CK	0.67±0.33 b	0.57±0.33 b	2.67±0.76 a	2.53±0.76 a	1.67±0.49 a	1.53±0.49 a

注：同列不同小写字母表示处理间差异显著 ( $P < 0.05$ )。下同。

Note: Different letters in the same column indicate the differences reach a significant level ( $P < 0.05$ ) among different treatments. The same below.

病效果上优于其他 2 种菌剂，且低浓度处理(哈茨木霉 8 g/100 g 种子)最优，使得整个生育期发病率控制在 1% 以内。

### 2.3 微生物菌剂处理三七种子对农艺性状的影响

微生物菌剂处理三七种子有助于三七植株生长(表 4)。与 CK 相比，8 月三七株高除 T1 处理与 CK 无显著差异外，其他处理均显著高于 CK；株高排序依次为：T6(11.32 cm) > T4(11.10 cm) > T3(10.97 cm) > T5(10.85 cm) > T2(10.76 cm) > T1(10.29 cm) > CK(9.72 cm)。进一步分析微生物菌剂处理间的差异发现，除 T4、T6 与 T1 有显著差异

外，其他微生物菌剂处理间均无显著差异。11 月时，所有微生物菌剂处理株高均高于 CK，其中，T6 和 T4 处理与 CK 有显著差异，分别较 CK 增加了 12.25% 和 10.33%，而 T5、T3、T2 和 T1 处理则分别比 CK 增加了 7.25%、7.08%、6.67% 和 4.92%。以上结果表明，供试所用的 3 种微生物菌剂处理三七种子后均有利于促进三七植株生长，其中以 T6 和 T4 处理效果最优。

检测生育期叶绿素含量变化发现，随着生育期延长，3 种微生物菌剂处理对叶绿素含量影响总体呈现递增趋势，但各处理间均无显著差异 ( $P > 0.05$ ) (表 5)。

表 4 微生物菌剂对三七株高的影响

Table 4 Effects of microbial agents on the plant height of *P. notoginseng* cm

处理 Treatment	株高 Plant height		
	cm		
	6 月	8 月	11 月
T1	8.34±0.29 a	10.29±0.25 bc	12.59±0.36 ab
T2	8.40±0.26 a	10.76±0.15 ab	12.80±0.25 ab
T3	8.98±0.17 a	10.97±0.23 ab	12.85±0.35 ab
T4	8.50±0.15 a	11.10±0.19 a	13.24±0.30 a
T5	8.99±0.19 a	10.85±0.28 ab	12.87±0.14 ab
T6	8.98±0.19 a	11.32±0.35 a	13.47±0.25 a
CK	8.62±0.19 a	9.72±0.17 c	12.00±0.23 b

表5 微生物菌剂对三七叶绿素含量(SPAD值)的影响

Table 5 Effects of microbial agents on the chlorophyll content (value of SPAD) of *P. notoginseng*

处理 Treatment	叶绿素含量 Chlorophyll content		
	6月	8月	10月
T1	38.8±2.40 a	50.3±1.88 a	51.0±0.62 a
T2	38.6±1.43 a	51.1±0.92 a	51.3±0.31 a
T3	39.0±0.98 a	52.1±1.15 a	52.6±0.90 a
T4	39.0±1.37 a	50.9±1.10 a	51.5±0.94 a
T5	38.3±1.14 a	51.2±1.28 a	50.9±1.48 a
T6	38.7±1.90 a	51.6±1.81 a	51.0±0.92 a
CK	38.8±1.54 a	53.0±1.25 a	52.1±1.09 a

## 2.4 微生物菌剂处理三七种子对生物量的影响

微生物菌剂对三七生物量的影响见表6,3种微生物菌剂处理对三七地上部鲜重、地上部干重、地下部鲜重和地下部干重均无显著影响( $P>0.05$ )。其

中地上部鲜重以T6处理最重(0.66 g/株),地下部鲜重以CK最高(0.98 g/株)。以上结果表明,微生物菌剂处理三七种子不能增加地下部生物量积累,但能促进地上部的生长。

表6 微生物菌剂对三七生物量的影响

Table 6 Effects of microbial agents on the biomass of *P. notoginseng*

处理 Treatment	地上部鲜重/(g/株)	地上部干重/(g/株)	地下部鲜重/(g/株)	地下部干重/(g/株)
	Overground fresh weight	Overground dry weight	Underground fresh weight	Underground dry weight
T1	0.60±0.03 a	0.10±0.02 a	0.82±0.06 a	0.17±0.02 a
T2	0.62±0.02 a	0.10±0.01 a	0.85±0.04 a	0.18±0.01 a
T3	0.64±0.03 a	0.10±0.01 a	0.87±0.06 a	0.18±0.01 a
T4	0.63±0.04 a	0.10±0.02 a	0.88±0.10 a	0.18±0.02 a
T5	0.63±0.04 a	0.10±0.01 a	0.86±0.07 a	0.17±0.02 a
T6	0.66±0.03 a	0.10±0.01 a	0.89±0.07 a	0.18±0.02 a
CK	0.58±0.02 a	0.09±0.01 a	0.98±0.04 a	0.20±0.01 a

## 2.5 微生物菌剂处理三七种子对皂苷含量的影响

进一步分析3种微生物菌剂处理对三七皂苷积累的影响(表7),结果发现,与CK处理相比,3种微生物菌剂处理除了对人参皂苷Re影响不显著外,均能在不同程度上影响三七皂苷R<sub>1</sub>、人参皂苷R<sub>g<sub>1</sub></sub>、R<sub>b<sub>1</sub></sub>、R<sub>d</sub>及总皂苷含量的积累。其中T4和T6处理能显著促进皂苷R<sub>1</sub>、R<sub>g<sub>1</sub></sub>、R<sub>b<sub>1</sub></sub>和R<sub>d</sub>积累,较CK分别增加30.90%和21.97%、32.13%和21.16%、45.65%和47.35%、27.87%和30.14%;T1、T2和T3处理后皂苷含量与CK均无显著差

异,而T5处理仅人参皂苷R<sub>b<sub>1</sub></sub>与CK有显著差异,比CK增加了26.94%,其他类型皂苷含量与CK无显著差异。此外,3种微生物菌剂处理对药典规定的总皂苷含量趋势同皂苷单体一致,总皂苷含量较CK增加比率从高到低依次为T4(36.96%)>T6(30.97%)>T5(16.79%)>T1(14.22%)>T3(12.43%)>T2(9.76%)。

同种微生物菌剂不同浓度处理对三七皂苷积累影响不同,低浓度微生物菌剂处理更有益于三七皂苷的积累。其中T1和T2处理间所有皂苷含量均

无显著差异,但低浓度 T1 处理更有益于  $R_1$ 、 $R_e$ 、 $R_{b_1}$ 、 $R_d$  及总皂苷含量的积累,较高浓度 T2 分别增加了 15.24%、18.62%、7.08%、6.76% 和 4.12%; 而 T3 和 T4 处理间除  $R_e$  和  $R_{b_1}$  含量差异不显著外,低浓度 T4 处理能显著增加  $R_1$ 、 $R_{g_1}$ 、 $R_d$  及总皂苷含量的积累,较高浓度 T3 分别增加了 21.36%、25.33%、30.05% 和 21.80%。

同种微生物菌剂不同剂型对三七皂苷含量积累影响也不同。T6 处理更有益于  $R_1$ 、 $R_{g_1}$ 、 $R_{b_1}$ 、 $R_d$  及总皂苷含量的积累,较 T5 增加了 21.35%、6.41%、16.05%、19.16% 和 12.14%。

综上所述,3种微生物菌剂处理三七种子均有利于三七皂苷含量的积累,且效果与微生物菌剂种类、浓度和剂型有关,其中以 T4 处理效果最优。

表7 微生物菌剂对三七皂苷含量的影响

Table 7 Effect of microbial agents on the saponins content of *P. notoginseng*

处理 Treatment	皂苷质量分数/(mg/g) Saponins mass fraction					
	$R_1$	$R_{g_1}$	$R_e$	$R_{b_1}$	$R_d$	$R_1 + R_{g_1} + R_{b_1}$
T1	1.89±0.10 cd	7.20±0.71 bc	1.72±0.23 a	6.05±0.35 abc	2.21±0.20 ab	15.15±0.94 bc
T2	1.64±0.64 d	7.27±0.21 bc	1.45±0.11 a	5.65±0.38 bc	2.07±0.08 ab	14.55±0.63 c
T3	2.06±0.10 bc	6.79±0.20 bc	1.54±0.10 a	6.06±0.52 abc	1.93±0.07 b	14.91±0.80 c
T4	2.50±0.21 a	8.51±0.42 a	1.50±0.22 a	7.15±0.13 a	2.51±0.11 a	18.16±0.75 a
T5	1.92±0.10 cd	7.33±0.33 abc	1.57±0.21 a	6.23±0.40 ab	2.14±0.25 ab	15.49±0.81 bc
T6	2.33±0.14 ab	7.80±0.09 ab	1.53±0.03 a	7.23±0.10 a	2.55±0.13 a	17.37±0.16 ab
CK	1.91±0.09 cd	6.44±0.33 c	1.38±0.11 a	4.91±0.47 c	1.96±0.11 b	13.26±0.78 c

### 3 讨论

目前关于微生物菌剂在三七上的研究报道主要是以一年生以上三七为研究材料,而关于微生物菌剂直接处理三七种子后对其生长及种苗品质研究鲜有报道。较多研究表明微生物菌剂处理种子后对出苗有一定促进作用<sup>[21]</sup>,如仙丰 168 微生物菌剂、地衣芽孢杆菌及多粘类芽孢杆菌分别对番茄和伊犁绢蒿种子等有明显促进作用<sup>[21-22]</sup>。本研究发现,微生物菌剂直接处理三七种子有利于三七后期的存苗,但对三七出苗效果不佳,这与范瑛阁等<sup>[23]</sup>处理黄瓜研究结果一致。出苗效果不佳一方面可能与作物种类及菌剂使用浓度有关,马赛等<sup>[24]</sup>研究表明高浓度哈茨木霉菌剂( $1.50 \times 10^6$  CFU/mL、 $3.00 \times 10^6$  CFU/mL)处理对大白菜种子出苗有抑制作用;另一方面可能与微生物菌剂-目标作物间的定殖能力有关<sup>[25]</sup>,良好的定殖能力是微生物菌剂发挥功能的前提,其不仅受自身生理特性、与土著微生物的相互作用及宿主植物基因型等生物因素的刺激,而且还受光照、降水、温度和土壤类型等非生物因素的调控<sup>[26-27]</sup>。

微生物菌剂具有促生和防病的作用<sup>[28-29]</sup>,通过

自身的固氮、溶磷和解钾等能力或生命活动产生的代谢物质来促进植株生长和改善作物生长状况<sup>[30]</sup>。刘双等<sup>[31]</sup>研究表明微生物菌剂的使用能提高玉米产量并改善农艺性状。本研究发现,3种微生物菌剂处理三七种子后均能促进三七地上部生物量及株高的生长,但对地下部生物量无显著影响。研究还发现3种微生物菌剂对三七根腐病的防治效果能与对照组化学药剂处理相当,其中哈茨木霉菌剂对三七根腐病防治效果优于其他2种菌剂且效果最为稳定,这与前人研究报道一致<sup>[32-33]</sup>。可能是微生物菌剂中的生防菌通过拮抗、竞争和诱导系统抗性等方式直接或间接地作用于病原菌,从而起到控制植物病害的作用<sup>[30,34]</sup>。此外,近年来随着微生物组学的快速发展,微生物菌剂中的生防菌还可通过调控土壤微生态环境来控制植物病害。Han 等<sup>[35]</sup>研究发现,与对照相比,解淀粉芽孢杆菌 B1408 施用后土壤中的产黄杆菌属(*Rhodanobacter*)、链霉菌属(*Streptomyces*)及根瘤菌属(*Rhizobium*)等有益菌群丰度增加,而镰刀菌相对丰度降低,从而促进黄瓜生长,降低枯萎病发生率;Yu 等<sup>[36]</sup>研究也表明,施用哈茨木霉 T4 能显著改变土壤微生物群落结构,进而间接抑制根肿病病原菌在土壤中的繁殖,从而

有效防治根肿病的发生。本研究中哈茨木霉菌剂对三七根腐病的防治作用可能得益于哈茨木霉通过拮抗和竞争等方式直接抑制根腐病病原菌生长,同时还通过调节土壤微生态环境来抑制土壤中病原菌的增殖,从而达到稳定的防效。

微生物菌剂因具有改善药用植物品质的作用被日渐重视<sup>[37-38]</sup>。皂苷是三七的主要药用活性物质,也是衡量三七品质的重要指标,已有研究表明微生物菌剂的施用能提高一年生以上三七皂苷含量<sup>[16]</sup>,而关于微生物菌剂处理三七种子后对种苗皂苷积累的影响目前尚无相关报道。本研究发现,3种微生物菌剂处理三七种子均能促进三七总皂苷含量的积累,且同种微生物菌剂用量不同效果也不同,这与前人研究结果一致<sup>[16,38]</sup>。本研究中以植物益生菌液1号200倍稀释液和宁盾水剂100倍稀释液处理效果最好,2种处理除人参皂苷Re与对照处理无显著差异外,其他4种皂苷(三七皂苷R<sub>1</sub>、人参皂苷Rb<sub>1</sub>、Rg<sub>1</sub>和Rd)含量均显著高于对照,且2种微生物菌剂对不同皂苷含量积累促进效果也不同,植物益生菌液1号200倍稀释液有利于三七皂苷R<sub>1</sub>和人参皂苷Rg<sub>1</sub>含量积累,而宁盾水剂100倍稀释液有利于人参皂苷Rb<sub>1</sub>和人参皂苷Rd含量积累。综上所述,本研究中微生物菌剂处理三七种子后可以促进三七植株生长同时还有利于三七药用活性物质皂苷的积累,使其品质得到提升,但微生物菌剂使用浓度、次数和时间有待进一步探究。

## 4 结 论

本研究利用3种微生物菌剂处理三七种子,评估了3种微生物菌剂对三七生长、根腐病的防治效果以及对三七种苗品质的影响。结果表明,微生物菌剂处理三七种子有利于三七皂苷含量的积累、存苗及地上部的生长,其中皂苷含量以植物益生菌液1号200倍稀释液处理效果最为显著,而哈茨木霉菌剂处理对三七根腐病有较好的防治效果。因此在三七齐苗后可将植物益生菌液1号200倍稀释液与哈茨木霉菌剂进行交替或复配使用,但具体使用时间及用量还需进一步探究。

## 参考文献 References

[1] 李泽东,赵荣华,张兆传,俞捷,顾雯,贺霖,曹冠华.三七皂苷合成及调控机制的研究进展[J].中国实验方剂学杂志,

2018, 24(14): 207-213

Li Z D, Zhao R H, Zhang Z C, Yu J, Gu W, He S, Cao G H. Advances in biosynthesis and regulation mechanism of notoginseng saponins[J]. *Chinese Journal of Experimental Traditional Medical Formulae*, 2018, 24(14): 207-213 (in Chinese)

- [2] 陈红艳,陈安,卢芳国,林检生,何倩,李智雄.三七总皂苷的药理研究进展[J].湖南中医杂志,2019,35(1):154-157  
Chen H Y, Chen A, Lu F G, Lin J S, He Q, Li Z X. Pharmacological research progress of *Panax notoginseng* saponins[J]. *Hunan Journal of Traditional Chinese Medicine*, 2019, 35(1): 154-157 (in Chinese)
- [3] 陈中坚,杨莉,王勇,杨建忠,韦美丽,黄天卫,王炳艳.三七栽培研究进展[J].文山学院学报,2012,25(6):1-12  
Chen Z J, Yang L, Wang Y, Yang J Z, Wei M L, Huang T W, Wang B Y. Research advances in cultivation of *Panax notoginseng* [J]. *Journal of Wenshan University*, 2012, 25(6): 1-12 (in Chinese)
- [4] 寸竹,张玲,张金燕,武洪敏,双升普,陈军文.采收期和采收年限对三七农艺性状和皂苷的影响[J].应用与环境生物学报,2021,27(4):1-19  
Cun Z, Zhang L, Zhang J Y, Wu H M, Shuang S P, Chen J W. Effect of harvest period and years on agronomic traits and saponins of *Panax notoginseng* (Burk) F H Chen[J]. *Chinese Journal of Applied and Environmental Biology*, 2021, 27(4): 1-19 (in Chinese)
- [5] 郭兰萍,王铁霖,杨婉珍,周良云,陈乃富,韩邦兴,黄璐琦.生态农业—中药农业的必由之路[J].中国中药杂志,2017,42(2):231-238  
Guo L P, Wang T L, Yang W Z, Zhou L Y, Chen N F, Han B X, Huang L Q. Ecological agriculture: future of agriculture for Chinese material medica[J]. *China Journal of Chinese Materia Medica*, 2017, 42(2): 231-238 (in Chinese)
- [6] 蒋妮,覃柳燕,叶云峰.三七病害研究进展[J].南方农业学报,2011,42(9):1070-1074  
Jiang N, Qin L Y, Ye Y F. Research advances in diseases of *Panax notoginseng* [J]. *Journal of Southern Agriculture*, 2011, 42(9): 1070-1074 (in Chinese)
- [7] 魏丹丽.三七根腐病绿色防治技术体系研发[D].昆明:云南农业大学,2017  
Wei D L. Green technical system enovation for notoginseng rot disease control[D]. Kunming: Yunnan Agricultural University, 2017 (in Chinese)
- [8] 战光华,李逢江.微生物菌肥在农业中的主要应用分析[J].吉林农业,2011(10):82  
Zhan G H, Li F J. Analysis of the main application of microbial fertilizer in agriculture[J]. *Jilin Agriculture*, 2011(10): 82 (in Chinese)
- [9] 菅广宇,苏百童,邵秀丽,邢燕,王吉庆.三种有益微生物混合发酵液对辣椒幼苗生长的影响[J].中国农学通报,2009,25(11):141-144



- Jian G Y, Su B T, Shao X L, Xing Y, Wang J Q. Effect of the fermentation broth of three kinds of beneficial microorganism on the seedling growth of pepper[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2009, 25(11): 141-144 (in Chinese)
- [10] 巩峰. 高效复合微生物菌剂开发及其在黑臭水体治理中的应用研究[D]. 兰州: 兰州交通大学, 2019
- Gong F. Development of high efficiency compound microorganism and its application in black and odorous water treatment[D]. Lanzhou: Lanzhou Jiatong University, 2019 (in Chinese)
- [11] 张瑞福, 颜春荣, 张楠, 李俊, 沈其荣. 微生物肥料研究及其在耕地质量提升中的应用前景[J]. 中国农业科技导报, 2013, 15(5): 8-16
- Zhang R F, Yan C R, Zhang N, Li J, Shen Q R. Studies on microbial fertilizer and its application prospects in improving arable land quality[J]. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2013, 15(5): 8-16 (in Chinese)
- [12] 刘会. 不同基质和粒径微生物菌肥对苹果生长发育和氮素利用的影响[D]. 泰安: 山东农业大学, 2017
- Liu H. Effects of different substrates and particle size of microbial fertilizer on the growth of apple and nitrogen utilization[D]. Taian: Shandong Agricultural University, 2017 (in Chinese)
- [13] 温丹, 王晓, 孙凯宇, 王克安, 高建伟, 张伟, 杨宁. 不同形态微生物菌剂对不结球白菜生长和品质的影响[J]. 应用生态学报, 2021, 32(5): 1777-1782
- Wen D, Wang X, Sun K N, Wang K A, Gao J W, Zhang W, Yang N. Effects of different forms of microbial agents on the growth and quality of *Brassica rapa* L ssp *chinensis* Makino (non-heading Chinese cabbage) [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2021, 32(5): 1777-1782 (in Chinese)
- [14] 吕鹏超, 王成慧, 林悦香, 姜海军, 董向丽, 戚伟波, 杜学初. 复合微生物菌剂对温室黄瓜生长和品质的影响[J]. 安徽农学通报, 2020, 26(17): 47-49, 131
- Lv P C, Wang C H, Lin Y X, Jiang H J, Dong X L, Qi W B, Du X C. Effect of compound microbial agents on growth and quality of cucumber in greenhouse[J]. *Anhui Agricultural Science Bulletin*, 2020, 26(17): 47-49, 131 (in Chinese)
- [15] Kamalnath M, Rao M S, Umamaheswari R. Rhizosphere engineering with beneficial microbes for growth enhancement and nematode disease complex management in gherkin (*Cucumis anguria* L)[J]. *Scientia Horticulturae*, 2019, 257: 108681
- [16] 韦美丽, 黄天卫, 孙玉琴, 王炳艳, 陈中坚, 王朝梁. 世奇微生物菌肥对三七生长及产量质量的影响[J]. 特产研究, 2008, 30(3): 61-64
- Wei M L, Huang T W, Sun Y Q, Wang B Y, Chen Z J, Wang C L. Effects of Shiqi bio-bacterial fertilizer on *Panax notoginseng* growth[J]. *Special Wild Economic Animal and Plant Research*, 2008, 30(3): 61-64 (in Chinese)
- [17] 左应梅, 金航, 杨绍兵, 杨天梅, 杨维泽, 杨美权, 许宗亮, 张金渝. 几种微生物菌剂对三七生长发育及品质的影响[J]. 广东农业科学, 2015, 42(24): 59-65
- Zuo Y M, Jin H, Yang S B, Yang T M, Yang W Z, Yang M Q, Xu Z L, Zhang J Y. Effects of several microbial agents on growth, development and quality of *Panax notoginseng* [J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2015, 42(24): 59-65 (in Chinese)
- [18] 曾华兰, 蒋秋平, 叶鹏盛, 何炼, 华丽霞, 刘勇, 王明娟, 张敏, 曾静, 何晓敏. 种苗处理对麦冬生长的影响及其控病效果研究[J]. 中国农学通报, 2021, 37(6): 137-141
- Zeng H L, Jiang Q P, Ye P S, He L, Hua L X, Liu Y, Wang M J, Zhang M, Zeng J, He X M. Seedling treatment of *Ophiopogon japonicus*: Effects on growth and disease control efficacy[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2021, 37(6): 137-141 (in Chinese)
- [19] 李迎宾, 刘屹湘, 朱书生, 罗来鑫, 李健强. 三七根腐病田间分级标准研究及评价[J]. 植物病理学报, 2020, 50(4): 450-461
- Li Y B, Liu Y X, Zhu S S, Luo L X, Li J Q. Grading system for *Panax notoginseng* root rot disease [J]. *Acta Phytopathologica Sinica*, 2020, 50(4): 450-461 (in Chinese)
- [20] 周瑜, 李泽碧, 张亚勤, 吴毓, 黄娟. 主季种植密度和施氮量对高粱再生产量的影响[J]. 中国农业大学学报, 2021, 26(8): 43-53
- Zhou Y, Li Z B, Zhang Y Q, Wu Y, Huang J. Effects of planting density and nitrogen rate in main season on ratooning yield of sorghum [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2021, 26(8): 43-53 (in Chinese)
- [21] 汤丽斯, 孙宗玖, 李培英, 周磊, 江黎明. 微生物菌剂对伊犁绢蒿种子发芽特征的影响[J]. 草业科学, 2020, 37(4): 612-624
- Tang L S, Sun Z J, Li P Y, Zhou L, Jiang L M. Effects of microbial inoculant on *Seriphidium transiliense* seed germination characteristics[J]. *Pratacultural Science*, 2020, 37(4): 612-624 (in Chinese)
- [22] 尹显慧, 简芳, 龙友华. 微生物菌剂仙丰 168 对番茄种子萌发及早期幼苗生长的影响[J]. 广东农业科学, 2013, 40(19): 28-31, 37
- Yin X H, Jian F, Long Y H. Effect of microbial inoculant Xianfeng 168 on the seed germination and early seedling growth of tomato [J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2013, 40(19): 28-31, 37 (in Chinese)
- [23] 范瑛阁, 李莎, 赵静, 但红霞. 枯草芽孢杆菌 H1 和 H2 对黄瓜的促生作用[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(7): 158-161
- Fan Y G, Li S, Zhao J, Dan H X. Growth-promoting effects of *Bacillus subtilis* H1 and H2 on cucumber [J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2015, 43(7): 158-161 (in Chinese)
- [24] 马赛, 宋雨萌, 罗兰. 哈茨木霉菌对大白菜的促生作用及对根肿病的防治效果[J]. 山东农业科学, 2020, 52(5): 110-112
- Ma S, Song Y M, Luo L. Growth-promotion of *Trichoderma*

- harzianum* to Chinese cabbage and control effect on clubroot [J]. *Shandong Agricultural Sciences*, 2020, 52(5): 110-112 (in Chinese)
- [25] 郭力维, 吴毅毅, 何月秋. 玉米内生细菌-解淀粉芽孢杆菌 Y19-RifM 在玉米根部定殖能力的研究[J]. *玉米科学*, 2015, 23(4): 132-137
- Guo L W, Wu Y X, He Y Q. Colonization of endophytic *Bacillus amyloliquefaciens* Y19-RifM in corn rhizosphere[J]. *Journal of Maize Sciences*, 2015, 23(4): 132-137 (in Chinese)
- [26] 张炳欣, 张平, 陈晓斌. 影响引入微生物根部定殖的因素[J]. *应用生态学报*, 2000, 11(6): 951-953
- Zhang B X, Zhang P, Chen X B. Factors affecting colonization of introduced microorganisms on plant roots [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2000, 11(6): 951-953 (in Chinese)
- [27] 杜立新, 冯书亮, 曹克强, 王容燕, 冉红凡. 枯草芽孢杆菌 BS-208 和 BS-209 菌株在番茄叶面及土壤中定殖能力的研究 [J]. *河北农业大学学报*, 2004, 27(6): 78-82
- Du L X, Feng S L, Cao K Q, Wang R Y, Ran H F. Study on colonization of *Bacillus subtilis* strains BS-208 and BS-209 on phylloplane of tomato and soil [J]. *Journal of Agricultural University of Hebei*, 2004, 27(6): 78-82 (in Chinese)
- [28] 卯婷婷, 陶刚, 赵兴丽, 王琦, 李世东. 4 种微生物菌剂对辣椒主要病害的生物防治作用[J]. *中国生物防治学报*, 2020, 36(2): 258-264
- Mao T T, Tao G, Zhao X L, Wang Q, Li S D. Biological control of four kinds of microbial preparations against main diseases of pepper[J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2020, 36(2): 258-264 (in Chinese)
- [29] 常娜, 张雪娇, 马璐璐, 石晶晶, 贾薇, 齐永志, 尹宝重, 甄文超. 微生物菌剂对小麦生长及土传病害预防效果的影响[J]. *作物杂志*, 2017(1): 155-160
- Chang N, Zhang X J, Ma L L, Shi J J, Jia W, Qi Y Z, Yin B Z, Zhen W C. Effects of microbial agents on growth and prevention of soil borne diseases of wheat [J]. *Crops*, 2017(1): 155-160 (in Chinese)
- [30] 占新华, 蒋延惠, 徐阳春, 宗良纲. 微生物制剂促进植物生长机理的研究进展[J]. *植物营养与肥料学报*, 1999, 5(2): 97-105
- Zhan X H, Jiang T H, Xu Y C, Zong L G. Dvances in researches on mechanism of microbial inoculants on promoting plant growth [J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 1999, 5(2): 97-105 (in Chinese)
- [31] 刘双, 李永斌, 李云龙, 王民洋, 张浩炜, 钟增明, 王亚君, 陈三凤. 微生物菌剂对夏玉米产量及农艺性状的影响[J]. *中国农业大学学报*, 2020, 25(6): 20-25
- Liu S, Li Y B, Li Y L, Wang M Y, Zhang H W, Zhong Z M, Wang Y J, Chen S F. Effects of microbial agents on yield and agronomic traits of summer maize [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2020, 25(6): 20-25 (in Chinese)
- [32] 刘勇, 周俗, 张玉, 王泽英, 刘刚, 道里刚, 康晓慧, 李世洪. 5 种杀菌剂对青贮玉米 3 种病害的田间防治效果[J]. *植物保护*, 2019, 45(5): 280-284
- Liu Y, Zhou S, Zhang Y, Wang Z Y, Liu G, Dao L G, Kang X H, Li S H. Field control effects of 5 fungicides on 3 diseases of silage maize [J]. *Plant Protection*, 2019, 45(5): 280-284 (in Chinese)
- [33] 张富荣, 贾永红, 赵永秀. 哈茨木霉对设施草莓灰霉病的防治效果[J]. *北方园艺*, 2018(10): 49-52
- Zhang F R, Jia Y H, Zhao Y X. Control effect of *Trichoderma harzianum* on grey mould disease in greenhouse grown strawberry [J]. *Northern Horticulture*, 2018(10): 49-52 (in Chinese)
- [34] 潘潇涵, 常瑞雪, 慕康国, 陈清. 哈茨木霉 VT9-3r 和枯草芽孢杆菌 VT4-1x 对 3 株马铃薯致病菌的抑制作用效果[J]. *中国农业大学学报*, 2020, 25(4): 72-81
- Pan X H, Chang R X, Mu K G, Chen Q. Inhibition effects of *Trichoderma harzianum* VT9-3r and *Bacillus subtilis* VT4-1x on three potato pathogens [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2020, 25(4): 72-81 (in Chinese)
- [35] Han L J, Wang Z Y, Li N, Wang Y H, Feng J T, Zhang X. *Bacillus amyloliquefaciens* B1408 suppresses Fusarium wilt in cucumber by regulating the rhizosphere microbial community [J]. *Applied Soil Ecology*, 2019, 136: 55-66
- [36] Yu X X, Zhao Y T, Cheng J, Wang W. Biocontrol effect of *Trichoderma harzianum* T4 on brassica clubroot and analysis of rhizosphere microbial communities based on T-RFLP [J]. *Biocontrol Science and Technology*, 2015, 25(12): 1493-1505
- [37] 祝英, 彭轶楠, 阮晓芳, 张军, 王治业, 郭增祥, 马坤源, 周剑平, 杨晖. 不同微生物菌剂对当归苗生长及根际土微生物和养分的影响[J]. *应用与环境生物学报*, 2017, 23(3): 511-519
- Zhu Y, Peng Y N, Gong X F, Zhang J, Wang Z Y, Guo Z X, Ma K Y, Zhou J P, Yang H. Effects of different microbial agents on growth of *Angelica sinensis* and microorganism population and nutrients of rhizosphere soil [J]. *Chinese Journal of Applied and Environmental Biology*, 2017, 23(3): 511-519 (in Chinese)
- [38] 刘强, 崔艳荷, 程菲, 和法明, 韩士冬, 张佳良, 初赛君. 微生物菌剂在农田地栽培人参的应用研究[J]. *人参研究*, 2019, 31(3): 14-17
- Liu Q, Cui Y H, Cheng F, He F M, Han S D, Zhang J L, Chu S J. Study on the application of microbial agents in the cultivation of *Panax ginseng* [J]. *Ginseng Research*, 2019, 31(3): 14-17 (in Chinese)